فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

مدل پیش بینی فراوانی تصادف در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران)

غلامعلی بهزادی[۱]، مهدی صفازاده حقیقی [۲]، شروین شهبازی[۳]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاداسلامی واحد آیت ا... آملی

۲- کارشناس ارشد راه وترابری، دانشگاه آزاداسلامی واحد آیت ا... آملی

۳- کارشناس ارشد راه وترابری، دانشگاه آزاداسلامی واحد آیت ا... آملی

چکیده:

تصادف‌های رانندگی سالانه هزینه‌های جبران‌ناپذیر اقتصادی، اجتماعی و... را بر جامعه وارد می‌کنند. تقاطع‌ها تنها بخش کوچکی از سیستم سراسری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشند، با این‌وجود تصادف‌های رخ داده در تقاطع‌ها سهم قابل‌توجهی از کل تصادف‌ها را تشکیل می‌دهند. میدان‌ها یک نوع متعارف از طراحی تقاطع‌ها در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشند. تفاوت‌های آشکاری در تعداد تصادف‌های میدان با توجه به اختلافات ساختاری در عملکرد ایمنی میدان‌ها و همچنین با توجه به المان‌های ترافیکی وجود دارد. هدف اصلی این پژوهش بررسی روابط مابین طراحی‌های هندسی و ویژگی‌های ترافیکی به عنوان متغیرهای مستقل در یک‌سو و سطح ایمنی میدان‌ها به عنوان متغیر وابسته از سوی دیگر می‌باشد. در این مطالعه ۱۶ میدان در شهر تهران به‌عنوان نمونه، موردبررسی قرار گرفته است. داده‌ها به‌وسیله روش مدل‌سازی گاما برازش شده‌اند. بر اساس نتایج مدل نهایی پیش‌بینی، پارامترهای تاثیر گذار بر تغییرات در نرخ تصادفات در میدان‌ها شناسایی و میزان تاثیر هریک مشخص گردید.

کلید واژه: میدان، تعداد تصادف، عوامل ترافیکی، عوامل هندسی، مدل گاما

۱- مقدمه

ایمنی یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی خرد و کلان حمل‌ونقل و از اولویت‌های اصلی در بحث تصمیم‌گیری، گزینه سازی و کاهش تصادف‌های رانندگی می‌باشد. لازمه پرداختن به ایمنی در افق بلندمدت، استفاده از ابزارها و امکانات ویژه‌ای است که منطبق بر اصول برنامه‌ریزی حمل‌ونقل بوده و قادر به تشریح وضع موجود و پیش‌بینی وضع آینده باشد.

هرساله تصادفات رانندگی، صدمات جبران‌ناپذیر مالی و جانی را بر جامعه تحمیل می‌کند. هم‌اکنون تصادف‌های رانندگی یکی از سه عامل اصلی مرگ‌ومیر در ایران و نهمین عامل مرگ‌ومیر در جهان می‌باشد. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی[1] در سال ۲۰۱۲ بیش از یک میلیون و دویست هزار نفر جان خود را در اثر تصادفات رانندگی از دست داده‌اند و حدود ۵۰ میلیون نفر نیز دچار معلولیت و یا بیماری‌های ناشی از تصادفات شده‌اند.

تقاطع‌ها تنها بخش کوچکی از سیستم سراسری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای را تشکیل می‌دهند، با این وجود تصادف‌های رخ داده در تقاطع‌ها سهم قابل‌توجهی از کل تصادف‌ها را شامل می‌شوند. میدان‌ها یکی از اشکال مهم تقاطع‌های همسطح به شمار می‌روند. میدان‌ها تبدیل به یک نوع متعارف از طراحی تقاطعی در بسیاری از کشورهای جهان گردیده‌اند، اگرچه استفاده از این نوع تقاطع در همه‌جا به صورت یکسان نمی‌باشد. به طور مثال: در فرانسه، تعداد میدان‌ها از میزان ۵۰۰ به ۲۵۰۰۰ عدد در طی ۲۰ سال رسیده است. نزدیک به ٪۸۰ از میدان‌های فرانسه در شهرهای کوچک یا در حومه‌ی شهرها قرار دارند[۱]. در ایالات‌متحده، تعداد میدان‌ها از کمتر از ۱۰۰ عدد در سال ۱۹۹۷

1 WHO (World Health Organization)

به حدود ۱۰۰۰ عدد در سال ۲۰۰۷ افزایش‌یافته است[۲]. یک مطالعه از ۸۳ میدان در فرانسه نشان داده است که تبدیل تقاطع به میدان، تصادفات جرحی را به میزان ٪۷۸ و تصادفات فوتی را ٪۸۲ کاهش داده است[۳]. در ایالات متحده، یک مشاهده‌ی تجربی قبل‌وبعدی انجام‌شده از روش بیز[1]، کاهش قابل‌توجه ٪۴۵ برای تمامی شدت‌های تصادفات ترکیبی، کاهش ٪۸۱ برای تصادفات جرحی پس از تبدیل تقاطع‌هایی که به‌صورت سنتی توسط چراغ راهنمایی یا تابلوی ایست کنترل می‌شدند به میادین، حاصل‌شده است[۲]. البته باید به این نکته توجه کرد که عملکرد ایمنی تقاطع‌هایی که سابقاً توسط چراغ راهنمایی کنترل می‌شدند و هم‌اکنون به میدان تبدیل شده‌اند، در همه‌ی مکان‌ها به صورت مثبت ارزیابی نشده اند.

۲- مروری بر ادبیات تحقیق

تلاش برای توضیح تصادف‌ها به قدمت مطالعات علمی تصادف‌ها می‌باشد. برتکیز[2] (۱۸۹۸) کسی است که اغلب او را آغازکننده تحقیقات مدرن تصادف‌ها می‌نامند [۳]. وی به این نتیجه رسید که تصادف‌ها به‌صورت اتفاقی رخ می‌دهند و درنتیجه غیرقابل توضیح و گیج‌کننده می‌باشند. بعدها محققین دیگر، تصادفات را به تمایلات فردی، خطاهای انسانی، اشتیاق بعضی کاربران جاده‌ای در جستجوی سطحی از خطر و ناهماهنگی‌های سیستمی نسبت دادند.

تحقیقات نشان داده‌اند که میدان‌ها در برخی شرایط محیطی و ترافیکی، عملکرد بهتری هم ازلحاظ ایمنی و هم ازلحاظ ترافیکی نسبت به نمونه‌های دیگر تقاطع از خود نشان می‌دهند [۴] ، [۵] ، [۶]. تحقیقات ایمنی ترافیکی نشان داده‌اند که به‌طورکلی تبدیل یک تقاطع به میدان، تعداد تصادفات جرحی و یا فوتی را کاهش می‌دهد [۷]. هر چند که مطالعاتی نیز نشان می‌دهند ممکن است این تغییر اثرات نامطلوبی برای بعضی از کاربران استفاده کننده از جاده مانند دوچرخه سوران داشته باشد [۸].

چندین محقق تفاوت‌های ساختاری در عملکرد ایمنی میدان‌ها را با توجه به المان‌های در معرض قرارگیری (حجم ترافیک) و همچنین با توجه به برخی ویژگی‌های هندسی میدان‌ها، پیشنهاد داده‌اند. برخی دیگر از محققین در جهت تناسب مدل‌ها برای گروه استفاده‌کنندگان خاص، تلاش کرده‌اند. بسیاری از این مدل‌ها مرتبط با دوچرخه‌سواران بوده‌اند، این موضوع می‌تواند به این دلیل بوده باشد که در میدان‌ها ایمنی ضعیف‌تری برای دوچرخه‌سواران ثبت گردیده است [۸] ، [۹].

مطالعات الویک[3] (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که تأثیر عوامل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای را می‌توان توسط تعدادی قواعد آماری بسیار کلی نشان داد [۱۰]. این قواعد آماری شکل رابطه مابین عوامل ریسک و واقعه‌ی تصادف را توصیف می‌کنند. این قواعد آماری با عنوان «قوانین علیت تصادفات» نامیده شده‌اند.

در پژوهشی که توسط مونتلا[4] (۲۰۱۰) انجام شده است به بررسی عوامل موثر بر تصادف‌ها در میدان‌های شهری رخ داده در ایتالیا می‌پردازد [۱۱]. در اغلب تصادف‌ها، ترکیبی از عوامل موثر شناسایی شدند. عوامل موثر در دسته‌های زیر طبقه بندی شدند: کاربران استفاده کننده از جاده، طراحی هندسی، وضعیت خط کشی‌ها، وضعیت علائم محیط جاده و روسازی راه. بیشترین فراوانی عوامل موثر، طراحی هندسی راه بوده است. تقریبا در ٪۶۰ از کل تصادف‌های رخ داده حداقل نقص یکی از عوامل هندسی یافت گردید. در بسیاری از موارد، رفتار اشتباه کاربران استفاده کننده از جاده در ترکیب با طراحی هندسی میدان، خط کشی‌ها و یا علائمی که راهنمایی اشتباه می‌دادند، تاثیرات قابل توجهی داشتند.

دنیلز و همکاران[5] (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) مطالعه ای را به منظور تشریح اختلافات در عملکرد ایمنی میدان‌ها از طریق استفاده از مدل‌های خطر سطح مقطع بر پایه ی داده‌های تصادف‌ها، داده‌های ترافیکی و داده‌های هندسی میدان‌های شهر فلاندرز[6] بلژیک انجام دادند [۸] ، [۱۲].

۳- جمع آوری داده‌ها

جامعه آماری این مطالعه، کلان شهر تهران می‌باشد. شهر تهران پایتخت ایران با بیشترین جمعیت ساکن و دارای بیشترین تعداد میدان شهری می‌باشد. پایگاه داده شهر تهران، یکی از دقیق‌ترین و گسترده‌ترین جامعه‌های آماری این کشور می‌باشد. در این مطالعه مدل‌سازی وقوع تصادف‌ها در میدان‌ها بر اساس اطلاعات سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ انجام می‌گردد. از طریق یک روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده، ۱۶ میدان از مناطق مختلف شهر تهران به‌عنوان نمونه، موردبررسی قرار

1 Bayes
2 Bortkiewicz
3 Elvik
4 Montella
5 Daniels et al.
6 Flanders

گرفتند. این مجموعه از ۱ میدان با دو رویکرد، ۹ میدان با سه رویکرد، ۵ میدان با چهار رویکرد و ۱ میدان با شش رویکرد تشکیل شده است. به منظور نیل به اهداف مطالعه سه نوع داده زیر جمع آوری شده است:

۱. هندسی
۲. ترافیکی
۳. تصادف‌ها

تمامی داده‌های جمع آوری شده د ر جداول شماره (۱) و (۲) آمده است.

تصادف‌ها بر اساس پنج گروه از کاربران مسیر در نتیجه شمارش ترافیکی تفکیک شده‌اند: وسایل نقلیه سبک، وسایل نقلیه سنگین، اتوبوس‌ها، موتورسیکلت‌ها و عابرین پیاده. حداقل یک وسیله تقلیه سبک در ۹۵،۵٪ از کل تصادف‌ها رخ داده در میدان‌ها حضور داشته است. بعد از وسایل نقلیه سبک، موتورسیکلت‌ها با ۱۴،۵٪، عابرین‌پیاده با ۱۲،۶٪، وسایل نقلیه سنگین با ۱۱٪ و در آخر نیز اتوبوس‌ها با ۸،۲٪ در تصادف‌ها حضور داشتند. از آنجا که بیش از یک کاربر جاده‌ای در یک تصادف درگیر می‌باشد، مجموع فراوانی و درصدها در جدول (۱) از تعداد کل تصادفات تجاوز کرده است.

متغیرهای هندسی و متوسط داده‌های تصادف در هر دو سال در شهر تهران در جدول شماره (۲) آورده شده اند، از آنجا که در ابتدا باید متغیرهای موثر بر تعداد تصادف‌های رخ داده در میدان انتخاب می‌شدند، با استفاده از نظرات اساتید، کارشناسان و دست اندرکاران حوزه حمل و نقل و ایمنی تمامی متغیرهایی که هم امکان جمع آوری آن‌ها وجود داشت و هم ممکن بود که بر تعداد تصادف‌های رخ داده در میدان‌ها موثر باشند مطابق جدول شماره (۲) جمع آوری شدند.

جدول (۱): آمار فراوانی تصادفات در مجموعه داده‌های میادین با توجه به نوع استفاده‌کنندگان مسیر. آمار فراوانی تصادف‌های میدان‌های شهر تهران به تفکیک

		تعداد	درصد از کل	میانگین	VAR	S.D.
تعداد کل تصادف‌های سالانه در ۱۶ میدان		۶۶۱	۱۰۰	۲۳،۱۹	۳۴۶،۳	۱۸،۶۱
فراوانی تصادف‌ها به وسیله						
۱	**وسیله نقیه سبک**	۶۳۱	۹۵،۵	۱۹،۷۲	۲۵۶،۴۷	۱۶،۰۱
۲	**وسیله نقلیه سنگین**	۷۳	۱۱	۲،۲۸	۵،۳۷	۲،۳۲
۳	**اتوبوس**	۵۴	۸،۲	۱،۶۹	۲،۹۳	۱،۷۱
۴	**موتورسیکلت**	۹۶	۱۴،۵	۳	۶،۶۵	۲،۵۸
۵	**عابرپیاده**	۸۳	۱۲،۶	۲،۵۹	۴،۸۹	۲،۲۱

جدول (۲): متغیرهای تصادف و هندسی میدان‌های تهران در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

داده‌های تصادف‌ها					
ردیف	**پارامتر**	**تعداد مشاهدات**	**آمار توصیفی**	VAR	S.D.
۱	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه در میدان (AVNA)	۱۶	Mean:۱۸.۱۳	۱۸۵،۹۸	۱۳،۶۴
۲	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه وسایل نقلیه سبک در میدان (AVNLG)	۱۶	Mean:۱۷.۱۹	۱۸۲،۱۶	۱۳،۵
۳	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه وسایل نقلیه سنگین در میدان (ANHV)	۱۶	Mean:۲.۰۶	۵،۵۳	۲،۳۵
۴	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه اتوبوس‌ها در میدان (ABU)	۱۶	Mean:۱.۵۶	۳،۷۳	۱،۹۳
۵	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه موتورسیکلت‌ها در میدان (ANNM)	۱۶	Mean:۲.۹۴	۶،۸۶	۲،۶۲
۶	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه عابران پیاده در میدان (AVPSG)	۱۶	Mean:۲.۵۶	۵،۲	۲،۲۸
۷	متوسط تعداد تصادف‌های تک وسیله نقلیه ای در میدان (AVSINGLE)	۱۶	Mean:۲.۶۹	۵،۰۳	۲،۲۴

۸	متوسط تعداد تصادف‌های سالانه چندوسیله نقلیه ای در میدان (AVMULTI)	۱۶	Mean:۱۵.۴۴	۱۳۳،۴۶	۱۱،۵۵
۹	متوسط تعداد تصادف‌های جرحی سالانه در میدان (AVINJUR)	۱۶	Mean:۴.۶۹	۱۵،۴۳	۳،۹۳
۱۰	متوسط تعداد تصادف‌های خسارتی سالانه در میدان (PDO)	۱۶	۱۳،۴۴	۱۰۱،۴۶	۱۰،۰۷
	داده‌های هندسی				
ردیف	**پارامتر**	**تعداد مشاهدات**	**آمار توصیفی**	**VAR**	**S.D.**
۱۱	آیا میدان داخل منطقه ساخته شده است؟ (بله=۱، خیر=۰) (INSIDE)	۱۶	خیر=۳ و بله=۱۳	-	-
۱۲	آیا میدان دارای بالا آمدگی جزیره مرکزی یه میزان ۰،۵ متر می‌باشد؟ (بله=۱ و خیر=۰) (ELEV)	۱۶	خیر=۳ و بله ۱۳	-	-
۱۳	تعداد ورودی‌های میدان (LEG)	۱۶	۲LEG=۱, ۳LEG=۹, ۴LEG=۵, ۵or۶LEG=۱	-	-
۱۴	قطر جزایر مرکزی (متر) (CENTERDIAM)	۱۶	Mean:۴۷.۲۶	۴۸۳،۰۹	۲۱،۹۸
۱۵	قطر دایره محاط (متر) (OUTDIAM)	۱۶	Mean:۸۶.۴۳	۶۰۱،۳۱	۲۴،۵۲
۱۶	عرض مسیر گردشی در میدان (ROADWIFTH)	۱۶	Mean:۱۹.۴۳	۱۲،۴۶	۳،۵۳
۱۷	آیا میدان گذرگاه فرعی در برخی جهات دارد؟(BYPASS) (بله=۱ و خیر=۰)	۱۶	خیر=۱۰ و بله =۶	-	-
۱۸	آیا جزیره مرکزی میدان بیضی شکل است؟ (OVAL) (بله=۱ و خیر=۰)	۱۶	خیر=۹ و بله=۷	-	-
۱۹	تعداد باندهای (لین‌ها) میدان	۱۶	۴LANE=۷, ۳LANE=۶, ۲LANE=۳	-	-
۲۰	آیا در میدان چراغ راهنمایی و رانندگی وجود دارد؟ (SIGNALS) (بله=۱وخیر=۰)	۱۶	خیر=۱۳ و بله =۳	-	-
۲۱	آیا در محدوده میدان تداخل کاربری‌ها و فعالیت‌ها وجود دارد؟ (MIXED) (خیر=۰و بله =۱)	۱۶	خیر=۸ بله=۸	-	-
۲۲	وجود نشانه گذاری گذرگاه عابران پیاده در ورودی و خروجی میدان (ZEBRA) (خیر=۰وبله=۱)	۱۶	خیر=۱ و بله =۱۵	-	-
۲۳	فاصله مابین مسیر سواره رو گردشی و گذرگاه عابران پیاده (متر) (ZEBRADIST)	۱۶	Mean;۳.۳۹	۹،۹	۳،۱۵
۲۴	آیا در محدوده میدان پل عابر پیاده وجود دارد؟ (FOOTBRG) (خیر=۰و بله =۱)	۱۶	خیر=۱۲ و بله =۴	-	-
۲۵	آیا در میدان جزایر جداکننده وجود دارد؟ (SPLITTER) (خیر=۰و بله=۱)	۱۶	خیر=۷ و بله =۹	-	-
۲۶	وضعیت خط کشی مسیر سواره رو گردشی (MARK)	۱۶	PERFECT=۱۰, FADED=۳, MISSIN=۳	-	-
۲۷	آیا حرکت عابران پیاده در میدان کنترل شده است؟ (CONTROL)	۱۶	PERFECT=۳, MIDDLE=۴, WITHOUT=۹	-	-
۲۸	آیا چراغ چشمک زن برای تعیین حق تقدم در میدان وجود دارد؟ (YIELDSIG) (خیر=۰و بله=۱)	۱۶	خیر=۴ و بله=۱۲	-	-
۲۹	وضعیت روشنایی در میدان؟ (LIGHT)	۱۶	PERFECT=۳, MIDDLE=۶, WITHOUT=۳	-	-

سپس داده‌های ترافیکی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ مطابق با جدول شماره (۳) جمع آوری گردیدند.

جدول (۳): متغیرهای ترافیکی میدان‌های تهران در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

داده‌های ترافیکی سال ۱۳۹۱					
ردیف	پارامتر	تعداد مشاهدات	آمار توصیفی	VAR	S.D.
۱	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه موتوری (ADT) (اصلاح شده برای AADT)	۱۶	Mean:۵۲۹۱۳	۶۴۱۳۱۰۶۶۹	۲۵۳۲۴
۲	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک (LGT)	۱۶	Mean:۴۳۰۵۶	۳۸۹۶۶۴۱۴۳	۱۹۷۴۰
۳	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین (HVY)	۱۶	Mean:۶۱۲	۱۱۶۲۳۱	۳۴۱
۴	متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها (BDT)	۱۶	Mean:۷۴۱	۲۸۹۶۸۸	۵۳۸
۵	متوسط تعداد روزانه عابران پیاده (PED)	۱۶	Mean:۳۷۷۷۴	۱۱۳۰۲۳۱۸۰۷	۳۳۶۱۹
۶	متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها (MCY)	۱۶	Mean:۸۵۰۴	۵۷۸۴۶۵۱۴	۷۶۰۶
داده‌های ترافیکی سال ۱۳۹۲					
ردیف	پارامتر	تعداد مشاهدات	آمار توصیفی	VAR	S.D.
۱	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه موتوری (ADT) (اصلاح شده برای AADT)	۱۶	Mean:۶۱۲۳۲	۷۸۶۸۴۶۸۷۵	۲۸۰۵۱
۲	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک (LGT)	۱۶	Mean:۴۹۷۳۸	۴۶۵۸۴۰۴۶۴	۲۱۵۸۳
۳	متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین (HVY)	۱۶	Mean:۷۴۶	۱۴۶۹۳۱	۳۸۳
۴	متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها (BDT)	۱۶	Mean:۹۰۵	۳۲۶۶۲۵	۵۷۲
۵	متوسط تعداد روزانه عابران پیاده (PED)	۱۶	Mean:۴۱۸۰۶	۱۲۸۳۶۲۵۳۰۳	۳۵۸۲۸
۶	متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها (MCY)	۱۶	Mean:۹۸۴۳	۶۶۲۷۵۳۵۴	۸۱۴۱

۴- مدل سازی آماری و روش تحقیق

در این پژوهش، مدل‌های رگرسیونی غیرخطی شمارشی با استفاده از متغیرهای مستقل ترافیکی، هندسی و تصادف‌های میدان‌های موجود، برازش شده‌اند که در مدل ساخته شده متغیر وابسته، متوسط تعداد تصادفات سالانه در هر میدان می‌باشد. این عملکرد یک دید کلی از سطح ایمنی کلیه کاربران مسیر در میدان‌های شهر تهران را ارایه می‌دهد. داده‌های تصادف‌ها در تحقیقات پیشین اغلب به‌وسیله‌ی مدل‌های رگرسیون پوآسون و رگرسیون دوجمله‌ای منفی برازش شده‌اند اما در این مقاله از تکنیک پیشرفته مدل‌سازی گاما استفاده شده است.

به‌طورکلی طبق تحقیقات پیشین، تکنیک مدل‌سازی دوجمله‌ای منفی می‌بایست بر روش مدل پوآسون هنگامی که داده‌ها بیش‌ازحد پراکندگی دارند، ترجیح داده شود. مدل پوآسون نیز هنگامی که واریانس به صورت قابل‌ملاحظه‌ای نزدیک به مقدار میانگین باشد، در فرایند مدل‌سازی برازش بهتری را ارایه می‌دهد. از ویژگی‌های تکنیک مدل‌سازی گاما

این است که هم برای داده‌های کم‌پراکنده و هم برای داده‌های بیش‌پراکنده نتیجه قابل قبولی را ارایه می‌دهد. تمامی مدل‌ها در نرم‌افزار آماری R برازش شده‌اند.

۱-۱- معرفی و ساخت مدل گاما:

در اولین گام، با توجه به شرایط ترافیکی و بومی شهر تهران متغیرهای مستقل امکان‌پذیر انتخاب گردیدند (جداول شماره ۲ و ۳). سپس تمامی این متغیرهای امکان‌پذیر در مدل گنجانده شدند سپس این متغیرها گام‌به‌گام با توجه به معیارهای تحلیلی حذف و تعدیل گردیدند.

در ابتدا می‌بایست چگونگی رابطه و میزان همبستگی مابین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل بررسی شود. اولین معیار برای بررسی میزان همبستگی مابین متغیرها، بازدید از ماتریس همبستگی آن‌ها می‌باشد. اگر ضریب همبستگی مثبت باشد، با افزایش یک متغیر، متغیر دیگر نیز به‌طور متوسط افزایش می‌یابد و اگر ضریب همبستگی منفی باشد، با افزایش یک متغیر، متغیر دیگر به‌طور متوسط کاهش می‌یابد. بنابراین برآورد ضریب همبستگی بین دو متغیر می‌تواند در تحلیل میزان رابطه خطی بین دو متغیر مفید باشد. در این مطالعه ماتریس همبستگی به‌وسیله ضریب همبستگی پیرسون[1] و سطح معنی‌داری این ضریب همبستگی[2] محاسبه شده است. اگر ضریب همبستگی پیرسون یک متغیر وابسته و یک متغیر مستقل بزرگتر از ۰،۶ (r>۰.۶) و سطح معنی‌داری این ضریب همبستگی کمتر از ۵٪ (P<۰.۰۵) باشد، می‌توان همبستگی مابین این دو متغیر را نتیجه گرفت و درنتیجه متغیر مستقل، جزء گزینه‌های متغیر مناسب برای قرارگرفتن در مدل نهایی خواهد بود.

پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست آمده نوبت به ارائه مدلی مناسب به منظور پیش‌بینی تصادف‌ها در میدان‌ها و تشریح اختلاف‌های عملکردی ایمنی میدان‌های شهر تهران می‌باشد. در این پژوهش از مدل رگرسیونی غیرخطی شمارشی برای تشریح نرخ تصادفات استفاده شده است.

هدف از یک مدل آماری، یافتن رابطه بین تابع پیش‌بینی تعداد تصادفات[3] ($E(Yi)=\mu_i$) و پارامترهای وابسته به راه $x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{iq}$ می‌باشد، که در آن Y_i یک متغیر تصادفی بیانگر تعداد تصادف‌های هر قطعه از مسیر است. به‌طورکلی برای n قطعه موردبررسی در ساخت مدل، در ارتباط با هر تقاطع $i=1, 2, \ldots, n$، یک مجموعه شامل q پارامتر که توصیف‌کننده طرح هندسی، کنترل ترافیک، حجم ترافیک و دیگر خصوصیات وابسته به راه می‌باشند، به قطعه موردنظر اختصاص داده می‌شود.

رابطه بین تعداد تصادف‌های مورد انتظار در قطعه i و q پارامترهای مسیر یعنی $x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{iq}$ می‌تواند به شکل یک مدل خطی به فرم ذیل (رابطه ۲) باشد:

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \ldots + \beta_q x_{iq} \quad (۲)$$

توزیع گاما یکی از توزیع‌های احتمالی پیوسته است و دارای دو پارامتر φ و θ می‌باشد. احتمال توزیع گاما برای یک متغیر پیش‌بینی کننده Y_i (فراوانی تصادفات) به صورت ذیل می‌باشد (رابطه ۳):

$$P(Y_i = y_i, \varphi, \theta) = \frac{\left(y_i/\theta\right)^{\varphi-1}.\exp(y_i/\theta).}{\theta\Gamma(\varphi)}; \quad \varphi > 0 \quad (۳)$$

میانگین (رابطه ۴) و واریانس (رابطه ۵) توزیع گاما داده‌های تصادف می‌تواند بر اساس پارامترهای φ و θ به‌صورت ذیل بیان می‌شود:

$$E(Y) = \mu_i = \varphi\theta \quad (۴)$$

$$Var(Y) = \frac{\mu_i^2}{\varphi} \quad (۵)$$

که در آن Γ تابع گاما می‌باشد. تابع گاما (رابطه ۶) انتگرالی همگراست و مقدار آن برابر با عددی مثبت می‌باشد:

$$\Gamma(\varphi) = \int_0^\infty y^{\varphi-1}.\exp(-y)dy; \quad \varphi > 0 \quad (۶)$$

پارامتر φ، پارامتر پراکندگی می‌باشد.

در این پژوهش مدل‌های رگرسیونی برای تمامی متغیرهای وابسته موجود برازش شده است که این متغیرها شامل متوسط تعداد تصادفات سالانه در میدان (AVNA)، متوسط تعداد تصادفات سالانه به‌وسیله وسایل نقلیه سبک در میدان (AVNLG)، متوسط تعداد تصادفات سالانه به‌وسیله وسایل نقلیه سنگین در میدان (ANHV)، متوسط تعداد تصادفات سالانه به‌وسیله اتوبوس‌ها در میدان (ABU)، متوسط تعداد تصادفات سالانه به‌وسیله موتورسیکلت‌ها در میدان (AVNM)، متوسط تعداد تصادفات سالانه با عابرین‌پیاده در میدان (AVPSG) می‌شود.

از میان متغیرهای مستقل که شامل ۲۵ متغیر بود، متغیرهای

1 correlation coefficient
2 Level of Significance
3 Safty performance function

جدول (۳): برآورد پارامترهای معادله پیش‌بینی وقوع تصادفات به وسیله تکنیک‌های مدلسازی گاما برای کاربران مختلف مسیر.

متغیرها	تمام تصادف‌ها	تصادف‌های وسایل نقلیه سبک	تصادف‌های وسایل نقلیه سنگین	تصادف‌های اتوبوس	تصادف‌های موتورسیکلت	تصادف‌های عابرپیاده
ضرایب ثابت	-۱،۱۸۴۵۳	-۲،۵۹۲۳۴	-۴،۸۵۵۵	-۱۴،۱۸۹۴	-۴،۶۶۵۷	-۱۳،۲۸۱۲۴
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه موتوری (ADT)	۰،۱۳۳۰۱					۰،۸۱۹۲۴
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک (LGT)		۰،۲۸۲۳۵		۰،۹۲۸۲		
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین (HVY)			۰،۴۰۲۵			
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها (BDT)				۰،۶۹۲		
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها (MCY)					۰،۱۳۱۵	
لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه عابران پیاده (PED)						۰،۲۷۱۰۵
آیا میدان دارای بالا آمدگی جزیره مرکزی یه میزان ۰،۵ متر می‌باشد؟ (ELEV)	-۰،۸۶۳۶۸	-۰،۸۲۴۷۱	-۱،۵۵۸۵			
قطر جزایر مرکزی (متر) (CENTERDIAM)	-۰،۳۰۰۵۴	-۰،۲۵۲۴۴	-۰،۷۰۱۱			-۰،۰۳۹۸۴
قطر دایره محاط (متر) (OUTDIAM)	۰،۳۲۷۱۵	۰،۲۷۴۰۲	۰،۷۳۶۶			۰،۰۴۴۰۵
عرض مسیر گردشی در میدان (ROADWIFTH)	-۰،۵۷۳۳۲	-۰،۴۷۱۸۶	-۱،۳۶۶۴			
آیا میدان گذرگاه فرعی در برخی جهات دارد؟(BYPASS)	۱،۲۷۰۱۱	۱،۲۵۹۸۷	۱،۰۸۷۳		۰،۲۷۵۷	
آیا در میدان چراغ راهنمایی و رانندگی وجود دارد؟ (SIGNALS)	-۱،۱۰۵۱۸	-۰،۹۹۹۲۶	-۲،۶۶۵۱			-۰،۱۶۵۷۷
آیا جزیره مرکزی میدان بیضی شکل است؟ (OVAL)		۰،۲۰۱۸۱			۰،۲۵۶۲	
آیا در محدوده میدان پل عابر پیاده وجود دارد؟ (FOOTBRG)	-۰،۰۷۷۴۸					
آیا در میدان جزایر جداکننده وجود دارد؟ (SPLITTER)						۰،۶۰۵۰۶

جدول (۴): ارزیابی مدل ساخته شده

پارامترها	تمام تصادف‌ها	تصادف‌های وسایل نقلیه سبک	تصادف‌های وسایل نقلیه سنگین	تصادف‌های اتوبوس	تصادف‌های موتورسیکلت	تصادف‌های عابرپیاده
AIC	۲۳۴،۹۶	۲۳۰،۷۳	۱۰۵،۶۹	۹۳،۴۱	۱۲۳،۵۳	۱۱۰،۳۵
Log likelihood	-۱۰۹،۴۷۹۲	-۱۰۶،۳۶۷۱	-۴۴،۳۴۵۵	-۴۳،۷۰۴۹	-۵۷،۷۷۶۹	-۴۷،۱۷۶۵
Max likelihood R-Squared	۰،۹۹۹۸۶	۰،۹۹۹۸۸	۰،۸۰۹۸۹	۰،۵۹۶۹۳	۰،۶۹۴۱۵	۰،۷۵۷۸۹
McFadden R-Squared	۰،۵۶۵۴۶	۰،۵۷۷۶۲	۰،۳۷۱۹۸	۰،۲۴۹۶۱	۰،۲۴۷۰۲	۰،۳۲۴۸۰

معنی‌دار گزینش شده و در مدل نهایی قرار گرفتند. مابقی متغیرها به دو دلیل زیر در مدل قرار نگرفتند:

۱. در ماتریس ضریب همبستگی پیرسون با همدیگر (به صورت دو به دو متغیرهای مستقل) بیش از حد استاندارد (۰،۰۵) همبستگی داشتند و باعث بروز خطا در مدل می‌شدند.

۲. متغیرهایی که در ماتریس ضریب همبستگی پیرسون دارای حد معناداری مناسب (۰،۶) برای قرارگیری در مدل نبوده‌اند.

نتایج بدست آمده به‌وسیله مدل رگرسیونی گاما در جدول (۳) ارائه شده است.

در نهایت مدل گاما به دست آمده به صورت رابطه (۷) می‌باشد که در آن μ متوسط تعداد تصادفات سالانه در میدان (AVNA) می‌باشد.

$$\ln(\mu) = -۱.۱۸۴۵۳ + (۰.۱۳۳۰۱.x_۱) - (۰.۸۶۳۶۸.x_۲) - (۰.۳۰۰۵۴.x_۳) + (۰.۳۲۷۱۵.x_۴) - (۰.۵۷۳۳۲.x_۵) + (۱.۲۷۰۱۱.x_۶) - (۱.۱۰۵۱۸.x_۷)$$

۴-۲- ارزیابی روش مدل‌سازی

به منظور ارزیابی تکنیک مدل‌سازی به کار گرفته شده در این پژوهش از آزمون‌های مختلف ارزیابی استفاده شده است. در ابتدا درستی برازش مدل پیش‌بینی به‌وسیله معیار اطلاعاتی آکائیکه مورد ارزیابی قرار گرفته است. معیار اطلاعاتی آکائیکه یا به‌طور مخفف (AIC) معیاری برای سنجش نیکویی برازش[1] است.

در جدول شماره (۴) دو متغیر حداکثر لگاریتم درستنمایی[2] و لگاریتم درستنمایی صفر[3]، معرفی گردیده که این دو متغیر برای بدست آوردن مقدار آر دو مک‌فادن[4] استفاده می‌گردند. آر دو مک‌فادن میزان پیش‌بینی از متغیر وابسته را نشان می‌دهد. مقدار آر دو مک‌فادن همواره بین صفر و یک می‌باشد. درواقع هرچه قدر آر دو مک‌فادن به یک نزدیک‌تر باشد، قدرت توضیح‌دهندگی مدل افزایش می‌یابد و مدل مذبور برازش بهتری را ارائه می‌دهد. چنانچه نتایج مدل پیش‌بینی کننده تعداد کل تصادفات سالانه نشان می‌دهد، آر دو مک‌فادن مدل گاما برابر با ۰،۵۷ بدست آمده است. این بدان معنی است که ٪۵۷ از کل متغیرهای موجود در مدل گاما می‌تواند تغییرات حاصل در احتمال وقوع تصادفات در میدان‌ها را توضیح دهد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه مدل آماری که قادر به پیش بینی فراوانی تصادف‌ها در میدان‌ها (شهر تهران) می‌باشد به دست آمده است. تاثیر عوامل مختلف بر وقوع این تصادف‌ها در میدان‌های شهر تهران نیز توسط ضرایب این مدل نشان داده شده است و نتایج اصلی به شرح زیر خلاصه شده است:

۱. قطر جزیره مرکزی (CENTRDIAM) دارای ضریبی با علامت منفی می‌باشد که نشان‌دهنده اثر معکوس بر میزان تصادف‌های داخل میدان‌ها می‌باشد، در نتیجه با افزایش قطر جزیره مرکزی می‌توان از تعداد تصادف‌های رخ داده در میدان کاست، توضیح این که با افزایش قطر داخلی جزیره مرکزی همزمان می‌توان باعث کاهش در سرعت وسایل نقلیه ورودی به میدان و همچنین وسایل نقلیه داخل میدان شد.

1 Goodness of fit
2 Log Max likelihood
3 Log likelihood null
4 McFadden R-Squared

۲. ضریب قطر دایره محاط (OUTDIAM) مثبت بدست آمده است که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم بر تعداد تصادف رخ داده در میدان‌ها (شهر تهران) است که می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش قطر خارجی فضای خالی داخل میدان افزایش یافته که می‌تواند باعث افزایش توقف‌های بی مورد در داخل میدان شده و موجب افزایش تعداد تصادف‌های رخ داده گردد.

۳. عرض سواره‌رو گردشی (ROADWIDTH) در مدل دارای ضریبی منفی است، به خاطر این که با افزایش عرض مسیر سواره رو گردشی تا حد بهینه می‌تواند قدرت مانور بیشتر برای رانندگان فراهم کند و باعث کاهش در تعداد تصادف‌های رخ داده در میدان گردد.

۴. گذرگاه فرعی در برخی جهات (BYPASS) به این دلیل که منجر به تغییر جهت‌های ناگهانی در میدان می‌گردد باعث افزایش تعداد تصادف‌ها می‌گردد به همین دلیل در مدل با ضریب مثبت آمده است.

۵. وجود چراغ راهنمایی و رانندگی (SIGNALS) در میدان‌ها مخصوصا میدان‌هایی با ترافیک بالا به شدت از برخوردهای ۹۰ درجه می‌کاهد به همین دلیل در مدل با ضریب منفی آمده است.

۶. همان طور که از ضریب پل عابر پیاده (FOOTBRG) نیز مشخص است وجود این امکان در میدان باعث کاهش حتی تصادف‌های وسایل نقلیه می‌گردد، زیرا وجود این پل باعث روانی جریان ترافیک و کاهش ترمزهای ناگهانی می‌گردد.

۷. جزایر جداکننده (SPLITTER) به زیاد کردن مقطع‌های عبوری عابر و وسایل نقلیه باعث افزایش تصادف‌ها در میدان می‌گردند.

منابع

1- Guichet B. 2005. Evolution of Roundabout in France and New Uses. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.

2- Rodegerdts L. Blogg E. Wemple E. Myers M. Kyte M. Dixon G. Troutbeck W. Brilon N. Wu B. Persaud C. Lyon D. 2007. Appendixes to NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.

3- Bortkiewicz L. 1898. The Law of Small Numbers.

4- Brilon W. Vandehey M. 1998. Roundabouts: the state of the art in Germany. ITE Journal (November), pp 48–54.

5- Bird R. 2001. Junction Design. In K. J. Button (Ed.). Handbook of Transport Systems and Traffic Control. Elsevier, Oxford, pp 399–412.

6- Ogden K. 1996. Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering. Ashgate Publishing Ltd, Australia, Melbourne.

7- PIARC, 2003. Road Safety Manual. World Roads Association, Paris.

8- Elvik R. 2003. Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: review of evidence from Non-U.S. studies. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1847, 1–10.

9- Daniels S. Brijs T. Nuyts E. Wets G. 2010. Explaining variation in safety performance of roundabouts. Accident Analysis and Prevention 42, pp 393–402.

10- Turner S. Roozenburg A. Francis T. 2006. Predicting Accident Rates for Cyclists and Pedestrians. Land Transport New Zealand.

11- Elvik R. 2006. Laws of accident causation. Accident Analysis and Prevention 38, pp 742–747.

12- Montella A. 2010. Analysis of Crash Contributory Factors at Urban Roundabouts. Transportation Research Board, pp 10-0022

13- Daniels S. Brijs T. Nuyts E. Wets G. 2011. Extended prediction models for crashes at roundabout. Safety Science 49, pp 198–207.

Prediction Occurrence of Crashes at Roundabouts by Gamma Modelling Technique

Mahdi Safazadeh Haghighi[1], Gholmali Behzadi[2], Shervin Shahbazi[3]

1- M.Sc. Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran
2- Assistant Professor, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran
3- Ph.D. Student, Sharan Transportation Research Center (STRC)

Abstract:
The annual costs of traffic accidents beyond the economic, social etc impose on society. Intersections constitute only a small part of the road transportation network, yet intersection accidents constitute a significant portion of the total accidents. Roundabouts have become a common type of intersection design in many countries. Considerable differences in the number of Roundabouts crashes according to structural variations in roundabouts safety performance and also according to exposure elements (Traffic Volume). One of the aims this paper is to explore structural relationships between geometric designs with features of the traffic on the one hand and the level of safety of roundabouts on the other hand. In this study, 16 roundabouts in Tehran, Iran as example have been investigated. Vulnerable road users such as motorcycles and pedestrians often involved in injury crashes at roundabouts. Gamma modelling technique were used. Based on the final model, changes in the rate of accidents at roundabouts are often caused by geometrical factors and exposure elements.

Keywords: Number of accident, Traffic Factors, Geometric Factors, Gama Model.