مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران)

فرشید رضا حقیقی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده عمران، گروه مهندسی راه و ترابری، بابل، ایران

شروین شهبازی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات آیت ا... آملی، آمل، ایران

E-mail: haghighi@nit.ac.ir

دریافت:۱۳۹۳/۰۶/۲۶ پذیرش:۱۳۹٤/۰٤/۰۸

چکیده:

در این مقاله، شدت ۶۶۱ تصادف در ۱۶ میدان شهر تهران در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به‌منظور پیدا کردن عوامل مؤثر بر شدت تصادفات و جراحات حاصل از آن و ارتباط این عوامل با دانش علمی موجود با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک[۱] و رگرسیون پروبیت[۲] مورد بررسی قرار گرفت، نوع کاربر استفاده‌کننده از جاده، وضعیت روشنایی در شب میدان، شرایط سطح راه، متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه، متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت، متوسط تعداد روزانه عابران پیاده در میدان و نحوه و زاویه برخورد، به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل مؤثر در شدت تصادفات در میدان‌ها مشخص شدند. در این تحقیق از آزمون‌های آماری آکائیکه[۳] و R^2 مک فادن[٤] برای سنجش نیکویی مدل‌ها استفاده‌شده است. با استفاده از مدل و میدان‌هایی که اطلاعات آن‌ها در دسترس بود صحت مدل، ارزیابی گردید، در انتها نتایج حاصل از دو مدل ساخته‌شده با یکدیگر مقایسه شده‌اند و عوامل مؤثر بر شدت تصادفات در میدان‌ها معرفی گردیده‌اند.

واژه‌های کلیدی: میدان، شدت تصادفات، مدل لجستیک، مدل پروبیت.

۱. مقدمه

طبق تخمین سازمان بهداشت جهانی[۵] و بانک جهانی[۶] در سال ۲۰۱۳، تصادفات جاده‌ای در بین بیش از صد عامل شناخته‌شده مرگ یا معلولیت در مقام نهم قرار داشته است. متأسفانه پیش‌بینی‌شده تا سال ۲۰۲۰، این عامل به مقام سوم در مرگ‌ومیر، مقام سوم در "معلولیت مادام‌العمر"، و مقام دوم در "سال‌های ازدست‌رفته عمر"، تبدیل شود.

بر اساس تحلیل‌های منطقه‌ای، اگرچه این وضعیت در کشورهای با درآمد بالا در حال بهبود است، اما در اغلب کشورهای درحال‌توسعه یک وضعیت وخیم محسوب می‌شود [PIARC, 2004].

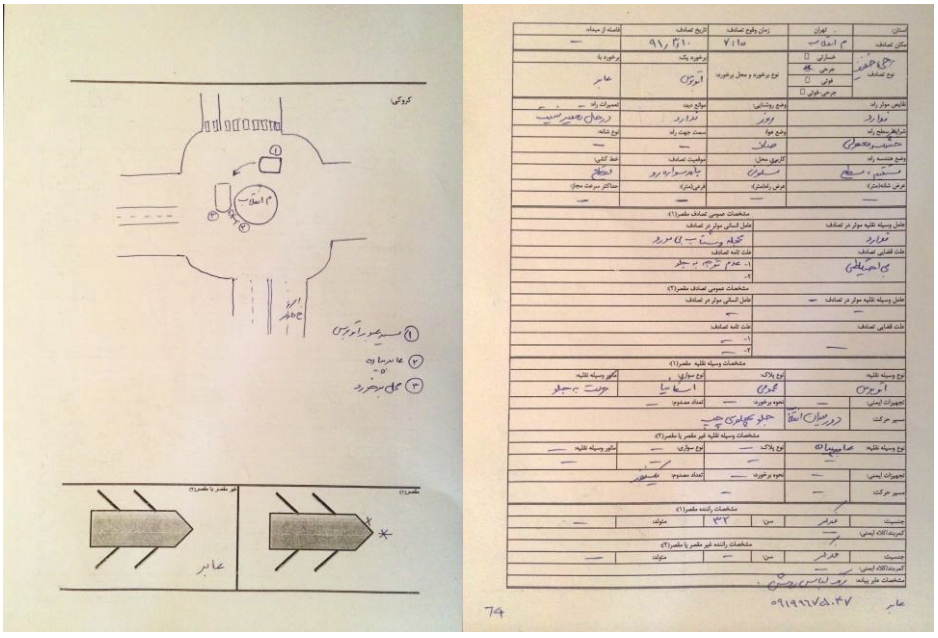
از عوامل مؤثر افزایش نرخ تلفات رانندگی در کشورهای درحال‌توسعه، درگیر بودن عابران پیاده بیشتر (نسبت به کشورهای توسعه‌یافته) در تصادفات جاده‌ای است. آنچه مشخص است برخورد وسایل نقلیه با عابر پیاده در اغلب موارد منجر به جراحات شدید و درنهایت کشته شدن در اثر عدم محافظت عابران پیاده می‌شود. در کشور ایران به‌واسطه ساختار خاص شهرسازی در آن در تقاطعات متعدد شهری از میدان به‌عنوان دوایر ترافیکی استفاده می‌شود که خود سهم بالایی در اختلاط عابر پیاده محافظت نشده با وسایل نقلیه عبوری دارد؛ ازاین‌رو این مطالعات متمرکز بر تصادفات عابران پیاده در محدوده میدان‌ها متمرکز است.

از مطالعاتی که در این زمینه در جهان انجام‌شده است می‌توان به پژوهش [Daniels et al. 2010] اشاره کرد که در آن به بررسی عوامل تأثیرگذار بر شدت تصادف در میدان‌ها پرداخته‌شده است. آنان با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و مدل رگرسیون سلسله مراتبی دوجمله‌ای، عوامل مؤثر بر شدت تصادفات میدان‌ها را شناسایی نمودند. نتایج تحلیل آن‌ها هفت عامل مهم بر شدت تصادفات را نشان داد آن ها به بررسی تاثیر تصادفات چند وسیله نقلیه‌ای در مقابل وسیله نقلیه تنها، نوع کاربر جاده، هندسه میدان، مصرف الکل، جنسیت و سن، شرایط نور، ساخته‌شده یا نشده بودن منطقه میدان‌ها بر شدت تصادفات پرداختند. یکی دیگر از پژوهش‌های انجام‌شده توسط [Elvik, 2008] است که به بحث در مورد ابعاد مشکلات ایمنی جاده‌ها و اندازه‌گیری آن‌ها پرداخته است. در این مقاله نه ویژگی مشکلات ایمنی جاده شامل میزان، شدت، اثر جانبی، نابرابری، پیچیدگی، پراکندگی فضایی، پایداری زمانی، ضرورت ادراک، پاسخگویی به درمان مشخص گردیده که همه در اصل تابع اندازه‌گیری عددی هستند، مشخص‌شده‌اند. [Burns et al. 2013] با روش مدل‌سازی لجیت به تجزیه‌وتحلیل شناسایی عوامل حادثه در میدان‌های ایالت کبک کشور کانادا پرداخته ونشان داده‌اند که با رجوع به مقدار یک متغیر اندازه‌گیری شده می‌توان هر دو پارامتر علامت و مقدار ضریب را برای تعیین کمیت حساسیت شدت آسیب نهفته، استفاده کرد در این پژوهش عوامل مؤثر برافزایش شدت آسیب‌دیدگی: تعداد زیاد وسایل نقلیه درگیر در تصادف، تصادفات رخداده در میان تقاطع‌ها، چپ شدگی وسیله نقلیه، درگیر بودن اتوبوس، تصادفات رخداده در شب در جاده‌های بدون روشنایی و هنگام بارش برف و عوامل مؤثر بر کاهش شدت آسیب‌دیدگی: فقط اتومبیل در تصادف درگیر باشد، برخورد با حیوانات، برف و یخبندان پوشیده شدن سطح راه با برف شناخته شدند.

در پژوهشی توسط [Razi Ardekani and Samimi, 2012] عوامل مؤثر بر شدت تصادفات درون‌شهری (جنسیت، نحوه برخورد، سطح سواد، عوامل انسانی (بی‌توجهی به مقررات، نحوه برخورد و...)، روز برخورد و شرایط روسازی) با استفاده از مدل‌های پروبیت، لجیت و شبکه عصبی شناخته شدند، آن‌ها با کمک آزمون استقلال K^2 پارامترهای تأثیرگذار بر شدت تصادفات درون‌شهری در برخوردهای جلو به جلو وسایل نقلیه را شناسایی کردند.

۲. جمع‌آوری اطلاعات

در این تحقیق تصادفات مربوط به ۱۶ میدان مهم شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ موردبررسی قرارگرفته است. به این صورت که فرمی شبیه "فرم کام" راهنمایی و رانندگی استان تهران تهیه شد و با حضور در محل اداره آمار راهنمایی و رانندگی این فرم‌ها برای ۶۶۱ تصادف رخداده در میدان‌ها به‌صورت مجزا تکمیل شد.



شکل۱. فرم کام راهنمایی و رانندگی

درنهایت اطلاعات تصادفات قابل‌تجزیه و تحلیل در این پژوهش به دودسته متغیرهای مستقل هندسی و متغیرهای مستقل ترافیکی تقسیم شدند؛ متغیرهای هندسی شامل: ساخته و یا ساخته نشدن منطقه میدان، تعداد ورودی‌های آن، قطر جزیره مرکزی به متر، قطر دایره محاط به متر، عرض مسیر گردشی در میدان به متر، وجود یا عدم وجود گذرگاه فرعی در برخی جهات مختلف میدان، شکل جزیره مرکزی آن (دایره یا بیضی بودن آن)، تعداد باندهای میدان، وجود چراغ راهنمایی رانندگی در آن، میزان تداخل کاربری‌ها در میدان، وجود پل عابر پیاده در میدان، وجود پیاده‌رو در اطراف آن، وجود نشانه‌گذاری گورخری عابران پیاده در ورودی/خروجی‌های میدان، فاصله مابین سواره‌رو گردشی و گذرگاه عابران پیاده، وجود جزایر جداکننده در میدان، وضعیت خط‌کشی مسیر سواره‌رو گردشی در آن، کنترل شدن عابران پیاده از ورود به مسیر سواره‌رو میدان، وجود چراغ چشمک‌زن برای تعیین حق تقدم و وضعیت روشنایی در شب میدان، هستند که این متغیرها با حضور در یکایک میدان ها برداشت گردید و همچنین برای دقت بیشتر از هر میدان عکس برداری انجام شد. در مقابل متغیرهای ترافیکی شامل آمار حجم ترافیکی مانند متوسط تعداد روزانه، متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک، متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین، متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها، متوسط تعداد روزانه عابران پیاده و متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها، زمان وقوع تصادف، سن و جنسیت راننده‌ی خودروی مقصر و غیر مقصر، شرایط سطح راه هنگام تصادف، وضع هندسه راه و شیب آن هنگام تصادف، نوع وسیله نقلیه مقصر و غیر مقصر، نوع کاربر آسیب‌پذیر جاده و نحوه برخورد وسایل نقلیه هستند که این متغیرها خود به دو صورت جداگانه جمع آوری شدند آنهایی که در فرم های کام موجود بودند از فرم‌های کام جمع‌آوری‌شده از اداره راهنمایی و رانندگی استخراج‌شده‌اند، اما متغیرهای آمار حجم ترافیکی با حضور در هر میدان در روزهای عادی هفته و برداشت یک ساعت از وسایل نقلیه در روز و یک ساعت در شب انجام شد. سپس با تبدیل این یک ساعت حجم عبوری ۲٤ ساعته از هر میدان به دست آمد. سپس برای سنجش همبستگی هرکدام از متغیرها با یکدیگر و تأثیر در شدت تصادفات، از ضرایب همبستگی پیرسون و تاو-کندال استفاده‌شده است. در جدول (۱) عناوین، شرح متغیرها، میانگین عددی مقادیر متغیرها و همچنین انحراف معیار آن‌ها، ضریب همبستگی پیرسون تمامی متغیرهای استفاده‌شده در مدل نمایش داده‌شده است.

جدول۱. متغیرهای مورداستفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات در میدان‌های شهر تهران ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ و مشخصات آن‌ها

نوع متغیر	نماد	توصیف متغیر	واریانس	انحراف معیار	ضریب همبستگی پیرسون پیرسون	حد معناداری ضریب همبستگی پیرسون	ضریب همبستگی تاو- کندال	حد معناداری ضریب همبستگی کندال
متغیرهای فیزیکی و ترافیکی میدان‌ها سال ۱۳۹۱								
آیا میدان داخل منطقه ساخته‌شده است؟(بله =۱، خیر =۰)	INSIDE	خیر = ۳ و بله = ۱۳	–	–	-۰،۰۱۶	۰،۶۹۱	-۰،۰۱۶	۰،۶۹۰
آیا میدان بالاآمدگی جزیره مرکزی به میزان نیم متر است؟	ELEV	خیر = ۳ و بله = ۱۳	–	–	–	–	–	–
آیا میدان دو ورودی دارد؟	2LEG	خیر = ۱۵ و بله = ۱	–	–	-۰،۰۵۷	۰،۱۴۱	-۰،۰۶۳	۰،۸۶
آیا میدان سه ورودی دارد؟	3LEG	خیر = ۷ و بله = ۹	–	–	-۰،۰۵۷	۰،۱۴۱	-۰،۰۶۳	۰،۸۶
آیا میدان چهار ورودی دارد؟	4LEG	خیر = ۱۱ و بله = ۵	–	–	-۰،۰۵۷	۰،۱۴۱	-۰،۰۶۳	۰،۸۶
آیا میدان پنج یا شش ورودی دارد؟	5-6LEG	خیر = ۱۵ و بله = ۱	–	–	-۰،۰۵۷	۰،۱۴۱	-۰،۰۶۳	۰،۸۶
قطر جزیره مرکزی به متر	CENTERDIAM	میانگین = ۴۷،۲۶	۴۸۳،۰۹	۲۱،۹۸	۰،۰۷۴	۰،۰۵۹	۰،۰۵۲	۰،۱۱۶
قطر دایره محاط به متر	OUTDIAM	میانگین = ۸۶،۴۳	۶۰۱،۳۱	۲۴،۵۲	۰،۰۶۹	۰،۰۷۶	۰،۰۶۲	۰،۰۶۳
عرض مسیر گردشی در میدان (عرض تمامی باندها به متر)	ROADWIDTH	میانگین = ۱۹،۴۳	۱۲،۴۳	۳،۵۳	-۰،۰۱۳	۰،۷۴۳	-۰،۰۳۰	۰،۳۶۹
آیا میدان گذرگاه فرعی در برخی جهات دارد؟	BYPASS	خیر= ۱۰ و بله = ۶	–	–	-۰،۰۶۲	۰،۱۱۰	-۰،۰۶۲	۰،۱۱۰
آیا جزیره مرکزی میدان بیضی شکل است؟	OVAL	خیر= ۹ و بله = ۷	–	–	۰،۰۳۰	۰،۴۳۵	۰،۰۳۰	۰،۴۳۵
آیا میدان دو باند دارد؟	2LANE	خیر= ۱۳ و بله = ۳	–	–	۰،۰۲۹	۰،۴۴۹	۰،۰۲۹	۰،۴۵۴
آیا میدان سه باند دارد؟	3LANE	خیر= ۱۰ و بله = ۶	–	–	۰،۰۲۹	۰،۴۴۹	۰،۰۲۹	۰،۴۵۴
آیا میدان چهار باند دارد؟	4LANE	خیر= ۹ و بله = ۷	–	–	۰،۰۲۹	۰،۴۴۹	۰،۰۲۹	۰،۴۵۴
آیا در میدان چراغ راهنمایی و رانندگی وجود دارد؟	SIGNALS	خیر= ۱۳ و بله = ۳	–	–	-۰،۰۱۱	۰،۷۸۰	-۰،۰۱۱	۰،۷۸۰
آیا در محدوده‌ی میدان تداخل کاربری وجود دارد؟	MIXED	خیر= ۸ و بله = ۸	–	–	۰،۰۷۴	۰،۵۷	۰،۰۷۴	۰،۰۵۷
آیا در محدوده‌ی میدان پیاده‌رو وجود دارد؟	SIDEWALK	خیر= ۰ و بله = ۱۶	–	–	–	–	–	–
آیا نشانه‌گذاری گذرگاه عابران پیاده در ورودی/خروجی میدان وجود دارد؟	ZEBRA	خیر= ۱ و بله = ۱۵	–	–	۰،۰۰۰	۰،۹۹۰	۰،۰۰۰	۰،۹۹۰
فاصله‌ی مابین مسیر سواره‌رو گردشی و گذرگاه عابران پیاده به متر	ZEBRADIS	میانگین = ۳،۳۹	۹،۹	۳،۱۵	-۰،۰۰۶	۰،۸۸۰	۰،۰۲۳	۰،۴۹۵
آیا در محدوده‌ی میدان پل عابر پیاده وجود دارد؟	FOOTBRG	خیر= ۱۲ و بله = ۴	–	–	۰،۰۱۸	۰،۶۴۴	۰،۰۱۸	۰،۶۴۴
آیا جزایر جداکننده در میدان وجود دارد؟	SPLITTER	خیر= ۷ و بله = ۹	–	–	۰،۰۰۹	۰،۸۱۱	۰،۰۰۹	۰،۸۱۱
وضعیت خط‌کشی مسیر سواره‌رو گردشی	MARK	ناپیدا = ۳، محو = ۳، کامل = ۱۰	–	–	۰،۰۳۱	۰،۴۳۲	۰،۰۲۲	۰،۵۵۷
آیا حرکت عابران پیاده در میدان کنترل‌شده است؟	CONTROL	بدون = ۹، متوسط = ۴، کامل = ۳	–	–	۰،۰۴۹	۰،۲۰۵	۰،۰۴۷	۰،۲۰۶

ادامه جدول۱. متغیرهای مورداستفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات در میدان‌های شهر تهران ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ و مشخصات آن‌ها

نوع متغیر	نماد	توصیف متغیر	واریانس	انحراف معیار	ضریب همبستگی پیرسون پیرسون	حد معناداری ضریب همبستگی پیرسون	ضریب همبستگی تاو- کندال	حد معناداری ضریب همبستگی کندال
آیا چراغ چشمک‌زن برای تعیین حق تقدم در میدان وجود دارد؟	YIELDSIG	خیر = ٤ و بله ١٢	–	–	۰،۰۳۰	۰،٤٣٤	۰،۰۳۰	۰،٤٣٤
وضعیت روشنایی در میدان	LIGHT	بدون = ٣، متوسط = ٦، کامل = ٧	–	–	۰،۰۲۳	۰،٥٥٥	۰،۰۱۸	۰،٦٤٣
متوسط تعداد روزانه ورودی وسایل نقلیه‌ی موتوری	ADT	میانگین = ٥٢٩١٣	٦٤١٣١٠٦٦٩	٢٥٣٢٤	۰،۰۲٦	۰،٥۰١	۰،۰۰٦	۰،٨٤٧
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک	LGT	میانگین = ٤٣٠٥٦	٣٨٩٦٦٤١٤٣	١٩٧٤۰	-۰،۰۰١	۰،٩٧٢	-۰،۰۲٣	۰،٤٨٢
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین	HVY	میانگین = ٦١٢	١١٦٢٢١	٣٤١	۰،۰٧۰	۰،۰٧١	۰،۰٤٩	۰،١٣١
متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها	BDT	میانگین = ٧٤١	٢٨٩٦٨٨	٥٧٢	۰،۰٣٤	۰،٣٨٢	۰،۰١٤	۰،٦٧٦
متوسط تعداد روزانه عابران پیاده	PED	میانگین = ٣٧٧٧٤	١١٣۰٢٣١٨۰	٣٣٦١٩	۰،۰١١	۰،٧٨٢	۰،۰١١	۰،٧٣٩
متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها	MCY	میانگین = ٨٥۰٤	٥٧٨٤٦٥١٤	٧٦۰٦	۰،۰٦٥	۰،۰٩٥	۰،۰٧٣	۰،۰٢٥
متوسط تعداد روزانه ورودی وسایل نقلیه موتوری (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-ADT	-	-	-	۰،۰٣٥	۰،٣٦٨	۰،۰۰٦	۰،٨٤٧
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-LGT	-	-	-	۰،۰١٣	۰،٧٣٤	-۰،۰٢٣	۰،٤٨٢
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-HVY	-	-	-	۰،۰٧٢	۰،۰٦٦	۰،۰٤٩	۰،١٣١
متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-BDT	-	-	-	۰،۰٣٨	۰،٣٢٩	۰،۰١٤	۰،٦٧٦
متوسط تعداد روزانه عابران پیاده (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-PED	-	-	-	۰،۰١٦	۰،٦٩۰	۰،۰١١	۰،٧٣٩
متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها (برحسب لگاریتم طبیعی)	Ln-MCY	-	-	-	۰،۰٩٧	۰،۰١٣	۰،۰٧٣	۰،۰٢٥
متغیرهای فیزیکی و ترافیکی میدان‌ها سال ۱۳۹۲								
متوسط تعداد روزانه ورودی وسایل نقلیه‌ی موتوری	ADT	میانگین = ٦١٢٣٢	٧٨٦٨٤٦٨٧٥	٢٨۰٥١	۰،۰٢٦	۰،٥۰١	۰،۰۰٦	۰،٨٤٧
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سبک	LGT	میانگین = ٤٩٧٣٨	٤٦٥٨٤۰٤٦٤	٢١٥٨٣	-۰،۰۰١	۰،٩٧٢	-۰،۰٢٣	۰،٤٨٢
متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه سنگین	HVY	میانگین = ٧٤٦	١٤٦٩٣١	٣٨٣	۰،۰٧۰	۰،۰٧١	۰،۰٤٩	۰،١٣١
متوسط تعداد روزانه اتوبوس‌ها	BDT	میانگین = ٩۰٥	٣٢٦٦٢٥	٥٧٢	۰،۰٣٤	۰،٣٨٢	۰،۰١٤	۰،٦٧٦
متوسط تعداد روزانه عابران پیاده	PED	میانگین = ٤١٨۰٦	١٢٨٣٦٢٥٣۰	٣٥٨٢٨	۰،۰١١	۰،٧٨٢	۰،۰١١	۰،٧٣٩
متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها	MCY	میانگین = ٩٨٤٣	٦٦٢٧٥٣٥٤	٨١٤١	۰،۰٦٥	۰،۰٩٥	۰،۰٧٣	۰،۰٢٥
متغیرهای تصادفات								
شرایط سطح راه	WAY-C	-	-	-	-۰،۰٦٢	۰،١١٢	-۰،۰٦١	۰،١١٨
نوع وسیله نقلیه مقصر	CAR-G	-	-	-	-۰،٢٦۰	۰،۰۰۰	-۰،٢٧٩	۰،۰۰۰
نحوه و زاویه برخورد	H-CRASH	-	-	-	۰،٤٣٦	۰،۰۰۰	۰،٣٨۰	۰،۰۰۰

همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، با استفاده از ضرایب همبستگی متغیرهای مستقل می‌توان دید مناسبی برای شناخت ارتباط این متغیرها با یکدیگر پیدا کرد. متغیرهایی مانند متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها (برحسب لگاریتم طبیعی)، نحوه و زاویه برخورد و نوع وسیله نقلیه مقصر، دارای حد معناداری زیر ۰/۰۵ هستند و به این دلیل می‌توان گفت که این متغیرها با یکدیگر همبستگی معنادار دارند و نیاز به بررسی توأم آن‌ها در مدل لازم است.

۳. مدل‌های آماری

در این تحقیق مدل برآورد احتمال جرحی بودن تصادف در شهر تهران به‌وسیله دو مدل رگرسیون لجستیک و پروبیت مدل‌سازی شده است که متغیر وابسته در این موارد به‌صورت انتخاب دوگانه ظاهر می‌شوند. در اغلب مثال‌های عملی، مدل رگرسیون لجستیک و پروبیت بسیار شبیه هم هستند و تنها تفاوت عمده آن‌ها در بررسی رابطه یک متغیر مستقل با متغیر وابسته دوحالتی در نقاط ابتدایی و انتهایی متغیر مستقل است. ازلحاظ کاربردی مدل پروبیت برای مطالعه‌های تجربی و مدل لجستیک برای مطالعه‌های مشاهده‌ای مناسب می‌باشند [Hensher, Rose and Greene, 2005].

از طرف دیگر روش برآورد پارامترها برای دو مدل متفاوت است، زیرا پارامترهای دو مدل دارای مقیاس‌های متفاوتی ازنظر تابع مطلوبیت آن‌ها می‌باشند. تابع ربط مدل لجستیک رگرسیونی، لگاریتم شانس موفقیت است و تابع ربط مدل پروبیت، لگاریتم احتمال موفقیت است. اگر دو مدل خوب برازش شوند برآوردهای شیب در مدل رگرسیونی تقریباً ۱٫۶ تا ۲ برابر شیب در مدل‌های پروبیت خواهد بود. نکته نهایی در مقایسه دو مدل آن است که در مدل پروبیت تابع توزیع تجمعی، نرمال فرض می‌شود، ولی در لجستیک این تابع از نوع تابع تجمعی برنولی(لجیت) است [Hensher, Rose and Greene, 2005].

مدل رگرسیون لجستیک یک مدل آماری رگرسیون برای متغیرهای وابسته دوحالتی مانند بیماری یا سلامت، مرگ یا زندگی، جرحی یا خسارتی است. این مدل را می‌توان به‌عنوان مدل خطی تعمیم‌یافته‌ای که از تابع لجیت به‌عنوان تابع پیوند استفاده می‌کند و خطایش از توزیع چندجمله‌ای مانند رابطه (۱) است.

$$logit(p) = \ln(\frac{p}{1-p}) = \propto + \beta_1 x_{1,i} + \cdots + \beta_k x_{k,i} \qquad (۱)$$

در این مدل p احتمال تعلق فرد به سطح اول متغیر وابسته است، x_i متغیر مستقل i ام و β_i ضریب برآورد شده مدل برای متغیر مستقل i ام‌است. از مزایای استفاده از مدل رگرسیون لجستیک علاوه بر مدل‌سازی مشاهده‌ها، امکان پیش‌بینی احتمال تعلق هر فرد به هریک از سطوح متغیر وابسته و هم‌چنین امکان محاسبه مستقیم نسبت شانس[۸] با استفاده از ضرایب مدل موجود است. در مقابل مدل پروبیت نیز مانند مدل لجستیک یک مدل آماری رگرسیونی برای متغیرهای وابسته دوحالتی براساس رابطه (۲) است.

$$\Pr(Y = 1|X) = \Phi(X\acute{\beta}) \qquad (۲)$$

شکل دیگر این مدل به صورت رابطه (۳) است:

$$P = \int I(V_{n1} + \varepsilon_{n2} > V_{n1} + \varepsilon_{n2})\Phi(\varepsilon_n)d\varepsilon_n \qquad (۳)$$

که در رابطه (۲) و (۳) Φ توزیع تجمعی نرمال و V_i مطلوبیت گزینه i است. روش‌های مختلفی ازجمله روش حداکثر درست نمایی و روش حداقل مربعات وزنی برای محاسبه پارامترهای مدل وجود دارد که در این مطالعه از روش حداکثر درست نمایی برای برآورد پارامترهای مدل و از روش R^2 مک فادن و معیار آکائیکه برای سنجش نیکویی برازش مدل استفاده‌شده است.

٤. مدل‌سازی احتمال جرحی بودن تصادفات میدان‌ها در شهر تهران

نتایج خروجی از نرم‌افزار R[۱۲] (R نرم‌افزار آماری همانند SPSS) برای مدل به‌دست‌آمده از رگرسیون لجستیک در جدول شماره (۲) قابل‌مشاهده است.

درنهایت مدل رگرسیون لجستیک به‌دست‌آمده به‌صورت رابطه (۳) است که در آن p احتمال جرحی بودن تصادف است. اگر مقدار p بالای ۰/۵ باشد به سمت عدد یک گرد می‌شود و تصادف را جرحی و اگر پایین‌تر از ۰/۵ باشد، به سمت عدد صفر گرد شده و تصادف خسارتی پیش‌بینی می‌شود. لازم به ذکر است این‌گونه نام‌گذاری

جدول۲. ضرایب مدل رگرسیون لجستیک

نماد	نام متغیر	مقدار ضریب	استاندارد	مقدار Z	سطح معناداری
α	ضرایب ثابت	۳،٤۹۳۱۸	۳،۹۲۱۷۱	۰،۸۹۱	۰،۳۷۳۱
x_1	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه	-۰،٦۷٦۸۹	۰،٥٤٤۷۱	-۱،۲٤۳	۰،۲۱٤۰
x_2	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها	۰،۰٤۲۳۱	۰،۲٤٦٦۹	۰،۱۷۱	۰،۸٦٤۰
x_3	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه عابران پیاده	۰،۰۷۷۹٤	۰،۲۱۲۲۹	۰،۳٦۷	۰،۷۱۳٥
x_4	نحوه و زاویه برخورد ۰ (تصادفات جلو به عقب)	-۰،٦۷۷۲٦	۰،۹٥٦۰۱	-۰،۷۰۸	۰،٤۷۸۷
x_5	نحوه و زاویه برخورد۱ (تصادفات جلو به جلو)	۰،۱٦۱۹۱	۱،۰۸۹٦۸	۰،۱٤۹	۰،۸۸۱۹
x_6	نحوه و زاویه برخورد۲ (تصادفات پهلو به پهلو)	-۱،٤٥۷۲۲	۱،۰۰۹۳۷	-۱،٤٤٤	۰،۱٤۸۸
x_7	نحوه و زاویه برخورد۳ (تصادفات جلو به پهلو)	-۰،٥٤۳٦٥	۰،۹٦۳٦۳	-۰،٥٦٤	۰،٥۷۲٦
x_8	نحوه و زاویه برخورد٤ (تصادفات عقب به پهلو)	-۱۷،۸٥۰٦۳	۹۷٥،۷۰۲۸۸	-۰،۰۱۸	۰،۹۸٥٤
x_9	نحوه و زاویه برخورد٥ (تصادفات جلو با عابر)	٦،۳٦۱٦٤	۱،۲٤٦٤۷	٥،۱۰٤	***۰،۰۰۰۰۳۳۳
x_{10}	نوع وسیله نقلیه مقصر ۱ (موتورسیکلت)	٤،۰۲۸۰٥	۰،۸۱۹۳٦	٤،۹۱٦	***۰،۰۰۰۰۸۸۳
x_{11}	نوع وسیله نقلیه مقصر۲ (وسایل نقلیه سبک)	-۰،۲۸۸۳۷	۰،۷٤۲۲۰	-۰،۳۸۹	۰،٦۹۷٦
x_{12}	شرایط سطح راه	-۱،۰۷۸۷٦	۰،۸۸۰۹۲	-۱،۲۲٥	۰،۲۲۰۷
x_{13}	زمان وقوع تصادف و شرایط روشنایی	۰،۳۹۷٤٦	۰،۱۸٦۰۱	۲،۱۳۷	*۰،۰۳۲٦
x_{14}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۱ (موتورسیکلت)	٤،۳۳٦۸۷	۱،۰٥۸۱۱	٤،۰۹۹	***۰،۰۰۰۰٤۱٥
x_{15}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۲ (وسایل نقلیه سبک)	۰،۱۹۳٦۸	۱،۰۰۰۹۷	۰،۱۹۳	۰،۸٤٦٦
x_{16}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۳ (وسایل نقلیه سنگین)	۰،٥۷٥٤٦	۱،۰۸۱۸٦	۰،٥۳۲	۰،٥۹٤۸

به‌این‌علت بوده که برای بررسی برخی از متغیرها که حالات مختلفی داشتند و نیاز به بررسی رابطه هرکدام از آن‌ها با شدت تصادفات وجود داشته، از متغیرهای دامی استفاده‌شده است.

٤-۱ نتایج حاصل از مدل رگرسیون پروبیت

نتایج خروجی از نرم‌افزار R برای مدل به‌دست‌آمده از رگرسیون پروبیت در جدول شماره (۳) قابل‌مشاهده است.

$$p = \frac{e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\beta_k x_{k,i}}}{1+e^{\alpha+\beta_1 x_{1,i}+\cdots+\beta_k x_{k,i}}} = \frac{e^{(3.49318-0.67689x_1+0.04231x_2+0.07794x_3-0.67726x_4+\cdots+0,57546x_{16})}}{1-e^{(3.49318-0.67689x_1+0.04231x_2+0.07794x_3-0.67726x_4+\cdots+0,57546x_{16})}} \quad (٤)$$

جدول۳. ضرایب مدل رگرسیون پروبیت

نماد	نام متغیر	مقدار ضریب	استاندارد	مقدار Z	سطح معناداری
α	ضرایب ثابت	۱،٦۱۲۳۷	۲،۰۵۵٦۱	۰،۷۸٤	۰،٤۳۲۸
x_1	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه	-۰،۳۸۰٤۳	۰،۲۷۸۰٦	-۱،۳٦۸	۰،۱۷۱۳
x_2	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها	۰،۰٤٦۱۰	۰،۱۲۱۵۸	۰،۳۷۹	۰،۷۰٤٦
x_3	لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه عابران پیاده	۰،۰٦۰٦۵	۰،۱۰٦۹۸	۰،۵٦۷	۰،۵۷۰۸
x_4	نحوه و زاویه برخورد ۰ (تصادفات جلو به عقب)	-۰،۳۸٤۵۰	۰،۵۱۱۳۸	-۰،۷۵۲	۰،٤۵۲۱
x_5	نحوه و زاویه برخورد۱ (تصادفات جلو به جلو)	۰،۰۹۳۹۳	۰،۵۷۸٦۳	۰،۱٦۲	۰،۸۷۱۰
x_6	نحوه و زاویه برخورد۲ (تصادفات پهلو به پهلو)	-۰،۸۸۲۷۲	۰،۵٤۲۵۹	-۱،٦۲۷	۰،۱۰۳۸
x_7	نحوه و زاویه برخورد۳ (تصادفات جلو به پهلو)	-۰،۳۳۸۳۳	۰،۵۱٦۲٦	-۰،٦۵۵	۰،۵۱۲۲
x_8	نحوه و زاویه برخورد٤ (تصادفات عقب به پهلو)	-٦،۲۳۹۵۵	۱٤٦،۱۲۰۸۵	-۰،۰٤۳	۰،۹٦۵۹
x_9	نحوه و زاویه برخورد۵ (تصادفات جلو با عابر)	۳،٤۱۰۸۹	۰،۵٦۱۲۷	٦،۰۷۷	***۰،۰۰۰۰۱۲۲
x_{10}	نوع وسیله نقلیه مقصر ۱ (موتورسیکلت)	۲،۲۳۹٦۹	۰،٤۲۵۰۷	۵،۲٦۹	***۰،۰۰۰۰۱۳۷
x_{11}	نوع وسیله نقلیه مقصر۲ (وسایل نقلیه سبک)	-۰،۰٦۷۳٤	۰،۳۸۰۲٦	-۰،۱۷۷	۰،۸۵۹٤
x_{12}	شرایط سطح راه	-۰،٤۱۰۲۱	۰،٤۰۷۵٤	-۱،۰۰۷	۰،۳۱٤۱
x_{13}	زمان وقوع تصادف و شرایط روشنایی	۰،۱۸۷٦۷	۰،۰۹۱۱۲	۲،۰٦۰	*۰،۰۳۹٤
x_{14}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۱ (موتورسیکلت)	۲،۳۰۹۳۵	۰،٤۸۹٤۰	٤،۷۱۹	***۰،۰۰۰۰۲۳۷
x_{15}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۲ (وسایل نقلیه سبک)	۰،۰۹٤۷۹	۰،٤۳۹۸۰	۰،۲۱٦	۰،۸۲۹٤
x_{16}	نوع وسیله نقلیه غیرمقصر۳ (وسایل نقلیه سنگین)	۰،۲٦۸٤۳	۰،٤۸٦۹۱	۰،۵۵۱	۰،۵۸۱٤

در جداول شماره (۲) و (۳) مقدار و علامت ضریب آمده، همچنین میزان تاثیر متغیر در ستون سطح معناداری آمده است که نشان دهنده آن است که متغیر مورد نظر به چه میزان و با چه رابطه ای (مستقیم یا معکوس) بر شدت تصادفات اثر گذار اند. لازم به ذکر است علامت ضریب نشان دهنده رابطه متغیر با شدت تصادف و عدد آن نشان دهنده میزان تاثیر این متغیر در مدل به دست آمده شدت تصادفات است. به طور مثال در مدل لجستیک، جدول (۱)، لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه با ضریب ۰/٦۷٦۸۹- در مدل آمده که علامت منفی نشان دهنده آن است که در میدان ها با بیشتر شدن تعداد وسایل نقلیه عبوری در طول روز شدت تصادفات کاهش می‌یابد، لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها با ضریب ۰/٤٦۱۰

در مدل آمده که به این معناست که هرچه تعداد موتورسیکلت عبوری در میدان افزایش می‌یابد شدت تصادفات رخداده بیشتر می‌شود، لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه عابران پیاده در مدل ضریبی به مقدار ۰/٦۰٦۵ دارد که نشانگر رابطه مستقیم این متغیر با شدت تصادف است. در بحث نحوه و زاویه برخورد، تصادفات جلو به عقب، پهلو به پهلو، جلو به پهلو و عقب به پهلو تاثیری کاهنده بر شدت تصادفات در مدل خواهند داشت، تصادفات جلو به جلو و جلو به عابر دارای تاثیر مثبتی بر شدت تصادفات مدل خواهند بود، در بحث نوع وسیله نقلیه موثر، اگر وسیله نقلیه موثر موتوسیکلت باشد، در افزایش شدت تصادفات در مدل نقش بازی خواهد کرد، اما اگر این وسیله نقلیه وسیله نقلیه سبک باشد، باعث کاهش شدت تصادفات رخداده می‌گردد. شرایط سطح را با ضریب ۱/۰۷۸۷٦- در مدل آماده است که علامت منفی نشان دهنده آن است که خیسی و یخ زدگی جاده موجب کمتر شدن شدت تصادفات رخداده در میدانها می‌گردد، با توجه به زمان تصادف تصادفاتی که در شب رخ می‌دهند باعث افزایش شدت تصادفات می‌گردند، نوع وسیله نقلیه غیر موثر به تفکیک نوع سبک، سنگین و موتورسیکلت تاثیر مثبتی بر شدت تصادفات رخداده دارند که میزان تاثیر هرکدام از آنها در مدل در جدول شماره (۲) آمده است.

در جداول شماره (۲) و (۳) متغیرهایی که در ستون سطح معناداری، دارای خطایی کمتر از پنج درصد هستند، دارای سطح معنایی بالاتر از نود وپنج درصد هستند و برای قرارگیری در مدل جرحی بودن تصادفات مناسب‌تر اند. لازم به ذکر است علامت * در ستون سطح معناداری در کنار بعضی از متغیرها به معنای (*** برای متغیرهایی با سطح معناداری بالاتر از نه‌صد و نود و نه هزارم، ** برای متغیرهایی با سطح معناداری بالاتر از نودونه صدم * برای متغیرهایی با سطح معناداری بالاتر از نودوپنج صدم) است. البته سایر متغیرهای موجود در جداول شماره (۲) و (۳) نیز نقش خود را در تعیین شدت تصادفات داشته و چون سطح معناداری مدل را در حد مجاز کاهش می‌دادند، در مدل آورده شده‌اند. اما مابقی متغیرها که هرکدام به دلیل جداگانه‌ای در نتایج خروجی از نرم‌افزار R حضور نداشتند در جداول شماره (۲) و (۳) آورده نشده‌اند.

٤-۲ ارزیابی دو مدل

در جدول شماره (٤) دو متغیر حداکثر درست نمایی و درست نمایی صفر معرفی گردیده که این دو متغیر برای به دست آوردن مقدار R^2 مک فادن ، استفاده می‌شوند. اعداد R^2 مک فادن در این دو مدل عددی نزدیک به یک به‌دست‌آمده که نشان‌دهنده مناسب بودن این دو مدل است و همچنین با بررسی معیار آکائیکه برای دو مدل این نتیجه به دست آمد که مدل رگرسیون لجستیک به دلیل پایین‌تر بودن آماره آکائیکه مدلی مناسب‌تر از مدل رگرسیون پروبیت است.

٤-۳ گزارش صحت دو مدل

٤-۳-۱ گزارش صحت مدل لجستیک

برای کنترل صحت مدل لجستیک اطلاعات ۵ میدان دیگر به نام‌های: نیاوران، خراسان، صنعت، فلکه اول و سوم تهران پارس جمع آوری شد سپس با توجه به مدل، تصادفاتی که برای این میدان ها انتظار می‌رفت به دست آمد، سپس نتایج با نتایج واقعی جمع آوری شده مقایسه گردید که در جدول شماره (۵) قابل مشاهده است.

سپس مدل برای میدان هایی که مدل با آن ها ساخته شده بود نیز کنترل گردید، در مدل اول که مدل رگرسیون لجستیک است، از مجموع ٦٦۱ مشاهده، ٤۸۱ مورد تصادف خسارتی بوده که به‌درستی پیش‌بینی‌شده، تعداد ۱٦ مورد تصادف خسارتی بوده که

جدول٤. مقدار ارزیابی دو مدل

نوع مدل	معیار آکائیکه	R^2 مک فادن	حداکثر درست نمایی	درست نمایی صفر
رگرسیون لجستیک	۳۲٤،٤۹۷۵	۰،٦۰۷۷۷۹۲	-۱٤۵،۲٤۸۷۳۹٤	-۳۷۰،۳۲۳۹۵۱۰
رگرسیون پروبیت	۳۲۷،۷۱۹۵	۰،٦۰۳٤۲۸۹	-۱٤٦،۸۵۹۷٦٦۸	-۳۷۰،۳۲۳۹۵۱۰

جدول۵. صحت مدل رگرسیون لجستیک

مشاهدات		پیش‌بینی وقوع تصادف		
		نوع تصادف		درصد صحت مدل
		خسارتی	جرحی	
نوع تصادف	خسارتی	۹۲	۸	۹۲
	جرحی	۲۰	٦	۷۸،۲
درصد کلی				۸۹،۲

جدول٦. صحت مدل رگرسیون لجستیک

مشاهدات		پیش‌بینی وقوع تصادف		
		نوع تصادف		درصد صحت مدل
		خسارتی	جرحی	
نوع تصادف	خسارتی	٤۸۱	۱٦	۹٦،۸
	جرحی	۲۷	۱۳۷	۸۳،٥
درصد کلی				۹۳،٥

به‌اشتباه جرحی پیش‌بینی‌شده و تعداد ۲۷ تصادف جرحی به‌اشتباه خسارتی پیش‌بینی شده‌اند. درنهایت ۱۳۷ مورد، تصادفات جرحی بوده که به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند. مدل اول درمجموع ۹۳/۵ درصد درست پیش‌بینی‌شده است. در جدول شماره (٦) اطلاعات مربوط به صحت مدل رگرسیون لجستیک قابل مشاهده است.

در جدول (٦) صحت کلی مدل برابر با ۹۳/۵ درصد شد. حال‌آنکه این عدد با مقدار R^2 مک فادن که برابر با ٦۰/۷۷۷۹۲ درصد است، تفاوت دارد. لازم است توضیحی راجع به ماهیت این تفاوت داده شود. در محاسبه احتمال جرحی بودن تصادف، عدد یک نشانگر تصادفات جرحی و عدد صفر نشانگر تصادفات خسارتی است. در روش R^2 مک فادن احتمال جرحی بودن (p) که از رابطه (٤) به دست می‌آید بین صفر و یک است. در این روش برای یافتن صحت مدل، چنانچه مقادیر به‌دست‌آمده از رابطه (٤) در بازه ۰/۵ الی یک باشند، تفاوت آن‌ها با عدد یک و چنانچه این مقادیر در بازه صفر الی ۰/۵ باشند، تفاوت آن‌ها با عدد صفر ملاک عمل قرار می‌گیرند. در جدول شماره (٦) صحت مدل به این‌ترتیب گزارش‌شده که مقادیر به‌دست‌آمده بالاتر از ۰/۵ در رابطه (٤)، به عدد یک گرد شدند که نمایانگر جرحی بودن تصادف و مقادیر پایین‌تر از ۰/۵ به عدد صفر گرد شدند که نمایانگر تصادف خسارتی بودند. تعداد پیش‌بینی‌ها با مشاهدات اتفاق افتاده در میدان‌ها مقایسه شده‌اند و صحت مدل از این مقایسه به‌دست آمده است.

٤-۳-۲ گزارش صحت مدل پروبیت

برای کنترل صحت مدل پروبیت نیز اطلاعات ۵ میدان دیگر به نام های: نیاوران، خراسان، صنعت، فلکه اول و سوم تهران پارس جمع آوری شد، سپس با توجه به مدل، تصادفاتی که برای این میدان ها انتظار می‌رفت به دست آمد، نتایج مقایسه ای در جدول شماره (۷) قابل مشاهده است.

جدول۷. صحت مدل رگرسیون پروبیت

مشاهدات		پیش‌بینی وقوع تصادف		
		نوع تصادف		درصد صحت مدل
		خسارتی	جرحی	
نوع تصادف	خسارتی	۹۱	۹	۹۱،۰
	جرحی	۱۸	۸	٦۹،۲
درصد کلی				۸٦،٥

جدول۸. صحت مدل رگرسیون پروبیت

مشاهدات		پیش‌بینی وقوع تصادف		
		نوع تصادف		درصد صحت مدل
		خسارتی	جرحی	
نوع تصادف	خسارتی	٤٨٧	١٠	٩٨.٠
	جرحی	٥١	١١٣	٦٨.٩
درصد کلی				٩٠.٨

سپس مدل برای میدان هایی که مدل با آنها ساخته شده بود نیز کنترل گردید، در مدل دوم که مدل رگرسیون پروبیت است، از مجموع ٦٦١ مشاهده ٤٨٧ تصادف، خسارتی بوده که به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند، تعداد ١٠ تصادف، خسارتی بوده که به‌اشتباه جرحی پیش‌بینی شده‌اند، تعداد ٥١ تصادف، جرحی بوده که به‌اشتباه خسارتی پیش‌بینی شده‌اند و نهایتاً ١١٣ تصادف، جرحی بوده که به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند. بنابراین مدل دوم درمجموع ٩٠.٨ درصد درست پیش‌بینی شده است. در جدول شماره (٨) اطلاعات مربوط به صحت مدل رگرسیون پروبیت قابل مشاهده است.

در جدول (٨) صحت کلی مدل برابر با ٩٠/٨ درصد گردید. حال‌آنکه این عدد با مقدار R^2 مک فادن که برابر با ٦٠/٣٤٢٨٩ درصد است، تفاوت دارد. لازم است توضیحی راجع به ماهیت این تفاوت داده شود. در محاسبه احتمال جرحی بودن تصادف، عدد یک نشانگر تصادفات جرحی و عدد صفر نشانگر تصادفات خسارتی است. درروش R^2 مک فادن احتمال جرحی بودن (p) که از رابطه (٤) به دست می‌آید بین صفر و یک است. در این روش برای یافتن صحت مدل، چنانچه مقادیر به‌دست‌آمده از رابطه (٤) در بازه ٠/٥ الی یک باشند، تفاوت آن‌ها با عدد یک و چنانچه این مقادیر در بازه صفر الی ٠/٥ باشند، تفاوت آن‌ها با عدد صفر ملاک عمل قرار می‌گیرند. در جدول شماره (٦) صحت مدل به‌این‌ترتیب گزارش‌شده که مقادیر به‌دست‌آمده بالاتر از ٠/٥ در رابطه (٤)، به عدد یک گرد شدند که نمایانگر جرحی بودن تصادف و مقادیر پایین‌تر از ٠/٥ به عدد صفر گرد شدند که نمایانگر تصادف خسارتی بودند. تعداد پیش‌بینی‌ها با مشاهدات اتفاق افتاده در میدان‌ها مقایسه شده‌اند و صحت مدل از این مقایسه به‌دست‌آمده است.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه دو مدل ریاضی که قادر به پیش‌بینی شدت تصادفات در میدان‌ها (شهر تهران) است، به‌دست‌آمده است. تأثیر عوامل مختلف بر شدت تصادف در میدان‌های شهر تهران نیز توسط ضرایب این دو مدل مورد بررسی قرارگرفته است. توجه شود که به علت نبودن تصادفات منجر به مرگ در میدان‌های موردبررسی، سطوح شدت تصادفات به دودسته خسارتی و جرحی تقسیم شدند. پارامترهایی که بر جرحی بودن تصادفات تأثیر بسزایی داشتند، در دو مدل شناسایی و مورد بحث قرار گرفتند و نتایج به شرح زیر حاصل شد:

– گروه‌های آسیب‌پذیر جاده مانند موتورسیکلت سواران و عابران پیاده، نسبت به سرنشینان وسایل نقلیه در تصادفات جرحی به مراتب حضور بیشتری دارند، به‌طوری که در هر دو مدل بررسی‌شده، عابران پیاده و موتورسیکلت‌سواران دارای آسیب‌های جرحی بیشتری بودند.

– در میدان‌هایی که روشنایی در شب آن‌ها تأمین نشده و یا روشنایی در آنها، به‌صورت نامناسب و ناکافی بود. همان‌طور که انتظار می‌رفت، تصادفاتی که در شب رخداده بودند، آسیب‌های شدیدتری داشتند. اما با اینکه اکثر میدان‌ها در شهر تهران دارای روشنایی کافی بودند، انتظار آن می‌رفت که ساعت وقوع تصادف با شدت آن رابطه‌ای نداشته باشد، بااین‌حال تصادفات در شب میدان‌ها نیز دارای شدت آسیب‌دیدگی بیشتر بودند که این رفتار را می‌توان به‌وسیله حضور بیشتر وسایل نقلیه سنگین در شب، پایین‌تر بودن حجم ترافیک و درنتیجه سرعت بالاتر وسایل نقلیه در شب و همچنین مقاصد سفر که به رفتار رانندگان مربوط است توضیح داد.

– شرایط سطح راه که با ضریب منفی در مدل آمده نشان‌دهنده رابطه معکوس این متغیر با شدت تصادفات است و به این معنا است که شرایط نامناسب جوی که باعث خیسی روسازی، برفی و یخ‌بندان می‌گردد، منجر به کاهش شدت تصادفات می‌شود.

– لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه با ضریب منفی آمده است که نشان‌دهنده آن است که تصادفات با جراحات شدید در میدان‌هایی که تعداد وسایل نقلیه عبوری روزانه از آن‌ها کمتر است، بیشتر است.

– لگاریتم طبیعی متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها با ضریب مثبت آمده است که نشان‌دهنده بالاتر بودن تصادفات جرحی در میدان‌هایی است که تعداد روزانه موتورسیکلت‌ها در آن‌ها بیشتر است. این ضریب و ضریب عابران پیاده نشان می‌دهد که نوع کاربر استفاده‌کننده از جاده به‌شدت در میزان آسیب‌دیدگی استفاده‌کنندگان از جاده نقش دارند.

– علیرغم وجود امکانات ایمنی عبور عابر مانند خط‌کشی عابر در اکثر میدان‌ها، لگاریتم طبیعی متوسط تعداد عابران پیاده با ضریب مثبت آمده است، که بیانگر آن است که در میدان‌هایی که تعداد روزانه عابران پیاده عبور کننده از آن بیشتر هستند، احتمال وقوع تصادف جرحی بیشتر است، این واقعیت نشان می‌دهد که نیاز است عواملی مانند کنترل ورود عابران پیاده به داخل میدان در تحقیقات بعدی مدنظر قرار گیرند تا حداقل با اجرای حفاظهایی کامل در میدان‌هایی که دارای عابران پیاده بیشتری هستند، از ورود آن‌ها به مسیر گردشی سواره رو جلوگیری شود.

– در برخورد وسایل نقلیه با یکدیگر و یا با عابران پیاده، نحوه این برخورد برای بررسی تصادف مهم است، زیرا هرکدام از زوایای برخورد، نماینده یک یا چند علت برای نوع تصادف رخداده هستند. در برخورد جلو به عقب وسایل نقلیه شدت تصادفات با این‌گونه از برخورد رابطه معکوس دارد. در برخورد جلو به جلوی وسایل نقلیه در میدان، این‌گونه برخورد باعث افزایش شدت تصادفات می‌گردد. در برخوردهای جلو به پهلو، پهلو به پهلو و عقب به پهلو، به علت اینکه در این نوع برخوردها اغلب علت تامه تصادف، بی‌دقتی راننده مقصر بوده و به دلیل پایین بودن سرعت عبوری در میدان و رخ دادن این‌گونه تصادفات در ساعات اوج ترافیک با سرعت‌پایین تر، بیشتر خسارتی بوده‌اند، دارای ضریب منفی در مدل هستند.

٦. سپاسگزاری

از مسئولین محترم اداره راهنمایی و رانندگی استان تهران جناب آقایان سرهنگ صلاح الدین زینی، سرگرد احسان مؤمنی که در امر جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق مساعدت بسیار کردند، سپاسگزاریم.

۷. پی‌نوشتها

1- Logistic regression
2- Probit regression
3- AIC (Akaike Information Criterion)
4- McFadden R-Squared
5- WHO (World Health Organization)
6- World Bank
7- Quebec
8- Odds Ratio (OR)
9- Maximum-likelihood estimation
10- Weight low square
11- Goodness-of-Fit Tests
12- R software (R i386 3.1.1.lnk)

۸. مراجع

– راضی اردکانی، حسام الدین و صمیمی، امیر (۱۳۹۱) "بررسی عوامل موثر بر شدت تصادفات درون شهری با استفاده از مدل‌های پروبیت، لوجیت و شبکه مصنوعی". یازدهمین کنفرانس بین المللی حمل و نقل و ترافیک، ایران، تهران.

– کمیته فنی ایمنی راه (۱۳۸٤) "راهنمای ایمنی راه (مجمع جهانی راه – پیارک)"، ترجمه محمد نوری امیری، مهران قربانی. چاپ اول. تهران:انتشارات مهرگستر، ٥٤٢ ص.

- Burns, Shaun., Miranda-Moreno, Luis., Saunier, Nicolas., Ismail, Karim. (2013) “Crash severity analysis at roundabout: A case study in Qubec, Canada”,

Transportation Research Board, Washington, D.C., No. 43, pp. 1-14.

- Daniels, Stijn, Brijs, Tom, Nuyts, Erik and Wets, Geert (2010) "Externality of risk and crash severity at roundabouts". Accident Analysis and Prevention, No. 42, pp. 1966-1973.

- Elvik, Rune. (2008) "Dimensions of road safety problems and their measurement", Accident Analysis and Prevention, No. 40, pp. 1200-1210.

- Haleem, K. and Abdel-aty, M. (2010) "Examining traffic crash injury severity at unsignalized intersections", Journal of Safety Research, No. 41, pp. 347-357.

- Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005) "Applied choice analysis: A primer", edition, Cambridge University Press.

- Konnonen, D. W., Flannagan, C. A. C. and Wang, S. C. (2011) "Identification and validation of a logistic regression model for predicting serious injury associated with motor vehicle crashes", Accident Analysis and Prevention, No. 43, pp. 112-122.

.