بررسی تاثیر وضعیت روسازی و عملیات نگهداری بر تصادفات راه‌های برون شهری (مطالعه موردی: راه‌های استان تهران)

سیدکمال اردهالی زاده، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
علی پایدار، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
علیرضا عاملی*، مربی، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
سید روح اله معافی مدنی، مربی، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amelii@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۸ – پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۰
صفحه ۲۵۷-۲۷۷

چکیده

در این تحقیق خرابی های روسازی و عوامل موثر در تعداد تصادفات بررسی شد. پارامترهایی نظیر ، عرض باند ،متوسط ترافیک روزانه، شاخص ناهمواری و خرابیهای روسازی ، طول قطعه و سرعت وسائل نقلیه در ۱۹ محور اصلی بین شهری در استان تهران بررسی و با استفاده از نرم افزار SPSS ارزیابی شد. همچنین بعنوان هدف دیگر این تحقیق ،رابطه فوق پس از اجرای عملیات نگهداری مجددا مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج نشان داد که ضمن ارائه یک مدل رگرسیون جدید، میزان تصادفات به طور چشمگیری کاهش پیدا کرده است. بر اساس این نتایج ، خرابی های روسازی و از بین آن ها شاخص IRI به میزان بالایی بر روی تصادفات مؤثر بوده و تاثیر عملیات نگهداری بر روی تصادفات به گونه ای بود که توانست در کل شبکه ۶۰ درصد کاهش ایجاد نماید. تحقیق کلان حاضر، کل راه های استان تهران را بررسی کرده و نتایج مدیریتی مناسبی را در پی خواهد داشت. همچنین چند رابطه با در نظرگیری پارامترهای فوق برای قبل وبعد از عملیات نگهداری ارائه شد و با یکدیگر مقایسه گردید. خرابی های روسازی به میزان بالایی بر روی تصادفات ناشی از عامل روسازی موثر بوده و میزان کاهش ایجاد شده نیز برای تصادفات مربوط به روسازی است. دو روش تحلیل رگرسیونی و لگاریتمی برای تطابق متغیرها با توزیع در مدل های موجود ارائه شد. میزان تصادفات بعد از عملیات نگهداری برای روش تحلیل رگرسیونی و لگاریتمی، به ترتیب به حدود ۰.۴۰ و ۰.۵۲ برابر حالت قبل از عملیات نگهداری رسیده است و این بیانگر کاهش ۶۰ و ۵۰ درصدی در تصادفات ناشی از خرابی های روسازی ها است. با مقایسه نتایج، هر دو نوع رویکرد آماری توانایی پیش بینی تصادفات پس از انجام عملیات نگهداری را با وجود داده ها داشته و روش تحلیل رگرسیونی نتایج بهتری به میزان ده درصد کاهش تصادفات را نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: *تصادفات، ترافیک، خرابی روسازی، عملیات نگهداری، وضعیت روسازی*

۱- مقدمه

تصادفات ترافیکی به عنوان یکی از عوامل تلفات انسانی شناخته شده اند. این مسئله، به دلیل اهمیت منابع و محدودیت آن ها به منظور توسعه اقدامات پیشگیرانه و امکان پذیر برای کاهش این چالش رو به رشد (تصادفات

ترافیکی)، از نگرانی های بزرگ در توسعه ی کشورها محسوب می گردد[فخری و کارونی، ۱۳۸۷]. امروزه بیشترین مشکلات در توسعه سیستمهای نوین حمل و نقل پیشگیرانه تصادفات جاده ای با خسارات، جراحات و حتی مرگ انسان هاست. بنابراین ایمنی ترافیک یکی از بحرانی ترین موارد در استراتژی های تصمیم گیری سازمان های حمل و نقل است. در این راستا، شناخت عوامل ایجاد کننده تصادفات در راه های هر کشور و به ویژه در راه های ایران از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که سالانه آمار بالایی از تصادفات خسارتی و منجر به مرگ و میر در کشور گزارش می شود. تصادفات ترافیکی اغلب تحت شرایط ترافیکی معینی رخ می دهند که بر اثر دلایلی همچون رفتار رانندگان، کاربران راه و دیگر پارامترهای مربوطه ایجاد می شوند. ایمنی ترافیک موضوع مهمی است که در سرتاسر جهان مورد توجه قرار می گیرد. مسئله اساسی در این بوده که در سال ۱۳۸٦ بالغ بر ۳۲۹٦۰۱ نفر مصدوم و متوفی بر اثر تصادفات جاده ای در کشور از بین رفته اند. داده ها تنها به منظور انجام تحلیل های اولیه و تلاش برای انجام داده کاوی به صورت آماری بکار گرفته می شوند[فخری و کارونی، ۱۳۸۷ و خبیری و الهی زاده، ۱۳۹۵]. مطالعات اندکی نشان داده اند که روسازی ها و شرایط رویه آن نقش بسزایی در بروز تصادفات و کاهش ایمنی دارند. عدم اصطکاک لازم رویه، وجود خرابیهای متعدد در سطح راه، عرض کم راه، عدم وجود شانه و یا عرض کم انها، رنگ رویه روسازی، قابلیت دید و از بین رفتن خطوط و خط کشی از جمله عوامل مهم روسازی ها هستند که در بروز تصادفات جاده ای و کاهش ایمنی نقش بسزایی دارند [طاهری، احمدی و ملکی ها، ۱۳۹۵]. مقاومت لغزندگی و اصطکاک سطح راه ها، خرابی های روسازی و غیره از جمله مواردی هستند که درسیستم مدیریت روسازی مورد ارزیابی و سنجش قرار می گیرند. بنابراین تلفیق پارامترهای ایمنی و سیستم مدیریت روسازی و همچنین نگهداری مناسب و ارزیابی متناوب پارامترهای مذکور جهت افزایش ایمنی راهها ضروری به نظر می رسد. با توجه به اینکه در خصوص بررسی اثر روسازی ها در عملکرد ترافیک و ایمنی راهها در ایران مطالعاتی انجام نشده و همچنین افزایش تقاضای استفاده از حمل و نقل زمینی و افزایش آمار تصادفات درایران، لزوم بررسی این مقوله و شناخت عوامل موثر روسازی ها و تردد ایمن وسایل نقلیه بیش از پیش احساس می شود. بنابراین در این تحقیق اثر مشخصات سطحی روسازی که شامل مقاومت لغزشی، ناهمواری روسازی، نشست جای چرخ، خرابی های روسازی و همچنین میزان متوسط ترافیک عبوری روزانه در سال در کاهش تصادفات و افزایش ایمنی راهها مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد. تعداد و شدت تصادفات معمولا به عواملی همچون رفتار رانندگان، وضعیت ترافیک، سرعت سفر، طرح هندسی، خصوصیات وسایل نقلیه و وضعیت روسازی وابسته است. در این بین، شاخص های وضعیت روسازی اطمینان از وضعیت رویه مناسب روسازی، استراتژی مؤثری برای کاهش تعداد و شدت تصادفات مربوط به روسازی خواهد بود. این تحقیق با بکارگیری دو منبع شامل خرابی های روسازی و تصادفات رخ داده و یکپارچه نمودن آن دو انجام خواهد شد. در واقع تحقیق حاضر رابطه بین میزان تصادفات و شاخص های وضعیت روسازی را می تواند در سطوح مختلف از شدت حوادث مورد بررسی قرار می دهد. وضعیت روسازی یک عامل کلیدی در کیفیت سواری بوده و این عامل می تواند بر روی تصادفات و یا حتی بر شدت آنها مؤثر باشد. در این راستا نیاز است تا با تعامل وضعیت روسازی و تصادفات در راه ها به تأثیر این دو بر یکدیگر پرداخت. در این تحقیق با معیار قرار دادن شاخص های وضعیت روسازی و میزان تصادفات به همراه شدت آنها در چند محور به

عنوان مطالعه موردی سعی در تأثیر این عوامل بر یکدیگر خواهد شد[طاهری، احمدی و ملکی ها، ۱۳۹۵و اسد امرجی و نهاوندی، ۱۳۹۵]. از اهداف دیگر تحقیق، بررسی تاثیر عملیات نگهداری بر کاهش تصادفات در محورهای اصلی و شریانی در استان تهران است. می توان گفت که با اجرای روند تحقیق حاضر سعی در اجرایی نمودن آن در رابطه با مطالعه موردی و دیگر راه های کشور با روند تحقیق حاضر نمود. از این حیث می تواند تحقیق حاضر را به صورتی کاربردی عمل نماید. از اهداف خاص دیگر این تحقیق می توان به اولویت بندی نقاط حادثه خیز و مضمحل یا احتمال کاهش ایمنی، ارائه راهکارهای اجرایی برای کاهش خرابی ها و ارتقای ایمنی، بررسی آماری و ارائه رابطه ای بین تصادفات و خرابی های روسازی و بررسی آماری تاثیر بکارگیری عملیات اجرایی روسازی بر میزان تصادفات و ایمنی با استفاده از مطالعات قبل و بعد (بررسی تاثیر عملیات نگهداری بر روی تصادفات در آینده) اشاره نمود. اهداف ارائه شده مبین کاربردی و اجرایی بودن این تحقیق هستند. سازمان هایی همچون ادارات کل راه و ترابری، شهرداری ها و پلیس راه کشور به ویژه برای مطالعه موردی این تحقیق می توانند از روند این تحقیق برای کاهش خسارات و همچنین فراوانی تصادفات استفاده نمایند. مطالعه موردی تحقیق حاضر محورهای استان تهران است و بهره وران فوق به ویژه بهره وران این استان، نتایج این تحقیق برایشان کاربردی خواهد بود.

۲- پیشینه تحقیق

در سال ۱۳۹۵، طاهری و همکاران به تاثیر بافت روسازی در ایمنی راهها و کاهش تصادفات جاده ایپرداختند [طاهری و همکاران، ۱۳۹۵]. این تحقیق از آن جهت در ارتباط با تحقیق حاضر است که می توان به تاثیر بافت روسازی ها بر روی تصادفات مانور داد و آن را به عنوان یک پارامتر موثر روسازی بر روی تصادفات و ایمنی در راه های برون شهری لحاظ کرد. ایشان می توانستند دریابند که آیا می توان رابطه ای ریاضی در قالب یک مدل برای تاثیر بافت درشت و یا ریز ایجاد کرد؟ کار ایشان بیشتر جزو کارهای در محل و میدانی بوده و از لحاظ عددی چه روشی را می توانستند به کار گیرند که رابطه ای ریاضی بین بافت روسازی و ایمنی ایجاد نماید. در سال ۱۳۹٤، امینی و همکاران به مدلسازی تاثیر مقاومت لغزشی روسازی بر فراوانی تصادفات تقاطع های بدون چراغ درون شهری پرداختند[امینی، حاجی علی بیگی و عادلی، ۱۳۹٤]. کار ایشان به گونه ای نشان داده که تاثیر لغزش در روسازی می تواند نرخ تصادفات را کاهش دهد اما باید می دیدند که چه رابطه ای از نظر ریاضی می توان برای آن در نظر گرفت. آیا می توان رابطه ای را ارائه داد که با تغییر کم در لغزش، میزان ایمنی مسیر کاهش عمده ای یابد یا خیر؟ ایشان می توانستند تاثیر متقابل نیروی ترمز خودروها را هم به همراه اصطکاک لحاظ کنند تا تاثیر آن بر روی تصادفات با واقعیت بیشتری نمایان شود. در سال ۱۳۹٤، شمسی و همکاران به ارائه مدل سه بعدی تغییرات ناگهانی سرعت خودرو ناشی از خرابی های روسازی و ناهمواری های آن (مطالعه موردی: محور خرم آباد-پل سفید) پرداختند[شمسی و غفوری نژاد، ۱۳۹٤]. این تحقیق مسئله روانی افراد و تصمیم گیری در کوچکترین زمان ممکن نشان می دهد که به واسطه مواجهه با خرابی های روسازی و ناهمواری های آن از خود عکس العمل نشان داده و می تواند با کاهش سرعت سریع به عمل نکردن ترمزها و یا برخورد از پشت وسایل نقلیه در لحظه ترمز خودروی جلویی منجر شود. نیاز بود ایشان تاثیر این عمل را با لحاظ پارامتر شتاب و سرعت کاهش یافته به همراه رانندگان دیگر مورد بررسی قرار دهند. این امر با شبیه سازی هم

می تواند انجام گیرد. در سال ۱۳۸٦، عامری و همکاران به برهم کنش ویژگیهای روسازی راه و حجم ترافیک برروی نرخ تصادفات جاده های دوخطه برون شهری پرداختند[عامری و ملکوتی، ۱۳۸٦].

ایشان می توانستند تاثیر انجام عملیات نگهداری را بررسی کنند چرا که با این کار می توان به صورت واضحی تاثیر تغییرات در وضعیت روسازی را با میزان تصادفات سنجید. در سال ۱۳۸۸،امینی و همکاران به بررسی رابطه بین شاخص خرابی روسازی و عناصر هندسی در محل قوسهای راه های دو خطه دوطرفه برون شهری پرداختند[امینی و دیگران، ۱۳۸۸]. پارامترهای هندسی خود تاثیرگذار بر روی میزان تصادفات هستند و در این تحقیق به همراه خرابی های روسازی در نظر گرفته شده اند و می توان برای پژوهش حاضر از آن ایده گرفت. نیاز بود که اعتبارسنجی با نرم افزار مورد استفاده، انجام گیرد و رابطه ریاضی برای آن ارائه شود. در سال ۱۳۸۸، مقدم کامرانی و همکاران به بررسی رابطه بین وضعیت روسازی و عملکرد راه از لحاظ شاخص تصادفات پرداختند[مقدم کامرانی و افتخارزاده، ۱۳۸۸].

این تحقیق پارامترهای خوبی را برای تاثیرگذاری بر روی تصادفات لحاظ کرده است ولی نیاز بود که رابطه ای ریاضی به همراه اعتبارسنجی با نرم افزار آماری مورد استفاده ارائه می دادند و همچنین جای در نظر گرفتن عملیات نگهداری در این تحقیق نیز خالی است و می توان به اثر بخشی وضعیت روسازی به عنوان یک پارامتر مهم و موثر بر تصادفات کمک نماید. در سال ۲۰۱٦، صادقی دزفولی و همکاران به بررسی تاثیر وضعیت روسازی بر نرخ تصادفات (مطالعه موردی: محور رشت- بندر انزلی) پرداختند[Sadeqi dezfooli, Allahyari Nik and Moghadas Nejad, 2016].

این تحقیق صرفا توسط نرم افزارهای آماری انجام نگرفته ولی رابطه ای بین شاخص وضعیت روسازی و تعداد تصادفات براساس یک رابطه خطی ارائه داده است. همچنین نشان داده که با شدت خرابی بیشتر، میزان تصادفات مربوطه می تواند افزایش یابد. در سال ۲۰۱۳، لی و همکاران به بررسی تاثیر وضعیت روسازی بر روی شدت تصادفات پرداختند که در آن برای سازمان حمل و نقل تگزاس انجام دادند و طی بازه یکساله تصادفات و وضعیت روسازی ایالت تگزاس را مورد مطالعه قرار دادند و رابطه ای برای این ایالت پیشنهاد دادند و نتیجه گرفتند که با افزایش اضمحلال روسازی ها تا ۷۰ درصد احتمال رخداد تصادفات جرحی و تا ۱۵ درصد منجر به مرگ می شوند [Li, Liu and Ding, 2013].

این تحقیق با رویکردی احتمالاتی انجام شده است که با افزایش خرابی روسازی ها به میزان شدت و تراکم بالاتری می‌تواند منجر به احتمال تصادفات مرتبط بیشتری گردد. همانطور که در پیشینه تحقیق نیز ارائه شد، تا کنون تحقیقی تمامی متغیرهای مورد بررسی شامل خرابی ها و شاخص های مربوطه آن و ترافیک عبوری و میزان تصادفات و شدت آن ها را در قالب مدلی کارا به ویژه در کشور و شرایط موجود در کشور ارائه نداده است. بنابراین می‌توان تحقیق حاضر را از این جنبه جدید دانست و نوآوری آن در ارائه مدل هایی آماری و کاربردی برای تعامل بین متغیرهای خرابی روسازی ها و وضعیت روسازی و تصادفات و همچنین عملیات پیشنهادی نگهداری برای رویه راه ها به منظور تعیین میزان اثر بخشی آن ها بر روی تصادفات دانست.

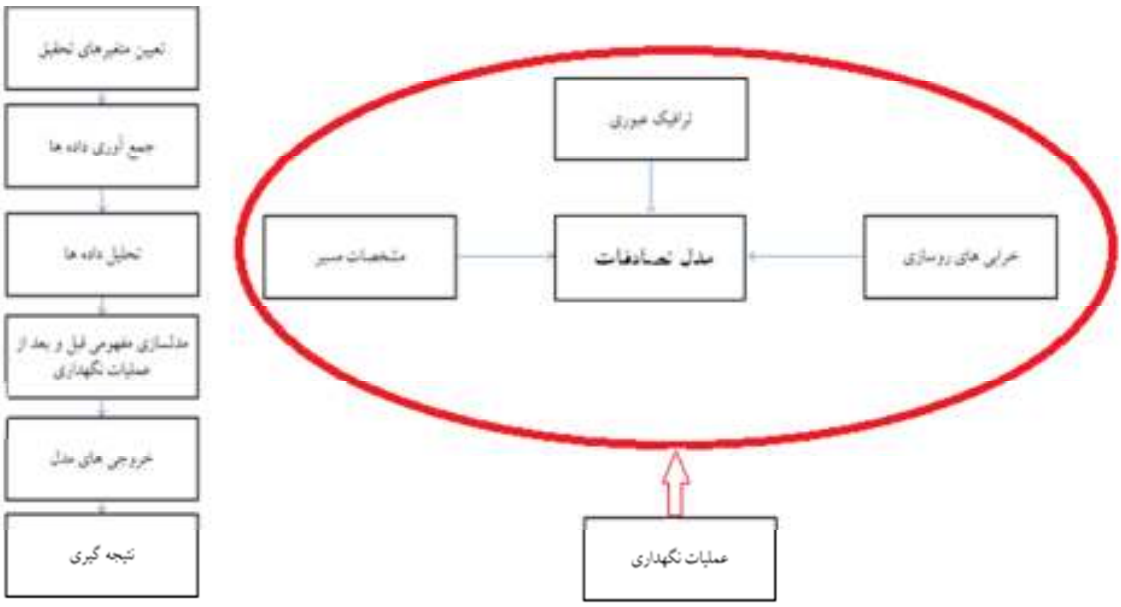
به این صورت که در این تحقیق به بررسی تاثیر عملیات نگهداری روسازی بر روی میزان تصادفاتی که در آینده رخ خواهند داد در قالب مدل هایی آماری پرداخته می شود که مبحثی بسیار جدید را در حوزه حمل و نقل می تواند ایجاد نماید.

۳- روش تحقیق

روند اجرایی و همچنین مدل مفهومی تحقیق حاضر به شرح شکل ۱ خواهد بود. داده های دریافت شده همانطور که گفته شد به سه بخش کلی ترافیک، خرابی های روسازی و مشخصات مسیرتقسیم می شود. این داده ها از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای دریافت گردید و بر روی آن ها پردازش گردید. مدل های تصادفات برای حالت قبل و بعد از نگهداری و بهسازی محورهای مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

٤- جمع آوری داده ها و مورد مطالعاتی

در این تحقیق به بررسی تمامی محورهای برون شهری استان تهران به عنوان مورد مطالعاتی پرداخته می شود. نقشه کل راه های استان تهران در شکل ۲ نشان داده شده است. راه های استان به شرح زیر هستند: تهران- گرمسار، گرمسار- تهران، فیروزکوه- سمنان، تهران- فیروزکوه، فیروزکوه- تهران، احمدآباد-واوان (کمربندی)، واوان- احمدآباد (کمربندی)، گرمسار- قم (آزادراه)، قم- گرمسار (آزادراه)، پلور- رودهن، رودهن- پلور، کرج- تهران (آزادراه)، کرج- تهران (بزرگراه همت)، تهران- کرج (آزادراه)، تهران- کرج (بزرگراه همت)، شمشک- تهران، تهران- شمشک، ساوه- تهران (آزادراه)، ساوه- تهران (جاده قدیم)، تهران- ساوه (آزادراه)، تهران- ساوه (جاده قدیم)، تهران- قم (آزادراه)، قم- تهران (آزادراه)، تهران- قم (جاده قدیم)، قم- تهران (جاده قدیم)، پردیس- تهران (آزادراه) و تهران- پردیس (آزادراه).



شکل ۱. مدل مفهومی و روند اجرایی تحقیق

شکل

شکل ۲. نقشه راه های استان تهران

داده‌های مورد نیاز در قالب ۲ نوع دیتابیس اصلی شامل تصادفات از نظر تعداد و همچنین خرابی های روسازی و شاخص های مربوط به آن ها خواهند بود. علاوه بر این ترافیک عبوری در سال نیز به عنوان داده ای دیگر برای محورهای مورد مطالعه جمع آوری خواهد شد. جامعه آماری در واقع محورهای مورد مطالعه از راه های شریانی استان تهران هستند و روش جمع آوری داده ها بر اساس دریافت داده های از سازمان های مورد نظر به صورت داده های خام اولیه و سپس پردازش بر روی آن ها خواهد بود و حجم نمونه ها به میزان دیتابیس هایی به صورت یک شبکه راه بوده که در وسعت یک پایگاه داده بزرگ است. از طرف دیگر داده های ترافیکی با استفاده از روابط ترافیکی تبدیل به متوسط ترافیک روزانه در سال می شوند. چرا که داده های موجود بر اساس ترافیک روزانه است و نیازمند پردازش آن ها به صورت متوسط ترافیک روزانه در سال خواهد بود. علاوه بر این، داده های مربوط به تصادفات به تفکیک عوامل ایجاد کننده آن تقسیم بندی شده و عوامل مربوط به روسازی ها از آن جدا می شوند. همچنین نوع عملیات نگهداری براساس خرابی ها و مقادیر شاخص های حاصل شده، انتخاب می شود. داده های ترافیکی از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای براساس خروجی پایگاه داده ای موجود در سازمان دریافت شده و به مراتب یکپارچه تر از آنچه در داده های سایت سازمان راهداری تحت عنوان ترددشماری بر خط نامیده می شود، است. داده های خرابی ها از اداره راه و شهرسازی استان تهران و داده های تصادفات از اداره پلیس راه کشور کسب شده اند. انواع خرابی های روسازی، وضعیت هندسی و ترافیک عبوری پارامترهایی هستند که در مدلسازی در نظر گرفته خواهند شد.

۵. نتایج کلی تحقیق

در این بخش به ارائه و تحلیل نتایج کلی تحقیق پرداخته می شود که بر این اساس، میزان متغیرها، شامل حداقل و حداکثر برای متغیرهای وابسته به مسیر و وسایل نقلیه در قالب آمار توصیفی در جدول ۱ و متغیرهای وابسته به خرابی روسازی قطعات به شرح جدول ۲ برای حالات قبل و بعد از عملیات نگهداری انجام شده، ارائه می گردد. اعداد داخل جداول مذکور براساس داده های دریافتی از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای است و محدوده تغییرات هر یک از متغیرها را ارائه می دهند. این تقسیم بندی برای شناخت محدوده تغییرات هر یک از پارامترهای موثر بر تصادفات در نظر گرفته شده است. این تقسیم بندی از آنجایی کاربرد دارد که می توان دریافت در شبکه مورد مطالعه قطعات چه وضعیتی را داشته تا به مدیریت آنها در سطح کلان دست یافت.

جدول ۱. مقادیر حداقل و حداکثر متغیرهای وابسته به مسیر و وسایل نقلیه در دو حالت قبل و بعد از عملیات نگهداری

قبل از عملیات نگهداری					
متغیر	طول قطعه (کیلو متر)	تعداد باندهای عبوری	عرض قطعه (متر)	AADT	سرعت مسیر (کیلومتربرساعت)
حداقل	۱.۰۰	۱.۰۰	٤.۰۰	۱۰۵۰	۵۰
متوسط	٤.۰۰	۳.۰۰	۱۰.۰۰	۱۹۵۸۵	۸۰
حداکثر	۲۳.۰۰	۵.۰۰	۱۸.۵۰	۱۰۲٦۳۸	۱۰۰
بعد از عملیات نگهداری					
متغیر	طول قطعه (کیلو متر)	تعداد باندهای عبوری	عرض قطعه (متر)	AADT	سرعت مسیر (کیلومتربرساعت)
حداقل	۱.۰۰	۱.۰۰	٤.۰۰	۱۲۳۹	۵۰
متوسط	٤.۰۰	۳.۰۰	۱۰.۰۰	۲۲۵۲۳	۸۰
حداکثر	۲۳.۰۰	۵.۰۰	۱۸.۵۰	۱۲۱۱۱۳	۱۰۰

ترافیک عبوری برای بعد از عملیات نگهداری برای یک سال تا ۵ سال بعد از ترافیک سال قبلی ارائه شده اند چرا که عملیات نگهداری برای محورها طی این سال ها انجام گرفته و به این منظور داده ها برای حداقل، متوسط و حداکثر برای مسیرها و قطعات آن ارائه شده است. نحوه محاسبه نیز به این صورت بوده که کمترین تردد برای قطعه ای بوده که ۱۲۳۹ وسیله نقلیه عبور داشته و در محورهای دیگر حداکثر تردد ۱۲۱۱۱۳ وسیله نقلیه بوده است. جدول ۱ نشان می دهد که در حالت قبل از عملیات نگهداری، طول حداقل قطعات ۱ کیلومتر بوده و پایینتر از نظر اجرایی امکانپذیر نخواهد بود. علاوه بر این قطعاتی در شبکه مورد مطالعه هستند که دارای طولی برابر ۲۲.۳٦ کیلومتر در قطعه ۵ آزادراه قم-تهران نیز بودند که این قطعه دارای شرایط یکنواخت در طول مسیر بوده و قطعا در طول آن وضعیت خوبی بوده و عملیات نگهداری برای آن اخیرا انجام گرفته و یا عملیات مناسبی برای آن دیده شده بوده است. باندهای عبوری نیز حداقل ۱ باند برای مسیر رفت و یک باند برای مسیر برگشت در حالت جداشده بوده و تحلیل برای این قطعات انجام گرفته است. دیگر قطعات با تعداد باندهایی معادل ۲ و ۳ و ٤ و

۵ در هر جهت بوده اند و قطعات با یک باند در راه های فرعی و باندهای ۲ و ۳ در راه های اصلی و ٤ و ۵ برای آزادراه و بزرگراه ها خواهد بود. عرض قطعات از ٤.۰۹ متر برای یک مسیر با سواره رو و شانه آسفالتی مجموعا به این عرض تا یک آزادراه با عرض ۱۸.۵ متر متغیر است. داده های ترافیکی در کمترین قطعه معادل روزانه ۱۰۵۰ وسیله نقلیه در سال داشته و بیشترین ترافیک برای قطعه ای با تردد ۱۰۲٦۳۸ وسیله نقلیه است. همچنین کمترین سرعت عملکردی مسیر مربوط به قطعه ای با سرعت ۵۰.۳٦ کیلومتر بر ساعت بوده و بیشترین آن برای قطعه ای با ۱۰۳.٦۵ کیلومتر بر ساعت است.

همچنین در حالت بعد از عملیات نگهداری، فرض می گردد که متغیرهای مربوط به مسیر شامل طول قطعات، تعداد باندهای عبوری، عرض قطعات، سرعت عملکردی وسایل نقلیه ثابت هستند و بنابراین طول حداقل قطعات ۱ کیلومتر بوده و علاوه بر این قطعاتی در شبکه مورد مطالعه هستند که دارای طولی برابر ۲۲.۳٦ کیلومتر نیز بودند که این قطعه دارای شرایط یکنواخت در طول مسیر بوده و قطعا در طول آن وضعیت خوبی بوده و عملیات نگهداری برای آن اخیرا انجام گرفته و یا عملیات مناسبی برای آن دیده شده بوده است. باندهای عبوری نیز حداقل ۱ باند برای مسیر رفت و یک باند برای مسیر برگشت در حالت جداشده بوده و تحلیل برای این قطعات انجام گرفته است. دیگر قطعات با تعداد باندهایی معادل ۲ و ۳ و ٤ و ۵ در هر جهت بوده اند و قطعات با یک باند در راه های فرعی و باندهای ۲ و ۳ در راه های اصلی و ٤ و ۵ برای آزادراه و بزرگراه ها خواهد بود. عرض قطعات از ٤.۰۹ متر برای یک مسیر با سواره رو و شانه آسفالتی مجموعا به این عرض تا یک آزادراه با عرض ۱۸.۵ متر متغیر است. داده های ترافیکی در کمترین قطعه معادل روزانه ۱۲۳۹ وسیله نقلیه در سال داشته و بیشترین ترافیک برای قطعه ای با تردد ۱۲۱۱۱۳ وسیله نقلیه است. همچنین کمترین سرعت عملکردی مسیر مربوط به قطعه ای با سرعت ۵۰.۳٦ کیلومتر بر ساعت بوده و بیشترین آن برای قطعه ای با ۱۰۳.٦۵ کیلومتر بر ساعت است. جدول ۲ نیز برای حالت قبل از عملیات نگهداری، قطعه ای دارای کمترین میزان شاخص IRI و معادل ۱ متر بر کیلومتر بوده و بالاترین IRI مربوط به قطعه ای بوده که ۳۷.۳۹ متر بر کیلومتر است و دلیل این زیاد بودن این شاخص می تواند داشتن سرعت کاه های در برخی مسیرهای مورد مطالعه باشد. همچنین عمق شیار به میزان ۰.٤۲ سانتیمتر برای بهترین وضعیت قطعه و معادل ۷.٤۵ سانتیمتر برای بدترین قطعه در رابطه با پدیده شیارشدگی است. ترک های پوست سوسماری در قطعاتی ۰ بوده و در برخی قطعات به ٤۵.۹۵ درصد از سطح روسازی شامل ترک پوست سوسماری رسیده اند. ترک های عرضی به میزان ۰ درصد تا ۸٦.٤۹ درصد سطح روسازی می رسند. ترک های پوست سوسماری شدید به دلیل اینکه به میزان بالایی بر وضعیت یک قطعه موثر هستند، اهمیت بالایی دارند، این خرابی برای قطعات از ۰ درصد تا ۲۵.۰۷ درصد سطح روسازی متغیر است. ترک های بلوکی نیز از ۰ درصد تا ۹٤.۷٦ درصد سطح روسازی برای قطعه ای خاص متغیر بوده است. خرابی هوازدگی براساس درصدی از سطح روسازی از ۰ درصد تا ۹۵.۸۹ درصد سطح متغیر است. چاله ها از تعداد ۰ چاله در کیلومتر تا ٦۰ چاله در کیلومتر برای قطعات شبکه مورد مطالعه متغیر هستند. در جدول ۲ برای بعد از عملیات نگهداری نیز، قطعه ای دارای کمترین میزان شاخص IRI و معادل ۰.۵ متر بر کیلومتر بوده و بالاترین IRI مربوط به قطعه ای بوده که ۳.۷ متر بر کیلومتر است. همچنین عمق شیار به میزان ۰.۲ سانتیمتر برای بهترین وضعیت قطعه و معادل ۱.۹ سانتیمتر برای بدترین قطعه در رابطه با پدیده شیارشدگی است. ترک های پوست سوسماری در قطعاتی ۰ بوده و در برخی قطعات به ۷.۹۵ درصد از سطح

روسازی شامل ترک پوست سوسماری رسیده اند. ترک های عرضی به میزان ۰ درصد تا ۸.۴۹ درصد سطح روسازی می رسند. ترک های پوست سوسماری شدید به دلیل اینکه به میزان بالایی بر وضعیت یک قطعه موثر هستند، اهمیت بالایی دارند، این خرابی برای قطعات از ۰ درصد تا ۲.۰۱ درصد سطح روسازی متغیر است. ترک های بلوکی نیز از ۰ درصد تا ۳.۱۲ درصد سطح روسازی برای قطعه ای خاص متغیر بوده است. خرابی هوازدگی براساس درصدی از سطح روسازی از ۰ درصد تا ۸.۳۲ درصد سطح متغیر است. چاله ها از تعداد ۰ چاله در کیلومتر تا ۵ چاله در کیلومتر برای قطعات شبکه مورد مطالعه متغیر هستند.

٦- نتایج مربوط به تحلیل رگرسیونی

پس از بررسی محدوده داده های تحقیق در وضعیت موجود و بررسی محدوده آن ها، نیاز به بررسی متغیرها در قالب یک مدل خواهد بود. بر این اساس با استفاده از رگرسیون یا همان همبستگی خطی بین متغیرها، به ایجاد رابطه بین آن ها پرداخته می شود. در این راستا، ۲ حالت قبل و بعد از عملیات نگهداری در دو بخش ارائه می-شوند. به این منظور که با استفاده از داده‌های خرابی و ترافیک و شرایط مسیر و وسایل نقلیه در قبل از عملیات نگهداری و همچنین داده‌های تصادفات در قبل از عملیات نگهداری و همچنین داده‌های خرابی پس از عملیات نگهداری به پیش بینی تصادفات در زمان بعد از عملیات نگهداری و بررسی تاثیر عملیات نگهداری بر تصادفات پرداخته می‌شود.

جدول ۲. مقادیر حداقل، متوسط و حداکثر متغیرهای خرابی روسازی قطعات برای قبل و بعد عملیات نگهداری

قبل از عملیات نگهداری								
متغیر	IRI	عمق شیار (سانتیمتر)	ترک پوست سوسماری (درصد)	ترک عرضی (درصد)	ترک پوست سوسماری شدید (درصد)	ترک بلوکی (درصد)	هوازدگی	چاله
حداقل	۱.۰۰	۰.٤۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
حداکثر	۳۷.۳۹	۷.٤٥	٤٥.۹٥	۸٦.٤۹	۲٥.۰۷	۹٤.۷٦	۹٥.۸۹	٦۰.۰۰
بعد از عملیات نگهداری								
متغیر	IRI	عمق شیار (سانتیمتر)	ترک پوست سوسماری (درصد)	ترک عرضی (درصد)	ترک پوست سوسماری شدید (درصد)	ترک بلوکی (درصد)	هوازدگی	چاله
حداقل	۰.٥	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
حداکثر	۳.۷	۱.۹	۷.۹٥	۸.٤۹	۲.۰۱	۳.۱۲	۸.۳۲	٥

٦-۱- مدل های قبل از عملیات نگهداری

این بخش مربوط به مدل هایی برای قبل از عملیات نگهداری است. به این منظور از داده های تصادفات قبل از انجام عملیات نگهداری استفاده شده و به عنوان متغیر وابسته این تحقیق در نرم افزار و در مدل وارد می شود. متغیرهای مستقل شامل انواع خرابی های روسازی و ترافیک عبوری و مشخصات مسیر و وسایل نقلیه است. با توجه به رگرسیون گرفته شده بین کل متغیرها در نرم افزار

SPSS، خروجی هـایی شـامل آنـالیز واریـانس و تعیـین ضرایب متغیرهای مستقل بر میزان تصادفات بـه صـورت جداول ۳ و ٤ ارائه شده است. همچنین با توجه به تحلیل انجام گرفته به ضریب R^2 معادل ۰.۹۳۵ دست یافته شـد. همانطور که در جداول ۳ و ٤ ارائـه شـده اسـت، تمـامی متغیرهای مستقل وارد شده در مدل دارای سطح معناداری مناسبی با توجه به مقـدار $Sig<0.05$ هسـتند. براسـاس ضرایب هر یک از متغیرهای فوق می توان نتیجـه گرفـت که شاخص ناهمواری بین المللی با ضـریب ۰.٤٥۰ دارای بیشترین تاثیر بر روی تصادفات بوده، پس از آن چالـه بـا ضریب ۰.۲۹۳، ترک خوردگی شدید پوسـت سوسـماری با ۰.۲۸٤ و عمق شیار با ۰.۲٤۷ و ترک خـوردگی بلـوکی با ۰.۲۳۲ و ترک خوردگی عرضی با ضریب ۰.۲۲۳، ترک خوردگی پوست سوسماری با ضریب ۰.۲۰۲، هوازدگی با ضریب ۰.۱۸۵، ترافیک عبوری بـا ضـریب ۰.۱۷۰، تعـداد باندهای عبوری با ضریب ۰.۰۹۷، سرعت وسایل نقلیه بـا ضریب ۰.۰٦۷ و طول قطعه بـا ضـریب ۰.۰۵۵ و عـرض قطعه با ضریب ۰.۰۲۷ به ترتیـب بـر روی متغیـر وابسـته تصادفات موثر هستند و در قالب مدلی کلی بـرای حالـت قبل از عملیات نگهداری ارائه می شوند. این ضـرایب در شکل ۳ ارایه شده است.

جدول ۳. آنالیز واریانس متغیرهای مستقل و وابسته در تحلیل رگرسیونی

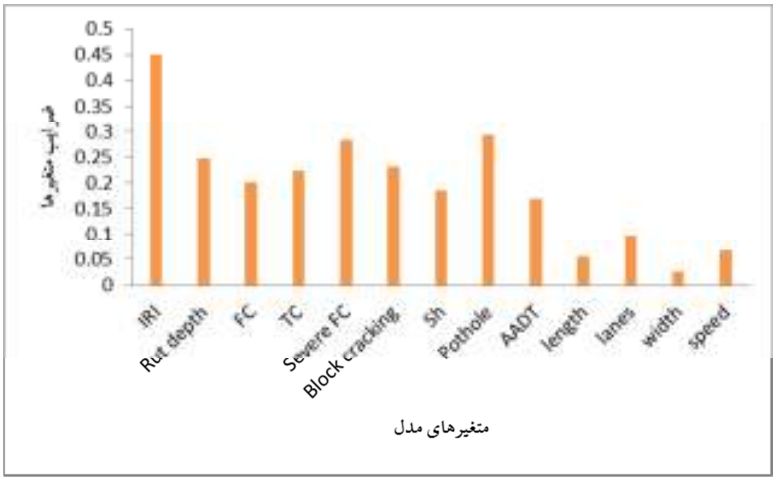
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	27343821.199	13	2103370.861	25156616.436	.000[b]
	Residual	20.150	241	.084		
	Total	27343841.349	254			

a. Dependent Variable: Crashes
b. Predictors: (Constant), speed, Block cracking, Pothole, Severe FC, Rut depth, length, Sh, AADT, FC, lanes, TC, width, IRI

جدول ٤. تعیین ضرایب متغیرهای مستقل بر میزان تصادفات در تحلیل رگرسیونی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.319	.151		2.116	.035
	IRI	.450	.012	.003	37.994	.000
	Rut depth	.247	.025	.001	9.883	.000
	FC	.202	.003	.004	59.730	.000
	TC	.223	.003	.006	67.218	.000
	Severe FC	.284	.008	.002	37.154	.000
	Block cracking	.232	.002	.009	145.656	.000
	Sh	.185	.001	.008	125.648	.000
	Pothole	.293	.000	.045	774.482	.000
	AADT	.170	.000	1.002	16228.050	.000
	length	.055	.006	.001	9.154	.000
	lanes	.097	.035	.000	2.763	.006
	width	.027	.012	.001	10.540	.000
	speed	.067	.002	.003	50.764	.000

a. Dependent Variable: Crashes



شکل ۳. ضرایب متغیرهای مدل رگرسیونی در حالت در نظرگیری تمامی متغیرها قبل از عملیات نگهداری

با توجه به شکل ۳ حاصل از تحلیل انجام گرفته در این تحقیق می‌توان یافت که متغیرهایی همچون IRI و چاله ها و عمق شیارشدگی و ترک های پوست سوسماری شدید در روسازی دارای بیشترین تاثیر را بر روی تصادفات خواهند داشت. تحلیل فوق منجر به مدلی به صورت رابطه ۱ شد که در آن، IRI شاخص ناهمواری روسازی، Rut میزان شیارشدگی به سانتیمتر، FC ترک خوردگی پوست سوسماری، TC ترک خوردگی عرضی، SeverFC ترک خوردگی شدید پوست سوسماری، BC ترک خوردگی بلوکی، Sh هوازدگی هر یک بر حسب درصد، چاله‌ها برحسب تعداد، AADT متوسط ترافیک روزانه در سال، Length طول قطعه بر حسب کیلومتر، Lanes تعداد باندهای عبوری، Width عرض قطعه بر حسب متر، سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت هستند.

(۱)

$$Crashes = 0.450 \times IRI + 0.247 \times Rut + 0.202 \times FC + 0.223 \times TC + 0.284 \times SeverFC + 0.232 \times BC + 0.185 \times Sh + 0.293 \times Pothole + 0.170 \times AADT + 0.055 \times Length + 0.097 \times Lanes + 0.027 \times Width + 0.067 \times Speed + 0.319$$

علاوه بر در نظرگیری کلیه متغیرها بر میزان تصادفات، ترافیک و انواع خرابی ها در تحلیلی دیگر بر روی تصادفات مورد بررسی قرار می‌گیرند که در جداول ۵ و ٦ آنالیز واریانس و ضرایب متغیرها ارائه شده است. همچنین با توجه به تحلیل انجام گرفته به ضریب R2 معادل ۰.۹٦۲ دست یافته شد.

جدول ۵. آنالیز واریانس متغیرهای ترافیک و خرابی ها بر تصادفات در تحلیل رگرسیونی

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	27343487.234	9	3038165.248	2102001.323	.000[b]
	Residual	354.115	245	1.445		
	Total	27343841.349	254			

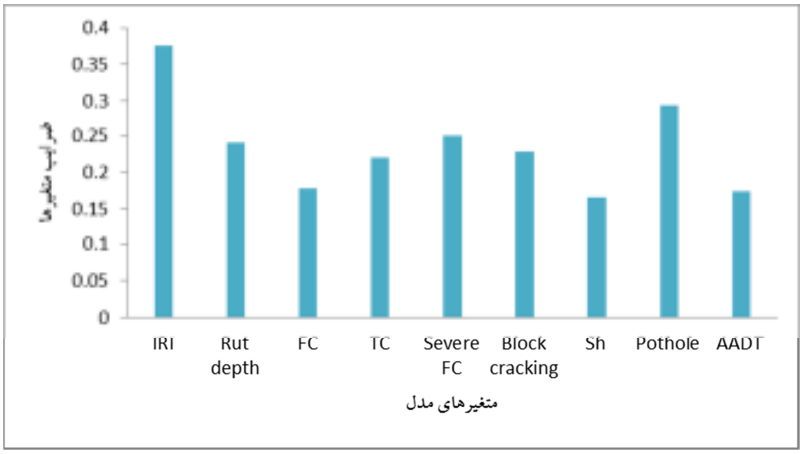
a. Dependent Variable: Crashes
b. Predictors: (Constant), AADT, Pothole, Severe FC, Block cracking, IRI, Sh, FC, Rut depth, TC

جدول ٦. تعیین ضرایب متغیرهای ترافیک و خرابی ها بر میزان تصادفات در تحلیل رگرسیونی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.214	.203		45.375	.000
	IRI	.375	.047	.003	7.896	.000
	Rut depth	.241	.100	.001	2.408	.017
	FC	.178	.014	.003	12.961	.000
	TC	.220	.013	.006	16.737	.000
	Severe FC	.250	.032	.002	7.933	.000
	Block cracking	.229	.006	.008	35.359	.000
	Sh	.166	.006	.007	27.849	.000
	Pothole	.294	.002	.045	187.347	.000
	AADT	.174	.000	1.003	4271.008	.000

a. Dependent Variable: Crashes

همانطور که در جداول ٥ و ٦ ارائه شده است، تمامی متغیرهای مستقل وارد شده در مدل دارای سطح معناداری مناسبی با توجه به مقدار Sig<0.05 هستند. براساس ضرایب هر یک از متغیرهای فوق می توان نتیجه گرفت که شاخص ناهمواری بین المللی با ضریب ۰.۳۷۵ دارای بیشترین تاثیر بر روی تصادفات بوده، پس از آن چاله با ضریب ۰.۲۹٤، ترک خوردگی شدید پوست سوسماری با ۰.۲۵۰ و عمق شیار با ۰.۲٤۱ و ترک خوردگی بلوکی با ۰.۲۲۹ و ترک خوردگی عرضی با ضریب ۰.۲۲۰، ترک خوردگی پوست سوسماری با ضریب ۰.۱۷۸، ترافیک عبوری با ضریب ۰.۱۷٤، هوازدگی با ضریب ۰.۱٦٦ به ترتیب بر روی متغیر وابسته تصادفات موثر هستند و در قالب مدلی کلی برای حالت قبل از عملیات نگهداری ارائه می شوند. این متغیرها همانطور که گفته شد شامل خرابی ها و ترافیک عبوری هستند و جدا از متغیرهای کلی برای بررسی بیشتر تاثیر خرابی ها و ترافیک بر تصادفات قبل از عملیات نگهداری بحث شده‌اند. ضرایب این متغیرها در شکل ٤ ارائه شده است.



شکل ٤. ضرایب متغیرهای مدل رگرسیونی در حالت در نظرگیری خرابی ها و ترافیک قبل از عملیات نگهداری

با توجه به شکل فوق حاصل از تحلیل انجام گرفته در این تحقیق می توان یافت که متغیرهایی همچون IRI و چاله ها و عمق شیارشدگی و ترک های پوست سوسماری شدید در روسازی دارای بیشترین تاثیر را بر روی تصادفات خواهند داشت. تحلیل فوق منجر به مدلی به صورت رابطه ۲ شد که در آن، IRI شاخص ناهمواری روسازی، Rut میزان شیارشدگی به سانتیمتر، FC ترک خوردگی پوست سوسماری، TC ترک خوردگی عرضی، SeverFC ترک خوردگی شدید پوست سوسماری، BC ترک خوردگی بلوکی، Sh هوازدگی هر یک بر حسب درصد، چاله ها برحسب تعداد، AADT متوسط ترافیک روزانه در سال هستند.

(۲)

$$Crashes = 0.375 \times IRI + 0.241 \times Rut + 0.178 \times FC + 0.220 \times TC + 0.250 \times SeverFC + 0.229 \times BC + 0.166 \times Sh + 0.294 \times Pothole + 0.174 \times AADT + 9.21$$

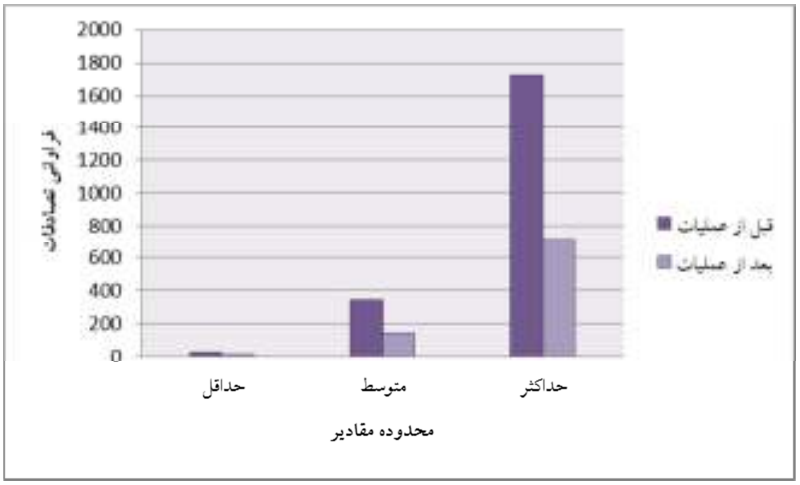
٦-٢- پیش بینی تصادفات بعد از عملیات نگهداری

پس از ارائه مدل برای تصادفات قبل از عملیات نگهداری توسط متغیرهای مستقل شامل خرابی‌ها، ترافیک و شرایط مسیر و وسایل نقلیه، حال نیاز است با داده‌های موجود همین متغیرهای مستقل پس از عملیات نگهداری به پیش بینی تصادفات برای این حالت پرداخته شود. به این شکل که با قرارگیری داده های فوق در روابط ارائه شده در بخش قبل می توان به تعیین تصادفات پرداخت.

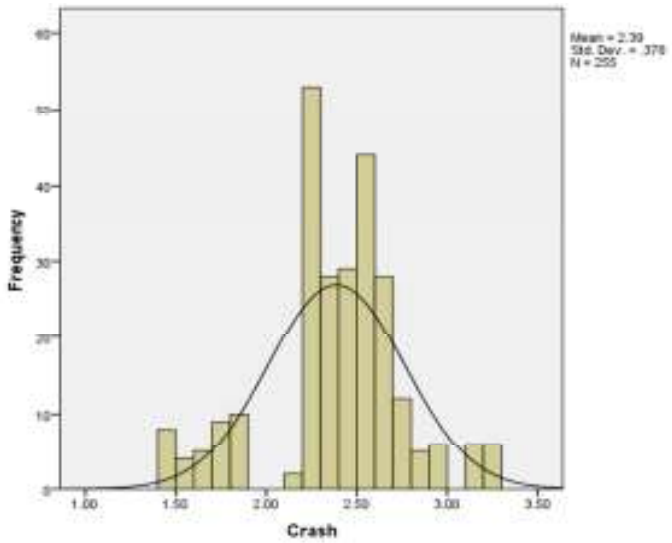
از آنجایی که این تحقیق در سطح کلان و برای یک شبکه از راه‌های استان تهران بررسی شده است، می‌توان نتایج آن را برای برنامه ریزی در سطح کلان استفاده نمود.حال تصادفات برای حالت بعد از عملیات نگهداری با استفاده از مدل ارائه شده در بخش قبلی تعیین شده و با تصادفات قبل از عملیات نگهداری در شکل ۵ مقایسه می‌شوند. نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد که با در نظرگیری حد وسط (مقادیر متوسط) برای قبل و بعد از عملیات میزان تصادفات بعد از عملیات نگهداری به حدود ۰.٤۰ برابر حالت قبل از عملیات نگهداری رسیده است و این نشان از کاهش ٦۰ درصدی در تصادفات ناشی از خرابی های روسازی ها خواهد بود.

٦-٣ آزمایش مدل

در این بخش به بررسی پیوستگی داده های مربوط به تصادفات رخ داده شده به شرح شکل ٦ و جدول ۷ پرداخته می‌شود.



شکل ۵. محدوده تغییر تصادفات قبل و بعد از عملیات نگهداری



شکل ٦. نمودار فراوانی تصادفات و بررسی نرمال بودن آن

شکل ٦ نشان می دهد که داده های تصادفات در وضعیت نرمال بوده و پیوستگی مناسبی دارد. آزمون ارائه شده در جدول زیر نمایانگر بررسی در وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها را نشان می‌دهد. یعنی اینکه توزیع یک صفت در یک نمونه را با توزیعی که برای جامعه مفروض است، مقایسه می‌کند. اگر داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند امکان استفاده از آزمون پارمتریک وجود دارد و در غیر این صورت باید از آزمون ناپارمتریک استفاده می شود. برای ارزیابی هم قوارگی متغیرهای رتبه‌ای در دو نمونه (مستقل و یا غیر مستقل) و یا هم قوارگی توزیع یک نمونه با توزیعی که برای جامعه فرض شده است، به کار می‌رود.این آزمون در مواردی به کار می‌رود که متغیرها رتبه‌ای باشند و توزیع متغیر رتبه‌ای را در جامعه بتوان مشخص نمود. این آزمون از طریق مقایسه توزیع فراوانی‌های نسبی مشاهده شده در نمونه با توزیع فراوانی‌های نسبی جامعه انجام می‌گیرد. نتایج جدول ۷

نیـز نمایـانگر وضـعیت نرمـال در داده هـای مربـوط بـه تصادفات وسائل نقلیه است.

جدول ۸. آنالیز واریانس متغیرهای مستقل و وابسته براساس تحلیل لگاریتمی

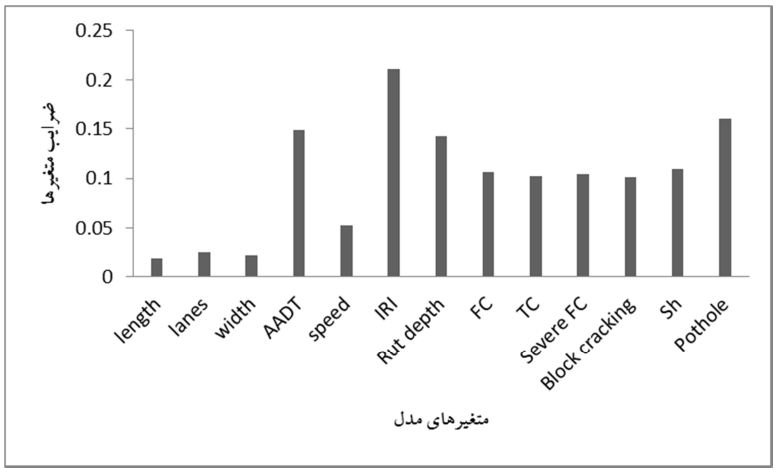
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25.917	13	1.994	46.600	.000[b]
	Residual	10.310	241	.043		
	Total	36.227	254			

a. Dependent Variable: Crash
b. Predictors: (Constant), Pothole, width, Severe FC, length, Block cracking, Sh, IRI, AADT, FC, speed, Rut depth, lanes, TC

جدول ۹. تعیین ضرایب متغیرهای مستقل بر میزان تصادفات براساس تحلیل لگاریتمی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.710	.108		15.853	.000
	length	.018	.004	.069	1.839	.007
	lanes	.025	.025	.050	.983	.007
	width	.021	.009	.004	.072	.043
	AADT	.149	.000	.802	2.912	.000
	speed	.052	.001	.051	1.235	.018
	IRI	.211	.008	.068	1.247	.023
	Rut depth	.142	.018	.256	5.671	.000
	FC	.106	.002	.090	2.308	.022
	TC	.102	.002	.002	.037	.011
	Severe FC	.104	.005	.025	.661	.039
	Block cracking	.101	.001	.062	1.707	.019
	Sh	.109	.001	.034	.895	.022
	Pothole	.161	.000	.107	2.986	.003

a. Dependent Variable: Crash



شکل ۷. ضرایب متغیرهای مدل لگاریتمی در حالت در نظرگیری تمامی متغیرها قبل از عملیات نگهداری

۷- نتایج مربوط به تحلیل لگاریتمی

پس از بررسی روش تحلیل رگرسیونی، با استفاده از روش تحلیل لگاریتمی، به ایجاد رابطه بین متغیرها پرداخته می شود. در این راستا، ۲ حالت قبل و بعد از عملیات نگهداری در دو بخش ارائه می شوند. در این روش تحلیلی، از تعداد تصادفات تحت داده‌های قبل از عملیات نگهداری، لگاریتم گرفته می‌شود و سپس مشابه روش تحلیل رگرسیونی، روند اجرایی ادامه پیدا می‌کند و مدل ارائه شده نیز براساس لگاریتم تصادفات بیان می‌گردد.

۷-۱ مدل‌های قبل از عملیات نگهداری

این بخش مربوط به مدل‌هایی برای قبل از عملیات نگهداری است. با توجه به تحلیل گرفته
شده بین کل متغیرها در نرم افزار SPSS، خروجی هایی شامل آنالیز واریانس و تعیین ضرایب متغیرهای مستقل بر میزان تصادفات به صورت جداول ۸ و ۹ ارائه شده است. همچنین با توجه به تحلیل انجام گرفته به ضریب R^2 معادل ۰.۸۷۵ دست یافته شد. ضرایب متغیرهای مستقل در مدل لگاریتمی به همراه تمام متغیرهای مورد نظر به شرح شکل ۷ ارائه شده اند.

جدول ۷. نتایج آزمون کولموگروف

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Parameters		Crashes
N		255
Normal Parameters[a,b]	Mean	343.898
	Std. Deviation	328.100
Most Extreme Differences	Absolute	.258
	Positive	.258
	Negative	-.166
Test Statistic		.258
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000[c]

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.
c. Lilliefors Significance Correction.

با توجه به شکل ۷ حاصل از تحلیل انجام گرفته در این تحقیق می توان یافت که متغیرهایی همچون IRI و چاله ها و عمق شیارشدگی و ترافیک عبوری در روسازی دارای بیشترین تاثیر را بر روی تصادفات خواهند داشت.

تحلیل فوق منجر به مدلی به صورت رابطه ۳ شد که در آن، IRI شاخص ناهمواری روسازی، Rut میزان شیارشدگی به سانتیمتر، FC ترک خوردگی پوست سوسماری، TC ترک خوردگی عرضی، SeverFC ترک خوردگی شدید پوست سوسماری، BC ترک خوردگی بلوکی، Sh هوازدگی هر یک بر حسب درصد، چاله ها برحسب تعداد، AADT متوسط ترافیک روزانه در سال، Length طول قطعه بر حسب کیلومتر، Lanes تعداد باندهای عبوری، Width عرض قطعه بر حسب متر، سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت هستند.

علاوه بر در نظرگیری کلیه متغیرها بر میزان تصادفات، ترافیک و انواع خرابی‌ها در تحلیلی دیگر بر روی تصادفات مورد بررسی قرار می‌گیرند که در جداول ۱۰ و ۱۱ آنالیز واریانس و ضرایب متغیرها ارائه شده است. همچنین با توجه به تحلیل انجام گرفته به ضریب R^2 معادل ۰.۸٤۱ دست یافته شد. ضرایب متغیرهای مستقل در مدل لگاریتمی به همراه تمام متغیرهای مورد نظر به شرح شکل ۸ ارائه شده‌اند.

(۳)

$$\log(Crashes) = 0.211 \times IRI + 0.142 \times Rut + 0.106 \times FC + 0.102 \times TC + 0.104 \times SeverFC + 0.101 \times BC + 0.109 \times Sh + 0.161 \times Pothole + 0.149 \times AADT + 0.018 \times Length + 0.025 \times Lanes + 0.021 \times Width + 0.052 \times Speed + 1.710$$

جدول ۱۰. آنالیز واریانس متغیرهای ترافیک و خرابی‌ها بر تصادفات

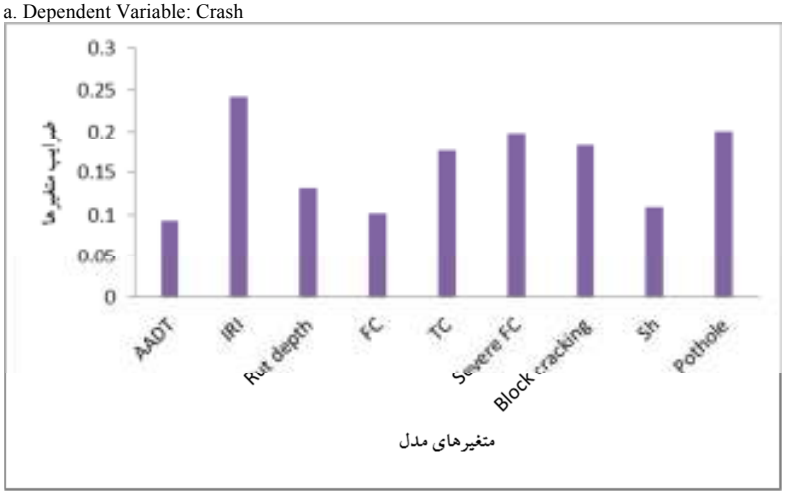
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25.553	9	2.839	65.172	.000[b]
	Residual	10.674	245	.044		
	Total	36.227	254			

a. Dependent Variable: Crash
b. Predictors: (Constant), Pothole, TC, Block cracking, AADT, Sh, FC, Severe FC, Rut depth, IRI

جدول ۱۱. تعیین ضرایب متغیرهای ترافیک و خرابی‌ها بر میزان تصادفات با تحلیل لگاریتمی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.941	.035		55.046	.000
	AADT	.093	.000	.821	23.179	.000
	IRI	.242	.008	.077	1.468	.043
	Rut depth	.131	.017	.237	5.407	.000
	FC	.101	.002	.105	2.703	.007
	TC	.176	.002	.008	.148	.012
	Severe FC	.198	.005	.034	.890	.034
	Block cracking	.182	.001	.061	1.696	.001
	Sh	.109	.001	.018	.491	.014
	Pothole	.201	.000	.106	2.917	.004

a. Dependent Variable: Crash



شکل ۸. ضرایب متغیرهای مدل لگاریتمی در حالت در نظرگیری خرابی‌ها و ترافیک قبل از عملیات نگهداری

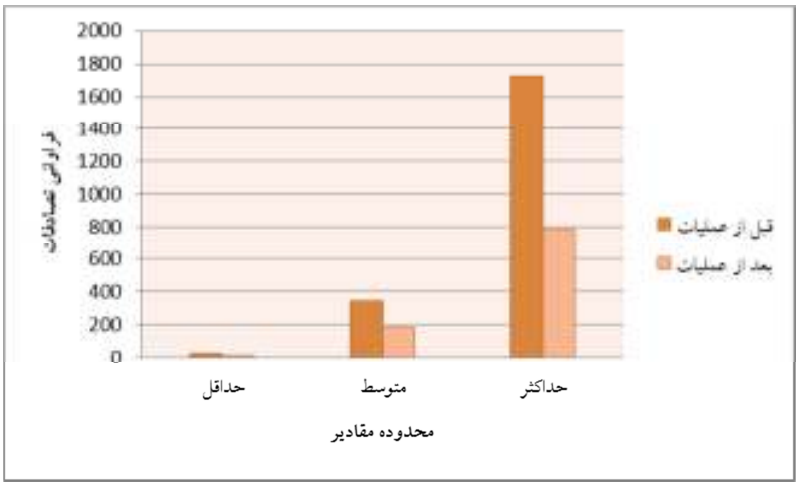
با توجه به شکل ۸ حاصل از تحلیل انجام گرفته در این تحقیق می توان یافت که متغیرهایی همچون IRI و چاله‌ها و ترک‌های شدید پوست سوسماری در روسازی دارای بیشترین تاثیر را بر روی تصادفات خواهند داشت. تحلیل فوق منجر به مدلی به صورت رابطه ٤ شد که در آن، IRI شاخص ناهمواری روسازی، Rut میزان شیارشدگی به سانتیمتر، FC ترک خوردگی پوست سوسماری، TC ترک خوردگی عرضی، SeverFC ترک خوردگی شدید پوست سوسماری، BC ترک خوردگی بلوکی، Sh هوازدگی هر یک بر حسب درصد، چاله‌ها برحسب تعداد، AADT متوسط ترافیک روزانه در سال هستند.

(٤)

$$log(Crashes) = 0.242 \times IRI + 0.131 \times Rut + 0.101 \times FC + 0.176 \times TC + 0.198 \times SeverFC + 0.182 \times BC + 0.109 \times Sh + -0.201 \times Pothole + 0.093 \times AADT + 1.941$$

۷-۲- پیش بینی تصادفات بعد از عملیات نگهداری

پس از ارائه مدل برای تصادفات قبل از عملیات نگهداری توسط متغیرهای مستقل شامل خرابی ها، ترافیک و شرایط مسیر و وسایل نقلیه، حال نیاز است با داده های موجود همین متغیرهای مستقل پس از عملیات نگهداری به پیش بینی تصادفات برای این حالت پرداخته شود. به این شکل که با قرارگیری داده های فوق در روابط ارایه شده در بخش قبل می توان به تعیین تصادفات پرداخت. حال تصادفات برای حالت بعد از عملیات نگهداری با استفاده از مدل ارائه شده در بخش قبلی تعیین شده و با تصادفات قبل از عملیات نگهداری در شکل ۹ مقایسه می‌شوند.



شکل ۹. محدوده تغییر تصادفات قبل و بعد از عملیات نگهداری

نتایج شکل ۹ نشان می دهد که با در نظرگیری حد وسط (مقادیر متوسط) برای قبل و بعد از عملیات میزان تصادفات بعد از عملیات نگهداری به حدود ۰.۵۲ برابر حالت قبل از عملیات نگهداری رسیده است و این نشان از کاهش ۵۰ درصدی در تصادفات ناشی از خرابی‌های روسازی ها خواهد بود.

۷-۳- آزمایش مدل

در این بخش به بررسی پیوستگی داده های مربوط به تصادفات رخ داده شده به شرح جدول ۱۲ پرداخته می شود. آزمون ارائه شده در جدول ۱۲ نمایانگر بررسی در وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها را نشان می‌دهد. یعنی اینکه توزیع یک صفت در یک نمونه را با توزیعی که برای جامعه مفروض است، مقایسه می‌کند. اگر داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند امکان استفاده از آزمون پارمتریک وجود دارد و در غیر این صورت باید از آزمون ناپارمتریک استفاده می شود. و برای ارزیابی هم قوارگی متغیرهای رتبه‌ای در دو نمونه (مستقل و یا غیر مستقل) و یا هم قوارگی توزیع یک نمونه با توزیعی که برای جامعه فرض شده‌است، به کار می‌رود. علاوه بر این، آزمون

کولموگروف نیز نشان داد که داده ها دارای توزیع مناسبی هستند و می شود به نتایج حاصل شـده از آن هـا اعتمـاد نمود. با مقایسه ای بین نتایج هر دو نوع رویکـرد آمـاری تحلیل رگرسیونی و تحلیل لگاریتمی می توان دریافت که هر دو توانایی پیش بینی تصادفات پس از انجام عملیـات نگهداری را با وجود داده های خرابی روسازی، ترافیک و شرایط مسیر و وسایل نقلیه و تصادفات قبـل از عملیـات نگهداری را دارند. به میزان ده درصد در کاهش تصادفات روش تحلیل رگرسیونی نتایج بهتری را نشان داده است.

جدول ۱۲. آزمون کولموگروف برای داده های تحلیل لگاریتمی

Parameters		Crash
N		255
Normal Parameters[a,b]	Mean	2.387
	Std. Deviation	.3776
Most Extreme Differences	Absolute	.170
	Positive	.119
	Negative	-.170
Test Statistic		.170
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000[c]

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.
c. Lilliefors Significance Correction.

۸- نتیجه‌گیری

در این تحقیـق، خرابـی هـای سـطحی روسـازی و اثـر مشخصات سطحی روسازی که شـامل مقاومـت لغزشـی، ناهمواری روسازی، نشسـت جـای چـرخ، خرابـی هـای روسازی و همچنین میزان متوسط ترافیک عبوری روزانـه در سال و خرابی سطحی مانند ترک ها، چاله ها و غیره در کاهش تصادفات و افزایش ایمنی راههـا مـورد بررسـی و ارزیابی قرار می‌گیرند. داده های خرابی‌هـا بـا اسـتفاده از روند تعیـین شـاخص‌هـای وضـعیت روسـازی بـه چنـد شـاخص تبـدیل مـی‌شـوند و از طـرف دیگـر داده هـای ترافیکی با استفاده از روابط ترافیکـی تبـدیل بـه متوسـط ترافیک روزانه در سـال مـی شـوند. چـرا کـه داده هـای موجود بر اساس ترافیک روزانه است و نیازمنـد پـردازش آن ها به صورت متوسط ترافیک روزانه در سـال خواهـد بود. علاوه بر ایـن، داده‌هـای مربـوط بـه تصـادفات بـه تفکیک عوامل ایجاد کننده آن تقسیم بندی شده و عوامـل مربوط به روسازی ها از آن جدا می شوند. علاوه بر این، در این تحقیق تاثیر استراتژی عملیات نگهـداری بـر روی تغییرات در تصادفات سنجیده شد. تجزیـه و تحلیـل داده های در قالب دیتابیس های ایجاد شده با اسـتفاده از نـرم افزارهای آماری به ویـژه SPSS انجـام گرفـت. در ایـن تحقیق دو نوع تحلیل آماری اصلی به صورت رگرسـیونی و لگاریتمی انجام گرفت و نتایج هر یـک بـه نوبـه خـود توانایی پیش بینـی تصـادفات را بـا توجـه بـه متغیرهـای مربوط به مسیر و خرابی ها داشتند. همچنین میـزان تـاثیر عملیات نگهداری با مـدل هـای حالـت قبـل از عملیـات نگهداری و همچنین پیش بینـی تصـادفات بـا اسـتفاده از میزان خرابـی هـای بعـد از عملیـات نگهـداری و دیگـر متغیرهای دخیل در مدل تعیین شدند. نتـایج ایـن تحقیـق نشان می دهد که خرابی های روسـازی و از بـین آن هـا شاخص IRI به میـزان بـالایی بـر روی تصـادفات مـؤثر

هستند و تاثیر عملیات نگهـداری بـر روی تصـادفات بـه گونه ای بود که توانست در کل شبکه به میزان ٦٠ درصد کاهش را ایجاد نماید. از آنجا که تحقیق حاضر در وسعت کلان بوده و کل راه های استان تهران مد نظر بوده، نتـایج مدیریتی مناسبی را در پی خواهند داشت.

با توجه به سوالات ابتدایی تحقیق می‌تـوان یافـت کـه رابطه‌ای مناسب بین خرابـی‌هـای روسـازی تصـادفات و ترافیک عبوری وجود دارد. به این منظور در ایـن تحقیـق چند رابطه با در نظرگیری پارامترهای فـوق بـرای قبـل از عملیات نگهداری ارائه شد تا بتوان با داده های مربوط به بعد از نگهداری بـه پـیش بینـی تصـادفات بـرای بعـد از نگهداری پرداخت.

خرابی‌های روسازی و به تبع آن وضـعیت روسـازی بـه میزان بالایی بر روی تصادفات ناشـی از عامـل روسـازی موثر هستند. ایـن تـاثیر را در مـدل هـای ایـن تحقیـق و همچنین میزان تصـادفات بـرای قبـل و بعـد از عملیـات نگهداری می توان مورد بررسی قرار داد. همـانطور کـه از نتایج ایـن تحقیـق مشـاهده گردیـد، عملیـات نگهـداری روسازی ها می تواند به کاهش تصـادفات کمـک نمایـد. میزان کاهش تصادفات به دلیل اجرای عملیات نگهـداری روســازی هــا در حــدود ٦٠ درصــد براســاس تحلیــل رگرسیونی است. لازم به ذکر اسـت کـه ایـن تصـادفات، تصادفات مربوط به عامل روسازی است و میـزان کـاهش ایجاد شده نیز برای تصادفات مربوط به روسازی است.

در روش تحلیل رگرسـیونی، نتـایج بـرای قبـل و بعـد از عملیات میزان تصـادفات بعـد از عملیـات نگهـداری بـه حدود ٠.٤٠ برابر حالت قبل از عملیات نگهداری رسـیده است و این نشـان از کـاهش ٦٠ درصـدی در تصـادفات ناشی از خرابی‌های روسازی ها خواهد بود.

در روش تحلیل لگاریتمی، نتـایج بـرای قبـل و بعـد از عملیات میزان تصـادفات بعـد از عملیـات نگهـداری بـه حدود ٠.٥٢ برابر حالت قبل از عملیات نگهداری رسـیده است و این نشـان از کـاهش ٥٠ درصـدی در تصـادفات ناشی از خرابی‌های روسازی‌ها خواهد بود.

با مقایسه ای بین نتایج هر دو نوع رویکرد آماری تحلیـل رگرسیونی و تحلیل لگاریتمی می توان دریافت که هر دو توانـایی پـیش بینـی تصـادفات پـس از انجـام عملیـات نگهداری را با وجود داده‌های خرابی روسازی، ترافیـک و شرایط مسیر و وسایل نقلیه و تصادفات قبـل از عملیـات نگهداری را دارند. به میزان ده درصد در کاهش تصادفات روش تحلیل رگرسیونی نتایج بهتری را نشان داده است.

۹- پیشنهادات آتی

بـــرای ادامـــه تحقیـــق مـــی‌تـــوان بـــا بکـــارگیری روش‌های هوش مصـنوعی در پـیش بینـی تصـادفات بـا استفاده از متغیرهای مربوط بـه روسـازی هـا پرداخـت و نتایج آن را با نتایج تحقیق حاضر مقایسه نمـود. همچنـین تحقیق حاضـر را مـی تـوان در قالـب سیسـتم اطلاعـات جغرافیایی برد تا ارتباطی بـین محـل خرابـی‌هـا و محـل رویداد تصادفات در نظر گرفت. این تحقیق می‌تواند برای کل کشور و در سیستمی یکپارچه و جـامع انجام گیـرد. می‌توان داده‌های مربوط به تصادفات را برای سال های متمادی و داده های خرابی و دیگر داده های مورد نیاز را برای سـنجش عملکرد مدلهای پیش بینی این تحقیق مورد بررسی قـرار داد و میـزان دقـت تخمـین حاصـل از پـیش بینـی تصـادفات در روش‌های این تحقیق را با شرایط واقعی مقایسه کرد.

۱۰- مراجع

-اسدامرجی، م.، نهاوندی، ن. (١٣٩٦)، "رتبه‌بندی قطعات جاده های برون شهری با استفاده از ترکیب شاخص شدت تصادفات و ممیزی ایمنی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۹، شماره ۱.

-امینی، ب.، حاجی علی بیگی، ح.، عادلی، س. (۱۳۹٤)، "مدلسازی تاثیر مقاومت لغزشی روسازی بر فراوانی تصادفات تقاطع‌های بدون چراغ درون شهری، چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک.

-امینی، ب.، صولتیان، ا.، معین، ب.، ثبوتی، م. (۱۳۸۸)، "بررسی رابطه بین شاخص خرابی روسازی و عناصر هندسی در محل قوس‌های راه‌های دو خطه دوطرفه برون شهری"، اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

-خبیری، م.، الهی زاده، م. (۱۳۹۵)، "ارزیابی تاثیر خرابی روسازی براحتمال وقوع تصادفات به روش درخت تصمیم، (مطالعه موردی: ناهمواری‌های روسازی)، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۷، شماره ٤.

-شمسی، ح.، غفوری نژاد، س. (۱۳۹٤)، "مدل سه بعدی تغییرات ناگهانی سرعت خودرو ناشی از خرابی‌های روسازی و ناهمواری‌های آن (مطالعه موردی: محور خرم آباد-پل سفید)"، دومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه اقتصاد شهری، شیراز، موسسه آموزشی مدیران خبره نارون.

-طاهری، ن.، احمدی، ش.، ملکی‌ها، م.. (۱۳۹۵)، "تاثیر بافت روسازی در ایمنی راهها و کاهش تصادفات جاده‌ای"، دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان (IFIA)، دانشگاه جامع علمی کاربردی.

-عامری، م.، ملکوتی، م.، (۱۳۸٦)، "برهم کنش ویژگی‌های روسازی راه و حجم ترافیک برروی نرخ تصادفات جاده‌های دوخطه برون شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ٤، شماره ٤.

-فخری، م.، کارونی، ا.، (۱۳۸۷)، "نقش سیستم مدیریت روسازی در افزایش ایمنی راهها"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

-مقدم کامرانی، ع.، افتخار زاده، س. (۱۳۸۸)، "بررسی رابطه بین وضعیت روسازی و عملکرد راه از لحاظ شاخص تصادفات"، اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

-Li, Y., Liu, C., and Ding, L. (2013), "Impact of pavement conditions on crash severity", Accident Analysis & Prevention, Vol.59, No. 1, pp. 399-406.

-Sadeqi dezfooli, A., Allahyari Nik, A., Moghadas Nejad, F. (2016), "Influence of pavement condition on crash rates (Case study: Rasht- Bandar Anzali)", 15th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, 24-25 February, International Conference Center of Tehran Milad Tower.