

تأثیر عملکرد مناطق مسکونی و تجاری حاشیه راه بر ایمنی جاده‌های برون شهری با ارائه مدل ریاضی

حسن ذوقی، دکترای برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران،

استادیار دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

کامران رحیم اف، دکترای برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران،

استادیار دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

عبدالصادق بقال نژاد*، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

*Baghalnejad@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: مهر ۹۰ تاریخ پذیرش: اسفند ۹۱

چکیده

وجود کاربری‌های مختلف از جمله مسکونی، خدماتی، تولیدی و صنعتی حاشیه راه‌ها باعث به وجود آمدن تعداد زیادی تقاطع با راه‌های برون شهری گردیده است. این محل‌های دسترسی معمولاً در نقاط مسکونی یا اقتصادی دارای تراکم بیشتری بوده و از آن‌جا که ساماندهی مناسبی ندارند، معمولاً بستر تصادفات متعدد در محل را فراهم می‌سازد. لذا در راستای اهداف این تحقیق پارامترهای موثر بر ایمنی راه‌های برون شهری ناشی از تراکم مناطق مسکونی و تجاری حاشیه راه شناسایی و با ارائه مدل‌های رگرسیون (خطی، نمایی، پواسون) و تجزیه و تحلیل‌های آماری به تعیین نقش هر یک از پارامترهای دخیل و مرتبط پرداخته می‌شود. از مهم‌ترین نتایج تحقیق این است که تراکم این مناطق در حاشیه راه رابطه بسیار موثری با تصادفات به‌وقوع پیوسته در محورهای مورد مطالعه داشته که منجر به افزایش تعداد نقاط برخورد با راه و کاهش ایمنی راه گردیده است. لذا عملکرد بهینه تقاطع‌های همسطح، برنامه ریزی در خصوص احداث تاسیسات، املاک، مجموعه‌های مسکونی، مراکز صنعتی، کشاورزی حاشیه راه و تامین دسترسی مورد نیاز آن‌ها، نحوه کنترل، مدیریت، نظارت بر آن‌ها، گامی موثر در زمینه کاهش نقاط پرحادثه، ایمن‌سازی و افزایش مطلوبیت سفر در راه‌های کشور خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، مدل ریاضی، تراکم مناطق مسکونی و تجاری، جاده‌های برون شهری

۱- مقدمه

امروزه حمل و نقل جاده‌ای یکی از متداول‌ترین شیوه‌های حمل و نقلی بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در جابه‌جایی مسافر و کالا دارد. آنچه مسلم است، افزایش روز افزون تعداد خودرو و افزایش میزان سفر در راه‌های کشور و در نتیجه بالا رفتن مرگ و میر و خسارت‌های ناشی از تصادفات، ما را وادار می‌کند که تلاش مضاعفی را در زمینه افزایش ایمنی حمل و نقل آغاز نمائیم. از تجزیه و تحلیل آمار تصادفات کشور به این نتیجه می‌رسیم که نقایص موجود در راه‌ها یکی از عوامل اصلی به‌روز تصادفات می‌باشد.

با توجه به نقش اساسی راه، در خصوص برقراری ارتباط و ایجاد دسترسی به مناطق و کاربری‌های مختلف حاشیه ای، مستلزم عملکردهای متفاوتی است. برای بالا بردن نقش ایمنی راه‌ها باید محدودیت‌های قاعده‌مندی در ایجاد تقاطع‌های همسطح راه اعمال نمود. برعکس، وظیفه اصلی راه‌ها و خیابان‌ها، تامین دسترسی و نتیجتاً ایجاد تقاطع همسطح با راه است. [۱] لذا امروزه وجود تقاطع‌های همسطح و دسترسی‌ها به راه‌های

اصلی برون‌شهری به یکی از معضلات اساسی شبکه راه‌های کشور مبدل شده است. در این میان عملکرد بهینه و مطلوب تقاطع‌های همسطح برون شهری، نحوه کنترل آن‌ها، مدیریت، نظارت بر ساخت و بهره‌برداری از این‌گونه دسترسی‌ها، در انواع راه‌های برون شهری گام موثری در زمینه کاهش نقاط حادثه‌خیز، ایمن‌سازی راه‌ها و افزایش مطلوبیت سفر در راه‌های کشور خواهد بود.

نبود ضوابط، دستورالعمل‌ها و آئین‌نامه‌های مناسب در کشور برای طراحی و احداث دسترسی‌های حاشیه ای از یک سو، فقدان مقررات مناسب به منظور مدیریت و کنترل دسترسی‌ها از دیگر سو باعث شده است که کاربری‌های مختلف، دسترسی‌های بسیار زیادی را به راه‌های اصلی ایجاد کنند که در نتیجه تردد و ایمنی حرکت در راه‌ها را به مخاطره می‌اندازند. تاسیسات، املاک، مجموعه‌های مسکونی، مراکز فعالیت صنعتی، کشاورزی و ... که در حاشیه راه قرار می‌گیرند، با توجه به این که پیش از ساخته شدن راه وجود داشته‌اند و همچنین در مواردی که

داشته است. همچنین نگاه ریز بینانه به آمار نشان خواهد داد که: تعداد کل متوفیات ناشی از تصادفات به وقوع پیوسته ۲۲۹۷۴ نفر و تعداد کل مصدومین ۲۹۴۷۰۲ نفر بوده است. [۴] نظر به بررسی آمار تصادفات ارائه شده در سال‌های گذشته و همچنین مبنی بر رخداد حدود ۳۷ درصدی تصادفات برون شهری کشور در محل تقاطع‌های همسطح و دسترسی‌ها، که بیشترین درصد تصادف در بررسی وضعیت معابر را شامل می‌شود، ضرورت مطالعه در این مسأله بیش از پیش به اثبات رسیده و ارزیابی موثر بر تصادفات برون شهری به ویژه کاربری‌ها و دسترسی‌های حاشیه راه، شناسایی نابسامانی‌های مربوط به این عوامل و بیان راه‌حل‌های کاربردی می‌توان تا حد زیادی شمار تصادف‌ها، شدت آن‌ها، خسارت‌ها و مرگ و میرهای ناشی از این گونه حوادث را کاهش داده و امید است، نتایج حاصل از این مقاله در افزایش کارایی کاربردهای آتی و برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌ها در سطح راه‌های کشور مورد توجه و مفید واقع گردد.

۲- پیشینه تحقیق

مهم‌ترین عامل طراحی که در ایمنی نقش دارد، تامین کنترل کامل دسترسی با اعمال تکنیک‌های مدیریت دسترسی مناسب می‌باشد. تحقیقات و گزارشات زیادی مرتبط با تراکم دسترسی و تصادفات در راه‌های و خیابان‌های شهری چند دهه است که صورت می‌پذیرد. اسکوپرت در مطالعه‌ای در سال ۱۹۵۷، تصادفاتی را که ارتباط مستقیمی با دسترسی‌ها و تقاطع‌های همسطح داشته را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که تراکم دسترسی‌ها نشان دهنده یک شاخص پیش بینی معقول از تصادفات بالقوه در یک محدوده حجم ترافیم مشخص می‌باشد. سالمون (۱۹۶۴) روی بدتر شدن وضعیت ثبت ایمنی راه‌ها در طول زمان با افزایش نقاط دسترسی و تقاطع‌های هم سطح جاده و حجم مطالعاتی انجام داد. او و سیریلو (۱۹۶۸) بر این عقده بودند که در راه‌های دو خطه با زیاد شدن دسترسی‌های تجاری و تقاطع‌ها افزایش چشم‌گیری در نرخ تصادفات مشاهده می‌شود. فی و همکارانش (۱۹۷۰) با تحلیل یک بانک اطلاعاتی گسترده ثابت کردند که ۱۰ برابر شدن تراکم دسترسی، نرخ تصادفات را دو برابر می‌کند. اداره راه ایالت کلورادو آمریکا (۱۹۸۵) مزایای حاصل از کنترل دسترسی‌ها در شریانی‌های شهری را نشان داد. نتایج این پروژه نشان داد که شریانی‌هایی که دسترسی‌های آن‌ها کنترل می‌شوند تصادفاتشان بین ۲۷ تا ۶۹ درصد شریانی‌هایی است که دسترسی‌های آن‌ها کنترل نمی‌شود. بهبود ایمنی با افزایش فاصله دسترسی‌ها نیز به‌وسیله مطالعه ایالت ویسکانسین آمریکا (۱۹۸۶) که بر روی راه‌ها صورت گرفت، مشخص شد. [۳]

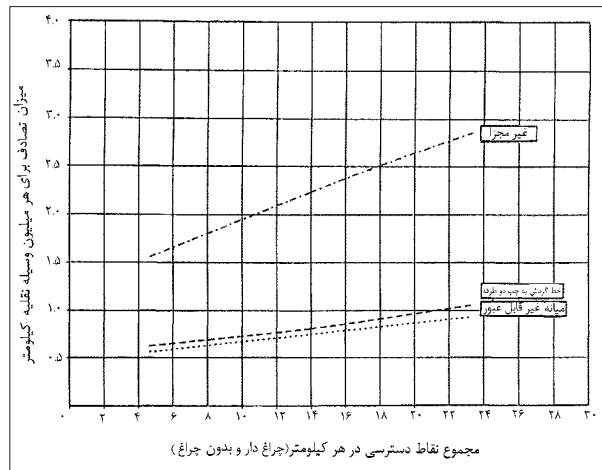
کتاب راهنمای وزارت حمل و نقل واشنگتن نشان می‌دهد که بسیاری از مطالعات ثابت کرده است که کنترل نقاط دسترسی در امتداد بزرگراه‌ها به بهبود عملکرد ایمنی بزرگراه‌ها، و همچنین عملکرد ایمنی یک بزرگراه کنترل نقاط دسترسی مقرون به صرفه تر نسبت به افزودن خطوط بیشتر است. [۵]

کتاب راهنمای وزارت حمل و نقل IOWA نشان می‌دهد که با

احداث راه زمینه پیدایش آن‌ها را فراهم کرده باشد، به استفاده از راه و بنابراین ورود و خروج از آن نیاز دارند. همچنین در مناطق شهری و مناطق نزدیک به شهرها، رشد اقتصادی سریع باعث افزایش تقاضای ایجاد نقاط دسترسی در طول راه‌ها شده است که معمولاً منجر به کاهش ایمنی و ظرفیت راه‌ها می‌شود. بنابراین امکان دسترسی و قابلیت حرکت یا ظرفیت و ایمنی راه اغلب نیاز به هماهنگی دارد. [۲] مزایای ایمنی و بهره برداری کنترل دسترسی، از دیر زمان شناخته و ثبت شده است.

گزارش مطالعه تراکم دسترسی‌ها، به‌وسیله مؤسسه ترابری تگزاس، نشان می‌دهد که افزایش هر دسترسی چراغ‌دار در کیلومتر، موجب کاهش سرعت به میزان ۵ تا ۸ کیلومتر در ساعت می‌گردد. یک کار مطالعه تحقیقاتی در مورد تأثیر مدیریت دسترسی به این نتیجه رسیده است که تعداد خودروهای عبوری در خط سمت راست، ۲۰ درصد تعداد خودروهایی است که برای ورود به املاک مجاور، به سمت راست گردش می‌کنند [۳].

با افزایش تعداد انشعاب‌ها در طول راه، میزان تصادفات نیز افزایش می‌یابد. تأثیر فراوانی انشعاب‌ها و محل‌های کسب و کار بر میزان تصادفات، در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش تعداد محل‌های کسب و نقاط دسترسی در طول راه، میزان تصادف‌ها هم افزایش متنظری پیدا می‌کند. این حالت، کاملاً برعکس میزان تصادف‌های آزاد راه است که وضعیت ثابتی دارد و یا حتی در طول زمان، اندکی کاهش می‌یابد.



شکل ۱: میزان تخمینی تصادفات با توجه به نوع میانه - مناطق برون شهری [۳]

برای هر نوع میانه‌ای، با افزایش تکرار دسترسی، میزان تصادف بالا می‌رود. معمولاً برای هر میزان تراکم دسترسی، تعداد تصادفات در مسیرهای با میانه‌های غیر قابل عبور، کمتر از تعداد تصادفات در خطوط گردش به چپ راه‌های دو طرفه و راه‌های غیر مجزا است.

بر اساس اطلاعات ثبت شده کشور نیز در سال ۸۹ مجموع تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی برون شهری ۱۴۴۱۷۲ فقره بوده که نسبت به سال گذشته رشد ۵.۹ درصدی را به دنبال

اجرای پروژه های مدیریت دسترسی کاهش حدود ۱۰٪ تا ۶۵٪ درصدی کل برخورد ها را در تصادفات سالانه را محقق سازد که با اجرای این پروژه ها ۴۰٪ کاهش برخورد وسایل نقلیه در هر مایل و ۲۵٪ کاهش تصادفات جرحی و ۵۰٪ کاهش در تصادفات خسارتی گردید. لازم به ذکر است هیچ گونه تصادف منجر به فوت در مقاطع بهسازی شده گزارش نگردید [۶]. اداره راه ایالت کلرادو امریکا (۱۹۸۵) مزایای حاصل از کنترل دسترسی ها در شریانی های شهری را نشان داد .

نتایج این پروژه نشان داد که شریانی هایی که دسترسی های آن ها کنترل می شوند تصادفاتشان بین ۲۷ تا ۶۹ درصد شریانی هایی است که دسترسی های آن ها کنترل نمی شود. بهبود ایمنی با افزایش فاصله دسترسی ها نیز به وسیله مطالعه ایالت ویسکانسین امریکا (۱۹۸۶) که بر روی راه ها صورت گرفت ، مشخص شد. [۶] در جدول ۱ خلاصه نتایج پژوهش های انجام شده در مورد اثرات روش های مدیریت دسترسی در ایمنی و ترافیک از مطالعات انجام شده در سایر کشورها آورده شده است.

جدول ۱: خلاصه نتایج پژوهش های انجام شده در مورد اثرات تکنیک های مدیریت دسترسی در ایمنی و ترافیک [۷]

عملکرد	اثرات
۱- اضافه کردن خط ممتد گردش به چپ دو طرفه (TWLTL)	- ۳۵ درصد کاهش کل تصادفات - ۳۰ درصد کاهش تاخیر - ۳۰ درصد افزایش ظرفیت
۲- اضافه کردن میانه غیر قابل عبور	- ۳۵ تا ۵۵ درصد کاهش کل تصادفات - ۳۰ درصد کاهش تاخیر - ۳۰ درصد افزایش ظرفیت
۳- جایگزینی TWLTL با میانه غیر قابل عبور	- ۱۵ تا ۵۷ درصد کاهش تصادفات در راه های چهارخطه - ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش تصادفات در راه های شش خطه
۴- اضافه کردن یک خط انباره گردش به چپ	- ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش تصادفات در راه های چهارخطه - تا ۷۵ درصد کاهش در کل تصادفات در دسترسی های بدون چراغ - ۲۵ درصد افزایش ظرفیت
۵- بهبود گردش به چپ با : الف) خط کشی و رنگ آمیزی ب) جداکننده یا جداکننده های مرتفع (Raised median)	- ۳۲ درصد کاهش کل تصادفات - ۶۷ درصد کاهش کل تصادفات
۶- افزایش انباره گردش به راست	- ۲۰ درصد کاهش کل تصادفات - محدود کردن تداخل گردش به راست با تردد دسته های وسیله نقلیه، افزایش ظرفیت
۷- افزایش سرعت مسیر از ۵ مایل (۸ کیلومتر) در ساعت به ۱۰ مایل (۱۶ کیلومتر) در ساعت	- ۵۰ درصد کاهش تاخیر هر حرکت، زمان کمتر در معرض دید بودن وسایل نقلیه پشت سر هم
۸- علائم قابل دید در مسیرها، نصب روشنایی در مسیرها	- ۴۲ درصد کاهش تصادفات

۳- روش تحقیق

ناکارآمدی مدل را به همراه خواهد داشت. مدل پیش بینی مورد نظر در این تحقیق نیز با توجه به نقش هر یک از متغیرها و اهمیت آن‌ها با بررسی حجم تردد وسایل نقلیه و نیز بررسی خصوصیات هندسی محورها، سرعت و حجم تردد وسایل نقلیه، شرایط محیطی مسیر و سایر پارامترهای تاثیر گذار انتخاب گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در جدول ۲ متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده در این تحقیق نشان داده شده‌اند:

جدول ۲: متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده در مدل‌سازی

متغیر مستقل	علامت اختصاری	متغیر مستقل	علامت اختصاری
متوسط عرض میانه	MEW	متوسط حجم ترافیک روزانه	ADT
متوسط عرض سواره رو	SEW	متوسط سرعت وسایل نقلیه	SPD
روشنایی	LID	تراکم مناطق تجاری حاشیه راه	COMD
علامت ترافیکی حاشیه راه	TRP	تراکم مناطق مسکونی حاشیه راه	RESD
تعداد خط عبوری	NOL	متوسط سن رانندگان	AGE

۵- جمع آوری اطلاعات

با توجه به هدف تحقیق و متغیرهای موثر در نظر گرفته شده در روند مدل‌سازی، مطالعه موردی باید نمونه آماری مناسبی جهت نمایان ساختن مشخصات جامعه آماری (شبکه راه‌های برون شهری) باشد. پس برای دستیابی به این هدف محورهای مورد مطالعه باید در شرایط اقلیمی، منطقه‌ای، توپوگرافی و مشخصات هندسی متفاوت، انتخاب گردند تا بدین ترتیب بهترین و جامع ترین مدل بر اساس متغیرهای مورد نظر، کالیبره و ارائه گردد. لذا ۸ محور (کرج - هشتگرد، قدیم تهران - قم، تهران - ساوه، ملائانی - شوشتر، شوشتر - دزفول، رامهرمز - سه راهی کوپال، اندیمشک - اهواز، خرمشهر - اهواز) از راه‌های اصلی برون شهری از استان‌های تهران و خوزستان انتخاب گردیده است. روش‌های گردآوری اطلاعات در این تحقیق شامل جمع آوری آمار تصادفات، سرعت و حجم تردد محورهای مطالعاتی و برداشت‌های میدانی و استخراج پارامترهای طراحی هندسی از طریق مهندسیین مشاور طرح‌های بهسازی محورهای مورد مطالعه و همچنین بهره‌گیری از تصاویر ماهواره ای Google Earth و پردازش این تصاویر در محیط AutoCAD (شکل ۲) و تکمیل اطلاعات لازم با همکاری سازمان‌های مربوطه خواهد بود.

نظر به مطالعات صورت گرفته و با بهره‌گیری از آنالیزهای صورت یافته در این مقاله، در زمینه انتخاب متغیرهای موثر بر ایمنی راه‌های برون شهری ناشی از وجود کاربری‌ها و مناطق مسکونی حاشیه راه و روش‌های تجزیه و تحلیل، انتخاب گردیده سپس حوزه مطالعاتی با توجه به هدف تحقیق و شرایط کار محدود شده و با ارائه مدل‌های ریاضی و تجزیه و تحلیل‌های آماری به تعیین نقش هر یک از پارامترهای دخیل و مرتبط با ایمنی راه پرداخته می‌شود.

امروزه مدل‌های پیش بینی تصادفات، ابزاری قوی در تحلیل تصادفات محسوب شده و در شناسایی و تحلیل نقاط پر حادثه راه‌ها و شناسایی عوامل موثر بر ایمنی آن‌ها به کار می‌روند. به‌طور کلی مدل‌های مذکور با به‌کارگیری آمار و اطلاعات ترافیکی، مشخصات هندسی و سایر پارامترهای مرتبط و موثر بر اهداف مورد نظر، به شناسایی و آنالیز مقاطع مورد نظر مطالعه و ارائه رابطه موجود در روند آمار و اطلاعات طی شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که با استناد به نتایج به‌دست آمده از مدل‌های به‌دست آمده می‌توان شرایط ایمنی راه را قبل از حادث شدن تصادفات، مورد سنجش قرار داده و راهکارهای پیشگیرانه و متناسب را در رده‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری اعمال نمود. قابل ذکر است مدل‌های پیش بینی تصادفات، کاربرد فراوانی در اولویت‌بندی مراحل بهسازی و ایمن‌سازی برای مدیران ارشد و تصمیم‌گیران خواهند داشت. [۸] مدل پیش بینی مورد نظر در این تحقیق نیز با توجه به نقش هر یک از متغیرها و اهمیت آن‌ها و بررسی حجم تردد وسایل نقلیه و نیز بررسی خصوصیات هندسی محورها، سرعت و حجم تردد وسایل نقلیه، شرایط محیطی مسیر و سایر پارامترهای تاثیر گذار انتخاب گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

انتظار می‌رود که با توسعه مدل‌های پیش بینی تصادفات به‌توان تاثیر عناصر طراحی هندسی و سایر پارامترها را در ایمنی راه سنجید. در توسعه مدل‌های پیش بینی تصادفات بایستی به چهار سوال اساسی پاسخ داده شود:

- چه متغیرهایی را بایستی در توسعه مدل در نظر گرفت؟
- چه توابع ریاضی را بایستی برای نشان دادن تاثیر متغیرها به کار برد؟
- میزان اطمینان این تخمین چقدر است (چه قدر می‌توان اطمینان داشت که مدل‌های آماری همان ویژگی‌های جامعه آماری را نشان دهد)؟
- چگونه می‌توان تشخیص داد که آیا تابع انتخاب شده برای نشان دادن تاثیر متغیرها مناسب است؟ [۹]

۴- تعریف پارامترهای اصلی

انتخاب و شناسایی بهینه متغیرهای موثر در مدل آماری بسیار حساس و مهندسی بوده و به عنوان پایه‌های اصلی یک مدل‌سازی شناخته می‌شوند. لذا شناسایی مناسب این متغیرها جهت ارائه مدل، به روند و مراحل بعدی در مدل‌سازی کمک زیادی کرده و نتیجه مدل را از اعتبار و اثر پذیری بیشتری برخوردار می‌سازد. بدیهی است استفاده از متغیرهای غیر موثر و غیر مرتبط با مدل مورد نظر



شکل ۲- پردازش تصاویر ماهواره ای Google Earth در نرم افزار AutoCAD و استخراج اطلاعات مورد نیاز

۶- مراحل اجرا و مدل سازی

اطمینان از متغیرهای انتخاب شده به تشکیل ماتریس همبستگی و تعیین ضرایب همبستگی می پردازیم. جدول ۳ ماتریس همبستگی متغیرهای در نظر گرفته شده در بانک اطلاعاتی این مقاله را نشان می دهد:

آنالیز و میزان کارایی و اثرگذاری متغیرها در ساخت مدل بر مبنای ضرایب همبستگی بین آنها صورت پذیرفت. جهت بررسی میزان اثر هر یک از پارامترهای مستقل در میزان تصادفات و حصول

جدول ۳: ماتریس همبستگی متغیرهای موثر در مدل

NOL	TRP	LID	SEW	MEW	AGE	RESD	COMD	SPD	ADT	NA	
۰,۰۶۷	-۰,۱۰۳	۰,۲۹۹	۰,۱۲۸	-۰,۴۲۰	-۰,۶۳۰	۰,۸۶۰	۰,۷۱۲	۰,۶۰۰	۰,۸۳۵	۱	NA
۰,۳۴۶	۰,۲۳۸	۰,۳۵۳	۰,۳۷۷	-۰,۲۸۶	-۰,۴۸۱	۰,۴۰۹	۰,۳۷۴	۰,۴۳۱	۱		ADT
-۰,۰۵۳	-۰,۱۹۶	۰,۳۱۰	-۰,۰۱۶	۰,۲۵۶	-۰,۷۲۴	۰,۳۸۸	۰,۴۷۱	۱			SPD
-۰,۲۸۴	-۰,۵۰۱	۰,۲۶۴	-۰,۱۹۴	-۰,۴۳۳	-۰,۳۸۵	۰,۳۹۲	۱				COMD
۰,۱۰۷	-۰,۱۲۶	۰,۲۷۹	۰,۱۷۲	-۰,۴۴۲	-۰,۴۹۶	۱					RESD
۰,۰۲۰	۰,۱۳۰	-۰,۲۲۷	-۰,۰۱۰	۰,۳۰۳	۱						AGE
۰,۳۸۶	۰,۴۵۶	-۰,۲۰۹	۰,۶۶۲	۱							MEW
۰,۹۹۴	۰,۸۹۸	۰,۲۵۳	۱								SEW
۰,۲۳۱	-۰,۰۶۷	۱									LID
۰,۹۱۸	۱										TRP
۱											NOL

هدف از ارائه یک مدل آماری، یافتن رابطه ریاضی بین تابع پیش بینی تعداد تصادفات $E(Y_i) = \mu_i$ در محورهای مورد نظر و بر اساس متغیرهای مستقل موثر $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ می باشد که با توجه به تحقیقات صورت یافته و مطالعات پیشین و ماهیت آمار تصادفات که به صورت داده های گسسته می باشند، مدل های مورد استفاده به منظور پیش بینی تصادفات، مدلی هایی با شکل کلی زیر می باشند که با استفاده از تکنیک رگرسیون و برازش، مناسب ترین توابع با شکل های مختلف خطی و غیر خطی بر داده های جمع آوری شده، به دست آمده و صحت و اعتبار آن ها از طریق آزمون های آماری مورد ارزیابی قرار می گیرد تا مناسب ترین مدل با بهترین برازش و نتایج آزمون استاندارد معرفی گردد.

۱) مدل رگرسیون خطی چند متغیره

ساده ترین نوع مدل های خطی تعمیم یافته می باشد که رابطه کلی آن به صورت زیر بیان می شود: (رابطه ۱)

(۱)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

که در آن، Y متغیر وابسته و X_i ها متغیرهای مستقل و β_i ها ضرایب رگرسیون هستند.

۲) مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی

مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی بر این فرض استوار است که لگاریتم طبیعی Y_i از یک توزیع نرمال با میانگین μ_i و واریانس σ^2 پیروی می کند. مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که داده ها غیر منفی باشند و زمانی استفاده از این مدل پیشنهاد می شود که توزیع داده ها دارای چولگی مثبت باشد و میانگین داده ها نسبتاً بزرگ باشد. (رابطه ۲)

(۲)

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

یا به عبارت دیگر به شکل نمایی و به صورت ذیل نوشته می شود: (رابطه ۳)

(۳)

$$Y = \exp(\beta_0) \cdot \exp(\beta_1 X_1) \cdot \exp(\beta_2 X_2) \dots \exp(\beta_n X_n)$$

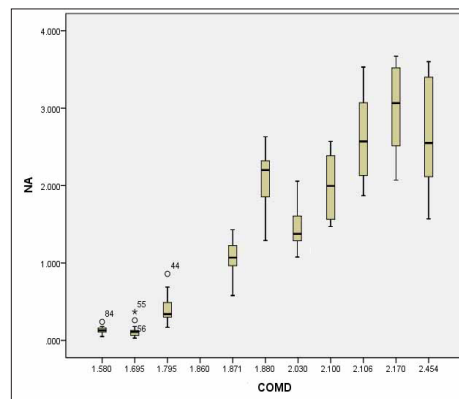
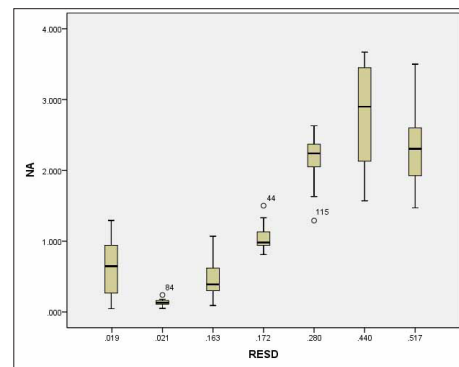
۳) مدل پواسون

هنگامی که تعداد متوسط تصادفات در یک قطعه از راه کم باشد، آن گاه فرض توزیع لگاریتم طبیعی معتبر نمی باشد. در این شرایط مدل پواسون می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این مدل به خوبی می تواند وقوع پیشامدها گسسته و کمیاب را مدل کند. (رابطه ۴)

(۴)

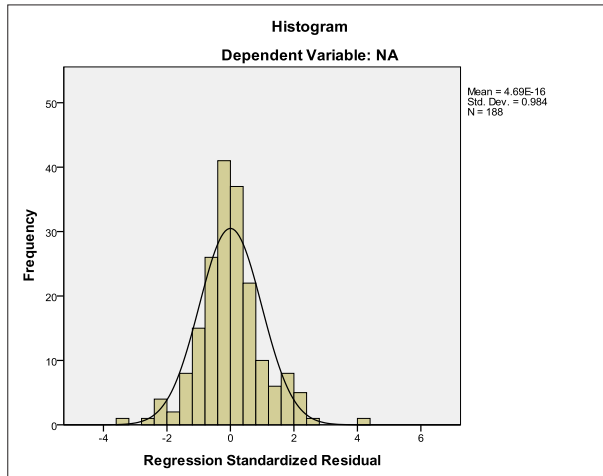
$$Y = AX^B \times \exp(\sum \beta_i X_i)$$

در آنالیز مدل سازی پارامترهایی که اثر آن ها ناچیز بوده و در مدل سازی تاثیر چندانی نداشتند حذف گردید و در نهایت ضرایب پارامترهای مستقل موثر به صورت مناسب ترین مدل حاصل از محاسبات نرم افزار به شکل زیر بوده که در آنالیز مدل سازی تست ها آماری در نظر گرفته شده و از صحت مدل اطمینان حاصل گردید. همان گونه که در جدول ۳ مشخص است متغیرهای متوسط حجم ترافیک روزانه در ماه (ADT)، متوسط سرعت تردد وسایل نقلیه در ماه (SPD)، تراکم نقاط تجاری (COMD) و مسکونی (RESD) حاشیه راه، متوسط سن رانندگان درگیر در تصادفات (AGE) و عرض متوسط میانه جداکننده راه (MEW) از بیشترین وابستگی با متغیر وابسته در مدل که همان متوسط تعداد تصادفات در هر کیلومتر از طول محور (NA) می باشد، برخوردار بوده و از گزینه های اصلی به منظور ورود به مدل تصادفات می باشند. شکل ۳ نمودار رابطه تراکم مناطق تجاری و مسکونی حاشیه راه نشان داده است. همچنین لازم به ذکر است بالا بودن ضریب همبستگی میان متغیرهای متوسط سرعت تردد وسایل نقلیه در ماه (SPD) و متوسط سن رانندگان درگیر در تصادفات (AGE)، بیانگر وابستگی قابل توجه این دو متغیر و همپوشانی خصوصیات رفتاری آن ها را نمایان می سازد. از طرفی هر دو این دو متغیر تحت تاثیر خصوصیات رفتاری رانندگان بوده که چندان دور از ذهن نیست. لذا با حذف متغیر (AGE) تعداد متغیرهای مستقل کاهش می یابد. پس از انتخاب متغیرها و بررسی و آنالیزهای صورت گرفته بر همبستگی آن ها، با در نظر گرفتن رفتار داده ها باید یک شکل کلی برای مدل و برازش بر داده های اطلاعاتی انتخاب کرد.



شکل ۳: رابطه متغیر تراکم مناطق تجاری و مسکونی حاشیه راه با نرخ تصادفات

همچنین جهت بررسی باقیمانده ها، نمودار توزیع فراوانی خطاها در شکل ۴ نشان داده شده، تا با مقایسه این نمودار و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، نسبت به مدل ارائه شده حصول اطمینان کرد.



شکل ۴: نمودار توزیع فراوانی خطاها

۷- نتیجه گیری

با بهره گیری از نتایج مدل سازی صورت گرفته و تعیین نقش هر یک از متغیرهای موثر بر ایمنی راه‌های برون شهری، ناشی از تراکم مناطق مسکونی و تجاری حاشیه راه، متغیرهای متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT)، تراکم نقاط تجاری (COMD) و مسکونی (RESD) حاشیه راه، متوسط سرعت تردد وسایل نقلیه (SPD) و عرض متوسط میانه جداکننده راه (MEW) از بیشترین نقش بر میزان تصادفات جاده ای برخوردار بوده و نتایج زیر استنتاج می گردد:

۱) وجود کاربری های مختلف از جمله مسکونی، خدماتی، تولیدی و صنعتی حاشیه راه‌ها باعث به وجود آمدن تعداد زیادی تقاطع با راه‌های برون شهری گردیده است که به سبب افزایش تعداد نقاط برخورد با راه (عابرین و وسایل نقلیه) کاهش ایمنی راه را به دنبال خواهد داشت.

۲) کاهش ایمنی به سبب نتایج حاصله، برنامه ریزی و افق طرح بر اساس برنامه های توسعه در فاز های مختلف را در خصوص احداث تاسیسات، املاک، مجموعه های مسکونی، مراکز فعالیت صنعتی، کشاورزی و ... حاشیه راه و تامین دسترسی مورد نیاز آن‌ها راه، بیش از پیش به اثبات می رساند.

۳) بدهی است با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه و شرایط اقتصادی، سیاسی و استراتژیکی منطقه عبوری یک راه، تراکم کاربری های حاشیه راه و کاربران ویژه از راه نیز افزایش چشم گیری خواهد داشت. این مسئله منجر به فراهم آوری محور های ارتباطی لازم با سطح سرویس مناسب و طراحی هندسی مطلوب، بخصوص به جهت تردد وسایل نقلیه سنگین، می گردد. لذا در این تحقیق نیز با افزایش تراکم مناطق تجاری حاشیه راه‌ها، افزایش قابل توجهی در نرخ تصادفات و کاهش ایمنی را به دنبال داشته است که علاوه بر اثر مخرب این مناطق در عملکرد ایمنی راه، تاثیر بر افزایش و کاهش سرعت در این مناطق و همچنین جریان ترافیک

که در آن: Y متغیر وابسته یا همان شاخص تصادفات واحد طول محور در یک دوره زمانی مشخص بوده و متغیر های X و X₁ به ترتیب متغیر های مستقل میزان تردد روزانه محور و سایر متغیر های مستقل تعریف شده می باشند. [۹]

در ادامه به منظور انجام تحلیل رگرسیون چند متغیره (حدافل کردن مربعات) از میان داده های موجود و انتخاب بهترین مدل قابل برازش بر داده ها و همچنین انجام سایر عملیات آماری مورد نظر، از نرم افزار تحلیل گر SPSS استفاده گردیده است.

همچنین مدل های رگرسیون مورد استفاده، با توجه به تجارب حاصل از مطالعات انجام شده پیرامون عوامل موثر بر نرخ تصادفات و بررسی مدل های گوناگون، مدل خطی، لگاریتمی و پواسون هستند که بر مبنای شاخص های آماری R^{2a} و همچنین بررسی نتایج آزمون های آماری t و F، تست دوربین-واتسون، آزمون نرمال بودن توزیع باقیمانده ها و ... [۱۰] به معرفی کارآمدترین مدل پرداخته خواهد شد.

که در این مقاله مجالی برای ذکر جزئیات تمامی آزمون ها و نتایج تحلیل آماری برای هر کدام از مدل ها نبوده و نتایج حاصله ارائه می گردد. در آنالیز مدل سازی پارامترهایی که اثر آن‌ها ناچیز بوده و در مدل سازی تاثیر چندانی نداشتند حذف گردید و در نهایت ضرایب پارامتر های مستقل موثر به صورت مناسب ترین مدل ها حاصل از محاسبات نرم افزار SPSS در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴: نتایج فرآیند مدل سازی

مدل نهایی		R ^{2a}	F-test	D-W
1	مدل خطی	0.713	0.000	0.913
NA=0.00019ADT+5.337CO MD+0.966RES+0.031SPD- 0.019MEW				
2	مدل پواسون	0.788	0.000	1.131
NA=1.105*10 ⁻⁹ ADT ^{2.151} MD+0.50RES+0.016SPD- 0.016MEW				
3	مدل لگاریتم طبیعی	0.913	0.000	1.670
NA=0.0015 exp(0.0002ADT+1.7 69COMD+1.137RES+0.015SP D+0.016MEW)				

با توجه به نتایج حاصل از جداول ANOVA و همچنین بررسی سطح معناداری مدل های مذکور در سطح اطمینان ۹۵٪ و همچنین آنالیز و مقایسه نتایج حاصل از مدل با مشاهدات صورت گرفته نشانگر اختلاف ۲۰ درصدی نتایج بوده است که با توجه به نقش سایر عوامل موثر بر تصادفات جاده ای چندان دور از ذهن نمی باشد. لذا با توجه به بالا بودن شاخص برازش R^{2a} در مدل لگاریتم طبیعی و همچنین مطلوبیت تست های آماری مذکور، این مدل به عنوان مدل نهایی ارائه می گردد.

۴- سالنامه آماری حمل و نقل جاده ای، دفتر فن آوری و اطلاعات، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای، ۱۳۸۹

5- Schultz, G. G., Braley, K. T., & Boschert, T., (2008). Correlating Access Management to Crash Rate, Severity and Collision Type, Transportation Research Board 87th Annual Meeting, Washington, DC.

6- Eisele, L. William., Frawley, E. William., and Toyce, M. Casey. (2004). "Estimating the Impact of Access Management Techniques: Final Results". Texas Transportation Institute, the Texas A&M University System, College Station, Texas.

7- Access Management Manual, 2003, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

8- Xu, Xuecai, (2010) "Evaluation of safety impact of access management in urban areas". University of Nevada Las Vegas Theses., Dissertations, Paper 375.

۹- ح.ذوقی، ع. بقال نژاد، "تاثیر عملکرد تقاطع های همسطح و دسترسی ها در ایمنی جاده های برون شهری با ارائه مدل ریاضی"، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ۱۳۹۰

۱۰- ع.رضایی، ا. سلطانی، "تحلیل رگرسیون کاربردی"، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، زمستان ۱۳۸۲

و ظرفیت از دیگر عوامل تاثیرگذار در مناطق فوق الذکر و ایمنی راهها می باشد.

۴) ارائه مجوز دسترسی و ایجاد تقاطع های همسطح بخصوص در راههای اصلی برون شهری، مهم ترین فرآیندی است که می توان سیستم مدیریت دسترسی را از طریق اجرای آن اعمال کرد.

۸- مراجع

1- AASHTO, 2004, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO), 4th Edition.

2- Kyriacos, C. Mouskos, Wu Sun, and Tao, Qu (2007) "Impact of access driveways on accident rates at multilane highways", A final report for NJ-99-008-NCTIP5, National Center for Transportation and Industrial Productivity, New Jersey Institute of Technology.

3- Gluck, J., Levinson, H. S., and Stover, V. (1999). Impacts of Access Management Techniques, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 420, TRB, National Research Council, Washington, DC.