مقاله اصلی
(Original Article)

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها
دوره ۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۰۲ تا ۱۱۵

تأثیر پارامترهای طرح هندسی بر افزایش ایمنی وکاهش تصادفات جاده‌ای (مطالعه موردی محور ساری – کیاسر)

محمدرضا احدی[1*]، سید رامین اعتمادزاده[2]

۱- پژوهشکده حمل‌ونقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد، واحد تهران جنوب

* آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: ahadireza@iust.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: تصادفات جاده‌ای از عوامل مهم مرگ‌ومیر در کشور بوده و صدمات شدید جانی و مالی و آثار سوء و سنگین اجتماعی و اقتصادی آن، جامعه ما و کل جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. تصادفات جاده‌ای نسبت به تصادفات درون شهری از ضایعات سنگین‌تری برخوردار است و به علت سرعت بالای وسایل‌نقلیه، اغلب منجربه خسارات بسیار سنگین جانی و مالی می‌شود. همچنین تصادفات جاده‌ای مهم‌ترین عامل ایجاد مصدومیت در جهان بوده و یافته‌های سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که ۲۵درصد تلفات ناشی از مصدومیت‌ها در سطح جهان، ناشی از مصدومیت‌های جاده‌ای است. از اساسی‌ترین اهداف این تحقیق می‌توان به تشخیص و بررسی نقاط حادثه‌خیز، اولویت‌بندی، مشخص‌کردن برنامه‌های اجرایی و اقدامات اصلاحی، بهبود پارامترهای هندسی و برطرف کردن نقایص آن در جهت حصول ایمنی بیشتر، اشاره کرد.

روش بررسی: در این نوشتار سعی شده نقاط حادثه‌خیز پارامترهای هندسی مورد بررسی قرارگیرد و مشخص شود نقایص پارامترهای هندسی تا چه میزان در افزایش ایمنی مؤثر خواهد بود. برای آن‌که این تحقیق نتایج کمی و مستند به همراه داشته باشد، محور ساری- کیاسر مورد مطالعه قرار گرفته است.

یافته‌ها: از آنجا که این محور از مناطق دشتی، کوهپایه‌ای و کوهستانی عبور می‌کند، از تنوع پارامترهای هندسی مناسبی برخوردار است. در همین راستا پس از بررسی پارامترهای هندسی، به تعیین نقاط حادثه‌خیز پرداخته شد و پس از محاسبه شاخص‌های نرخ تصادف و شدت تصادف، میزان تأثیر این پارامترها مورد بررسی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج بررسی نشان داد که پارامترهای هندسی از قبیل قوس قائم، قوس افقی، فرعی، روسازی ضعیف، شانه نامناسب و زهکشی ضعیف، تا چه‌میزان در تعداد تصادفات محور نقش دارند. در کیلومترهای ابتدایی مسیر، عامل فرعی به فراخور دسته‌بندی با بیش از ۶۰ درصد و در کیلومترهای انتهایی، عامل قوس‌های افقی و قائم با بیش از ۸۰ درصد، بیشترین علت تصادف بوده‌اند.

واژگان کلیدی: پارامترهای هندسی، تصادفات، نقاط حادثه‌خیز، ایمنی راه، نرخ و شدت تصادفات

مقدمه

راه‌ها به منظور دسترسی یا حمل‌ونقل احداث می‌گردند. نظر به این‌که شرایط محیطی همچون کوه، تپه، دره، تقاطع، تغییر سیر به نقاط موردنظر و... در راه اعمال می‌شود، بنابراین راه دیگر نمی‌تواند فقط یک مسیر مستقیم باشد، بلکه به شکل‌های هندسی متفاوتی در می‌آید. به همین دلیل است که نیاز به یک طرح هندسی مطلوب احساس می‌شود.

طرح هندسی مطلوب باید اهدافی چون ایمنی، اقتصاد، زیبایی و تردد آسان را محقق نماید. یکی از عوامل بروز تصادفات، عامل طرح هندسی مسیر است. اگرچه این عامل سهم کمتری را نسبت به عامل انسانی به خود اختصاص می‌دهد اما نباید آن را کم‌اثر و ناکارا قلمداد کرد زیرا برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌ها در زمینه ارتقای ایمنی شبکه راه‌ها زمانی تأثیرگذار خواهد بود که تمامی عوامل تأثیرگذار در بروز تصادفات، به طور کامل و عملی مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند (۱).

اهمیت لزوم بررسی مسائل ایمنی جاده‌های کشور زمانی مشخص می‌شود که آمار تصادفات کشور را مرور کنیم. تشخیص و بررسی نقاط حادثه‌خیز، اولویت‌بندی، مشخص‌کردن برنامه‌های اجرائی و اقدامات اصلاحی، از اساسی‌ترین اهداف این تحقیق می‌باشد. در این تحقیق سعی شده پارامترهای هندسی نقاط حادثه‌خیز مورد بررسی قرار گیرد و مشخص شود نقایص پارامترهای هندسی تا چه میزان در افزایش ایمنی مؤثر خواهد بود.

ساموال و همکاران قوس‌های افقی را به عنوان یکی از شاخص‌های ایمنی تشخیص داده‌اند که حتی از عرض جاده و فاصله دید، مهم‌تر هستند. تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد خطاهای رانندگی که با قوس‌های افقی یکی می‌شود، ناشی از سه مسأله است:

- عدم توجه راننده
- عدم پیشگویی سرعت روی قوس
- مشخص نبودن خطوط مسیر

برای ارزیابی این سه مسأله دو دسته منحنی با رانندگان مشخص شدند: گروه اول شامل چهار ترکیب از علائم هشدار که برای آگاه کردن راننده از منحنی و عکس‌العمل مناسب طراحی شده است. گروه دوم از سرعت و موقعیت مسیر و نشانه‌گذاری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج دلالت می‌کند که علامت هشدار، تأثیری در کاهش سرعت ندارد و در نشانه‌گذاری روی جاده فقط سرعت‌گیر در کاهش سرعت تأثیر داشته است (۲).

قوس‌های افقی با نرخ تصادفات، وابستگی زیادی دارند. حتی از عرض خط و فاصله دید نیز مهم‌ترند (۳). به ازای هر قوس تند در هر کیلومتر، تعداد تصادفات ۳۴ درصد افزایش پیدا کرده است (۴). البته حواس‌پرتی و عوامل آن در داخل و خارج خودرو و خستگی و دیگر شرایط رانندگی، در افزایش تصادفات اثرگذار است و این بی‌توجهی، در قوس‌ها نیز خطرآفرین می‌باشد. در قوس‌های منفی، راننده به پیش‌بینی سرعت و موقعیت نیاز دارد.

جنیفر اکسلی و همکاران، طراحی تقاطع برای رانندگان مسن را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس این تحقیق رانندگان مسن به خاطر کهولت و ناتوانی، در تقاطعات تصادفات زیادی می‌کنند. طراحی جاده، نقش اساسی را در موضوع ایمنی برعهده دارد. در این رابطه تجربه تصادفات رانندگان مسن و طرح تقاطع در استرالیا مورد بررسی قرار گرفت و تعدادی تقاطع برای افراد مسن طراحی شد(۵). یک گروه تحقیقاتی در آمریکا دریافتند که اگر سیستم جاده بهتر طراحی شده و با نیاز افراد مسن هماهنگ باشد، در رانندگی ایمن‌تر افراد مسن، موثر خواهد بود(۶). در یک تحلیل ملی از داده‌های تصادفات مشخص شد که ۳۷ درصد از فوتی‌ها و ۶۰ درصد مجروحین در تقاطع‌ها، توسط افراد مسن رخ داده است(۷). بنویت فلاهات برخورد زیر بنایی و محلی روی مدل منطقی ناامنی جاده با هم‌بستگی فضایی را مورد مطالعه قرار داد. مدلی که این مقاله اشاره می‌کند، تأثیر شرایط محیط و ماهیت جاده روی ایمنی می‌باشد. این مقاله ۱۵۰۰ کشته در سال را در بلژیک نشان می‌دهد. ناامنی جاده با یک هکتومتر از جاده که به نقاط سیاه تعلق دارد اشاره می‌کند. نقاط سیاه مکان‌هایی هستند که در آن‌ها تصادف تمرکز دارد. مدل هم‌بستگی فضایی به کار برده با رگرسیون غیر فضایی مقایسه می‌شود(۸).

تحقیقات نشان می‌دهد محیط بومی و زیربنای جاده، نقش اساسی را در وقوع تصادف به عهده دارند. ایمنی جاده از مهم‌ترین مسائل هر کشوری است و ۲/۵ درصد تولید ناخالص ملی را شامل می‌شود(۹). سازمان سلامت جهانی در هر سال، ۱/۲ میلیون نفر کشته و حدود ۵۰ میلیون زخمی را گزارش می‌دهد. در کشورهای عضو اتحادیه اروپا نیز ۱/۲ میلیون تصادف رخ می‌دهد که ۴۰,۰۰۰ نفر تلفات در بر دارد؛ البته هدف دولت فدرال

این بود که تا سال ۲۰۱۰ این نرخ را به ۵۰ درصد کاهش دهد. در این مقاله پارامترهای هندسی از قبیل مسافت برای تغییر سرعت یا سرعت حد، فاصله تا جاده‌های فرعی، تعداد خطوط و نوع روسازی، در قالب ماهیت جاده مورد بررسی قرار گرفت.

ماتهو کارلافیتس و همکاران نقش طرح هندسی و حجم ترافیک بر نرخ تصادفات جاده‌های برون شهری را مورد مطالعه قرار دادند. این مقاله رابطه بین تصادفات و طرح هندسی راه‌های برون شهری را با یک روش رگرسیون
غیر پارامتری مورد بررسی قرار می‌دهد. در این تحقیق اول پارامترهای هندسی بزرگراه که روی تصادفات تأثیر دارد تعیین می‌شود؛ دوم تهیه یک روش ریاضی آسان برای پیش‌بینی نرخ تصادفات، نتایج تفاوت‌های گوناگون بین راه‌های دو خطه و چند خطه را نمایش می‌دهد. در بحث اول پارامترهای هندسی از قبیل: عرض خط، تعداد، نوع روسازی، عرض شانه و تعداد خطوط پارک مورد استفاده قرار گرفت(۱۰).

ولنکتا رامان شانکار و همکاران اثر طرح هندسی و شرایط محیط روی تکرار تصادفات آزادراه‌های برون شهری در فصول مختلف را مورد بررسی قرار می‌دهد و با یک مدل مقابله منفی تصادفات تکراری تخمین زده می‌شود که فصل مشترک طرح هندسی و شرایط هوایی، بخش مهمی از این مدل می‌باشد. پارامترهای هندسی از قبیل تعداد قوس‌های افقی با سرعت طرح کمتر از ۱۱۲/۶ کیلومتر در ساعت، تعداد قوس‌های افقی با سرعت کمتر از ۹۶/۵ کیلومتر در ساعت، کمترین شعاع افقی، بیشترین شعاع افقی و... مورد بررسی قرار گرفت(۱۱). روبین هاینس و همکاران تأثیر قوس روی تصادفات فوتی در نیوزیلند را مورد مطالعه و تحقیق قرار دادند. خمش روی جاده سبب تصادف می‌شود اما یک مطالعه در انگلستان نشان داده که تلفات در جاده‌های خمیده، کمتر از جاده‌های مستقیم است. این مطالعه در کشورهای مختلف تکرار شد(۱۲). تغییرات در تلفات بین سال‌های ۱۹۹۶ الی ۲۰۰۵ در ۷۳ ناحیه در سراسر نیوزیلند برخلاف پیش‌بینی بوده است. در این پیش‌بینی‌ها مواردی مانند جمعیت، استفاده از خودرو، شرایط اقتصادی، شرایط جوی و قوس‌های جاده لحاظ شد. این تحقیق نشان داده که هیچ گواهی مبنی بر این‌که قوس‌های بیشتر سبب تصادف بیشتر می‌شود یا قوس‌ها اثر مثبت بر تصادفات دارند، وجود ندارد (۱۳). جاده‌های مدرن با قوس‌های افقی کمتر، ایمن‌تر هستند ولی برخلاف انتظار، این نتایج به دست آمد: تقریباً نیمی از تصادفات روی مسیر مستقیم می‌باشد، ٪۲۲ در قوس‌های آسان، ٪۲۴ روی قوس‌های ملایم و ٪۴ روی قوس‌های سخت رخ می‌دهد. صادق عسگری بررسی اثرات طرح هندسی بر تصادفات جاده‌های اصلی استان ایلام را در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد ارائه کرد. میزان خطر ناشی از وجود نقص در اجزای طرح هندسی جاده‌های اصلی دوخطه، موضوعی است که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق از جاده‌های اصلی استان ایلام که پر از انواع نقص‌های طرح هندسی است استفاده شده است. با توجه به فقدان نقشه‌های اجرایی جاده‌های اصلی استان، تعداد پانزده نقص که بدون نقشه نیز قابل تعیین می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است. لغزندگی شانه‌ها در قطعاتی از جاده که دارای سرعت خودرو بیش از ۸۰ کیلومتر در ساعت هستند به عنوان خطرناک‌ترین عامل شناسایی شده است(۱۴).

همچنین محمود صفارزاده و مقصود پوریاری ارائه مدل تعیین شاخص ایمنی راه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج مطالعه نشان داد که میزان تصادفات جاده‌ای در ایران به مقدار قابل توجهی با افزایش حجم ترافیک زیاد می‌شود. به عنوان مثال:

- ۲۰ درصد افزایش در ترافیک راه، خطر تصادفات جاده‌ای را ۵۵ درصد افزایش می‌دهد.
- شکل‌گیری کاربری‌های تجاری و مسکونی در حاشیه راه، خطر تصادفات جاده‌ای را به شدت افزایش می‌دهد.
- راه‌های کوهستانی نسبت به سایر راه‌ها به شدت ناامن‌ترند.
- افزایش تردد ۱۰ درصدی وسایل‌نقلیه سنگین، خطر شدت تصادفات را ۶۰ درصد افزایش داده است.

- تغییر درجه راه از راه‌های دوخطه به بزرگراه، ۶۰ درصد بهبود ایمنی راه‌ها را در بر دارد.
- افزایش یک متر به عرض شانه راه و افزایش یک خط عبور به عرض راه، ۵۰ و ۶۰ درصد ایمنی راه‌ها را بهبود می‌بخشد(۱۵).

مواد و روش‌ها

همان‌گونه که اشاره شد یکی از اهداف و نتایج مهم طرح هندسی، دستیابی به حمل‌ونقل ایمن است. برای حصول ایمنی، اهداف گوناگونی می‌تواند مدنظر باشد. از جمله کاهش تصادفات شدید، کاهش کل تصادفات و کاهش تصادفات خسارتی که هرکدام می‌تواند یکی از اهداف ایمنی باشد. با استناد به مطالب بالا و تأکید مجدد بر این‌که نوع هدف در تعیین راهکار و انتخاب معیارهای لازم برای شناسایی نقاط پر تصادف بسیار مهم هستند، در این قسمت در مورد روش شناسایی موقعیت‌های پرتصادف یا نقاط سیاه بحث می‌شود. این روش بر اساس تصادف ثبت شده، اطلاعات و داده‌های تصادف، حجم‌های ترافیکی و شاخص وسیله نقلیه-کیلومتر، تشریح می‌شود. امروزه ثبت تصادفات در کشور ایران به‌صورت تنظیم گزارش کارشناس و تکمیل فرم (کام ۱۱۴) و ورود اطلاعات آن به رایانه انجام می‌گردد(۱۶). در تعیین نقاط حادثه‌خیز، روش دسته‌های مطالعاتی به طول ۵ کیلومتر مناسب‌ترین روش برای تحلیل آمار تصادفات به منظور اولویت‌بندی نقاط تصادف‌خیز، تشخیص داده شده است(۱۶).

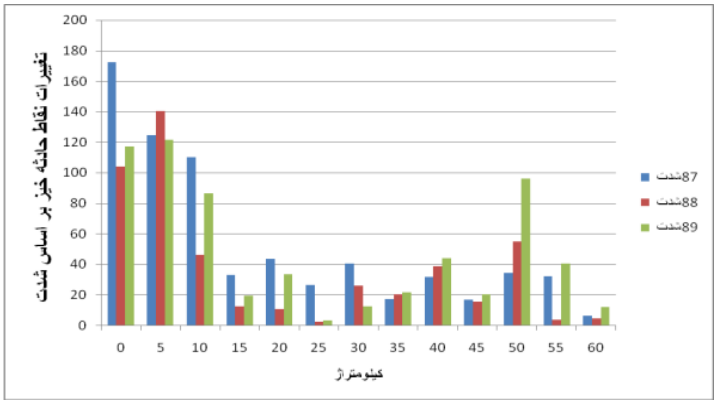
در این تحقیق به بررسی و تحلیل یکی از محورهای برون‌شهری شهرستان ساری، محور ساری - کیاسر می‌پردازیم. طول این محور تا شهر کیاسر ۵۹/۳ کیلومتر می‌باشد. از کیلومتر ۲۰ به بعد این محور از سال ۷۸ الی ۸۰ شروع به بازسازی و آسفالت شد و به راه فرعی درجه یک ارتقاء پیدا کرد و در حال حاضر ۲۰ کیلومتر اول آن در دست تعریض می‌باشد. از این محور تعداد ۲۲۹ روستا به جمعیت ۵۶۱۴۷ نفر در قالب تعداد ۱۴۵۲۵ خانوار تردد می‌نمایند. در این محور تا شهر کیاسر ۸۲ عدد آبرو، ۹ عدد پل،۸۰ فرعی و ۲۵ عدد دیوار حائل وجود دارد.

۱- روش‌های تعیین نقاط حادثه‌خیز

۱-۱- روش شدت تصادف

انجام این روش با استفاده از مطالعات ایالت تگزاس و به کارگیری مدل آن می‌باشد. در مدل مورد استفاده برای هر مجروح ضریب ۳ و برای هر کشته ضریب ۹ نسبت به خسارت وارد شده در نظر گرفته می‌شود.

به این ترتیب ضرایب تصادف فوتی به تصادف جرحی به ترتیب برابر خارج قسمت تعداد کشته به تعداد تصادفات فوتی و تعداد مجروح به تعداد تصادف جرحی تعریف می‌شوند و در مجموع با رابطه $n_1+n_2+n_3=n$ مطرح می‌شود. در این رابطه، n_2 تصادف جرحی ضربدر ضریب ۶ ، n_3 ضریب تصادف فوتی ضربدر ۹ ، n_1 نصف تصادف خسارتی و n برابر شدت تصادف به دست آمده می‌باشد. با استفاده از نتایج این فرمول، شدت تصادفات حاصله مبنای اولویت‌بندی معابر قرار می‌گیرد(۱۶). شکل ۱ روند تغییرات نقاط حادثه‌خیز براساس شدت تصادفات را بین سال‌های ۸۷ تا ۸۹ نشان می‌دهد.



شکل۱- روند تغییرات نقاط حادثه‌خیز براساس شدت تصادفات در سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹

با توجه به شکل ۱ و مقایسه سال‌های مختلف، نتیجه می‌گیریم شدت تصادفات در نقاط مختلف در سال‌های مختلف تغییر می‌کند ولی با تقریبی حدود ۸۰ درصد نقاطی که بیشترین شدت را دارند، ثابت می‌مانند.

۱-۲- روش نرخ تصادفات

در روش نرخ تعداد تصادف، تغییرات حجم ترافیک نیز لحاظ شده است؛ بنابراین از دقت بیشتری نسبت به روش اول برخوردار است. معیار شناسایی در این روش عبارت است از دو برابر میانگین نرخ تعداد تصادفات در راه مورد بررسی. هر قسمتی از راه که نرخ تعداد تصادف واقعی آن بر اساس اطلاعات تصادفات از نرخ بحرانی بیشتر شود، در فهرست مکان‌های پرتصادف قرار می‌گیرد. از روابط زیر، نرخ تصادفات و میانگین نرخ تصادفات در قطعه و نقطه تعیین می‌شود(۲).

$$R_i - mVk = \frac{Nac \times 10^6}{ADT_i \times LS_i \times N_d} \quad (۱)$$

$$R_i - mV = \frac{Nac - i \times 10^6}{ADT_i \times N_d} \quad (۲)$$

$$RaVj - mvk = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nac - i \times 10^6}{\sum_{i=1}^{n} (ADT_i \times LS_i) \times N_d} \quad (۳)$$

$$Ravj - mv = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nac - i \times 10^6}{\sum_{i=1}^{n} (ADT_i) \times N_d} \quad (۴)$$

که در آن:

$R_i - mV$ = نرخ تعداد تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه

$R_i - mVk$ = نرخ تعداد تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه عبوری از نقطه i

$RaVj - mvk$ = میانگین نرخ تعداد تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه عبوری از نقاط محور نوع j

$Nac - i$ = تعداد تصادفات واقع شده در نقطه i یا قطعه i

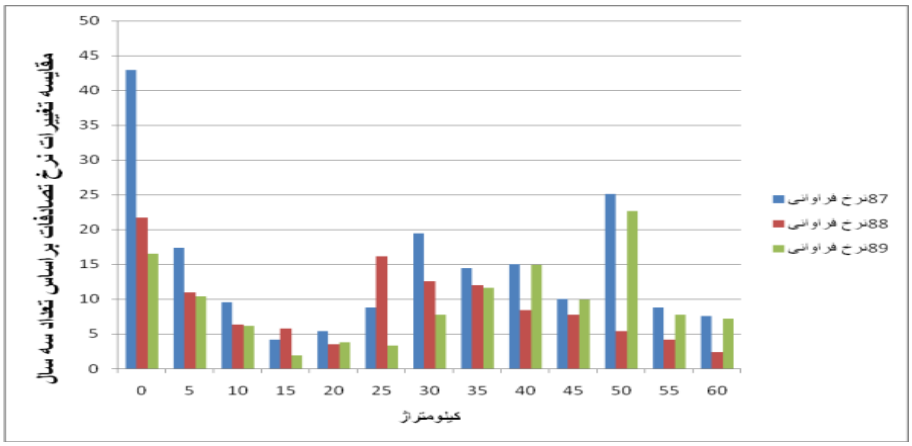
ADT_i = میانگین ترافیک روزانه عبوری از نقطه i یا قطعه i

N_d = تعداد روزهای دوره مطالعه

LS_i = طول قطعه i

n = تعداد کل قطعه واقع در محور نوع j یا تعداد کل نقاط در محور نوع j

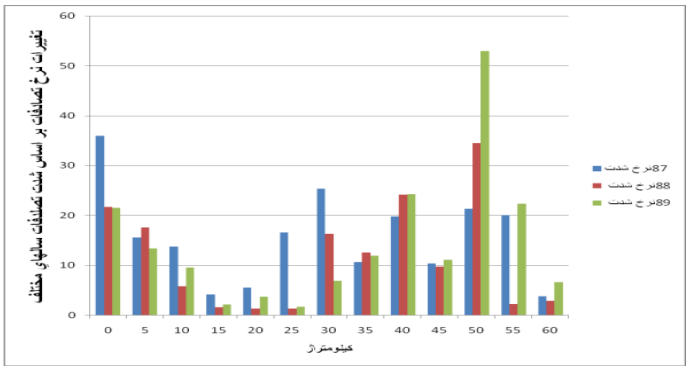
اگر چه این روش نسبت به روش قبلی از پیچیدگی بیشتری برخوردار است و نیاز به اطلاعات بیشتری دارد ولی نتایج حاصل از آن، منطقی‌تر از روش اول است(۱۵). در شکل ۲ روند تغییرات نرخ تصادفات بر اساس تعداد تصادفات بین سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- روند تغییرات نرخ تصادفات براساس تعداد تصادفات در سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹

با مقایسه نرخ تصادفات این سه سال در می‌یابیم نرخ تصادف در سال ۸۸ کاهش یافته و در سال ۸۹ رو به افزایش است. نقاط حادثه‌خیز نیز تقریباً ثابت هستند.

شکل ۳ روند تغییرات نرخ تصادفات براساس شدت تصادفات درسال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد.



شکل۳- روند تغییرات نرخ تصادفات براساس شدت تصادفات در سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹

۱-۳- روش نرخ - شدت تصادفات

در این روش تعداد تصادفات و شدت و موقعیت مکانی آن‌ها برداشت شده و سپس نرخ‌های مورد نظر محاسبه می‌گردد. متداول‌ترین مراحل استفاده از روش نرخ - شدت تصادفات بدین شرح است:

الف- شدت تصادفات و موقعیت مکانی تمام آن‌ها با استفاده ازGPS، مشخص و کدگذاری می‌شود.

ب- حجم ترافیک مقاطع مختلف، برداشت و آماده می‌شود.

ج- نرخ تصادفات با استفاده از این فرمول محاسبه می‌گردد(۱۶):

(۵)

$$\frac{I \times 10^6}{\text{دوره مطالعه}}$$

(تعداد روزهای دوره)

نرخ میانگین تصادف نقاط مختلف برای زمان‌های معین و تقسیمات منطقه‌ای مشخص، محاسبه می‌شود. نقاطی که نرخ تصادفات آن‌ها بیش از دو برابر نرخ میانگین محاسبه شده باشند، به عنوان نقاط تصادف‌خیز محاسبه می‌شوند(۱۶).

۲- محاسبه شاخص نرخ تصادفات و شدت تصادفات با توجه به سال‌های مختلف

شیوه‌های گوناگون تحلیل تصادف عبارتند از: الف- آمار تصادفات؛ ب- نرخ تصادفات؛ ج- شدت تصادفات. با توجه به وجود داده‌های آماری تصادفات، برای ارزیابی وضعیت ایمنی محور مورد نظر از شاخص‌هایی همچون «نرخ تصادفات» و «شدت تصادفات» استفاده گردید.

الف- نرخ تصادفات:

۱-براساس کیلومتر طول راه‌ها

۲-به‌ازای میلیون وسیله‌نقلیه – کیلومتر

۳-به‌ازای هر ده‌هزار وسیله نقلیه

۴-به ازای هر یک صد هزار نفر جمعیت

ب- شدت تصادفات:

۱-خسارت وارده

۲-نرخ کشته شدگان تصادفات

۳-ریسک کشته‌شدگان تصادفات

۴-نسبت تعداد کشته‌شدگان به تعداد مجروحین

در ادامه می‌توانید پنج مورد از این محاسبات را مشاهده نمایید. نحوه محاسبه شاخص‌ها به این صورت است(۱۶):

$$R_L = \frac{N_{ac}}{L_s} \quad (۶)$$

$$R_{MVK} = \frac{N_{ac} \times 10^6}{L_s \times ADT \times 365} \quad (۷)$$

$$R_v = \frac{N_{ac} \times 10^4}{N_v} \quad (۸)$$

$$R_F = \frac{N_{F \times 10^4}}{N_v} \quad (۹)$$

$$R = \frac{N_F}{N_i} \quad (۱۰)$$

که در آن:

R_L = نرخ تصادفات براساس کیلومتراژ طول راه‌ها

N_{ac} = تعداد تصادفات

L_s = طول راه

R_{MVK} = نرخ تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه- کیلومتر

ADT = متوسط ترافیک روزانه

R_v = نرخ تصادفات به ازای هر ده هزار وسیله نقلیه

N_v = تعداد وسیله نقلیه

R_F = نرخ کشته‌شدن به ازای هر ده هزار وسیله‌نقلیه

N_F = تعداد کشته‌شدگان

N_i = تعداد مجروحین

یافته‌ها

در این بخش پیش از آن‌که به بررسی آمار تصادفات و علل وقوع آن در محور مورد نظر پرداخته شود، لازم است آمار تردد و وضعیت ترافیکی، مورد ارزیابی قرار گیرد. این محور در بررسی به عمل آمده از وضعیت تردد و حجم ترافیک راه‌های استان، در سطح‌سرویس C قرار گرفته است. در جدول ۱ میزان AADT این محور از سال ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹ آمده است(۱۷).

جدول۱- میزان AADT محور ساری- کیاسر از ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	تعداد روز
AADT	٤٣٧٩	٤٥٨٩	٤٩٧٨	٣٦٥

کیلومترهایی که بیانگر محل تصادف می‌باشند، در دفتر ثبت پلیس راه دقیق نبوده است. لذا در این تحقیق تمامی این مسیر به طول۵۹/۳ کیلومتر از شهر ساری تا شهر کیاسر به صورت پیاده با GPS طی شده و تمامی مشخصات هندسی به طور دقیق برداشت شد.

به منظور ارائه راه‌حل‌های مناسب برای کاهش تصادفات، قبل از هر چیز بررسی آمار تصادفات و ارزیابی عوامل مؤثر بر ایجاد آن‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است. بنابراین در این قسمت، عوامل مؤثر بر ایجاد تصادفات در محور عبارتند از:

نبودن شانه‌سازی‌های مناسب ، نبودن زهکشی مناسب، وجودپیچ‌های تند، شیب زیاد بعضی از گردنه‌ها، تقاطع‌های فرعی با اصلی حادثه‌خیز، عرض کم سواره‌رو و نبودن خط سبقت، عدم نصب پل‌های عابر پیاده، وجود روستا و حیوانات اهلی و ادوات کشاورزی، وجود مدارس حاشیه راه‌ها و عبور و مرور نا ایمن دانش‌آموزان و آبروهای بدون حفاظ و علائم.

در جدول ۲ شاخص نرخ تصادفات و شدت تصادفات بر اساس سال‌های مختلف آورده شده است. براساس داده‌های جدول ۲ و همچنین مقادیر ترافیک روزانه (AADT) از جدول۱، به مقایسه شاخص‌های گوناگون در سه سال متوالی پرداخته شده است. نتایج حکایت می‌کند که تصادفات براساس کیلومتراژ راه‌ها کاهش یافته است. همچنین روند تغییرات نرخ تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه -کیلومتر پیموده شده نیز بیانگر آن است که نرخ تصادفات طی سه سال به صورت نزولی بوده است.

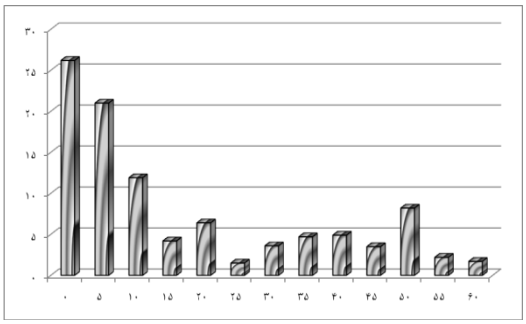
جدول۲- شاخص نرخ تصادفات و شدت تصادفات در سال‌های مختلف

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
نرخ تصادفات بر اساس کیلومتراژ راه‌ها	۱۱/۲۲	۷/۵۲	۷/۴۸
نرخ تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه -کیلومتر	۷/۰۶	۴/۱۳	۴/۱۲
نرخ تعداد تصادفات به ازای ده‌هزار وسیله‌نقلیه	۴/۱۹	۲/۶۶	۲/۴۴
نرخ کشته شدن به ازای ده هزار وسیله نقلیه	۰/۰۹۳	۰/۰۶۵	۰/۰۸۸
نسبت تعداد کشته ها به تعداد مجروحین	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳۲

در این دوره سه ساله ۱۵۶۰ تصادف در این محور رخ داده است که از این تعداد، ۴۲ تصادف منجر به فوت، ۱۴۴ تصادف منجر به جرح و ۱۳۷۴ تصادف خسارتی بوده است. در این دوره مطالعاتی، بیشترین تعداد تصادفات در ساعت ۱۲ظهر تا ۶ عصر، در محدوده سنی ۳۱ تا۴۰ سال و در روزهای جمعه رخ داده است. همچنین تجاوز به چپ بیشترین علت تصادف و عقب به جلو بیشترین نحوه برخورد را به خود اختصاص داده بودند. جدول ۳ توزیع فراوانی کیلومتراژ تصادفات محور مورد نظر طی سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌ها، کیلومتر ۰ تا ۳ با ۲۶/۲ بیشترین فراوانی تصادفات و کیلومتر ۲۳ تا ۲۷ با ۱/۵ درصد کمترین فراوانی تصادفات را داشته است.

جدول ۳- بررسی توزیع فراوانی کیلومتراژ تصادفات محور ساری- کیاسر طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۸۹

دسته	کیلومتراژ	فراوانی	درصد
۰	تا کیلومتر۳	۴۰۳	۲۶/۲
۵	کیلومتر۳تا ۷	۳۲۳	۲۱
۱۰	کیلومتر ۸ تا۱۲	۱۸۴	۱۱/۹
۱۵	کیلومتر۱۳ تا ۱۷	۶۴	۴/۲
۲۰	کیلومتر۱۸ تا۲۲	۹۸	۶/۴
۲۵	کیلومتر۲۳تا ۲۷	۲۵	۱/۵
۳۰	کیلومتر ۲۸ تا۳۲	۵۶	۳/۶
۳۵	کیلومتر۳۳ تا۳۷	۷۳	۴/۷
۴۰	کیلومتر۳۸ تا۴۲	۷۶	۴/۹
۴۵	کیلومتر۴۳تا ۴۷	۵۴	۳/۵
۵۰	کیلومتر ۴۸ تا۵۲	۱۲۶	۸/۲
۵۵	کیلومتر ۵۲ تا ۵۷	۳۴	۲/۲
۶۰	کیلومتر ۵۸ تا ۶۲	۲۶	۱/۷



شکل۴- روند تغییرات فراوانی کیلومتراژ تصادفات محور ساری- کیاسر طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۸۹

طی این سال‌ها ساعت ۱۲ ظهر تا ۶ عصر با ۴۱/۹ درصد بیشترین تعداد تصادفات و نیمه‌شب تا ۶ بامداد با ۳/۹ درصد کمترین فراوانی تصادفات را داشته است.

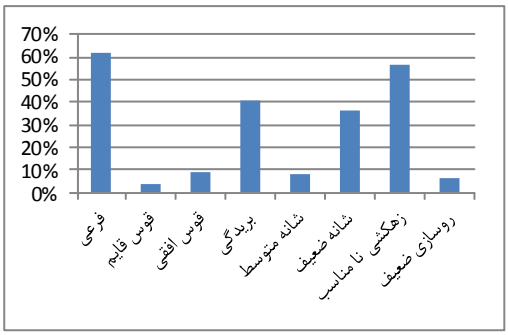
با بررسی‌های آماری صورت گرفته در این دوره سه ساله، این اطلاعات به دست آمد: تجاوز به چپ با ۱۹/۹ درصد تصادفات، بیشترین عامل تصادف بوده است. تصادفات جلو به عقب با ۲۷/۴ درصد بیشترین تعداد تصادفات و پهلو به پهلو با ۴/۶ درصد کمترین تعداد تصادفات را داشته است. جدول ۴ رابطه بین علت تصادفات محور مورد نظر طی سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول، تجاوز به چپ با ۱۹/۹ درصد بیشترین و انحراف به راست با ۰/۰۶ درصد کمترین تعداد تصادفات را داشته است.

جدول ۴- بررسی توزیع فراوانی علت تصادفات محور ساری- کیاسر طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۸۹

علت تصادفات		سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۸۹	جمع
عدم توانایی کنترل وسیله	تعداد	۹۰	۵۵	۱۰۶	۲۵۱
	درصد	۱۳/۵	۱۲/۶	۲۴/۳	۱۶/۲
تجاوز به چپ	تعداد	۱۱۵	۱۰۳	۸۹	۳۰۷
	درصد	۱۷/۳	۲۳/۵	۲۰/۴	۱۹/۹
عدم رعایت فاصله طولی	تعداد	۵۷	۵۴	۲۸	۱۳۹
	درصد	۸/۶	۱۲/۳	۶/۴	۹
عدم توجه به جلو	تعداد	۱۳۵	۶۷	۴۶	۲۴۸
	درصد	۲۰/۳	۱۵/۳	۱۰/۶	۱۶/۱
تغیر مسیر ناگهانی	تعداد	۳۳	۵	۵	۴۳
	درصد	۵	۱/۱	۱/۱	۲/۷
حرکت خلاف جهت	تعداد	۸	۴	۵	۱۷
	درصد	۱/۲	۰/۹	۱/۱	۱/۱
انحراف به چپ	تعداد	۳۰	۲۲	۱۶	۶۸
	درصد	۴/۵	۵	۳/۷	۴/۴
حرکت دنده عقب	تعداد	۱۸	۱۰	۲	۳۰
	درصد	۲/۷	۲/۳	۰/۵	۱/۹
تخطی از سرعت مطمئنه	تعداد	۱۴	۱۳	۲	۲۹
	درصد	۲/۱	۳	۰/۵	۱/۸
گردش به طرز غلط	تعداد	۱۱	۳	۱۰	۲۴
	درصد	۱/۷	۰/۷	۲/۳	۱/۵
گردش به چپ	تعداد	۳	۱	۳	۷
	درصد	۰/۵	۰/۲	۰/۷	۰/۴
عدم رعایت فاصله عرضی	تعداد	۱۴	۹	۷	۳۰
	درصد	۲/۱	۲/۱	۱/۶	۱/۹
حرکت غیرضروری با دنده عقب	تعداد	۱	۰	۱۰	۱۱
	درصد	۰/۲	۰	۲/۳	۰/۷
انحراف به راست	تعداد	۱	۰	۰	۱
	درصد	۰/۲	۰	۰	۰/۰۶
ترکیب و تقارن	تعداد	۱	۳	۱۰	۱۴
	درصد	۰/۲	۰/۷	۲/۳	۰/۹
عدم رعایت مقررات	تعداد	۳	۲	۱	۶
	درصد	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۰/۳
عدم رعایت مقررات‌گردش	تعداد	۱	۱	۰	۲
	درصد	۰/۲	۰/۲	۰	۰/۱
سایر علل	تعداد	۲	۷	۴	۱۳
	درصد	۰/۴	۱/۵	۰/۹	۰/۸
جمـع	تعداد	۶۶۶	۴۳۸	۴۳۶	۱۵۴۰
	درصد	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰

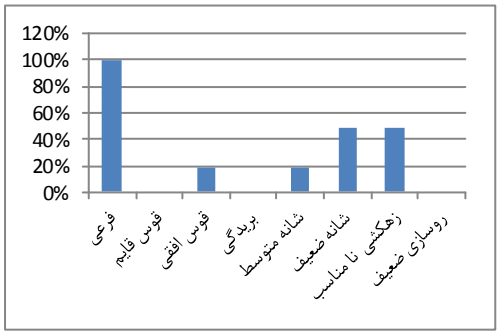
کیلومتر ۰ الی ۹/۵ این جاده، از منطقه هموار با اختلاف ارتفاع قریب ۲۰۰ متر عبور می‌کند که دارای دو باند رفت و دو باند برگشت جداگانه می‌باشد.

با توجه به داده‌ها، فرعی با۶۲ درصد بیشترین و روسازی ضعیف با ۶/۸ درصد کمترین علت تصادف را داشته است.



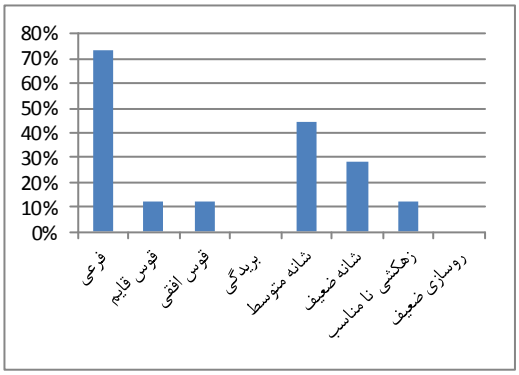
شکل ۵- نقش پارامترهای هندسی‌درتصادفات ازکیلومتر ۰ الی ۹/۵

در کیلومتراژ ۹/۵ الی ۱۲/۹ تمام شرایط ۰ الی ۹/۵ حاکم است با این تفاوت که جاده از حالت قبلی به جاده دو بانده بدون حفاظ میانی تبدیل شده و با توجه به داده‌ها، فرعی با ۱۰۰ درصد، بیشترین علت تصادف را داشته است.



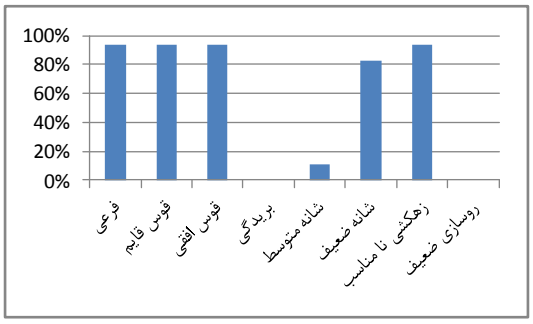
شکل ۶- نقش پارامترهای هندسی در تصادفات از کیلومتر۹/۵ الی ۱۲/۹

در کیلومتر ۲۸ تا ۳۲ با توجه به داده‌ها، فرعی با ۷۳ درصد بیشترین علت تصادف را داشته است.



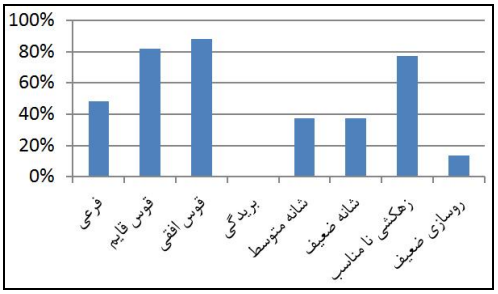
شکل ۷- نقش پارامترهای‌هندسی درتصادفات از کیلومتر ۲۸ تا ۳۲

کیلومتر ۳۸ الی ۴۲ جاده، از منطقه کوهپایه‌ای با اختلاف ارتفاع عبور می‌کند. با توجه به داده‌ها فرعی، قوس قائم، قوس افقی و زهکشی نامناسب با ۹۳/۴ درصد بیشترین علت تصادف را داشته است.



شکل ۸- نقش پارامترهای‌هندسی درتصادفات از کیلومتر ۳۸ الی ۴۲

کیلومتر ۴۸ الی ۵۷ جاده از مناطق کوهستانی با اختلاف قریب ۱۰۰۰ نفر عبور می‌کند که در آن قوس قائم و افقی‌با ۸۸/۱ درصد بیشترین دلیل‌تصادفات بوده است.



شکل ۹- نقش پارامترهای هندسی در تصادفات از کیلومتر ۴۸ الی۵۷

۳- بررسی رابطه بین شدت تصادف و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده

با توجه به موقعیت و تنوع جغرافیایی محور مورد مطالعه، در هر یک از نقاط حادثه‌خیز، پارامترهای هندسی خاصی مؤثرتر بوده است.

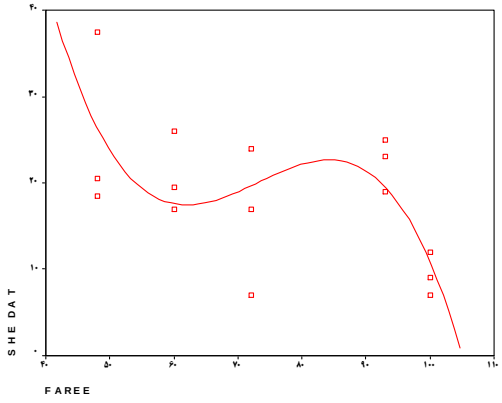
با توجه به این که نرخ شدت تصادفات یک شاخص مهم است، در ادامه این تحقیق به دنبال رابطه بین شدت تصادفات و پارامترهای هندسی به صورت یک رابطه ریاضی هستیم.

اساس این رابطه‌سازی بر اساس نمودار پراکنش می‌باشد. این متغیرها به نمودارهای درجه ۲ و درجه ۳ برازش داده شده است و رابطه مطلوب به دست آمد

. برای بررسی رابطه بین شدت تصادف و متغیرهای پیش بینی کننده، ابتدا باید شکل رابطه متغیر شدت تصادف با تک تک متغیرها بررسی شود.

۳- ۱- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر فرعی

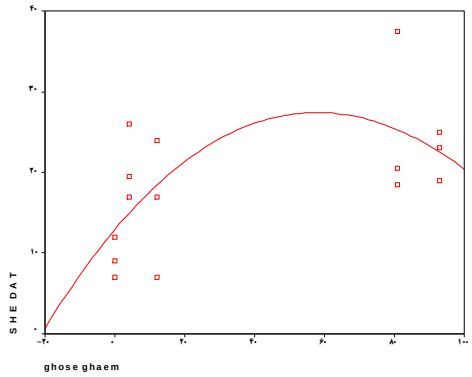
با توجه به نمودار شکل ۱۰ و با توجه به منحنی برازش داده شده می‌بینیم که شکل رابطه بین دو متغیر از نوع درجه ۳ است.



شکل۱۰- نمودار پراکنش شدت‌تصادف در مقابل متغیرفرعی

۳-۲- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر قوس قائم

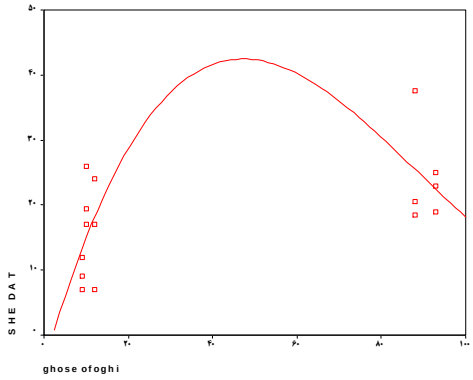
با توجه به نمودار شکل ۱۰ و با عنایت به منحنی برازش داده شده می‌بینیم که شکل رابطه بین دو متغیر از نوع درجه ۳ است.



شکل۱۱- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر قوس قائم

۳-۳- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر قوس افقی

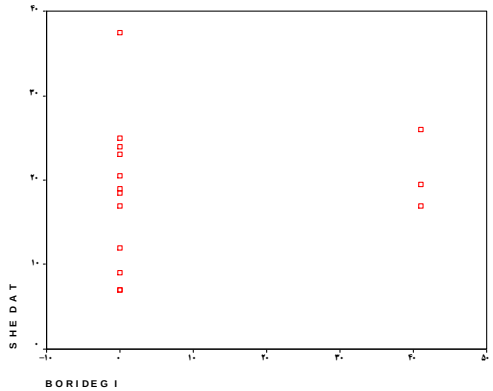
رابطه بین این دو متغیر نیز از نوع درجه ۳ است.



شکل ۱۲- نمودار پراکنش شدت‌تصادف در مقابل متغیر قوس افقی

۳-۴- نمودار پراکنش شدت تصادف درمقابل متغیر بریدگی

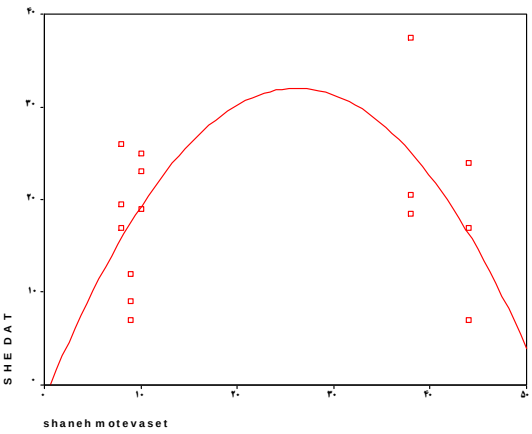
با توجه به نمودار می‌بینیم که رابطه خاصی بین دو متغیر مشاهده نمی‌شود.



شکل ۱۳- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر بریدگی

۳-۵- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر شانه متوسط

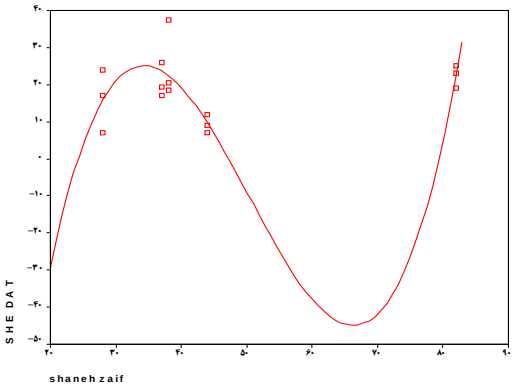
با توجه به نمودار و با عنایت به منحنی برازش داده شده می‌بینیم که شکل رابطه بین دو متغیر از نوع درجه ۲ است.



شکل ۱۴- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر شانه متوسط

۳-۶- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر شانه ضعیف

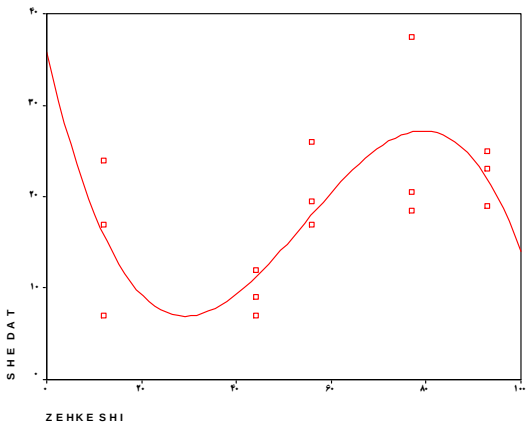
شکل ۱۵ بیان می‌کند رابطه بین دو متغیر از نوع درجه ۳ است.



شکل ۱۵- نمودار پراکنش شدت‌تصادف درمقابل متغیر شانه ضعیف

۳-۷- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر زهکشی

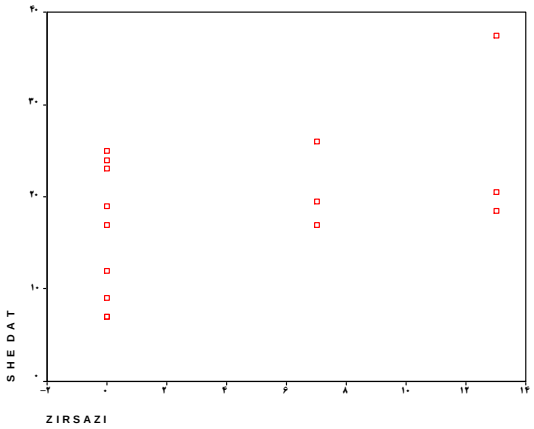
با عنایت به نمودار و با توجه به منحنی برازش داده شده مشاهده می‌گردد که شکل رابطه بین دو متغیر از نوع درجه ۳ است.



شکل ۱۶- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر زهکشی

۳-۸- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر زیرسازی

با توجه به نمودار می‌بینیم که رابطه خاصی بین دو متغیر مشاهده نمی‌شود.



شکل ۱۷- نمودار پراکنش شدت تصادف در مقابل متغیر زیرسازی

پس از تعیین شکل رابطه بین متغیرها می‌توان به بررسی رابطه رگرسیونی چندگانه بین متغیرها پرداخت تا ببینیم این رابطه رگرسیونی از چه متغیرهایی تشکیل شده است. به عبارت دیگر باید ببینیم که کدام متغیرها شایستگی حضور در معادله رگرسیونی را دارند.

۴- جدول Model summary

در جدول ۵ در ستون اول ضریب همبستگی چندگانه و در ستون دوم مقدار ضریب تعیین، ارائه شده که مقدار قابل قبولی است.

جدول۵- خلاصه مدل

مدل	ضریب همبستگی چند گانه	ضریب تعیین	ضریب تعیین تصحیح‌شده	خطای برآورد
۱	۰/۷۷۹[a]	۰/۶۰۷	۰/۳۲۹	۶/۶۲۱۹۳

a. پیش‌بینی‌کننده‌ها: مکعب شانه ضعیف، مکعب شانه متوسط، مکعب فرعی، مکعب زهکشی، مقدار ثابت

۵- جدول ANOVA

در جدول ۶ مناسب بودن مدل رگرسیونی چندگانه برای برازش به داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. با فرض $\alpha=0.05$ در ستون sig می‌بینیم که سطح معنی‌داری مشاهده شده از مقدار α است. بنابراین نتیجه می‌گیریم که مدل رگرسیونی که در ادامه گفته خواهد شد برای برازش به داده‌ها مناسب است.

جدول۶- جدول **ANOVA**[b]

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فیشر	سطح معنی‌داری مشاهده‌شده
رگرسیون-	۴۷۶/۹۰۰	۴	۱۱۹/۲۲۵	۳/۸۵۶	0.000[a]
خطا -	۳۰۸/۵۰۰	۱۰	۳۰/۸۵۰		
کل -	۷۸۵/۴۰۰	۱۴			

a. پیش‌بینی‌کننده‌ها: مکعب شانه ضعیف، مکعب شانه متوسط، مکعب فرعی، مکعب زهکشی، مقدار ثابت

b. متغیرهای وابسته: نرخ شدت کل

۶- جدول ضرایب رگرسیونی

در جدول ۷ ضرایب رگرسیونی مربوط به متغیرهایی که در مدل حضور دارند در ستون B ارائه شده است. در ستون sig سطح معنی‌داری مشاهده شده مربوط به آزمون ضرایب رگرسیونی ارائه شده است. فرضیه مربوط به این آزمون ها به این صورت است:

$$\begin{cases} H_0: \beta_i=0 \\ H_1: \beta_i\neq 0 \end{cases}$$

چون مقدار sig در این آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ است بنابراین فرض صفر بودن ضریب رگرسیونی رد می‌شود. یعنی آن متغیر شایستگی حضور در مدل رگرسیونی را دارد.

جدول۷- جدول ضرایب[a]

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	آماره t	سطح معنی داری مشاهده شده
	ضرایب رگرسیون	خطا معیار	ضرایب رگرسیون استاندارد شده		
مقدار ثابت	۲۱/۳۵۰	۶/۳۸۹		۳/۳۴۲	۰/۰۰۷
مکعب فرعی	-۲/۳۵۴	۰/۹۴۶	-۰/۵۸۶	-۲/۴۹۰	۰/۰۰۳
مکعب شانه‌متوسط	-۳/۲۵۸	۱/۲۸۰	-۰/۰۲۵	-۲/۵۴۵	۰/۰۰۰
مکعب شانه‌ضعیف	۴/۳۲۹	۱/۶۳۵	۰/۰۶۸	۲/۶۴۸	۰/۰۰۱
مکعب زهکشی	۳/۱۴۶	۱/۲۴۵	۰/۴۷۸	۲/۵۲۷	۰/۰۰۲

a. نرخ شدت: متغیرهای وابسته

با توجه به جدول ۷ و با فرض معدل‌سازی متغیرها به شکل زیر، مدل رگرسیونی مورد نظر به دست می‌آید.

$faree\rightarrow X_1$, $ghos.ghaem\rightarrow X_2$, $ghos.ofoghi\rightarrow X_3$, $boridegi\rightarrow X_4$, $shaneh.m\rightarrow X_5$, $shaneh.z\rightarrow X_6$, $zehkeshi\rightarrow X_7$, $zirsazi\rightarrow X_8$

$$y=33.1-5.247X_1^3-4.895X_5^3+2.985X_6^3-3.652X_7^3$$

بحث

نتایجی که از روش نرخ تصادف به دست آمد خیلی به واقعیت نزدیک بود چرا که ترافیک این محور متغیر است و الویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز طی سال‌های مختلف تغییر می‌کند ولی نقاط حادثه‌خیز، تقریباً ثابت هستند. لازم است نقاطی که ظرفیت تبدیل شدن به نقاط حادثه‌خیز را دارند بررسی شوند چراکه در سال‌های آتی به یک نقطه حادثه‌خیز تبدیل می‌شوند. تنها کاهش تعداد تصادفات نمی‌تواند دلیل بهبود تصادفات باشد چرا که طی این دوره، نرخ تصادفات به ازای هر ده هزار وسیله نقلیه ۴۲٪ کاهش داشته ولی نرخ کشته شدن به تعداد مجروحین ۱۶٪ افزایش داشته است. پارامترهای هندسی بسیاری در تصادفات یک محور نقش دارند ولی با توجه به شرایط جغرافیایی

این محور، پارامترهای هندسی از قبیل: فرعی، قوس قائم، قوس افقی، بریدگی، شانه متوسط، شانه ضعیف، زهکشی نامناسب، و روسازی ضعیف مورد بررسی قرار گرفت. این پارامترهای هندسی در نقاط حادثه‌خیز به دست آمده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. محور ساری-کیاسر به طول ۵۹/۳ کیلومتر می‌باشد که ۳۳ کیلومتر این محور حادثه‌خیز است. در دسته‌های مختلف حادثه‌خیز به علت شرایط جغرافیایی و محیطی، سهم پارامترهای هندسی در تصادفات یکسان نبوده است.

- کیلومتر ۰ الی ۹/۵ این محور به صورت جاده چهار خطه با حفاظ میانی (گاردریل و جدول) می‌باشد و از مناطق دشتی عبور می‌کند.
- کیلومتر ۹/۵ الی ۱۲/۹ نیز مانند حالت قبل است با این تفاوت که این قسمت محور، به صورت دوخطه و بدون حفاظ میانی است.

با سنجش این دو دسته در می‌یابیم: در حالت اول ۶۲٪ تصادفات این دسته در فرعی‌ها و ۴۱٪ تصادفات در بریدگی‌ها رخ داده است ولی در حالت دوم ۱۰۰٪ تصادفات در فرعی‌ها رخ داده است. این سنجش نشان می‌دهد که حفاظ میانی برای کاهش تعداد تصادفات نقش مهمی را ایفا نمی‌کند.

- دسته ۳۰ و دسته ۴۰ در شرایط محیطی یکسانی قرار دارند.
- در دسته ۳۰ چهار نقطه داریم (جنگلبانی شویلاشت، علمدارده، چاچکام، نقیبده) که نقایص پارامترهای هندسی، بین این چهار نقطه توزیع شده است.
- در دسته ۴۰ دو نقطه داریم که یک نقطه آن (گرماب) دارای تمامی نقایص هندسی است.

با سنجیدن این دو دسته نتیجه می‌گیریم که در دسته اول ۵۶ تصادف رخ داده ولی در دسته دوم در نقطه گرماب به تنهایی ۳ تصادف رخ داده و این نکته بیانگر این است که یک نقطه با فراوانی نقایص هندسی، بسیار حادثه‌خیزتر از چندین نقطه با برخی از نقایص هندسی می‌باشد. در کیلومتر ۳۸ الی ۴۲ فرعی، قوس قائم، قوس افقی و زهکشی نامناسب با ۹۳/۴ درصد بیشترین علت تصادف را داشته است. در دسته ۵۰ و ۵۵ که جزء مناطق کوهستانی است، قوس قائم و قوس افقی با ۸۱/۸ درصد بیشترین نقش را در تصادفات دارند.

REFERENCES

1. AASHTO A. Guide for Achieving Flexibility in Highway Design. Washington, DC2004.
2. Charlton SG. The role of attention in horizontal curves: A comparison of advance warning, delineation, and road marking treatment. Accid Anal and Prev. 2007;39:873-85.
3. Gupta RC, Jain RP. Effect of certain roadway characteristics on accident trates for two-lane roads in Connecticut. Transport. Res Rec. 1975(541):50-4.
4. McDonald N, editor. Look and learn: capitalising on individual responsibility in speed management. National Conference, Australian Institute of Traffic Planning and Management; 2004; Adelaide,South Australia.
5. Oxley J, Fildes B, Corben B, Langford J. Intersection design for older drivers. Transp Res Part F Traffic Psychol Behav.2006;9(5):335-46.
6. Transportation in an Aging Society: Improving Mobility and Safety for Older Persons. Washington DC, USA: Committee Report and Recommendations. Transportation Research Board, National Research Council.1988.
7. Hauer E. The safety of older persons at intersections. Transportation in an Aging Society, Special Report 218, Transportation Research Board, National Research Council. Washington DC, USA1988.
8. Flahaut B. Impact of infrastructure and local environment on road unsafetyLogistic modeling with spatial autocorrelation. Accid Anal Prev. 2004 Nov; 36(6):1055-66.

9. Elvik R. How much do road accidents cost the national economy? Accid Anal Prev. 2000 Nov; 32(6):849-51.
10. Matthew G. Karlaftis, Ioannis Golias. Effects of road geometry and traffic volumeson rural roadway accident rates. Accid Anal Prev. 2002; 34(3):357-65.
11. Shankar V, Mannering F, Barfield W. Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies.Accid Anal Prev.1995;27(3):371-89.
12. Haynes R, Lake IR, Kingham S, Sabel CE, Pearce J, Barnett R. The influence of road curvature on fatal crashes in New Zealand. Accid Anal Prev. 2008 ;40(3):843–50.
13. Walmsley D, Summersgill I. The relationship between road layout and accidents on modern rural trunk roads. Crowthorne: Transport Research Laboratory1998.
14. Asgari S. Effects of Geometric Design on the Main Road Traffic Accidents in Ilam 1995.
15. Saffarzadeh M, Pouryavari M. Modeling of Determine Road Safety Index. Civil Journal of Modarres University. 2008;25.
16. Arjroudi A, Shabani Sh. Procedures of Registration of Accidents and Identifying High Traffic Accident Points. Transportation Research Institue. 2008.
17. Automated Traffic Counting: Office of Mazandaran's Transportation and Terminals province. Reprot of Transportation2010.

Effect of Geometric Design Parameters to Improve Safety and Accidents Reduction (Case Study: Sari – Kiasar Corridor)

Ahadi MR[1]*, Etemadzadeh SR[2]

Abstract

Background and Aim: Traffic accident is one of the main causes of mortality in Iran. The damage and injury caused by these accidents threatens human societies severely. Rural accidents are often more severe and show harsher consequences because the operational speed is higher on rural roads and highways. World statistics presented by World Health Organization (WHO) reveal that about 25 percent of all injuries in the world are caused by traffic accidents. Appropriate diagnoses and treatments of traffic black spots, prioritization, defining proper safety countermeasures and geometric design improvements are the main objectives of this study.

Materials and Methods: In this study, geometric design parameters are verified in black spots to determine which deficiency is the main cause of safety problem. Sari – Kiasar corridor, which is a rural road, is selected as the case study.

Results: Because of the fact that the general topography of Sari – Kiasar corridor is mountainous, the geometric design parameters are very diverse. Thus, after evaluation of geometric parameters, black spots are determined according to the types of accidents, severity of accidents, rate of accidents and the collision scenario. These items are then verified and studied in detail.

Conclusion: Results of the assessment show that geometric parameters such as horizontal and vertical curves, poor pavement, poor shoulder quality and poor drainage are contributing factors in increasing accident risk.

Keywords: Geometric Design, Road Accidents, Black Spots, Road Safety, Accidents Rate Severity.

1 Transportation Research Institute, Iran University of Science & Technology
2 Dept. of Transportation Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch
* Corresponding Author: ahadireza@iust.ac.ir