Archive of SID

مدل‌سازی همزمان تاثیر عوامل هندسی، توپوگرافی و دسترسی راه در تصادفات راه‌های برون‌شهری با عامل سازی و رگرسیون خطی تعمیم یافته (مطالعه موردی: راه‌های استان کرمان)

رقیه عبداللهی، دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

حسین حق شناس(مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

ریحانه ریخته گران، استادیار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: ho_hagh@cc.iut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۷

چکیده

گام اول در جهت کاهش سوانح جاده‌ای شناخت عوامل موثر در وقوع تصادفات است که با مدل‌سازی متغیرهای موثر در وقوع تصادفات امکان‌پذیر است. هدف از این پژوهش مدل سازی تاثیر عوامل هندسی، توپوگرافی و دسترسی کاربری های اطراف راه در وقوع تصادفات است. در این پژوهش متغیرهای مختلف طرح هندسی محورها مانند ویژگی‌های قوس افقی، ویژگی‌های قوس قائم، شیب طولی راه و شرایط محیطی راه مانند کاربری‌های اطراف راه به تفکیک نوع منطقه (منطقه مسکونی، مزارع) نوع توپوگرافی (دشت، تپه ماهور و کوهستان)، نوع دسترسی (محافظت شده یا نشده بودن) و تعداد دسترسی (دوربرگردان و دسترسی راه فرعی) همزمان بررسی شدند. بدین منظور از تحلیل عاملی متغیرها استفاده گردید که امکان بررسی همزمان تعداد زیاد متغیر را فراهم می سازد. جمع آوری اطلاعات با استفاده از نقشه‌های پلان و پروفیل طولی و نقشه های دسترسی اطراف چهار محور حادثه خیز استان کرمان به عنوان پهناورترین استان کشور که دارای رتبه سوم تصادفات جاده ای است، انجام گرفت. در نظر گرفتن این متغیرها برای در نظرگرفتن موقعیت مکانی و مشخصات هندسی راه، در قطعاتی به طول ۵ کیلومتر از راه انجام شد. بعد از تحلیل همبستگی، مدل‌های عاملی رگرسیون خطی و رگرسیون خطی تعمیم یافته پوآسون و دوجمله‌ای منفی، برروی اطلاعات برازش شدند و مناسب‌ترین مدل‌ها شناسایی شدند. در بررسی نتایج مدل‌ها از شاخص‌های برازش نسبت به خط $y=x$ و درصد خطای نسبی نتایج مدل استفاده گردیده است. در نهایت مدل خطی تعمیم‌یافته پوآسون با شاخص برازش بیشتر و درصد خطای نسبی کمتر نسبت به مدل رگرسیون خطی، انتخاب گردیده است. در مدل خطی تعمیم‌یافته پوآسون، عامل ویژگی‌های قوس قائم با متغیرهای (تعداد قوس قائم، متوسط اختلاف شیب قوس قائم و متوسط اختلاف شیب کل) و عامل توپوگرافی با متغیرهای (وجود کوهستان و متوسط شیب طولی زمین و تپه‌ماهوری منطقه با توجه به متوسط شیب طولی) به‌عنوان مؤثرترین متغیرها در افزایش تعداد تصادفات ایفای نقش نموده‌اند. متغیرهای عامل دسترسی (شامل متغیرهای تعداد دسترسی و دوربرگردان، تعداد دسترسی محافظت نشده و وجود مناطق مسکونی) نیز به تنهایی با تعداد تصادفات همبستگی داشتند ولی در کنار عوامل ویژگی‌های قوس قائم و نوع منطقه تاثیر معناداری خود را از دست دادند. در طراحی های راه‌ها در آینده در توپوگرافی کوهستانی، کاهش اختلاف شیب محورهای دو طرف قوس و طراحی صحیح قوس های قائم و اجتناب از شیب طولی زیاد متوالی می‌تواند گام موثری در کاهش تصادفات باشد.

واژه های کلیدی: رگرسیون خطی تعمیم یافته، عامل سازی، عوامل هندسی، دسترسی، توپوگرافی

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

مهندسی ایمنی راه، یک علم کاربردی بین رشته‌ای است که هدف اصلی آن حفظ جان کاربران و کاهش تعداد و شدت تصادفات در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای، در مقابل نواقص و مشکلات موجود در هر یک از اجزای سیستم، اعم از انسان، وسیله نقلیه، راه و محیط است. در سال‌های اخیر با استفاده از روش‌های گوناگون ازجمله مدل‌های آماری سعی شده است تا رابطه بین تعداد تصادفات و عوامل مختلف بررسی شود. مدل‌های پیش‌بینی تصادفات، معادلات ریاضی هستند که تعداد تصادفات مورد انتظار درراه‌ها را به‌صورت تابعی از جریان ترافیک، مشخصه‌های هندسی و دیگر خصوصیات آن تسهیلات بیان می کنند.

هدف از این پژوهش مدل سازی تاثیر عوامل مختلف هندسی و دسترسی کاربری های اطراف راه در وقوع تصادفات است. متغیرهای مورد استفاده برای توسعه مدل‌ها، تعداد تصادفات به عنوان متغیر وابسته و مشخصات هندسی محورها شامل ویژگی‌های قوس افقی، ویژگی‌های قوس قائم، توپوگرافی نوع منطقه، تعداد و نوع دسترسی‌ها و ... در نقش متغیرهای مستقل مدل‌ها هستند. جمع آوری اطلاعات با استفاده از نقشه‌های پلان و پروفیل طولی و نقشه های دسترسی اطراف راه انجام گرفته است. در نظر گرفتن این متغیرها برای در نظرگرفتن موقعیت مکانی و مشخصات هندسی راه، در قطعاتی به طول ۵ کیلومتر از راه انجام شد. متغیرها برای ٤ محور برون‌شهری حادثه‌خیز استان کرمان که نقشه های آنها در دسترس بود، شامل دو محور بزرگراهی و دو راه اصلی، جمع آوری شده‌است. بعد از جمع‌آوری اطلاعات، تحلیل همبستگی بین متغیرها صورت گرفته و سپس، مدل‌های رگرسیون خطی و رگرسیون خطی تعمیم یافته، پوآسون و دوجمله‌ای منفی برروی اطلاعات برازش شدند و مناسب ترین مدل‌ها شناسایی شدند.

در پژوهش‌های صورت گرفته در خارج از کشور که در ادامه مقاله توضیح داده می‌شوند، مدل های مختلف پیش‌بینی تصادفات راه‌ها پرداخت شدند که هریک تعداد محدودی از متغیرهای مربوط به عوامل هندسی راه را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش متغیرهای مختلف طرح هندسی محورها مانند ویژگی های قوس افقی، ویژگی های قوس قائم، شیب طولی راه و شرایط محیطی راه مانند کاربری‌های اطراف راه به تفکیک نوع منطقه (منطقه مسکونی، مزارع) نوع توپوگرافی (دشت، تپه ماهور و کوهستان)، نوع دسترسی (محافظت شده یا نشده بودن) و تعداد دسترسی (دوربرگردان و دسترسی راه فرعی) همزمان بررسی شدند که بدین منظور از تحلیل عاملی متغیرها استفاده گردید که امکان بررسی همزمان تعداد زیاد متغیر را فراهم می سازد. علاوه بر این جنبه نوآوری، مقاله حاضر به‌دلیل جمع آوری اطلاعات متغیرها مذکور و تعداد تصادفات در قطعات مختلف راه و پرداخت مدل‌های پیش‌بینی تصادف بر اساس استفاده همزمان از متغیرهای مختلف در بین پژوهش‌های داخلی جایگاه متمایزی دارد.

اهمیت انجام این پژوهش برای استان کرمان را از جنبه‌های مختلفی می‌توان بررسی نمود. استان کرمان پهناورترین استان کشور ازلحاظ مساحت است و حدود ۱۱ درصد از سطح کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان از لحاظ تصادفات جاده‌ای رتبه سوم در ۱۰ سال گذشته و از لحاظ تصادفات فوتی جاده‌های برون شهری دارای رتبه سوم، در بین استان‌های کشور بوده است. قرار گرفتن محورهای استان در مسیر کریدور شمال-جنوب (تهران - بندرعباس)، اهمیت بررسی تصادفات در راه‌های استان کرمان را مضاعف می کند. در مورد مدل‌سازی همزمان عوامل مختلف هندسی و دسترسی کاربری اطراف راه برای محورهای مواصلاتی کشور و مخصوصا محورهای برون‌شهری استان کرمان، پژوهش مشابهی انجام نگرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. پژوهش های گذشته

نصیری و شهرام نیا در پژوهشی با استفاده از اطلاعات مربوط به متغیرهای بانک‌های اطلاعاتی موجود در پایگاه داده مو سسه حمل‌ونقل ایالت اورگان آمریکا به مقایسه مدل های آماری مختلف شامل پوآسون، دوجمله‌ای منفی، پوآسون صفرآماسیده، دوجمله‌ای منفی صفر آماسیده و شبکه عصبی مصنوعی پرداخته‌اند. متغیرهای انتخابی در این پژوهش شامل تعداد تصادفات، طول مقطع، عرض باند و شانه، درجه قوس افقی و شیب طولی مطلق و ADT (متوسط ترافیک سالیانه)، می‌باشد که با مدل‌سازی تعداد تصادفات به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش عرض باند، درجه قوس افقی و شیب طولی موجب افزایش تعداد تصادفات و افزایش عرض شانه سبب کاهش تعداد تصادفات می‌گردد [Nasssiri and SharanNia, 1998].

خاکی و همکاران با استفاده از مدل‌های نرم‌افزار مدل‌سازی تصادفات IHSDM و بررسی سناریوهای مختلف و در نظر گرفتن پارامترهای طرح هندسی و ترافیک مسیر، علت در صد زیاد تصادفات را تعیین کرده‌اند که درنهایت با طبقه‌بندی تصادفات (جلو به جلو، جلو به پشت، پهلو به‌پهلو، ...) مشخص شده است که درصد بسیاری از تصادفات از نوع جلو به جلو (۲۰ درصد) و جلو به پشت (۳۷ درصد) است[Khaki, 2009] .

چوی و همکاران در پژوهشی در کره جنوبی تأثیر نوع زمین (ازلحاظ پستی‌وبلندی) را بر مدل‌سازی تصادفات بررسی نموده‌اند. این پژوهش ازآن‌جهت حائز اهمیت است که نوع زمین نقش مهمی در تعیین سرعت طراحی راه دارند. در این راستا آنالیزهای استاتیکی با مدل‌سازی رگرسیون عددی بر طبق متغیرهای مستقل راه مانند خصوصیات هندسی، نوع عوارض، طول خط مماس قوس، طول قوس، شعاع قوس و شیب قائم و متغیر وابسته تعداد تصادفات واقعی انجام داده‌اند. . طبق نتایج شعاع قوس افقی و طراحی صحیح میانه‌ها تأثیر قابل‌توجهی در هزینه تصادفات در مناطق هموار دارد و شیب قائم و عرض شانه در مناطق کوهستانی مؤثر می‌باشند [Choi, 2011].

آیتی و عباسی در پژوهشی در شهر مشهد به شناسایی عوامل مؤثر بر فراوانی و شدت تصادفات بزرگراه‌های درون‌شهری پرداخته‌اند و به‌عنوان مطالعه موردی از داده‌های تصادفات بزرگراه‌های شهری مشهد استفاده می شود. در این پژوهش، متغیر مستقل مدل‌ها شامل متغیرهای مربوط به جریان ترافیک و متغیرهای مربوط به طرح هندسی راه است. متغیرهای مربوط به جریان ترافیک شامل حجم و سرعت و متغیرهای مربوط به طرح هندسی راه شامل تعداد خط، تعداد قوس‌های افقی و تعداد راه‌های دسترسی بوده است. درنهایت نتایج پژوهش نشان داده است که شمار راه‌های دسترسی و قوس‌های افقی در بخش‌های بزرگ‌راه و حجم خودروهای غیر سواری سبک، نقش فزاینده‌ای در احتمال رخداد تصادفات دارد [Ayati, 2011] .

یو و عبدل در پژوهشی دیگر ضمن بررسی خصوصیات تصادفات آخر هفته و مقایسه با تصادفات روزهای عادی هفته، در مدل‌سازی تعداد تصادفات پژوهش، متغیر وابسته مدل را تعداد تصادفات آخر هفته و روزهای عادی و متغیرهای مستقل سه نوع شیب، لگاریتم میزان سفر وسایل برحسب مایل، ۳ خطه بودن راه، عرض میانه، درجه شیب افقی، نسبت طول قوس و طبقه‌بندی سرعت با متغیر صفر و یک، تعریف نموده‌اند. در نهایت تأثیر این پژوهش بر صنعت از طریق استفاده از عملکرد ایمنی برای شناسایی پیشرفت‌های بالقوه هندسی جهت کاهش تصادفات و نظارت بر زمان واقعی وقوع تصادفات جهت افزایش ایمنی ترافیک مشخص گردیده است[Yu, 2013].

حسین پور و همکاران در پژوهشی که در ٤٤٨ قسمت از ۵ فدرال کشور مالزی انجام داده‌اند و هدف از پژوهش خود را کاهش شدت و تعداد تصادفات رودررو بیان کرده‌اند، با توجه به متغیر وابسته تعداد تصادفات و متغیرهای مستقل طول راه، متوسط ترافیک روزانه وسایل نقلیه سبک، متوسط ترافیک

www.SID.ir

Archive of SID

روزانه وسایل نقلیه سنگین، سرعت مورد انتظار، عرض آسفالت شـــانه، عرض بدون آســـفالت شـــانه، تعداد قوس افقی در هر کیلومتر، نقاط د ستر سی، نوع منطقه[1] و یا سطح پی شرفت جاده اطراف، کاربری زمین و یا ســـطح فعالیت اطراف جاده، ۱ برای جاده بدون فعالیت، ۲ برای ســطح کم فعالیت و ۳ برای ســطح زیاد فعالیت ، تعداد خطوط راه، نوع زمین[2]، نوع میانه و جهت ا صطکاک[3] مدل سازی انجام داده‌اند. تعداد ت صادفات رودررو با گسترش و مقایسه هفت نوع مدل که عبارت‌اند از مدل پوآسون، دوجملهای منفی اســـتاندارد، مدل دوجمله‌ای منفی با تأثیر ت صادفی، مدل پوآ سون با مانع، مدل دوجمله‌ای منفی با مانع، مدل پوآســون صــفر آماســیده و مدل دوجمله‌ای منفی صــفر متورم مورد مدل‌سازی قرارگرفته‌اند. همچنین جهت مدل‌سازی شـــدت تصـــادفات مدل احتمالی تعمیم‌یافته با تأثیر تصـــادفی به کاربرده شده است. بر اساس نتایج تخمین زده‌شده برای ضرایب این مدل‌ها افزایش متغیرهای نقاط دســـترســـی، لگاریتم ترافیک ســـنگین، ت عداد قوس افقی و نوع زمین با عث افزایش ت عداد ت صادفات شده و افزایش متغیرهای عرض آ سفالت نشده شانه، عرض آ سفالت شده شانه و سرعت مورد انتظار باعث کاهش تعداد تصادفات می‌شود[Hosseinpour, 2014].

لی و لای ق صد دا شته‌اند در پژوهش انجام داده شدت آ سیب رانندگان را در تصادفات تک وسیله‌ای و دو وسیله‌ای بررسی و تأثیرات متغیرهای وصـــفی را با ســـایر متغیرها در تصـــادفات مقایسه کنند. اطلاعات به‌کاربرده شده در مدل سازی ت صادفات شـــامل داده‌های تصـــادفات، داده‌های حجم ترافیک و داده‌های هندســی راه اســت. ویژگی‌های هندســی مســیر شــامل ســرعت محدودکننده، تعداد خطوط، جریان آب، نوع میانه، نوع شـــانه، عرض شانه میانه، عرض میانه، عرض شانه، عرض سطح، نوع زمین، شرایط کنترل ترافیک، مواد رویه مسیر، نوع مسیر و جدا بودن یا نبودن دو طرف جاده است وخصوصیات ترافیکی شامل حجم ترافیک و درصد ماشین سنگین است[Lee,2014] .

باســانی وهمکاران تاثیر طرح هندســی جاده و مقررات رانندگی را بر روی سرعت انتخابی رانندگان که تاثیر عمده‌ای بر شدت تصـــادفات دارد، بررســـی کردند. نویســـندگان در این مقاله از ســـرعت ۸۵م[4] در راه‌های شـــریانی و جمع‌کننده شـــهری برای مطالعه ا ستفاده کردند. نویسندگان در مطالعات خود پارمترهایی نظیر تابلوهای کنترل سرعت، تعداد جهت‌های حرکت راه (نوع راه)[5]، عرض کلی راه در هر جهت، تعداد خطوط در هر جهت، عرض هر خط، قســمت‌های مســتقیم و قوس‌ها، شــعاع قوس، عرض شانه، عرض میانه راه، محل قرار گیری خط در هر جهت (خط شـــماره ۱، ۲ و...)، حضـــور خط ویژه تاکســـی، اتوبوس، پارک حاشـــیه‌ای و پیاده‌رو در حاشـــیه راه، چگالی راه‌های جدا شـــده از راه اصـــلی، چگالی راه‌های پارکینگ منازل، چگالی ت قاطعات، خطوط عابرپیاده و تجهیزات روان‌ســـازی جر یان ترافیک را مورد بررسی قرار دادند. نویسندگان سه رویکرد آنالیز رگرسیون مرکب ساده، آنالیز کواریانس[6] شامل تاثیرات تصادفی برروی همان متغیرهای رویکرد شـــماره ۱وآنالیز کواریانس با تاثیرات تصـــادفی و انتخاب متغیرهای جدید اســـتفاده کرده اند. برطبق این تحقیق بی شترین عوامل تاثیر گذار بر سرعت شامل محل قرارگیری خط حرکت در هر جهت حرکتی و تعداد جهت های حرکت راه می‌باشـــند و در مدل کالیبره شـــده از تاثیرات تصـــادفی ســـرعت تاثیر تابلوهای کنترل ســـرعت ناچیز در نظر گرفته شده ا ست. تطابق بین تابلوهای کنترل سرعت، سرعت طراحی (شـــرایط طرح هندســـی مســـیر) و ســـرعت عملکردی پی شنیاز شرایط ایمن ترافیک می‌با شد. این مقاله در نهایت بیان می‌کند که برطبق مطالعات پیشین آنالیز رگرسیون مرکب خطی[7] فقط مجموعه محدودی از متغیرها که وابســـتگی شـــدیدی به سرعت دارند را وارد مدل می‌کند و پیشنهاد می شود که از مدل تاثیرات تصادفی[8] استفاده شود[Bassani, 2014].

ســـینگ و همکاران، در مقاله‌ای کاربرد مدل‌های M5 tree و مدل رگرســـیون دوجمله‌ای منفی با اثرات تصـــادفی و مدل رگرسیون دو جمله‌ای منفی با اثرات ثابت را برای تصادفات در

www.SID.ir

Archive of SID

نواحی غیر شهری بزرگراهی بررسی کردند. داده‌های تصادفات ۲ تا ٦ سال از داده‌های پلیس در مقاطع مختلف ۸ قسمت بزرگراهی محلی جمع‌آوری شده است و داده‌های مربوط به طرح هندسی جاده، ترافیک و محیط جاده از طریق مشاهدات میدانی جمع‌آوری شد؛ آنها برای این جمع‌آوری، بزرگراه‌ها را به ۲۲۲ مقطع با کاراکترهای طرح هندسی یکسان و معین تقسیم کردند. نتایج نشان‌داد که همه مدل‌های مذکور در ترم‌های ضرایب همبستگی[9] و در میزان خطای ریشه میانگین توان‌های دوم[10] مقایسه خوبی انجام دادند. اما مدل M5 tree یک مدل ساده خطی به دست می داد که تفسیرش ساده‌تر و بینش بهتری به انسان می‌دهد البته اگر تنها هدف مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات باشد. نویسندگان در مدل خود تعداد تصادفات را به عنوان متغیر وابسته و متغیرهایی نظیر متوسط روزانه ترافیک سالینه (AADT)، طول مقطع، عرض مسیر[11]، عرض شولدر آسفالته، عرض میانه، تعداد دسترسی‌های به راه، تعداد قوس‌های افقی، تعداد باز شوهای میانه راه، طول سرویس‌دهی راه، درصد کامیون‌ها در ترافیک، درصد سواری‌ها در ترافیک، تعداد جاده‌های پارکینگ و واحدهای تجاری در طول مسیر، تعداد پل‌ها و آبروهای مسیر، صدک سرعت ۹۸ام و انحراف معیار سرعت را به عنوان متغیرهای مستقل درنظر گرفتند. نتایج پژوهش بدین شرح است که با افزایش در هریک از المان‌های حجم ترافیک، طول مقطع، انحراف معیار سرعت، طول جاده و تعداد دسترسی‌ها تعداد تصادفات افزایش می‌یابند درحالی‌که با افزایش در عرض شانه رو سازی شده مقدار تصادفات کاهش می‌یابد[Singh, 2016].

هَمدار و همکاران تاثیر شرایط مختلف طرح هندسی جاده و هوا برکیفیت رفتار رانندگی را بررسی کردند. نویسندگان براین عقیده بودند که شرایط مختلف آب‌وهوایی و طرح‌هندسی می‌تواند منجر به تغیر در ظرفیت و اختلالات ترافیکی شود و رفتار رانندگان را در سطح میکرو، ایمنی و شلوغی را در سطح ماکرو بررسی کردند. یافته‌های کلی در سطح ماکرو نشان می‌دهد که اختلالات بینایی، بارش و دمای بیش از حد بر روی رفتار رانندگان و قدرت مانور آن‌ها تاثیرگذار است. از نتایج پژوهش تعیین دقیق میزان تاثیر پذیری سرعت و نرخ تصادفات از طرح هندسی جاده شامل عرض باند، عرض شانه و روسازی آن، شیب جاده، انحنای قوس، شعاع قوس، قوس های مقعر و محدب، وجود میانه و موانع فیزیکی جداکننده دو طرف جریان ترافیک وجود میانه است[Hamdar, 2016].

گاراچ و همکاران در مقاله خود نحوه ارزیابی برازش مدل‌ها برای انواع نمونه ها را بررسی کردند. نویسندگان برای ارزیابی و کالیبره‌کردن مدل‌شان از آنالیز باقی‌مانده تجمعی[12] استفاده نمودند. نویسندگان معتقدندکه قطعه‌بندی نمونه دقت مدل و تعداد متغیرهای معنی‌دار را بالا می‌برد. وقتی توابع عملکردی ایمنی[13] توسعه می یابند مدل‌های کامل[14] که در آن‌ها نمونه را قطعه‌بندی شده نسبت به مدل‌های عمومی صرفه‌جو[15]، بینش بهتری به محقق می‌دهند. در این مقاله مدل‌های عمومی شده[16] و ناهمگن مشاهده نشده[17] بررسی شده اند [Garach, 2016].

۲. معرفی متغیرهای مدل‌سازی

در این پژوهش، اطلاعات مشخصات هندسی مسیر از جمله، اطلاعات قوس های افقی، شیب عرضی، قوس های قائم، توپوگرافی منطقه و اطلاعات مربوط به پل‌های مسیر، با استفاده از نقشه‌های دقیق پلان و پروفیل طولی مسیرها اخذ شده از اداره راه و شهرسازی و اطلاعات دسترسی و کاربری‌های اطراف راه با استفاده از نقشه های نرم‌افزار Google earth و اطلاعات تصادفات بر اساس کیلومتر ثبت تصادف از ابتدای محور جمع‌آوری شده‌اند. جهت بهره‌وری مناسب از این اطلاعات، ابتدا هریک از محورها، به قطعاتی به طول ۵ کیلومتر تقسیم‌شده و اطلاعات مذکور در این قطعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مبدأ هر یک از محورها، با کمک مسئولین اداره حمل‌ونقل و پایانه‌های استان به‌دست‌آمده و اطلاعات دسترسی در قطعه‌های ۵ کیلومتری نسبت به مبادی دقیق به‌دست‌آمده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

مشـــخص کردن مبدأ ازلحاظ تطبیق اطلاعات تصـــادفات با اطلاعات طرح هند سی راه، حائز اهمیت ا ست. با برر سی دقیق نقشـــه ها، ابتدا داده‌های اولیه شـــامل فراوانی تصـــادفات، طول، شـــعاع و تعداد قوس‌های افقی، دور، تپه‌ماهوری یا کوهســـتانی بودن منطقه (به صورت متغیرهای صفر و یک)، شیب طولی و طول قوس های قائم، طول و تعداد پل، تعداد، نوع و وجود دسترسی (وجود دسترسی به صورت متغیرهای صفر و یک) و نوع منطقه (مســـکونی و مزارع)، در قطعات ۵ کیلومتری مســـیر (شامل دو محور راه اصلی و محور بزرگراهی)، جمع‌آوری شده و ســـپس متغیرهای موثر به صـــورت جدول ۱ از این داده ها به دســـت آمده اســـت. جهت بررســـی مناســـب‌ترین متغیرها جهت مدل‌ســـازی، در ابتدا همبســـتگی بین تعداد تصـــادفات و متغیرها بررسی شد که نتایج در جدول ۱ آورده شده‌اند.

شکل ۱. عکس‌هوایی محوررفسنجان- انار جهت شناسایی مبادی محورها، دسترسی و کاربری اطراف راه

جدول ۱. نتایج همبستگی متغیرها با تعداد تصادف

متغیر	توضیح	همبستگی با تعداد تصادف Pearson Correlation	معناداری Sig. (2tailed)
max.lc	بیشترین طول قوس افقی	۰/۱۸۹	۰/۱۸۵
sum.lc	مجموع طول قوس افقی	۰/۳٤۱*	۰/۰۱٤
min.r	حداقل شعاع قوس افقی	-۰/۲۸۳*	۰/۰٤٤
ave.r	متوسط شعاع قوس افقی	-۰/۲٦٦	۰/۰۵۹
N.ho.a	تعداد قوس افقی	۰/۲٦٦	۰/۰۵۹
sum.ve.l	مجموع طول قوس قائم	۰/۲۸۲	۰/۱۳۹
N.ve.a	تعداد قوس قائم	۰/٦٦۸**	۰/۰۰۱
dl/l	مجموع دور در طول قوس بر مجموع طول قوس	۰/۰٦٤	۰/۷۳۵
ave.d	متوسط بربلندی	۰/۱۷	۰/۳۷

www.SID.ir

Archive of SID

متغیر	توضیح	همبستگی با تعداد تصادف Pearson Correlation	معناداری Sig. (2tailed)
max.d	بیشترین بربلندی	۰/۱۳۵	۰/٤۷۸
rl/l	مجموع شعاع در طول قوس بر مجموع طول قوس	-۰/۲۰۳	۰/۱٥٤
de.roll	وجود تپه ماهور	۰/۱۰۲	۰/٤۷٤
de.moun	وجود کوهستان	۰/۲۸۲*	۰/۰٤۳
ave.lo.s	متوسط شیب طولی منطقه	۰/۷۱۰**	۰/۰۰۱
ave.to.va.s	متوسط اختلاف شیب طولی کل	۰/٤۲٤*	۰/۰۱٦
ave.ve.va.s	متوسط اختلاف شیب طولی قوس قائم	۰/٥۹۰**	۰/۰۰۱
max.ve.l	بیشترین طول قوس قائم	-۰/۰٥	۰/۷۹۹
max.l.bri	بیشترین طول پل	-۰/۰۰٤	۰/۹۸۱
ave.l.bri	متوسط طول پل	۰/۰۱	۰/۹٤٦
N.bridge	تعداد پل	۰/۳٤۹*	۰/۰۱٦
flat	دشت بودن متوسط شیب طولی	-۰/٦۲۹**	۰/۰۰۱
rolling	تپه ماهوری متوسط شیب طولی	۰/٦۲۹**	۰/۰۰۱
de.flat	وجود دشت	-۰/۰۹۲	۰/٥۹۷
de.pro.acc	وجود دسترسی محافظت نشده	۰/۲٥۲	۰/۰۷۱
N.un.pro.acc	تعداد دسترسی محافظت نشده	۰/٥۳٤**	۰/۰۰۱
de.acc	وجود دسترسی	۰/۲۷۲	۰/۰٥۱
N.u-turn	تعداد دوربرگردان	۰/۰٤	۰/۸٤۲
N.acc.u	تعداد دسترسی و دوربرگردان	۰/٥٥۲**	۰/۰۰۱
N.access	تعداد دسترسی	۰/٥۳۷**	۰/۰۰۱
de. residential	وجود منطقه مسکونی	۰/۲٦۸	۰/۰٥٥
de.frams	وجود مزارع	۰/۰۹۹	۰/٤۸۳
de.u-turn	وجود دوربرگردان	-۰/۰۰٤	۰/۹۷۸

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed), **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

وجود قوس افقی باعث افزایش تعداد تصادفات می‌شود. با افزایش شعاع قوس تعداد تصادفات کاهش می‌یابد و با افزایش مناطق دشت، تعداد تصادفات کاهش می یابد. قوس قائم تأمین‌کننده مسافت دید کافی و تخلیه مناسب آب سطحی است که در صورت عدم طراحی مناسب این قوس‌ها و به تبع آن افزایش متوسط اختلاف شیب طولی در قوس‌ها و محل‌هایی غیر از قوس، که اختلاف شیب طولی کمتر از ۰/۵ در صد بوده و نیاز به قوس قائم نبوده است، تعداد تصادفات افزایش می‌یابد. افزایش شیب طولی زمین و به تبع آن افزایش مناطق تپه‌ماهوری و کوهستانی، باعث کاهش سرعت حرکت وسایل نقلیه و افزایش تعداد تصادفات می‌گردد. افزایش تعداد پل باعث افزایش قسمت‌های بدون شانه مسیر می‌گردد که این مورد خود باعث افزایش تصادفات می‌شود. افزایش تعداد دسترسی، تعداد تکرار و نوع واکنش راننده را افزایش می‌دهد که به نوع خود، باعث افزایش تعداد تصادفات می‌شود. حال اگر این دسترسی‌ها از نوع محافظت نشده، دارای باند مخصوص ورود وسایل از

www.SID.ir

Archive of SID

فرعی به مسیر اصلی نباشند، نوع واکنش راننده شدیدتر و به تبع آن تعداد تصادفات بیشتر می‌گردد. دراین‌بین وجود مناطق مسکونی هم باعث افزایش دسترسی به جاده شده و تصادفات را زیاد می‌کند.

٤. روش انجام پژوهش

٤-١ مدل‌سازی رگرسیون خطی ساده

در این پژوهش مدل‌های رگرسیون خطی یک‌بار بدون ساخت عامل و یک بار با در نظر گرفتن عوامل، موردبررسی قرار می‌گیرند. جهت ساخت مدل رگرسیون خطی بدون ساخت عامل، ابتدا تمامی متغیرهای همبسته وارد مدل می‌شوند و متغیرهای نامناسب، با معناداری کم ($sig>0.05$) و عامل تورم واریانس زیاد[18] ($VIF>>1$)، به ترتیب از مدل خارج می شوند که مناسب‌ترین مدل به دست آید. عامل توم واریانس نشان می‌دهد که واریانس ضرایب تخمینی تا چه حد نسبت به حالتی که متغیرهای تخمینی، هم‌بستگی خطی ندارند، متورم شده است [Debson and Barnett, 2008][19]

این نتایج ناشی از آن است که متغیرها به علت پوشش دادن یکدیگر از شرایط معناداری مناسبی برخوردار نیستند و نیاز به خارج کردن متغیرهای اضافی می‌باشد. جهت بررسی دقیق نتایج حاصل از مدل، نمودار مقادیر پیش‌بینی- واقعی مدل با در نظر گرفتن خط y=x و محاسبه شاخص برازش R^2، رسم گردیده است.

شاخص برازش R^2 نسبت به خط y=x از رابطه (١) محاسبه می‌گردد.

$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\bar{y})^2} \qquad (١)$$

که در آن y_i، مقادیر تصادفات واقعی و $\hat{y}_i$، مقادیر تصادفات پیش‌بینی‌شده بر اساس مدل و $\bar{y}$، میانگین تصادفات واقعی است. هرچه، مقادیر این شاخص بیشتر باشد نتایج پیش‌بینی‌شده براساس مدل به مقادیر واقعی مشاهده شده نزدیک‌تر است [فروند[20] و دیگران، ١٣٨٢]. همچنین درصد خطای نسبی جهت ارزیابی بهتر مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.. درصد خطای نسبی از رابطه (٢) محاسبه می‌گردد [Gojarati[21]، 1994].

$$\varepsilon=\left|\frac{A-B}{A}\right|\times 100 \qquad (٢)$$

٤-٢ تحلیل عاملی

یکی از روش های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها، روش تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی است. از این روش برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها درزمانی که تعداد متغیرهای موردبررسی زیاد و روابط بین آن‌ها ناشناخته باشد، استفاده می‌شود. مزیت این روش از این لحاظ است که هم‌بستگی بین متغیرها که سبب عدم معناداری متغیرها در مدل می‌شود، با عامل‌سازی پوشش داده شده و تمام متغیرهای مرتبط در قالب یک متغیر وارد مدل می‌شوند که ضمن کاهش تعداد متغیرها و کاهش روند مدل‌سازی، نتایج به گونه مناسبی ارائه می‌گردد. در تحلیل عاملی نمره فرد i در متغیر j را می‌توان به‌عنوان مجموع ضرایب نمره‌ها در تعداد کمتری از متغیرهای حاصل که عوامل نامیده می‌شوند، تعریف کرد. هر عامل، ترکیب خطی متغیرهاست و بر پایه رابطه (٣) برآورد می‌شود.

$$Z_{ji}=a_{j1}F_{1i}+\ldots+a_{jm}F_{mi}+d_jU_{Ji} \qquad (٣)$$

که در آن Z_{ji} نمونه معیار فرد iام در متغیر jام است. F_{1i} نمونه معیار فرد i در اولین عامل مشترک و F_{mi} نمره معیار وی در mامین عامل مشترک است. عبارت U_{Ji} نمره معیار فرد i در چیزی است که عامل اختصاصی نامیده می‌شود یعنی عاملی که تنها در یک متغیر واحد موجود است که در این مورد متغیر j است. ضرایب a_{jm} بارهای عاملی هستند. این‌ها ضرایبی هستند که به نمره‌های عامل مشترک نسبت داده می شوند. ضریب d_j وزنی است که به نمره‌های عامل اختصاصی، اختصاص می‌یابد [Zare, 1990].

www.SID.ir

Archive of SID

٤-٣ مدل‌سازی رگرسیون خطی تعمیم یافته

رگر سیون خطی معمولی، به دنبال ایجاد ارتباط خطی بین متغیر پاسخ و مجموعه‌ای از متغیرهای توضیح‌دهنده است. در بسیاری از مسائل کاربردی متغیر پاسخ، توزیع غیر نرمال دارد و استفاده از مدل‌های خطی امکان‌پذیر نیست. در چنین مواقعی، از برازش مدل‌های خطی تعمیم‌یافته برای تحلیل داده‌ها می‌توان اســتفاده کرد. دو مدل بااهمیت پوآ سون و دوجمله‌ای منفی در این گروه از مدل‌سازی‌ها قرار می‌گیرند.

مدل‌های خطی تعمیم‌یافته دارای ویژگی‌های کلی زیر هستند:

- متغیر های پاســخ $Y_i \;\; i=1,2,...,n$، مســتقل با میانگین‌های $\mu_1,...,\mu_n$ و واریانس‌های $\sigma_1,...,\sigma_n$، هستند،
- متغیر Y_i، دارای توزیعی از خانواده نمایی است.
- قسمت پیشگویی‌کننده خطی مدل به صورت رابطه (٤) تعریف می‌شــود که شــامل متغیر های توضــیحی $x_1,...,x_k$ اســت. درواقع متغیرهای توضــیحی را که به‌عنوان پیش‌گویی کننده ها در مدل به کاررفته‌اند، مشخص می‌کند.

$$\theta=\beta_0+\beta_1 x_1+...+\beta_k x_k \qquad (٤)$$

- میانگین μ_i را می‌توان توســط یک تابع معلوم یکنوا و مشتق‌پذیر از میانگین، به نام تابع پیوند، مدل سازی کرد. این تابع، میانگین پاسخ را در پیشگویی‌کننده خطی برای مقادیر $i=1,2,...,n$ به‌صورت $\theta_i=g(\mu_i)$، بیان می‌کند. درواقع چگونگی ارتباط میانگین پاســخ را با متغیرهای توضــیحی در معادله پیش‌گویی کننده خطی،مشــخص می‌کند، طبق رابطه (٥).

$$\mu_i=E(y_i)=g^{-1}(\theta_i)=g^{-1}(x_i\beta) \qquad (٥)$$

- واریانس y تابعی از میانگین آن است. در مدل‌های خطی تعمیم یافته، فرض خانواده نمایی ایجاب می‌کند که وار یانس مؤلفه های y برحســب میانگین با تابعی به صورت رابطه (٦) مشخص شوند. که در آن v، تابع واریانس اســت و توســط تابع احتمال خاص تعیین می‌گردد.

$$\sigma_i^2=var(y_i)=v_i=v(\mu_i) \qquad (٦)$$

در این پژوهش مدل‌های رگرســیون خطی تعمیم‌یافته شــامل مدل‌های پوآسون و دوجمله‌ای منفی نسبت به اطلاعات هندسی محورها و تعداد تصــادفات در قطعات ٥ کیلومتری با ســاخت عامل و بدون ساخت عامل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مشــابه قســمت مدل‌ســازی‌های خطی در ابتدا همه متغیرهای همبسته وارد مدل می شوند و به ترتیب متغیرهای نامناسب، با معناداری کم و ضریب متغیر منفی، از مدل خارج می شوند. در مقایســه نتــایج مــدل‌هــای پوآســون و دوجملــه‌ای منفی ازشــاخص های AIC[٢٢] و BIC[٢٣] و مقدار لگاریتم بیشــینه درست نمایی استفاده گردیده است. در واقع می‌توان این‌گونه بیان نمود که هر چه مقدار لگاریتم بیشینه‌ی درست نمایی مدلی بزرگتر باشــد ومقادیر شــاخص‌های AIC و BIC برای مدلی کمتر باشد، تناسب برازش مدل به داده‌ها بیشتر خواهد بود. این شاخص ها از روابط (٧ و ٨) محاسبه می‌گردند.

$$AIC=-2LL+2P \qquad (٧)$$

$$BIC=-2LL+P(\ln(n)) \qquad (٨)$$

که در این معادلات LL، لگاریتم بیشینه درست‌نمایی، p، تعداد پارامترهای مدل و n، تعداد مشــاهدات اســت. روش کار بدین صورت است که اگر اختلاف شاخص AIC دو مدل کمتر از ٢/٥ باشد دو مدل تفاوت زیادی ندارند و اگر این اختلاف بیشتر از ٢/٥ باشــد مدلی با مقدار کمتر شــاخص AIC انتخاب می گردد

٥. نتایج مدل‌سازی

٥-١ نتایج تحلیل عاملی

در این پژوهش از بین متغیرهای همبســته با تعداد تصــادفات نسبت به ساخت عامل اقدام گردیده و چهار عامل و یک متغیر با توجه به نتایج نرم افزار وارد مدل می‌گردند. ویژگی‌های قوس افقی، ویژگی‌های قوس قائم، نوع منطقه و دســترســی (شــامل

www.SID.ir

Archive of SID

وجود مناطق مسکونی) به‌عنوان عامل انتخاب می شوند و متغیر تعداد پل هم به‌صورت جداگانه به علت ناهمبسته بودن این متغیر با عوامل فوق‌الذکر وارد مدل می‌گردد. نتایج همبستگی عامل‌های چهارگانه و یک متغیر با تعداد تصادفات در جدول ۲ آورده شده است. عامل ۱ (factor 1)، ویژگی‌های قوس قائم شامل متغیرهای تعداد قوس افقی، حداقل شعاع قوس و مجموع طول قوس افقی در هرقطعه ۵ کیلومتری، عامل ۲ (factor 2)، ویژگی های قوس قائم شامل متغیرهای تعداد قوس قائم و متوسط اختلاف شیب طولی قوس‌های قائم، عامل ۳ (factor 3)، با متغیرهای اختلاف شیب طولی منطقه، وجود کوهستان و تپه ماهوری متوسط شیب طولی زمین با شیبی بیشتر از ۳ درصد و کمتر از ۵ درصد و عامل ٤ (factor 4)، شامل متغیرهای تعداد دسترسی و دوربرگردان، تعداد دسترسی محافظت نشده و وجود مناطق مسکونی می‌باشد. در ادامه روند مدل‌سازی خطی، ٤ عامل و یک متغیر وارد مدل می‌شوند.

۵-۲ نتایج مدل‌های رگرسیون خطی ساده

نتایج بررسی مدل‌های رگرسیون خطی ساده، با وارد کردن تمامی متغیرها در مرحله اولیه مدل‌سازی، در جدول ۳، مدل خطی (۱-۱)، آورده شده است. در ادامه روند مدل‌سازی متغیرهای نامناسب از مدل خارج شده و درنهایت مدل خطی (۱-۲)، به دست آمده است. در این مدل متغیرهای تعداد قوس افقی و تعداد قوس قائم، با معناداری مناسب بر اساس آزمون t معتبر هستند. شاخص برازش نتایج مدل نسبت به خط y=x ، ۰/٦۰ می‌باشد. همچنین درصد خطای نسبی جهت ارزیابی بهتر مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. که مقدار در صد خطای نسبی مدل رگرسیون خطی ساده (۱-۳)، مقداری برابر با ۸۲/۷۰ درصد به‌دست‌آمده است.

جهت برآورد مدل‌ها با عامل‌هایی ساخته‌شده از متغیرهای مناسب، چهار عامل و یک متغیر، در این مرحله در مدل‌سازی رگرسیون خطی با ساخت عوامل مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج روند مدل‌سازی در جدول ۳ آورده شده است. با واردکردن همه متغیرها (در این مورد عامل‌های ساخته شده از مدل‌ها) در مدل، مدل خطی عاملی (۲-۱) و با حذف متغیرهای نامناسب ، مدل‌های خطی عاملی (۲-۲) و (۲-۳) به دست می آید. با بررسی معناداری متغیرها، شاخص برازش مدل، مجموع مربعات باقی‌مانده مدل (MSE) ، نمودارهای مقادیر پیش‌بینی واقعی با توجه به خط y=x با در نظر گرفتن شاخص برازش R^2 مدل (۲-۳) به عنوان بهترین مدل در این مقایسه اعتبارسنجی می‌گردد.

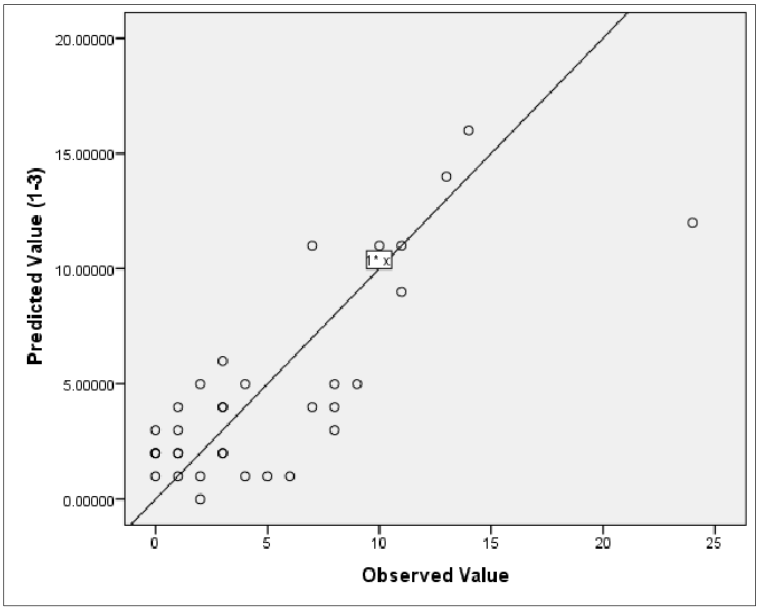
جدول ۲. نتایج همبستگی عامل‌های چهارگانه و یک متغیر با تعداد تصادفات

N.bridge	factor 4	factor 3	factor 2	factor 1	N.Accident		
0.349*	0.545**	0.753**	0.689**	0.352*	1	Pearson Correlation	N.Accident
0.016	0.000	0.000	0.000	0.011		Sig. (2-tailed)	
47	39	33	29	51	52	N	

*. Correlation is significant at the 0/05 level (2-tailed).
**. Correlation is significant at the 0/01 level (2-tailed).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نتایج مقادیر پیش‌بینی-واقعی مدل خطی ساده (۱-۳)

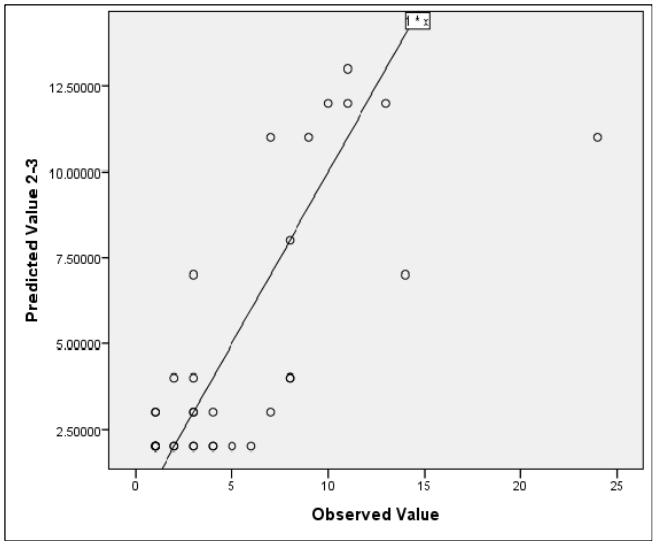
جدول ۳. نتایج روند مدل‌سازی با توجه به عامل‌های چهارگانه و یک متغیر

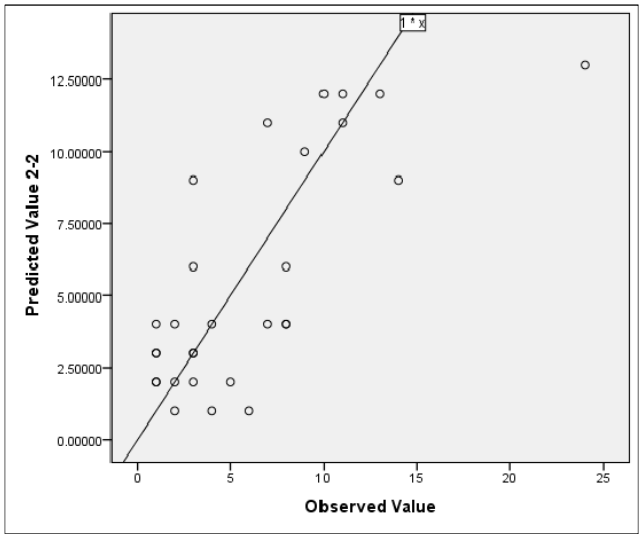
MSE	MSR	Sig	F	R Square	VIF	Sig	t	ضرایب (B)	متغیر
					مدل خطی (۱-۱)				
					47.844	0.645	0.469	2.406	**(Constant)**
					2.471	0.487	0.711	0.564	**N.ho.a**
					5.773	0.583	0.560	0.000	**min.r**
					7.683	0.229	-1.252	-0.0036	**max.lc**
					9.981	0.313	1.042	0.428	**N.ve.a**
					9.391	0.495	0.699	129.797	**ave.ve.va.s**
219.4	635.5	0.007	3.86	0.743	14.715	0.554	-0.605	-125.952	**ave.to.va.s**
					67.753	0.785	0.278	47.208	**ave.lo.s**
					18.548	0.88	-0.144	-2.281	**de.moun**
					1.981	0.732	0.349	2.90	**Rolling**
					2.409	0.683	-0.416	-0.0912	**N.bridge**
					6.264	0.950	-0.064	-0.0336	**N.acc.u**
					47.844	0.568	0.583	2.972	**de.residential**
					...				
					مدل خطی (۱-۲)				
345.25	1463.7	0.000	67.8	0.809	3.775	0.002	3.345	0.485	**N.ho.a**
					3.775	0.007	2.875	۰/380	**N.ve.a**
					مدل خطی عاملی (۲-۱)				
26.88	66.24	0.074	2.77	0.558		0.365	0.945	4.091	**(Constant)**
					5.157	0.606	0.530	1.403	**factor 1**

www.SID.ir

Archive of SID

					5.247	0.729	0.355	1.099	**factor 2**
					5.253	۰/489	۰/716	2.058	**factor 3**
					2.228	0.918	-0.106	-0.191	**factor 4**
					1.779	0.646	0.472	0.161	**N.bridge**
					...				
					مدل خطی عاملی (۲-۲)				
						0.000	8.013	6.32	**(Constant)**
11.94	221.2	0.000	18.5	0.588	2.275	0.115	1.631	1.888	**factor 2**
					2.275	0.013	2.667	2.944	**factor 3**
					مدل خطی عاملی (۲-۳)				
						0.000	8.713	6.165	**(Constant)**
11.32	459.0	0.000	40.54	0.567	1.000	0.000	6.367	4.354	**factor 3**





شکل ۲. مقایسه نمودارهای نتایج مقادیر پیش‌بینی- واقعی مدل خطی عاملی (۲-۲) (چپ) و مدل خطی عاملی (۲-۳) (راست)

www.SID.ir

Archive of SID

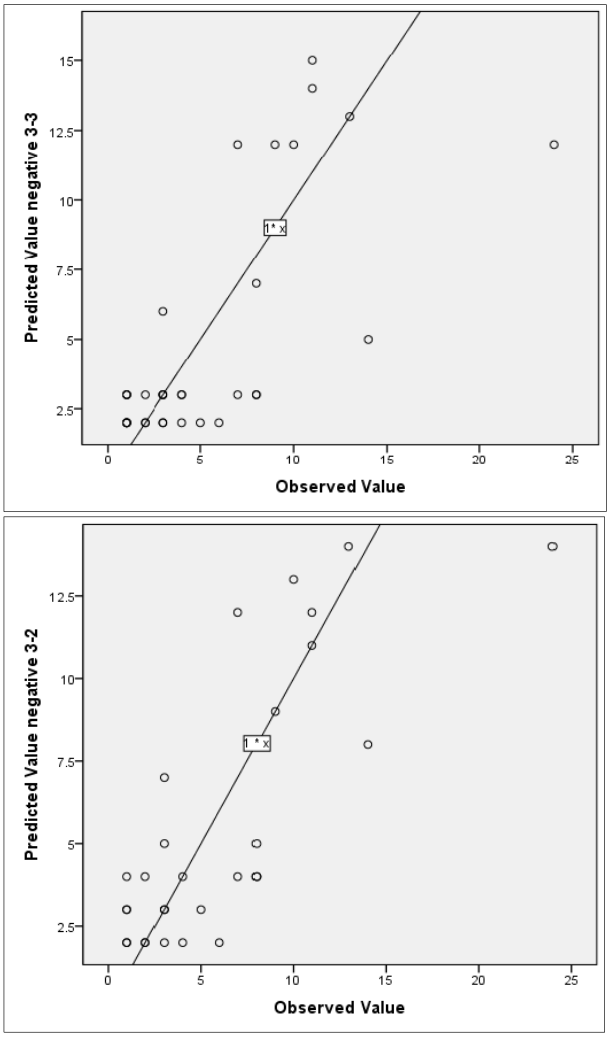
۵-۳ نتایج مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم یافته

در بررسی مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم‌یافته، دو مدل پوآسون (۱-۲) و دو جمله‌ای منفی (۱-۳)، به عنوان بهترین مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم‌یافته بدون ساخت عامل با خارج کردن متغیرهای نامناسب مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در مقایسه این دو مدل، مدل پوآسون با شاخص‌های AIC و BIC کمتر (اختلاف شاخص AIC بیشتر از ۲/۵) و مقدار لگاریتم بیشینه در ستنمایی بیشتر، نسبت به مدل دوجمله‌ای منفی ارجحیت دارد. مدل پوآسون با شاخص برازش بیشتر خط $y=x$ و درصد خطایی با اختلاف ناچیز نسبت به مدل دوجمله‌ای منفی، به‌عنوان بهترین مدل در این قسمت انتخاب می‌گردد که طبق آن متغیرهای تعداد قوس قائم، شیب طولی منطقه و متوسط اختلاف شیب طولی در قوس‌های قائم، باعث افزایش تعداد تصادفات می‌گردند. در ادامه روند مدل‌سازی خطی تعمیم‌یافته، مدل‌های با متغیرهایی به صورت چهار عامل و یک متغیر، مورد بررسی قرار گرفته‌اند که با خارج کردن متغیرهای نامناسب مدل پوآسون (۲-۲) به دست می‌آید. در این مدل همه متغیرها در شرایط معناداری مناسبی قرارگرفته‌اند و معناداری کلی مدل (تست عمومی، Omnibus Test) هم مطلوب است. در بررسی مدل دوجمله‌ای منفی، با حذف متغیرهای نامناسب و با توجه به شاخص‌های AIC و BIC (اختلاف مقدار AIC بیشتر از ۲/۵)، نمودارهای مقایسه و برازش با خط $y=x$ و خطای نسبی، مدل (۳-۲) از بیشترین اعتبار برخوردار است که نتایج این مدل سازی در جدول ٤ آورده شده است.

مقایسه نتایج مدل‌های برتر پوآسون و دوجمله‌ای منفی در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول مقایسه دو مدل پوآسون (۲-۲) و دوجمله‌ای منفی (۳-۲)، شاخص‌های پیچیدگی مدل (AIC و BIC کمتر و اختلاف شاخص AIC بیشتر از ۲/۵) برای مدل پوآسون کمتر می‌باشند که نشان‌دهنده این موضوع است که مدل پوآسون با توجه به نتایج مدل‌سازی معتبرتر است. از طرفی ازلحاظ شاخص‌های نتیجه‌گیری دو مدل، مدل پوآسون با شاخص برازش بهتر نسبت به مدل دوجمله‌ای منفی و اختلاف ناچیز درصد خطای نسبی، عملکرد بهتری از خود نشان داده است که در این مرحله از مدل سازی مدل پوآسون (۲-۲) به‌عنوان مدلی با اعتبار بیشتر انتخاب می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. مقایسه نمودارهای مقادیر پیش‌بینی- واقعی مدل دوجمله‌ای منفی (۳-۲) (چپ) و مدل دوجمله‌ای منفی (۳-۳) (راست)

جدول ٤. نتایج روند مدل‌سازی پوآسون و دوجمله‌ای منفی با توجه به عامل‌های چهارگانه و یک متغیر

Omnibus Test				Value/df					
Sig	Likelihood Ratio Chi-Square	BIC	AIC	Log Likelihood	Pearson Chi-Square	Deviance	Sig	B	Parameter
مدل پوآسون (۱-۲)									
.000	66.922	153.554	148.085	-70.043	1.717	1.742	.001 .066 .038 .001	.75 .0396 16.67 21.57	(Intercept) N.ve.a ave.ve.va.s ave.lo.s
مدل دوجمله‌ای منفی (۱-۳)									
.010	9.153	167.764	163.662	-78.831	.289	.303	.047 .378 .085	.89 19.01 29.00	(Intercept) ave.ve.va.s ave.lo.s
مدل پوآسون (۲-۱)									
.000	48.22	105.073	100.073	-44.037	2.782	2.586	.000 .357 .274 .199	1.44 .0204 .206 .277	(Intercept) factor 1 factor 2 factor 3

www.SID.ir

Archive of SID

Omnibus Test				Value/df					
Sig	Likelihood Ratio Chi-Square	BIC	AIC	Log Likelihood	Pearson Chi-Square	Deviance	Sig	B	Parameter
							.217	.25	factor 4
							.961	-.0072	N.bridge
				...					
				مدل پوآسون (۲-۲)					
							.000	1.792	(Intercept)
.000	68.029	144.08	144.978	-69.489	1.621	1.632	.007	.34	factor 2
							.000	.402	factor 3
				مدل دوجمله‌ای منفی (۳-۱)					
							.226	1.23	(Intercept)
							.578	.318	factor 1
.298	6.181	114.866	109.867	-48.933	.427	.397	.923	.065	factor 2
							.732	214	factor 3
							.966	.0168	factor 4
							.590	.042	N.bridge
				...					
				مدل دوجمله‌ای منفی (۳-۲)					
							.000	1.792	(Intercept)
.000	9.245	167.672	163.57	-78.785	.281	.299	.470	.25	factor 2
							.168	.475	factor 3
							.002	.692	factor 3

جدول ۵. مقایسه نتایج دو مدل پوآسون (۳-۲) و دوجمله‌ای منفی (۳-۲)

		Omnibus Test					
درصد خطای نسبی	شاخص برازش R^2	Sig	Likelihood Ratio Chi-Square	BIC	AIC	Log Likelihood	مدل
82.28	0.68	.000	68.029	144.08	144.978	-69.489	پوآسون (۲-۲)
82.11	0.65	.000	9.245	167.672	163.57	-78.785	دوجمله‌ای منفی (۲-۲)

جدول ٦. مقایسه نتایج مدل‌های منتخب در هر یک از بخش‌های عامل سازی

مقایسه دو گونه مدل	شاخص برازش R^2	درصد خطای نسبی
رگرسیون خطی عاملی (۲-۳)	۰/٦۲	۸٤/٥٦
رگرسیون تعمیم‌یافته عاملی پوآسون(۲-۲)	۰/٦٥	۸۲/۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

٤-٥ مقایسه نتایج مدل‌های رگرسیون خطی و تعمیم‌یافته

جدول٦ نتایج بهترین مدل‌های انتخاب شده در دو قسمت رگرسیون خطی و تعمیم یافته را نشان می‌دهد که از حاکی از برتری آماری مدل خطی تعمیم یافته پواسن است. مدل خطی عاملی (۲-۳) بهترین مدل رگرسیون خطی است. در این مدل عامل نوع توپوگرافی که شامل متغیرهای متوسط شیب طولی منطقه، وجود کوهستان و تپه‌ماهوری است، در افزایش تعداد تصادفات مؤثر بوده‌اند. مدل خطی تعمیم‌یافته پوآسون با شاخص برازش بیشتر و درصد خطای نسبی کمتر نسبت به مدل رگرسیون خطی، از اعتبار بیشتری برخوردار است. در مدل پوآسون (۲-۲) که به عنوان بهترین مدل خطی تعمیم‌یافته، در بین مدل‌های خطی ساده و مدل‌های خطی تعمیم‌یافته، ایفای نقش نموده است، دو عامل ویژگی‌های قوس قائم با متغیرهای (تعداد قوس قائم و متوسط اختلاف شیب قوس قائم و متوسط اختلاف شیب کل) و عامل نوع توپوگرافی با متغیرهای (وجود کوهستان و متوسط شیب طولی زمین و تپه‌ماهور منطقه با توجه به متوسط شیب طولی) به‌عنوان مؤثرترین متغیرها در افزایش تعداد تصادفات ایفای نقش می‌نمایند

٦. نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روش های مختلف مدل سازی آماری، تاثیر عوامل هندسی راه و محیط اطراف آن برتعداد تصادفات محورهای حادثه‌خیز استان کرمان بررسی گردید. انواع مدل رگرسیون خطی و تعمیم‌یافته، پوآسون و دوجمله‌ای منفی، در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن متغیرهای عاملی موردبررسی قرارگرفت. از جنبه های مختلف آماری، مدل پوآسون عاملی (۲-۲) به عنوان بهترین مدل، در بین مدل‌های خطی ساده و مدل‌های خطی تعمیم‌یافته، ایفای نقش نمود. در این مدل، دو عامل ویژگی‌های قوس قائم (با متغیرهای تعداد قوس قائم و متوسط اختلاف شیب قوس قائم و متوسط اختلاف شیب کل) و عامل توپوگرافی (با متغیرهای وجود کوهستان و متوسط شیب طولی زمین و تپه‌ماهور منطقه با توجه به متوسط شیب طولی) به‌عنوان مؤثرترین متغیرها در افزایش تعداد تصادفات ایفای نقش می‌نمایند. هرچند متغیرهای عامل چهارم (شامل متغیرهای تعداد دسترسی و دوربرگردان، تعداد دسترسی محافظت نشده و وجود مناطق مسکونی) نیز به تنهایی با تعداد تصادفات همبستگی داشتند ولی در کنار عوامل ویژگی‌های قوس قائم و نوع منطقه تاثیر معناداری خود را از دست دادند که حاکی از نوعی ارتباط درون زا بین این عوامل است و معمولا در مناطق کوهستانی و با قوس قائم های زیاد است دسترسی های نامناسب بوجود می آید. نتیجه مهم این پژوهش می تواند در طراحی های آینده در نظر گرفته شود. کاهش اختلاف شیب محورهای دو طرف قوس و طراحی صحیح قوس های قائم در توپوگرافی کوهستانی و اجتناب از شیب طولی زیاد متوالی می‌تواند گام موثری در کاهش تصادفات باشد. نتایج این پژوهش برای محورهای دیگر کشور نیز قابل استفاده است هرچند که بهتر است آن محورها شرایط مشابهی از لحاظ شیب طولی زمین و نوع منطقه به محورهای مورد مطالعه داشته باشند.

۷. پی نوشت‌ها

[1]. Area type
[2]. Terrain type
[3]. Side friction
[4]. 85^{th} percentile of speed distribution
[5]. Number of travelled way
[6]. Analysis of covariance method
[7]. Multiple-linear regression analysis
[8]. Random effect model
[9]. Correlation coefficient
[10]. Root mean square error value
[11]. Carriageway width
[12]. Cumulative residual
[13]. Safety performance function
[14]. Fully models
[15]. General parsimonious models
[16]. Generalized models
[17]. Unobserved heterogeneity
[18]. Variance Inflation Factor

www.SID.ir

Archive of SID

[19]. Dobson, Annette
[20]. Freund
[21]. Gujarati
[22]. Akaike information criterion
[23]. Bayesian information criterion

۸. مراجع

– آیتی، الف. و عباسی، الف. (۱۳۹۰) "کاربرد مدل های رگرسیون پرصفر در مدل سازی تصادفات بزرگراه‌های درون شهری"، مجله علمی پژوهشی عمران مدرس، دوره یازدهم، شماره ٤.، ص. ۱ – ۱۵.

– آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران، نشریه ٤۱۵، (۱۳۹۱)، معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی.

– خاکی، ع.، محسنی، ح. و جعفریه، ف. (۱۳۸۸) "بررسی علت تصادفات با توجه به طبقه‌بندی نوع تصادفات (جلو به جلو–جلو به عقب)"، اولین کنفرانس تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان.

– زارع چاهوکی، م .ع. (۱۳۸۹) "روش‌های تحلیل چند متغیره در نرم‌افزار **SPSS**"، دانشکده منابع طبیعی، دانشگا تهران.

– فروند، ج.، عمیدی، ع. و وحیدی اصل، م. ق. (۱۳۸۲) " آمار ریاضی"، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، چاپ پنجم.

– گجراتی، د. ن. (۱۳۸۳) "مبانی اقتصاد سنجی"، ترجمه: د.، ابریشمی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

– میرز، ر.الف.، منتگمری، د.س.، وینینگ، ج. ج. (۱۳۸٤) "الگوهای خطی تعمیم‌یافته با کاربردهای آن در علوم مهندسی"، اترجمه ح. نیرومند، مشهد: نتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

– نصیری، ح. و شهرامی نیا، ن. (۱۳۸۷) "شناسایی عوامل هندسی و ترافیکی موثر بر وقوع تصادفات جاده‌های دوخطه برون شهری"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران.

- Bassani, M., Dalmazzo, D., Marinelli, G. and Cirillo, C. (2014) "The effects of road geometrics and traffic regulations on driver-preferred speeds in northern Italy. An exploratory analysis", Transportation Research Part F 25, pp. 10-26.

- Choi, J., Kim, S., Heo, T.Y. and Lee, J. (2011) "Safety effects of highway terrain types in vehicle crash model of major rural roads", KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 15, No. 2, pp. 405-412.

- Dobson, Annette J. and Barnett, A. (2008) "An introduction to generalized linear models", Chapman & Hall, pp. 43-54.

- Hamdar, S. H., Qin, L. and Talebpour, A. (2016) "Weather and road geometry impact on longitudinal driving behavior: Exploratory analysis using an empirically supported acceleration modeling framework", Transportation Research Part C 67, pp. 193-213.

-Hosseinpour, M., Yahaya, A. S. and Sadullah, A. F. (2014) "Exploring the effects of roadway characteristics on the frequency and severity of head-on crashes: Case studies from Malaysian Federal Roads", Accident Analysis and Prevention, Vol. 62, PP. 209-222.

- Lee, C.and Li, X. (2014) "Analysis of injury severity of drivers involved in single- and two-vehicle crashes on highways in Ontario", Accident Analysis and Prevention, Vol. 71, pp. 286-295.

- Singh, G., Sachdeva, S. N.and Pal, M. (2016) "M5 model tree based predictive modeling of road accidents on non-urban sections of

www.SID.ir

Archive of SID

- Yu, R.and Abdel-Aty, M. (2013) "Investigating the different characteristics of weekday and Weekend crashes", Journal of Safety Research, Vol. 46, pp. 91-97.

highways in India", Accident Analysis and Prevention, pp. 108-117.

www.SID.ir

Archive of SID

Modeling of the Impact of Geometric Design, Topography and Road Access in Rural Road Accidents by Factor Analysis and Generalized Linear Regression (Case Study: Ways of Kerman Province)

R. Abdolahi , MSc. Grad., Department of Transportation Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

H. Haghshenas, Assistant Professor, Department of Transportation Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

R. Rikhtehgaran, Assistant Professor, Department of Mathematical Sciences, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Email: ho_hagh@cc.iut.ac.ir

Abstract

The purpose of this study is modeling the effects of geometric factors geometric design variables such as characteristics of horizontal and vertical curve, longitudinal slope of road and environmental conditions like as land uses which are around the road according to region types (residential area, farms), types of topography (flat, rolling, mountain), kinds of access (protected or not), and access number (U-turn and access to subsidiary), simultaneously. The data are gathered by using plan, longitudinal profile, and access maps around the four accident-prone axes in the pieces with a length of 5 km.in Kerman province, where is the largest province in Iran and has the third highest stage at the number of road accidents. After correlation analysis, linear regression, generalized linear regression, Poisson and negative binomial models are fitted on information and finally, the most appropriate models are identified. Finally, Poisson generalized linear model with more fitting index and less percent relative error than the linear regression has been chosen. In Poisson generalized linear model, Characteristics of vertical curves factor with variables such as (number of vertical curves, average slope difference of vertical curves and, average difference of total slope) and the type of topography with variables like (mountains Existence, average Longitudinal of land slope and hill region due to the average slope) have played a major part as the most effective variables in increasing the number of accidents. Also, access variables including (the number of access and U-turn, the number of unprotected access and, the existence of residential area) have had correlate with the number of accidents. Reduction of slope difference between axes in curves, correct design for vertical curves and, avoiding large longitudinal slope could be an effective step in reducing the number of accidents, in road design for mountainous topography in the future.

Keywords: Generalized linear regression, geometric factors, accessibility, and topography**.**

www.SID.ir

Archive of SID

رقیه عبداللهی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه شهید باهنر کرمان و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی حمل و نقل رادر سال ۱۳۹٤ از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌سازی و تحلیل تصادفات و ترافیک است.

حسین حق شناس، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی شریف و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه صنعتی شریف اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل از دانشگاه صنعتی شریف گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل ونقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه صنعتی اصفهان است.

ریحانه ریخته گران، درجه کارشناسی در رشته کارشناسی آمار را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته آمار ریاضی در سال ۱۳۸۵ را از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته آمار کاربردی از دانشگاه اصفهان گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌های خطی با اثرات آمیخته – مدل‌های خطی تعمیم یافته بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیاردر دانشگاه صنعتی اصفهان است.

www.SID.ir