Journal of Safety Promotion and Injury Prevention, Case Study
Vol.7, No.2, Spring 2019

Identification and Prioritization of Effective Parameters in Injury-Causing Accidents at Four-Lane Intersections (Case study: Isfahan City)

Mohsen Aboutalebi Esfahani[*1], Amir Masoud Rahimi[2], Soheila Saeidi[1]

1. Department of Transportation, Faculty of Civil and Transportation, University of Isfahan
2. Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran

***Corresponding Author:** m.aboutalebi.e@eng.ui.ac.ir

Abstract

Backgrouna and Objectives: Injuries and damages caused by traffic accidents in road networks have become a dilemma. According to statistics, a significant part of the total number of accidents occurs due to the convergence of traffic flows at intersections. The aim of this study is to investigate the factors affecting the safety of the intersections, evaluate them, and provide a statistical model for predicting the number of accidents and ultimately provide solutions for the safety of intersections in order to reduce the number of injured people at the intersections.

Material and Methods: In order to predict the number of traffic accidents based on traffic parameters, geometric design and traffic control features, three statistical models were used in this study: Poisson Log-Linear, Negative Binomial Log-Linear, and Linear Models. Modeling and analyzing data in this study was done based on SPSS software and Excel. The goodness of fitting was controlled by Deviance/Degree of Freedom and x^2 Pearson/Degree of Freedom.

Results: According to the results, the reduction in volume, exclusive right turning lane, camera and increase in length of the exclusive right turn lane, reduce crashes by 190.37%, 52.06%, 27.09%, and 1.06%, respectively. As the mid-block width in the intersection increases by 1 m, the frequency of accidents will increase by 2.02%. Adding a lane in an intersection will lead to an increase in accidents by 18.55%. If two intersections have completely identical conditions and only the number of phases differs, then an intersection with two phases will have a reduction of crashes of 35.649% over the intersection of three phases. Therefore, it is necessary to take appropriate steps regarding to strength of each variable in the reduction of crashes.

Conclusion: According to the results of the Poisson model, it has a better accuracy than the negative binomial model. It was also found that the seven above-mentioned variables affect the safety of intersections, which is suggested to be considered in urban immunization programs.

Keywords: Injury Accidents, Signalized Intersections, Poisson Linear Logarithmic Model, Negative Binomial Linear Logarithmic Model, Linear Model

How to cite this article:

Aboutalebi Esfahani M, Rahimi AM, Saeidi S. Identifcation and Prioritization of Effective Parameters in Injury-Causing Accidents at FourLane Intersections (Case study: Isfahan City). J Saf Promot Inj Prev. 2019; 7(2):106 -22.

مطالعه موردی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۷. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۰۶ تا ۱۲۲

شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تصادفات جرحی تقاطع‌های چهارشاخه چراغ‌دار (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

محسن ابوطالبی‌اصفهانی [1*]، امیرمسعود رحیمی[2]، سهیلا سعیدی[1]

۱-گروه برنامه‌ریزی و حمل‌ونقل، دانشکده عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، ایران
۲-گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: جراحات و صدمات حاصل از تصادفات ترافیکی در راه‌ها به یک معضل جهانی تبدیل شده است. طبق آمار بخش قابل توجهی از تصادفات به دلیل همگرا شدن جریان‌های ترافیکی در تقاطع‌ها رخ می‌دهد. هدف پژوهش حاضر، بررسی عوامل مؤثر بر ایمنی تقاطع‌ها و ارزیابی آن‌ها و ارائه مدل‌های آماری برای پیش‌بینی تصادفات و در نهایت ارائه راه‌کارهایی برای ایمنی تقاطع‌ها و کاهش افراد جراحت دیده در تقاطع‌ها است.

روش بررسی: برای تعیین عوامل مؤثر و پیش‌بینی تعداد تصادفات جرحی براساس پارامترهای ترافیکی، هندسی و خصوصیات وسایل کنترل ترافیک، از مدل‌های آماری در سه خانواده لگ خطی پوآسون، لگ خطی دوجمله‌ای منفی و مدل خطی استفاده شد. مدل‌سازی و تحلیل داده‌ها در این تحقیق بر اساس نرم افزار SPSS و اکسل انجام شد. مناسب بودن برازش مدل از طریق دویانس/ درجه آزادی و X^2 پیرسون/ درجه آزادی کنترل گردید.

یافته‌ها: طبق یافته‌ها به ترتیب کاهش حجم عبوری به میزان ۱۹۰/۳۷٪، وجود خط گردش به راست ویژه به میزان ۵۲/۰۶٪، وجود دوربین به میزان ۲۷/۰۹٪، افزایش طول خط گردش به راست ویژه به میزان ۱/۰۶٪ سبب کاهش تصادفات می‌شوند. چنانچه عرض میانه در شاخه تقاطع یک متر افزایش یابد فراوانی تصادفات جرحی ۲/۰۲٪ افزایش خواهد یافت. به ازای افزایش هر خط به تقاطع فراوانی تصادفات جرحی به میزان ۱۸/۰۵٪ افزایش خواهد یافت. اگر دو تقاطع دارای شرایط کاملاً یکسان باشند و فقط تعداد فازهای آن‌ها متفاوت باشد، تقاطعی که دارای دو فاز است نسبت به تقاطع دارای سه فاز، کاهش تصادفات آن به میزان ۳۵/۶۴۹٪ خواهد بود. بنابراین لازم است در خصوص کاهش تصادفات با اولویت بیان شده، اقدامات مناسب انجام شود.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج، مدل پواسون نسبت به مدل دوجمله‌ای منفی از عملکرد و دقت بهتری برخوردار است. همچنین مشخص شد ۷ متغیر بیان شده در بالا بر ایمنی تقاطع‌ها تأثیر دارد که پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های ایمن‌سازی شهری مورد توجه قرارگیرد.

کلید واژه: تصادفات جرحی، تقاطع‌های چراغ‌دار، مدل لگاریتم خطی پوآسون، مدل لگاریتم خطی دوجمله‌ای منفی، مدل خطی

مقدمه

امروزه با پیشرفت و توسعه، چالش وقوع حوادث همواره رو به افزایش بوده است. پیش‌بینی، پیشگیری و کنترل حوادث مستلزم بررسی، تجزیه و تحلیل به موقع و اجرای اقدامات کنترلی است (۱, ۲). از آنجا که نقش صنعت حمل ونقل، جابه‌جایی مسافر و کالا به صورت ایمن، راحت، ارزان و سریع می‌باشد، بحث ایمنی رانندگی همیشه به طور نسبی مطرح بوده ولی در دو دهه اخیر به دلیل افزایش تصادفات و تلفات ناشی از آن، این موضوع از اهمیت بیشتری برخوردار شده است (۳-۶). در این میان یکی از شایع‌ترین حوادث و سوانح، حوادث رانندگی و ترافیکی است که سالانه جان بسیاری از مردم را در جهان به خطر می‌اندازد و دامنه اهمیت این موضوع تا حدی است که سازمان جهانی بهداشت عنوان "ایمنی راه‌ها" را برای روز جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۴ توصیه کرده و در ۲۱ هدف خود به مسئله کاهش سوانح و حوادث تا سال ۲۰۲۰ اشاره می‌کند (۷, ۸).

طبق تحقیقات گذشته در کشور آمریکا تقریباً ۵۰ درصد تصادفات ترافیکی در تقاطع‌ها روی می‌دهد و ۲۵٪ مرگ و میرهای ناشی از تصادفات ترافیکی مربوط به تقاطع می‌باشد. در حدود ۴۰٪ از کل تصادفات منجر به جرح اشخاص که توسط پلیس نروژ گزارش شد،

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: m.aboutalebi.e@eng.ui.ac.ir

در تقاطع‌ها رخ می‌دهد (۹). مطابق آمار نیروی انتظامی، در سال ۱۳۹۰ تعداد ۲۳۵۱۲ تصادف در شهر اصفهان به وقوع پیوسته که از این مقدار ۲۶۲۶ تصادف در تقاطع‌های شهر اصفهان رخ داده است. نتایج تحلیلی و آماری بیان کننده آن است که ۱۱٪ تصادفات رخ داده در شهر اصفهان مربوط به تقاطع‌ها هستند. با توجه به مساحت کل تقاطع‌ها نسبت کل شبکه معابر که بسیار ناچیز می‌باشد، مقدار ۱۱ درصد تصادفات در این مساحت، عدد قابل توجهی بوده که بیانگر اهمیت بررسی تصادفات در تقاطع‌ها در سطح شهر است (۱۰). در طی بیست سال گذشته پژوهش‌های قابل توجهی در زمینه ایجاد توابع عملکرد ایمنی[۱] (یا مدل‌های پیش‌بینی تصادفات)، برای پیش‌بینی تصادفات رخ داده در تأسیسات زیربنایی راه‌ها، انجام شده است (۱۱-۱۳). می‌توان مشاهده کرد که تعداد تصادف در طبیعت نامنفی است و تواتر تصادفات اختصاص داده به صورت اعداد صحیح نامنفی هستند، در نتیجه، استفاده از روش مدل‌سازی شمارش داده‌ها مناسب‌ترین حالت خواهد بود (۱۴). چاین و قدوس[۲] در تحقیق‌شان بیان نمودند مدل پوآسن و مدل دوجمله‌ای منفی به منظور تجزیه و تحلیل وقوع حادثه ترافیکی در تقاطع‌ها برای سال‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. آن‌ها با استفاده از مدل‌های دوجمله‌ای منفی به بررسی رابطه بین وقوع حادثه و طرح هندسی، مشخصات ترافیکی و ویژگی‌های کنترل تقاطع‌ها در سنگاپور پرداختند (۱۵).
اِستراتوس و همکاران[۳] در مورد ایمنی تقاطع‌های چراغدار و غیرچراغدار به تجزیه و تحلیل پرداختند. نتایج حاصل از مدل آن‌ها برای وسایل نقلیه موتوری حاکی از ارتباط مثبت و مستقیم جریان وسایل نقلیه موتوری و میزان جراحت برای تقاطع‌های چراغدار و غیرچراغدار است. در تقاطع‌های چراغدار، وجود ایستگاه اتوبوس منجر به افزایش آسیب‌دیدگی دوچرخه سوار و وسایل نقلیه به ترتیب به میزان ۴۰٪ و ۴۸٪ می‌شود (۱۶). میترا و واشینگتن[۴] در مدل‌سازی خود متغیرهایی از جمله: داده‌های تصادف، داده‌های هندسی، حجم ترافیک، پارامترهای کنترل ترافیک، ویژگی‌های مکانی و عوامل آب و هوایی را مورد استفاده قرار دادند. بررسی‌ها نشان می‌دهد حذف متغیرهای زمانی و مکانی در مدل پیش‌بینی به برآورد نادرست ایمنی در کوتاه مدت منجر می‌شود (۱۷). روشنده و همکاران به بررسی اثرات عوامل احتمالی بر ایمنی تقاطع‌های بزرگراه‌ها پرداختند. آن‌ها مدل‌های تصادفی پوآسن و دوجمله‌ای منفی را در ابتدا مورد آزمایش قرار دادند، با توجه به اینکه پراکندگی در داده‌ها مشاهده نشد، از مدل پوآسن برای تجزیه و تحلیل داده‌ها که برای سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ جمع‌آوری شده بود؛ استفاده کردند. نتایج حاصل از مدل بیانگر این بود که عواملی نظیر متوسط ترافیک روزانه در سال در جاده‌های اصلی، شرایط آب و هوایی برفی در تقاطع‌ها، تقاطع‌های بدون وجود چراغ در شب، سطح روسازی و دوره اوج شب (ساعات ۵ تا ۷ شب)، به صورت قابل ملاحظه‌ای معنادار شدند. نتایج بیانگر این بود که تقاطع‌های واقع در مناطق کاری به احتمال زیاد تجربه تصادفات بیشتری در مقایسه با مناطق غیر کاری دارند. هم‌چنین ترافیک در جاده‌های اصلی در یک تقاطع نقش مهمی در تصادف ایفا می‌کند. بارش برف منجر به افزایش تصادفات در تقاطع‌ها می‌شود (۱۸). چاین وکومرا[۵] در تحقیق‌شان به این نتیجه رسیدند که متغیرهای مهمی که بر فراوانی تصادفات در تقاطع‌ها اثر می‌گذارد، شامل حجم کل ترافیک گردش به چپ، وجود خط گردش به راست کنترل نشده، بخش شتاب‌گیری روی خط گردش به راست، دوربین نظارتی، وجود فاز گردش به چپ، شیب شاخه‌های تقاطع، تعداد فازها به ازای هر سیکل، تعداد خطوط ورودی، سرعت در شاخه‌های تقاطع و زاویه تقاطع شاخه‌ها می‌باشد (۱۹). وانگ و نیهان[۶] تلاش کردند تا مدل تصادفات دوجمله‌ای منفی را برای پیش‌بینی تعداد تصادفات زاویه‌دار در تقاطع‌های چراغدار شهر توکیو را، ایجاد کنند. متغیرهایی که در مدل وارد شدند شامل حجم ترافیک و مشخصات هندسی بود (۲۰). فلک[۷] و بار بارسو[۸] توصیه کردند که تصادفات برحسب نوع (زاویه‌دار، شاخ به شاخ و ...) و نیز شرایط راه (خشک، لغزنده و ...) دسته‌بندی شوند و تعداد تصادفات برای هرنوع و شرایط خاص با تعداد تصادف مورد انتظار برای همان نوع و شرایط مقایسه شود. از این طریق می‌توان مشکلات و نواقص موجود از نظر ایمنی را هم شناسایی کرد (۲۱). پرنیا[۹] و همکارانش نتیجه گرفتند که چراغدار کردن یک تقاطع، تأثیرهای متفاوتی بر انواع مختلف تصادفات خواهد داشت؛ به عنوان مثال باعث افزایش تصادفات زاویه‌ای و برخورد از عقب می‌شود (۲۲). هایوار[۱۰] و همکاران ادعا کردند که روش بیز تجربی[۱۱] راه دیگری برای پیش‌بینی تعداد تصادفات می‌باشد (۲۳). آیتی و ذاکری با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم‌یافته، مدل پیش‌بینی شدت وقوع تصادفات را برای گذرگاه‌های ریلی – جاده‌ایی ایران به کار بردند (۲۴). نقدی زاده و چایچی مطلق به مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات شریانی شهر تهران با استفاده از چهار مدل رگرسیونی پوآسن، مدل رگرسیونی پوآسن پُر صفر، مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی و مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی پُر صفر پرداخته‌اند. نتایج بررسی مدل‌ها نشان داد عدم وجود تقاطع‌های کنترل نشده نقش عمده‌ای در کاهش تصادفات معابر شریانی دارد. هم‌چنین افزایش تعداد خطوط عبوری و یا افزایش عرض معبر، نه تنها تصادفات را کاهش نداده بلکه منجر به افزایش تصادفات می‌گردد. علت این امر را می‌توان افزایش سرعت تردد خودروها و در نتیجه مانورهای موجی شکل دانست که خود عاملی برای کاهش ایمنی و افزایش تعداد تصادفات در شریانی خواهد بود (۲۵). قاسمی نوقابی و آیتی در پژوهش خود تصادفات رخ داده در تقاطع‌های چراغدار مشهد را برای سه مدل دوجمله‌ای منفی شامل مدل پیش‌بینی کل تصادفات خسارتی، تصادفات خسارتی جلو

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

به عقب و جلو به پهلو تخمین زدند. این متغیرها عبارتند از: حجم کل ترافیک شاخه تقاطع، تعداد خطوط عبوری شاخه تقاطع، عرض میانه شاخه تقاطع، زاویه بین شاخه فرعی با امتداد شاخه، تعداد فازها به ازای هر سیکل، وجود فاز گردش به چپ محافظت شده، وجود دوربین نظارتی (۲۶).

ملاحظه می‌شود که براساس مطالعات پیشین، سال‌های متمادی است که کشورهای توسعه یافته در پی تدوین برنامه‌های جامع ایمنی و تدوین استراتژی‌های مؤثر کاهش تصادفات و تلفات ناشی از آن هستند. تدوین چنین برنامه‌هایی در گام اول مستلزم شناخت و کسب قدرت پیش‌بینی است که هر دو مورد در صورت مدل‌سازی تصادفات قابل تحقق است. بنابراین در این پژوهش، مسئله اصلی برای کاهش تصادفات در تقاطع‌های چهار شاخه چراغدار، شناسایی عوامل دخیل در تصادفات و اقدام به مدل‌سازی بر اساس آن‌ها در نظر گرفته شده است. با مدل ساخته شده و ضرایب پارامترهای مدل می‌توان مؤثرترین عوامل را ضمن شناسایی، اولویت‌بندی نمود و در طول زمان اقدام به تغییر و اصلاح در آن‌ها نمود. همچنین در مطالعات بیان شده مشاهده می‌شود پارامترهای مؤثر و اولویت‌بندی آن‌ها با یکدیگر یکسان نیست. این اختلاف در پژوهش‌های مختلف ناشی از الگوهای رفتاری متفاوت که متاثر از شرایط محیطی، نژاد، سطح تحصیلات، اشتغال، میزان درآمد و عوامل بسیار دیگری بوده، ایجاد شده است. همچنین این الگوها در شهرهای مختلف بسیار متفاوت بوده بنابراین لازم است جهت انجام بهتر اصلاحات به جای پیروی از روش‌ها و پیشنهادات دیگر پژوهشگران، خود به شناسایی این عوامل به صورت میدانی و محلی پرداخت. از آن‌جا که فقدان چنین پژوهشی در ایران و بویژه برای شهر اصفهان مشاهده می‌شود، ضرورت انجام پژوهش و خلاء ناشی آن محرز است.

هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر و اولویت‌بندی آن‌ها با مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات در تقاطع‌های شهر اصفهان می‌باشد. بدین ترتیب که با تفسیر نتایج حاصل از مدل‌سازی بتوان رابطه بین متغیرهای هندسی و ترافیکی و تعداد تصادفات را ارائه داد. همچنین با شناسایی و تعیین مقدار تأثیر و اهمیت هر یک از عوامل اقدام به اولویت‌بندی اصلاحات لازم نموده و علاوه بر این در طراحی‌های جدید و در حال انجام موارد را لحاظ نمود.

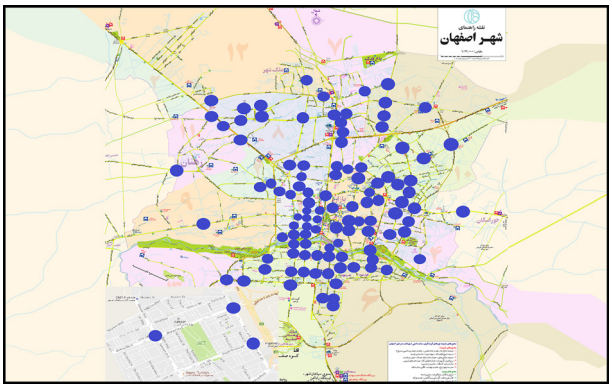
مواد و روش‌ها

در این پژوهش با توجه به اهمیت مسئله ایمنی و در رأس آن مدیریت ایمنی شبکه ترافیکی، ضمن شناسایی عوامل مؤثر، اقدام به ساخت مدل در راستای پیش‌گیری از وقوع تصادفات و یا به حداقل رساندن هزینه‌های تصادفات متناسب با توانایی و تجهیزات، شده است. علاوه بر این می‌توان براساس نتایج، اقدامات لازم را اولویت‌بندی کرد.

پس از بررسی‌های صورت گرفته تقاطع‌های چهار شاخه چراغدار که در مناطق مسکونی، تجاری و اداری قرار دارند، براساس ویژگی‌های چهار شاخه بودن، هم سطح بودن، عرض و نوع معبر، وجود دوربین نظارتی و عدم وجود آن انتخاب شدند. کنترل ترافیک تقاطع‌ها به صورت زمان‌بندی ثابت و یا هوشمند انجام می‌شود. تعداد تقاطع‌های انتخاب شده ۶۵ مورد بود که در جدول (۱) پیوست اسامی آن‌ها ذکر شده است. تعداد تقاطع‌های در نظر گرفته شده حدود ۶۰ درصد تقاطع‌های شهر اصفهان را شامل می‌شود. در بررسی‌های انجام شده تلاش شده است که تقاطع‌های انتخاب شده، کل مناطق دوازده‌گانه شهر را پوشش دهد. همان‌طور که از شکل‌های (۱) و (۲) مشخص است تقاطع‌های انتخاب شده، به خوبی سطح شهر را پوشش داده‌اند. این پوشش نسبت به مطالعات پیشین از جامعه آماری بیشتری برخوردار است. هم‌چنین در این پژوهش تعداد ۲۵ متغیر برای هر شاخه تقاطع برداشت شد تا مدل‌سازی از دقت بالاتری برخوردار باشد.

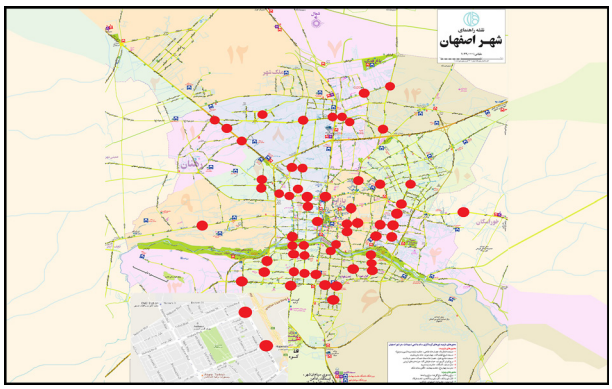
آمار تصادفات جرحی تقاطع‌های چهارشاخه چراغدار شهر اصفهان به مدت یک‌سال از مهرماه سال ۹۳ تا مهرماه سال ۹۴ از پایگاه اطلاعاتی اداره راهنمایی و رانندگی اصفهان اخذ شد و اطلاعات تصادفات رخ داده در تقاطع‌های مد نظر ثبت شد.

به منظور مدل‌سازی، لازم است متغیرهای مستقل، نشان دهنده شرایط شاخه تقاطع باشد. وضعیت شاخه تقاطع با استفاده از متغیرهای هندسی و ترافیکی که می‌توان انتظار داشت بر فراوانی تصادفات اثر بگذارد، مشخص می‌شود. اطلاعات هندسی از طریق نقشه‌ها و برداشت میدانی حاصل شد. تمامی اطلاعات فوق از سازمان ترافیک و حمل و نقل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از نرم افزار GIS برداشت شد و تقاطع‌هایی که قابل برداشت نبودند به روش میدانی، اطلاعات مورد نیاز آن‌ها استخراج شد. اطلاعات حجم ترافیک تقاطع‌ها نیز از سازمان کنترل ترافیک شهرداری اصفهان از طریق نرم افزار EMME4 استخراج شد.



شکل ۱. تقاطع‌های چهارشاخه چراغدارشهر اصفهان

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل ۲. تقاطع‌های چهار شاخه چراغدار بررسی شده

با توجه به اینکه در این پژوهش از مدل‌های خطی، مدل لگاریتم خطی پوآسن، مدل لگاریتم خطی دوجمله‌ای منفی استفاده می‌شود در ادامه به مبانی نظری آن‌ها پرداخته می‌شود (۲۵, ۲۷).
یک مدل خطی به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3 + \ldots \beta_k \chi_k + e \quad (۱)$$

که در آن: y متغیر وابسته (متغیر پاسخ)، χها متغیرهای مستقل (متغیرهای توضیحی)، e مانده‌های مدل و βها ضرائب مدل هستند. فرض می‌شود که مانده‌ها از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 پیروی می‌کنند. آزمون فرض $\beta_i = 0$ بدین معنی است که اثر متغیر χ_i وجود ندارد. این آزمون را می‌توان با استفاده از مقدار احتمال انجام داد. اگر مقدار احتمال کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ باشد فرض $\beta_i = 0$ در سطح ۰/۰۵ رد می‌شود. در غیر این صورت فرض $\beta_i = 0$ پذیرفته می‌شود. در ادامه به بررسی مدل لگاریتم خطی پوآسون و دوجمله ای منفی پرداخته می‌شود.

مدل خطی

یک مدل لگاریتم خطی پوآسن در حالت کلی به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود (۲۸, ۲۹):

$$\mathrm{Ln}(\mu) = \beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \ldots + \beta_p \ln \chi p \quad (۲)$$

که در آن: μ میانگین متغیر پاسخ y است. در این پژوهش y نماد تعداد تصادفات است، χها متغیرهای مستقل و βها ضرایب مدل می‌باشند. فرض می‌شود که y از توزیع پوآسن با میانگین μ پیروی می‌کند.
مدل فوق را به صورت معادله (۳) نیز می‌توان نوشت:

$$\mu_i = \exp\{\beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \ldots + \beta_p \ln \chi p\} \quad (۳)$$

فرض $\beta_i = 0$ را با استفاده از مقدار احتمال می‌توان آزمود. فرض نیکوئی برازش مدل با استفاده از آماره نسبت درست‌نمائی تعمیم یافته (Deviance) انجام می‌شود. اگر $\mathrm{Deviance} < \chi^2_a$ فرض برازندگی مدل در سطح α پذیرفته می‌شود؛ که در آن χ^2_a صدک ۱۰۰ ($1-\alpha$)، درصد توزیع خی دو با d درجه آزادی است؛ که در آن:($d = N - P$ N تعداد کل چهارراه‌ها و P تعداد متغیرهای توضیحی است) مقدار احتمال برای آزمون فرض برازندگی مدل برابر است با رابطه (۴):

$$(\mathrm{p\text{-}value} = \mathrm{P_r}\{\chi^2_a > \mathrm{Deviance}\} \quad (۴$$

اگر $\mathrm{p\text{-}value} < 0.05$ آن‌گاه فرض برازندگی مدل در سطح ۰/۰۵ رد می‌شود. در غیر این صورت فرض برازندگی مدل در سطح ۰/۰۵ پذیرفته می‌شود.

مدل لگاریتم خطی پوآسن و دوجمله‌ای منفی

مدل لگاریتم خطی دوجمله‌ای منفی مشابه مدل لگاریتم خطی پوآسن تعریف می‌شود. فقط تفاوت در این است که در مدل لگاریتم خطی دوجمله‌ای فرض می‌شود که y (تعداد تصادفات) از توزیع دوجمله‌ای منفی پیروی می‌کند. در توزیع پوآسن میانگین و واریانس برابرند ولی در توزیع دوجمله‌ای منفی، واریانس تابعی از میانگین است. روش‌های پیچیده‌ای برای آزمون مناسبت پوآسن یا دوجمله‌ای وجود دارد. ولی در عمل با آزمایش و خطا می‌توان تصمیم گرفت که کدام مدل بهتر است (۳۰).

فاکتور کاهش تصادفات

فاکتور کاهش تصادفات برای تعیین میزان اثرگذاری یک متغیر بر فراوانی تصادفات با فرض ثابت گرفتن دیگر متغیرها در نظر گرفته می‌شود. محاسبه میزان تغییرات میانگین تصادفات به ازای افزایش یک واحد متغیر، می‌باشد. فرمول محاسبه فاکتور کاهش تصادفات به شرح زیر است:

$$ARF = -100\left(\frac{\exp(\beta_i(x_i+1)}{\exp(\beta_i x_i)} - 1\right) = -100(\exp(\beta_i) - 1) \quad (۵)$$

این عبارت برابر با منفی درصد تغییرات می‌باشد. فاکتور کاهش تصادفات در صورتی مثبت می‌باشد که ضریب β_i منفی باشد و با افزایش یک واحد تغییر متغیر، تصادفات کاهش یابد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

نسبت نرخ رویداد

نسبت نرخ رویداد از جمله روش‌های تفسیر متغیرها در مدل و بررسی میزان تأثیر آن بر فراوانی تصادفات، می‌باشد. این کمیت به صورت زیر می‌باشد:

$$IRR = \exp(\beta_i) \quad (۶$$

چنانچه IRR یک متغیر مفروض، از یک کمتر باشد، افزایش در مقدار این متغیر به طور قابل ملاحظه‌ای با بهبود ایمنی در ارتباط خواهد بود. اگر IRR از یک خیلی بیشتر شود افزایش در مقدار این متغیر به میزان قابل ملاحظه‌ای با کاهش ایمنی ارتباط خواهد داشت. پس از ارزیابی و انتخاب بهترین مدل، استفاده از فاکتور کاهش تصادفات و نسبت نرخ رویداد کمک شایانی در بررسی اهمیت تأثیر هریک از متغیرهای معنادار بر میزان تصادفات خواهد داشت.

یافته‌های پژوهش

در جدول (۱)، خلاصه آماری متغیر وابسته نشان داده شده است. متغیر وابسته، تعداد تصادفات جرحی سالانه است. همان‌طور که جدول (۱) نشان می‌دهد نسبت انحراف معیار به میانگین داده‌های تصادفات جرحی نزدیک به یک و یا از یک کمتر است. این امر بیانگر این است که پراکندگی کمی در داده‌های تصادفات جرحی وجود دارد. در جدول (۲) پیوست متغیرهای مستقل بررسی شده که با توجه به اهمیت و در دسترس بودن اطلاعات بر اساس مطالعات پیشین گردآوری و نشان داده شده است.

جدول ۱. اطلاعات توصیفی متغیر وابسته

نام متغیر	علامت اختصاری	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
کل تصادفات جرحی	y	۰	۱۵	۲/۱۹	۱/۲۳

خروجی مدل لگاریتم خطی پواسون

در مدل‌های رگرسیون پوآسن برای برآورد پارامترهای مجهول مدل معمولاً از روش تکرار نیوتون- رافسون[۲۱] استفاده می‌شود. برای به دست آوردن مقادیر p - value هم از توزیع t با درجه آزادی برابر با شمار مشاهدات، استفاده می‌شود. اگر مقدار p - value حساب شده کمتر از سطح معناداری خواسته شده (۰/۰۵ و کمتر) باشد، متغیر مربوط به ضریب برآورد شده، معنادار است و در مدل خواهد ماند؛ در غیر صورت از آن چشم‌پوشی شده و در مدل نخواهد ماند.

برای مدل‌سازی ابتدا تمام متغیرهای توضیحی وارد شد. سپس با توجه به مقدار احتمال متناظر هر پارامتر، متغیرهای توضیحی غیرمؤثر یکی یکی حذف گردید. سطح معنی‌داری تقریبی ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای آزمون فرض صفر بودن از یک پارامتر از آماره خی دو والد، استفاده شد. صفر شدن یک ضریب بدین معنی است که متغیر مستقل متناظر از آن از مدل خارج می‌شود. در صورتی که مقدار خی دو والد هر کدام از متغیرهای توضیحی از مقدار جدولی آن $\chi^2_{0.95,1} = 3.84$ بزرگ‌تر باشد، بیان‌گر مناسب بودن متغیر برای مدل است. هم‌چنین اگر فاصله اطمینان تعیین شده، عدد صفر را در برنگیرد، فرض H_0 رد می‌شود. مدل نهایی رگرسیون پوآسن پس از ساخت تعداد زیادی از مدل‌ها با ضرایب محاسباتی متغیرهای معنادار به صورت رابطه (۵) است:

(۷

$$\ln(\mu) = \beta_0 + \lambda_j^{faz} + \beta_1 \chi_{20} + \beta_2 \chi_{16} + \beta_3 \chi_1 + \beta_4 \chi_{11} + \beta_5 \chi_{12} + \beta_8 \ln \chi_{25}$$

نتایج حاصل از برازش مدل رگرسیون پوآسن با داده‌های تقاطع‌های مورد مطالعه در جدول (۳) پیوست آمده است. در این جدول برآورد پارامترهای مدل، انحراف معیار متناظر هر برآورد و مقدار آماره خی دوی والد و مقدار احتمال برای آزمون فرض صفر بودن آن پارامتر ارائه شده است. لازم به توضیح است که متغیر توضیحی تعداد فاز یک متغیر توضیحی رسته‌ای با چهار سطح بوده است و معنادار شدن یک سطح از آن برای قرار گرفتن در مدل کافی است.

در این بین طبق نتایج نرم‌افزار بعضی از متغیرها اضافی[۳۱] می‌باشند که در واقع این متغیرها توسط بقیه متغیرها پوشش داده شده‌اند. این متغیرها در همان ابتدا از مدل خارج می‌شوند و به صورت 0^a در نتایج گزارش می‌شوند. در خصوص متغیر توضیحی تعداد فاز، پنج فاز بودن متغیری است که بایستی از مدل خارج شود و پارامتر مربوط به آن صفر در نظر گرفته می‌شود. معیارهای برازندگی مدل در جدول (۴) پیوست نشان داده شده است.

براساس جدول (۴) پیوست، آماره نسبت درست نمائی برای آزمون فرض نیکوئی برازش مدل برابر با ۱۸۷/۴۶ به دست آمده که متناظر با ۲۰۶ درجه آزادی است. با استفاده از جدول خی دو[۴۱]، برای سطح معنی داری ۰/۰۵ عدد بحرانی، ۲۴۰/۴۸ به دست می‌آید. با توجه به این‌که ۴۶/۴۸ < ۱۸۷/۲۴۰ لذا فرض نیکوئی برازش مدل در سطح ۰/۰۵ پذیرفته می‌شود. به این ترتیب مدل برازش شده عبارت است از رابطه (۸):

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

(۸)

$$\ln(\hat{\mu}) = -3.216 + \lambda_j^{faz} - 0.316\chi_{20} + 0.020\chi_{16} + 0.166\chi_1 - 0.750\chi_{11} - 0.011\chi_{12} + 1.066\ln\chi_{25}$$

$$\lambda_2^{faz} = -0.441,\ \lambda_3^{faz} = -0.360,\ \lambda_4^{faz} = -0.021,\ \lambda_5^{faz} = 0$$

که در آن:

$\hat{\mu}$ = فراوانی پیش‌بینی کل تصادفات جرحی

λ_j^{faz} = برحسب این‌که تقاطع دو فازه، سه فازه و یا چهار فازه باشد مقادیر مربوط به آن‌ها با توجه به رابطه (۸) قرار داده می‌شود.

χ_{20} = دوربین نظارتی در تقاطع (اگر دوربین در تقاطع وجود داشته باشد مقدار ۱ در غیر این صورت صفر)

χ_1 = عرض میانه شاخه تقاطع (برحسب متر)

χ_{16} = تعداد خطوط عبوری در شاخه تقاطع

χ_{11} = خط گردش به راست ویژه (اگر شاخه دارای خط گردش به راست ویژه باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت صفر)

χ_{12} = طول خط گردش به راست ویژه (برحسب متر)

χ_{25} = حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع (برحسب لگاریتم)

خروجی مدل لگاریتم خطی دوجمله‌ای منفی

توزیع دوجمله‌ای منفی، توزیع گسسته بوده و برای پراکندگی زیاد، نظیر داده‌های تصادف استفاده می‌شود و برخلاف توزیع پوآسن دارای دو پارامتر است. در مدل دوجمله‌ای منفی برای برآورد ضرایب رگرسیون و پارامتر پراکندگی، مانند مدل رگرسیون پوآسن، روش تکرار نیوتن-رافسون به کار می‌رود. ارزیابی معناداری متغیرهای توضیحی مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی نیز مانند مدل پوآسن است. در خصوص مدل دوجمله‌ای منفی، سطح آماری در نظر گرفته شده برای حذف متغیرهای مستقل، برابر با ۱۰٪ ($p-value$ برابر با ۱۰٪) است. انتخاب این مقدار برای سطح آماری بدین دلیل است که سطح آماری محدودتر سبب می‌شود که متغیر توضیحی کمتری در مدل حضور یابد. در هر گام متغیرهایی که مقدار احتمال متناظر آن از ۱۰٪ بیشتر بود از مدل حذف گردید و مدل در گام بعدی با متغیرهای باقیمانده مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج حاصل از مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی با داده‌های تقاطع‌های مورد مطالعه در جدول (۵) پیوست آمده است. برای آزمون صفر بودن هر یک از پارامترها از آزمون خی دوی والد استفاده می‌شود. با توجه به نتایج جدول مقدار مربع خی دو والد هر کدام از متغیرها از مقدار جدولی آن $\chi^2_{0.9,1} = 2.71$ بزرگ‌تر می‌باشند که بیان‌گر مناسب بودن متغیرها برای مدل است. لازم به ذکر است مدل به دست آمده بدون عدد ثابت (عرض از مبدأ) می‌باشد. علت این امر آن است که در صورت وجود عدد ثابت متغیرهای توضیحی از نظر معناداری در شرایط نامطلوبی قرار می‌گیرند و شاخص‌های برازش مدل نیز نسبت به عدم وجود عدد ثابت شرایط مطلوبی ندارند. از این‌رو پس از بررسی‌های انجام گرفته مدل برتر ارائه شد. معیارهای برازندگی مدل در جدول (۶) پیوست نشان داده شده است.

آماره نسبت درست نمائی برای آزمون فرض نیکوئی برازش مدل برابر با ۲۵/۴۶۲ به دست آمده که متناظر با ۲۰۸ درجه آزادی است. با استفاده از جدول خی دو، برای سطح معنی داری ۰/۰۵ عدد بحرانی ۲۴۲/۶۵ به دست می‌آید. با توجه به این‌که ۲۵/۴۶۲>۲۴۲/۶۵ است لذا فرض نیکوئی برازش مدل در سطح ۰/۰۵ پذیرفته می‌شود. به این ترتیب مدل برازش شده عبارت است از رابطه (۹):

(۹)

$$\ln(\hat{\mu}) = \lambda_j^{faz} - 0.351\chi_{20} + 0.193\chi_1 + 1.035\ln\chi_{25}$$

$$\lambda_2^{faz} = -3.7,\ \lambda_3^{faz} = -3.575,\ \lambda_4^{faz} = -3.238,\ \lambda_5^{faz} = -3.268$$

که در آن:

$\hat{\mu}$ = فراوانی پیش‌بینی کل تصادفات جرحی

λ_j^{faz} = برحسب اینکه تقاطع دو فازه، سه فاز، چهار فازه و یا پنج فازه باشد مقادیر مربوط به آن‌ها با توجه به رابطه (۸) در فرمول قرار داده می‌شود.

χ_1 = دوربین نظارتی در تقاطع (اگر دوربین در تقاطع وجود داشته باشد مقدار ۱ در غیر این صورت صفر)

χ_{20} = تعداد خطوط عبوری در شاخه تقاطع

χ_{25} = حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع (برحسب لگاریتم)

خروجی مدل رگرسیون خطی

جهت ساخت مدل رگرسیون خطی، ابتدا تمامی متغیرها وارد مدل شدند و متغیرهای نامناسب، با معناداری کم ($Sig > 0.05$) از مدل

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

خارج شدند تا مناسب‌ترین مدل حاصل شود. در جدول (۷) پیوست برآورد پارامترهای مدل، انحراف معیار متناظر هر برآورد و مقدار احتمال برای آزمون فرض صفر بودن آن پارامتر ارائه شده است. در جدول (۸) پیوست مقدار آماره F، شاخص برازش مدل نشان داده شده است. لازم به توضیح است که متغیر توضیحی تعداد فاز، یک متغیر توضیحی رسته‌ای با چهار سطح بوده است. در این مدل متغیرهای مدل به دست آمده کاملاً مناسب و با آزمون t در مدل حضور دارند.

شاخص برازش (R^2)، حاصل از مدل، برابر ۵۶/۱ درصد است. با توجه به نتایج تحت فرض عدم برازندگی مدل مقدار آماره F برابر با ۲۹/۲۱۷ بدست آمده است که متناظر با $df_1=9$ و $df_2=206$ درجه آزادی است. با استفاده از جدول مقادیر F مشاهده گردید عدد بحرانی در سطح $\alpha= 0.05$ برابر $F_{0.05}=0.05$ بدست می‌آید. با توجه به اینکه ۲۹/۲۱>۰/۵۲ می‌باشد فرض عدم برازندگی در سطح ۰/۰۵ رد می‌شود.

به این ترتیب مدل برازش شده عبارت است از رابطه (۱۰):

(۱۰

$$y = -1.168 + \lambda_j^{faz} - 0.478\,\chi_{20} + 0.020\,\chi_{16} + 0.038\,\chi_1 + 1.833\,\chi_{11} + 0.024\,\chi_{12} + 1.011\,\ln\chi_{25}$$

$$(۱۰)\ \lambda_2^{faz} = -1.341,\ \lambda_3^{faz} = -1.039,\ \lambda_4^{faz} = -0.204,\ \lambda_5^{faz} = 0$$

که در آن:

$\hat{y}$ = فراوانی پیش‌بینی کل تصادفات جرحی

λ_j^{faz} = برحسب اینکه تقاطع دو فازه، سه فازه و یا چهار فازه باشد مقادیر مربوط به آن‌ها با توجه به رابطه (۱۰) در فرمول قرار داده می‌شود.

χ_{20} = دوربین نظارتی در تقاطع (اگر دوربین در تقاطع وجود داشته باشد مقدار ۱ در غیر این صورت صفر)

χ_{16} = عرض میانه شاخه تقاطع (برحسب متر)

χ_1 = عداد خطوط عبوری در شاخه تقاطع

χ_{11} = خط گردش به راست ویژه (اگر شاخه دارای خط گردش به راست ویژه باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت صفر)

χ_{12} = طول خط گردش به راست ویژه (برحسب متر)

χ_{25} = حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع (برحسب لگاریتم)

مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی، پوآسن و دوجمله‌ای منفی

به طور کلی بسیاری از مدل‌های خطی رگرسیون مرسوم، برای مدل‌سازی فراوانی تصادف مناسب نیستند چرا که مدل به شکلی است که مانع از محاسبه مقادیر منفی نمی‌شود. پیش‌بینی مقادیر منفی، ضرایب مدل را غیرقابل اعتماد می‌کند. به همین دلیل پژوهشگران در سال‌های اخیر برای پیش‌بینی تصادفات از مدل‌های دیگری استفاده کرده‌اند. هم‌چنین نتایج مدل رگرسیون خطی را به دلیل تفاوت ساختاری، نمی‌توان با مدل پوآسن و مدل دوجمله‌ای منفی مقایسه کرد. با این وجود با توجه به نتایج مدل رگرسیون خطی، مدل حاصل شده از برازش خوبی برخوردار بود. در قسمت اعتبار سنجی مدل، به مقایسه نتایج حاصل از این مدل با دو مدل پوآسن و دوجمله‌ای منفی پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه تعداد تصادفات، غیر منفی و گسسته است، فرض توزیع پوآسن و دوجمله‌ای منفی، منطقی به نظر می‌رسد. محدودیت پوآسن در برابری میانگین و واریانس است که با توجه به داده‌های آماری چنین فرضی تا حد زیادی قابل قبول به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج حاصل از مدل پوآسن تعداد متغیرهای بیشتری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ معنادار شده‌اند این در حالی است که تعداد متغیرهای معنادار در مدل دوجمله‌ای منفی کمتر و در سطح ۰/۱ معنادار شده‌اند. جهت مقایسه نتایج مدل‌های پوآسن و دوجمله‌ای منفی نتایج این دو مدل به صورت جدول (۲) است.

جدول۲. مقایسه مدل‌های رگرسیون‌پوآسن و دوجمله‌ای منفی

مدل	Value/df				آزمون عمومی	
	انحراف معیار	کای دو پیرسون	لگاریتم درست نمایی	معیار اطلاعات آکائیک (۳۱)	معیار اطلاعات بیزی (BIC)	نسبت درست نمایی کای دو	سطح معنی داری
پوآسن	۰/۸۹	۰/۸۰	-۲۹۹/۳۳۵	۶۱۸/۶۷۱	۶۵۲/۴۲۳	۱۰۵/۹۹۲	۰/۰۰۰
دو جمله‌ای منفی	۰/۱۲۲	۰/۰۹۱	-۴۱۱/۳۶۷	۸۳۶/۷۳۵	۸۶۰/۳۲۹	۳۳/۵۵۳	۰/۰۰۰

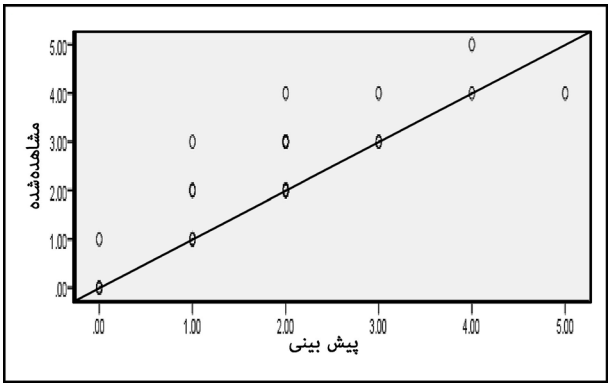
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

در مقایسه شاخص‌های AIC و BIC هرچه این مقادیر برای مدلی کمتر باشد آن مدل بهتر تلقی می‌شود. با توجه به نتایج جدول، شاخص‌های پیچیدگی مدل (AIC و BIC) برای مدل پوآسن کمتر و مقدار لگاریتم درست‌نمایی، بیشتر می‌باشد که نشان دهنده این موضوع است که مدل پوآسن با توجه به نتایج مدل‌سازی معتبرتر است. هم‌چنین هر دو معیار انحراف مقیاس‌بندی شده[۵۱] و کای دو پیرسون مقیاس‌بندی شده[۶۱] در مدل پوآسن به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸ به دست آمده است که به یک نزدیک است و نشان‌دهنده خوبی برازش مدل است. وقتی این دو به یک نزدیک باشند بدین مفهوم است که مقدار میانگین و واریانس داده‌های تصادفات به هم نزدیک است و مدل پوآسن برای داده‌ها مناسب است.

اعتبارسنجی مدل‌ها

در اشکال (۳)، (۴) و (۵) پراکندگی بین تعداد تصادفات جرحی مشاهده شده و تعداد تصادفات جرحی پیش‌بینی شده با مدل پوآسن، مدل دوجمله‌ای منفی و مدل رگرسیون خطی در شاخه‌های تصادفی انتخابی که به عنوان ارزیاب در نظر گرفته شده بودند و در مدل وارد نشدند، ترسیم شده است. دایره‌هایی که پررنگ‌تر هستند به دلیل تجمع فراوانی داده‌های تصادف در این نقاط است.

شکل ۳. پراکندگی بین مشاهده‌ها و پیش‌بینی مدل پوآسن



شکل ۴. پراکندگی بین مشاهده‌ها و پیش‌بینی مدل دوجمله‌ای منفی

شکل ۵. پراکندگی بین مشاهدات و پیش‌بینی مدل رگرسیون خطی

در هر سه شکل ملاحظه می‌شود که پراکنش اطراف یک خط مستقیم است که نشان می‌دهد هر سه مدل تقریباً مناسب هستند. جهت به دست آورن مقادیر R^2 هر یک از مدل‌ها از رابطه (۱۱) استفاده شد:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (A_{i,act} - B_{i,pred})}{\sum_{i=1}^{n} (A_{i,act} - \overline{A}_{i,pred})} \qquad (۱۱)$$

که در این رابطه A مقادیر واقعی، B مقادیر پیش‌بینی شده و $\overline{A}$ میانگین مقادیر واقعی است. در جدول (۳) مقادیر R^2 برای هر یک از مدل‌ها آورده شده است.

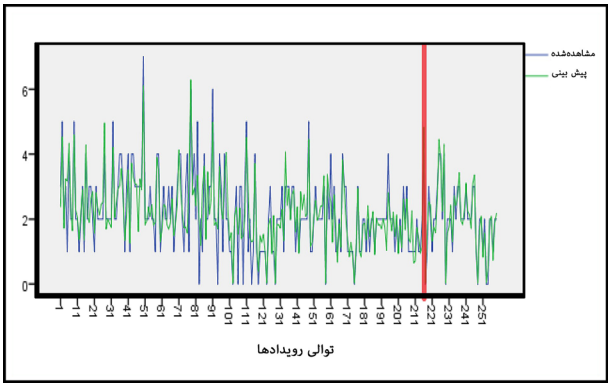
جدول ۳. مقادیر R^2 مدل‌ها

مدل	R^2
رگرسیون پوآسن	۰/۷۳۵۷۳۶
رگرسیون دوجمله‌ای منفی	۰/۶۲۰۱۲
رگرسیون خطی	۰/۶۰۳۶۰۴

جهت بررسی دقیق نتایج حاصل از مدل‌ها، نمودار مقادیر پیش‌بینی واقعی مدل‌ها با در نظر گرفتن خط $y = x$ و محاسبه شاخص برازش این خط، رسم گردید. هر چه نتایج به خط $y = x$ نزدیک‌تر باشند، مدل از اعتبار بیشتری برخوردار است و نتیجه شاخص برازش، مقدار بیشتری می‌باشد. با توجه به نتایج، مدل پوآسن با شاخص برازش بیشتر، دارای عملکرد مناسب‌تری است و به عنوان مدل برتر انتخاب شد. نمودار توالی مشاهده شده در مقابل نمودار پیش‌بینی شده مدل پوآسن در شکل (۶) ترسیم گردید. از قسمت خط قرمز رنگ به بعد، مربوط به آمار تصادفی است که به طور تصادفی انتخاب شده بود و در

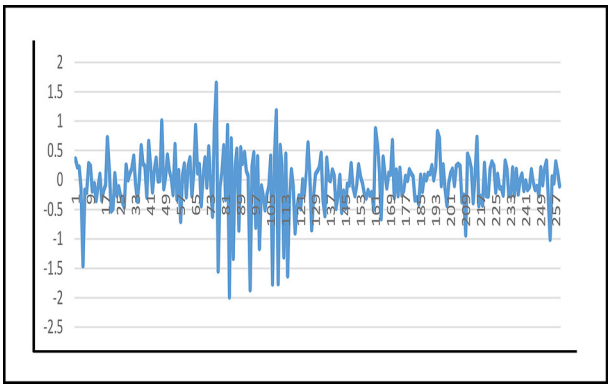
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

مدل وارد نشده بود. همان‌گونه که از نمودار مشخص است. نتایج مدل پیش‌بینی با مقادیر مشاهده شده از انطباق خوبی برخوردار است.



شکل ۶. توالی بین مشاهدات و پیش‌بینی مدل پوآسن در تصادفات جرحی

در صورتی که مدل برازش خوبی داشته باشد، انتظار می‌رود که مانده‌ها حول صفر نوسان و در فاصله (۳ و ۳-) قرار داشته باشند. تحلیل باقیمانده‌ها نیز برای مدل نشان می‌دهد که میانگین آن‌ها مستقل از هم، نرمال و حول صفر نوسان دارد و این مناسب بودن مدل را نشان می‌دهد. مانده‌های استاندارد برای تصادفات جرحی مدل پوآسن در شکل (۷) آورده شده است.



شکل ۷. مانده‌های استاندارد شده[۷۱] در مقابل y برای مدل پیش‌بینی پوآسن تصادفات جرحی

بحث

مدل نهایی تصادفات جرحی که با جامعه آماری بزرگی از تقاطع‌ها ارائه شد قادر است فراوانی تصادفات جرحی را براساس پارامترهای شناسایی شده پیش‌بینی نماید. علاوه بر این، نتایج قابل تعمیم به سایر تقاطع‌ها مشابه می‌باشد زیرا اعتبارسنجی مدل مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج قابل قبولی ارائه داد (شکل (۴)). موارد زیر از نتایج قابل استخراج است:

الف) از بین سه مدل لگاریتم خطی پوآسن، لگاریتم خطی دوجمله‌ای منفی و رگرسیون خطی برای پیش‌بینی تصادفات جرحی، برتری مدل پوآسن با توجه به شاخص برازش R^2 آن بود که نسبت به دو مدل دیگر اثبات شد (جدول ۳). پارامترها و اجزاء تأثیرگذار مدل شامل عوامل هندسی (عرض میانه شاخه، تعداد خطوط عبوری در شاخه تقاطع، خط گردش به راست ویژه، طول خط گردش به راست)، کنترلی (دوربین نظارتی و تعداد فاز آن) و ترافیکی تقاطع (حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع) بودند.

لازم به توضیح است تمام پارامترهای مؤثر در تصادفات در مطالعات مختلف در سطح کشور و مطالعات بین‌المللی شناسایی شده فقط با توجه به آن‌که این پارامترها به شدت تحت تاثیر الگوهای رفتاری و محیطی هستند و اینکه در آماری که امکان دسترسی به آنها وجود دارد برداشت شده باشند، لذا پارامترها در بُروز و حضور و اولویت‌بندی‌ها در معادلات متفاوت هستند. علت اصلی تفاوت‌ها در تحقیقات مختلف همین موضوع بوده که لزوم مطالعات میدانی محلی را محرز می‌کند. اما در مطالعات فوق نیز وجوه مشترک بسیار زیادی وجود دارد که تحقیقات ارایه شده در این بخش با مراجع ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۹ و ۲۸ قابل تطابق است.

ب) مدل ساخته شده نشان داد در اجزاء عوامل هندسی، پارامترهای وجود خط گردش به راست ویژه، تعداد خطوط، عرض میانه و طول خط گردش به راست به ترتیب مؤثرترین (اولویت‌بندی شده) عوامل در کاهش تصادفات هستند (جدول ۳ پیوست). مقدار فاکتور کاهشی بر وجود خط گردش به راست ویژه قابل تأمل است. در واقع وجود خط گردش به راست ویژه، اجازه می‌دهد که وسایل نقلیه در حال گردش به راست با جریان مستقیم تداخل پیدا نکنند و احتمال وقوع تصادف را کاهش دهد. در میان عوامل فوق بجز تعداد خطوط که معمولاً ثابت بوده و تغییر آن‌ها مستلزم تغییر در کل معبر است، مابقی آسان‌تر قابل تغییر هستند. مثلاً با فراهم‌کردن خط گردش به راست ویژه با طول بیشتر، اختلاف سرعت بین ترافیک گردش به راست و ترافیک عبوری مستقیم کاهش یافته و به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد که قبل از تداخل در موقعیت بهتری قرار گیرند. با در نظر گرفتن توضیحات بخش (الف) نتیجه فوق با نتایج تحقیقات مراجع ۴، ۵، ۲۶ و ۲۷ هم‌سو است.

باید توجه داشت که افزایش تعداد خطوط و عرض میانه موجب بزرگ‌تر شدن تقاطع شده و احتمال تعداد نقاط برخورد بین وسایل نقلیه در حال حرکت مستقیم و گردش به چپ را افزایش می‌دهد. علاوه براین بیشتر بودن تعداد خطوط نشان از حجم بالای تقاضای عبور مسیر مستقیم است. در این حالت رانندگان گردش به چپ کننده با تراکم زیاد ترافیک مواجه شده و امکان عبور دشواری را برای آن‌ها فرهم می‌شود که منجر به رفتار تهاجمی از سوی رانندگان

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

شده و باعث افزایش احتمال تصادفات می‌شود. بنابراین می‌توان در مسیرهای با رفوژ عریض، در نزدیکی تقاطع از عرض میانه کاسته و به عرض پیاده‌روهای مجاور افزود.

ج) در بین دو پارامتر کنترلی وارد شده در مدل، وجود دوربین نظارتی نسبت به تعداد فازها سهم به سزایی در کاهش تصادفات دارد (جدول ۳ پیوست). زیرا رانندگان نسبت به عملکرد دوربین‌های نظارتی آگاهی کامل‌تری دارند و لذا منجر به رعایت بیشتر قوانین شده است. علاوه بر این، تعداد فازها در تقاطع‌های شلوغ زیاد بوده که ممکن است رانندگان عصبی شده و از زمان زرد باقی مانده برای تکمیل مانورهای خود استفاده کنند که موجب افزایش تصادفات می‌شود. در این راستا تطابق اطلاعات ارائه شده در مراجع ۱۳، ۱۶، ۲۲ و ۳۰، با در نظر گرفتن توضیحات بخش (الف) بسیار مفید خواهد بود.

د) در خصوص پارامترهای ترافیکی تقاطع، تنها حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع، معنادار شد. اما با توجه به ضریب این متغیر در مدل، سهم قابل توجه آن در افزایش تصادفات جرحی غیر قابل انکار است. علت را می‌توان در افزایش تعداد وسایل نقلیه در تقاطع جستجو کرد چرا که این افزایش باعث احتمال تعداد نقاط برخورد خواهد شد. نکته قابل توجه دیگر این است که فاصله و سرعت کم بین وسایل نقلیه برای انجام مانورهای مختلف سبب می‌شود تعداد زیادی از تصادفات جرحی از نوع خفیف باشند. در تمام پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده نظیر مراجع ۸، ۱۵، ۱۷ و ۳۰ در خصوص تأثیر بسزایی این پارامتر اتفاق نظر وجود دارد.

ه) اولویت‌بندی بین تمام متغیرهای بیان شده بر اساس بیشترین تأثیر به ترتیب: کل حجم عبوری، وجود خط گردش به راست ویژه، تعداد فازها، وجود دوربین نظارتی، تعداد خطوط، عرض میانه و طول خط گردش به راست تعیین شدند که لزوم برنامه‌ریزی با ترتیب فوق برای کاهش اثرات آنها محرز است. در این راستا پیشنهاد می‌شود جهت بهبود ایمنی تقاطع‌ها، نتایج پژوهش حاضر را به صورت میدانی پیاده‌سازی کرد و نتایج حاصل از تحلیل مقدار واقعی با نتایج این پژوهش مقایسه شود تا میزان اثربخشی عملیاتی کاهش تعداد تصادفات و کارایی مدل‌ها بهتر بررسی شود. همچنین پیشنهاد می‌شود جهت بهبود مدل‌ها از پارامترهای بیشتری نظیر سرعت استفاده شود. به منظور از بین بردن خطاهای ناشی از تخصیص تصادفات به تقاطع‌ها پیشنهاد می‌شود تا پلیس راهنمایی و رانندگی از سیستم‌های موقعیت جغرافیایی برای ثبت محل دقیق تصادفات استفاده نماید.

در مطالعه حاضر با توجه به اینکه فقط یک منبع جهت جمع‌آوری اطلاعات تصادفات وجود داشت و دسترسی به اطلاعات اورژانس تقریباً غیر ممکن بود، صحت سنجی اطلاعات دشوار بود. با این وجود آزمون‌های آماری ارایه شده در بخش‌های قبل این مقاله نظیر مقادیر انحراف معیار حاکی از قابلیت استناد اطلاعات جمع‌آوری شده دارد. اطلاعات تصادفات استفاده شده در این تحقیق از حضور چند ماهه و برداشت دستی از روی داده‌های کامپیوتری و از روی صفحه نمایش کامپیوتر انجام شد. در صورتی‌که با در اختیار گرفتن اطلاعات داده‌ها از طریق فایل‌های پلیس، روند پژوهش بسیار سریع‌تر و آسان‌تر انجام می‌گرفت. با توجه به عدم تعمیم پذیری اطلاعات و لزوم انجام مطالعات میدانی و محلی، محدویت‌های بیان شده تا حدودی مانع از انجام مطالعات جامع و گسترده در این خصوص می‌شود. در این راستا لازم است بخش‌های بالادستی شرایط استفاده از داده‌ها را برای محققین با زمینه پژوهشی تصادفات، به جهت حل مسایل و مشکلات مربوطه فراهم نمایند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله که ماحاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم مهندس سهیلا سعیدی است ضروری می‌دانند از مدیریت پلیس راهنمایی و رانندگی استان اصفهان و مدیریت و کارشناسان معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان که مساعدت و همکاری‌های لازم را جهت جمع‌آوری داده‌های این پژوهش، انجام دادند، قدردانی و تشکر نمایند.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

References

1. Zarei E, Dormohammadi A. Accidents analysis in a disaster and emergency medical management center. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2015;3(3):191-8.

2. Hosseininezhad F, Makui A, Tavakkoli-Moghaddam R. Hub Location Modeling of the Relief Chain in Emergency Management Based on the Needs of the Injured of Road Accidents. Journal of Transportation Research. 2018;15(3):321-35.

3. Ahadi M, Hassanpour M, Bashiri P, Bashiri P. Strategies to promote safety to prevent pedestrian accidents in the city of Qazvin. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2017;4(3):143-50.

4. Babagoli R, Ameli A, Gholamrezatabar AA, Paydar A. Presenting Model of Intensity Estimation of Vehicle Accidents Using Accident Data (Case Study: Babol-Ganj Afrooz Road). Journal of Transportation Research. 2019;16(4):1-14.

5. Abdolahi R, Haghshenas H, Rikhtehgaran R. 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). Quarterly Journal of Transportation Engineering. 2019;11(1):1-20.

6. Himes S, Eccles K, Peach K, Monsere CM, Gates TJ. Estimating the safety effects of intersection sight distance at unsignalized intersections. Transportation research record. 2016;2588(1):71-9.

7. Moradi A, Gilasi HR, Hasani J. Evaluation of Knowledge, Attitude and Practice of Motorcyclist drivers regarding driving laws in Kashan. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2015;3(3):175-84.

8. Moslem B, Movahedi Sobhani F, Saghei A. Identifying Effective Factors and Predicting Road Accidents Using Data Mining Approaches (Case Study of Tehran-Qom). Quarterly Journal of Transportation Engineering. 2019;10(4):867-85.

9. National Highway Traffic Safety Administration. Traffic Safety Facts, 2010 Data: Young Drivers. Annals of emergency medicine. 2014;64(4):413. [pubmed]

10. Isfahan Comprehensive Studies of Transportation. Recognition the current status, checking the problems, and suggesting the macro-solutions for urban transportation safety in Isfahan. 2015.

11. Lord D, Washington SP, Ivan JN. Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. Accident Analysis & Prevention. 2005;37(1):35-46. [pubmed]

12. kaghazian S. Investigating the Effect of Human Development on the Shadow Price of Road Accidents in Iran. Journal of Transportation Research. 2019;16(1):307-19.

13. Haghighi FR, Karimi Maskoni E. Assessment of Various Hot Spot Identification Methods Based on Field Investigation. Journal of Transportation Research. 2018;15(4):81-95.

14. [1]Lord D, Mannering F. The statistical analysis of crash-frequency data: a review and assessment of methodological alternatives. Transportation research part A: policy and practice. 2010;44(5):291-305. [Scopus]

15. Chin HC, Quddus MA. Applying the random effect negative binomial model to examine traffic

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

accident occurrence at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention. 2003;35(2):253-9. [pubmed]

16. Strauss J, Miranda-Moreno LF, Morency P. Multimodal injury risk analysis of road users at signalized and non-signalized intersections. Accident Analysis & Prevention. 2014;71:201-9. [pubmed]

17. Mitra S, Washington S. On the significance of omitted variables in intersection crash modeling. Accident Analysis & Prevention. 2012;49:439-48. [pubmed]

18. Roshandeh AM, Agbelie BR, Lee Y. Statistical modeling of total crash frequency at highway intersections. Journal of traffic and transportation engineering (English edition). 2016;3(2):166-71. [Scopus]

19. Sirivadidurage SPK. Disaggregate models to examine signalized intersection crash frequencies. 2006.

20. Wang Y, Nihan N. Quantitative analysis on angle-accident risk at signalized intersections. InWorld Transport Research, Selected Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research (in print) 2001 Jul 22.

21. Nassiri H, Moshfegh Mojarad M. Identification Of Accident Hazard Index For Urban Intersections And Rural Highways In Iran. Sharif Journal Of Civil Engineering. 2006; 22(35):23-33.

22. Pernia JC, Lu JJ, Weng MX, Xie X, Yu Z. Development of models to quantify the impacts of signalization on intersection crashes. 2002.

23. Hauer E, Harwood D, Council F, Griffith M. Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2002(1784):126-31.

24. Ayati E, Zakeri Sardaroodi JA, Sadeghi A. Accident Severity Model For Iran Railway-Highway Grade Crossings. Sharif Journal of Civil Engineering. 2012;Volume 2-28(2):3-11.

25. Naghdizadeh MR, Chaichi Motlagh, M., Yazdanpanah, H. and Abedini, M. A prediction model for accidents in Tehran squares. 13th Conference on Traffic and Transportation Engineering; Tehran, Iran: Tehran municipality; 2013.

26. Ghasemi Noghabi M, and Ayati, E. Prediction models of all kinds of damaging accidents in urban stop-lighted 4-way intersections. 10th Conference on Traffic and Transportation Engineering; Tehran, Iran: Tehran municipality; 2011.

27. Himes S, Gross F, Eccles K, Persaud B. Multistate safety evaluation of intersection conflict warning systems. Transportation research record. 2016;2583(1):8-16.

28. Anselin L. Appendix C: Ordinary Least Square and Poisson Regression Models. 2002.

29. Tay R. A random parameters probit model of urban and rural intersection crashes. Accident Analysis and Prevention. 2015;84:38-40.

30. Afandizadeh S, Ahmadi Nejad M. Comparison of the Results of Statistical Models and Neural Networks Models in Prediction of the Number of Accidents at Intersections. Journal of Transportation Research. 2008;4(4): 339-55.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

پیوست‌ها

جدول ۱. اسامی تقاطع‌های چهار شاخه چراغ‌دار بررسی شده در این تحقیق

ردیف	عنوان تقاطع	ردیف	عنوان تقاطع	ردیف	عنوان تقاطع
۱	شمال پل فلزی	۲۳	جنوب پل فردوسی	۴۵	وحید / باغ دریاچه
۲	چهارراه وفایی	۲۴	جابر انصاری / کاوه	۴۶	قائم / شاهد
۳	شمس‌آبادی/ شیخ بهایی	۲۵	اشراق / ابوریحان	۴۷	شریعتی / چهارباغ بالا
۴	شمال پل ابوذر	۲۶	اشراق / فلاطوری	۴۸	سه راه سیمین
۵	طالقانی/ شمس‌آبادی	۲۷	گلستان / هسا	۴۹	شیخ مفید/ فیض
۶	چهارراه تختی	۲۸	نیرو هوایی / خانه اصفهان	۵۰	رسالت / آزادی
۷	آیت الله زاهد / میرداماد	۲۹	رباط / باهنر	۵۱	سجاد / قائم مقام فراهانی
۸	شهیدان/ مدرس نجفی	۳۰	گلخانه / بنفشه	۵۲	چهار راه آپادانا
۹	صمدیه / خرم	۳۱	خادمی/ باهنر	۵۳	بهشت / آتشگاه
۱۰	صمدیه / آیت الله مدرس نجفی	۳۲	چهار راه نقاشی	۵۴	جی / پروین
۱۱	خ امام خمینی / شریف	۳۳	کاشانی / شیخ بهایی	۵۵	فرسان / عسگریه
۱۲	خ امام خمینی / خانه اصفهان	۳۴	حمزه اصفهانی / بیست و دو بهمن	۵۶	پروین / آل خجند
۱۳	امام خمینی امام رضا	۳۵	هشت بهشت/ بزرگمهر	۵۷	پروین / دشتستان
۱۴	شمال پل فردوسی	۳۶	چهارراه نورباران	۵۸	پروین / ۲۴ متری
۱۵	ابن‌سینا / کمال	۳۷	لاهور/ بلال	۵۹	فجر/ معراج
۱۶	ولی‌عصر / صغیر	۳۸	توحید/شریعتی	۶۰	چهارراه عسگریه
۱۷	ملک / هشت بهشت	۳۹	شریعتی/ حکیم نظامی	۶۱	بعثت/ فلاطوری
۱۸	هشت بهشت / نشاط	۴۰	وحید/ رودکی	۶۲	جی/ شهرک اریسون
۱۹	چهارراه شکرشکن	۴۱	توحید/ نظر	۶۳	قائم/ غدیر
۲۰	شیخ صدوق / سعادت‌آباد	۴۲	حکیم نظامی/ نظر	۶۴	ادیب/ سرچشمه غربی
۲۱	فرایبورگ / سعادت‌آباد	۴۳	جنوب پل فلزی	۶۵	رباط / رزمندگان
۲۲	آبشار / سجاد	۴۴	جنوب پل آذر		

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی متغیرهای مستقل

نام متغیر	علامت اختصاری	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
تعداد خطوط عبوری در شاخه تقاطع	χ_1	۰	۵	۲/۳	۰/۸۲۰
عرض شاخه (برحسب متر)	χ_2	۰	۲۴	۷/۸	۲/۸۷
جهت مسیر حرکت در شاخه تقاطع (اگر شاخه تقاطع یک طرفه باشد مقدار ۱ در غیر این صورت ۰)	χ_3	۰	۱	۰/۰۸	۰/۲۶۷
فاصله ایستگاه اتوبوس تا شاخه تقاطع (اگر فاصله ایستگاه اتوبوس تا تقاطع ۶۰ متر باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰)	χ_4	۰	۱	۰/۱۸	۰/۳۸۶
وجود اتوبوس در مسیر یک طرفه (اگر اتوبوس در مسیر یک طرفه باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰)	χ_5	۰	۱	۰/۰۳	۰/۱۷۳
فاز گردش به چپ محافظت شده (اگرشاخه دارای فاز گردش به چپ محافظت شده باشد مقدار۱ و در غیر این صورت۰)	χ_6	۰	۱	۰/۳۳	۰/۴۷۳
خط گردش به چپ ویژه (اگر شاخه دارای خط گردش به چپ ویژه باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰)	χ_7	۰	۱	۰/۱۷	۰/۳۷۲
عرض خط گردش به چپ ویژه (برحسب متر)	χ_8	۰	۷	۰/۶۰۵	۱/۳۸
طول خط گردش به چپ (برحسب متر)	χ_9	۰	۸۰	۸/۵۵	۱۹/۸
تعداد خط گردش به چپ	χ_{10}	۰	۲	۰/۱۹	۰/۴۱۱
خط گردش به راست ویژه (اگر شاخه دارای خط گردش به راست ویژه باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰)	χ_{11}	۰	۱	۰/۸۱	۰/۳۹۲
طول خط گردش به راست ویژه (برحسب متر)	χ_{12}	۰	۹۰	۴۱/۲۵	۲۰/۳۷۵
تعداد خطوط گردش به راست ویژه	χ_{13}	۰	۳	۰/۹۲	۰/۵۶۴
عرض خطوط گردش به راست ویژه (برحسب متر)	χ_{14}	۰	۹/۵	۴/۴۸	۲/۳۳
وجود میانه در شاخه تقاطع (اگر در شاخه تقاطع میانه وجود داشته باشد مقدار ۱ در غیر این صورت ۰)	χ_{15}	۰	۱	۰/۸۵	۰/۳۶۱
عرض میانه شاخه تقاطع (برحسب متر)	χ_{16}	۰	۳۰	۳/۱۲	۴/۱۶
تعداد فازها به ازای هر سیکل	χ_{17}	۲	۵	۲/۸۲	۰/۷۶۴
زمان‌بندی سیکل (ثانیه)	χ_{18}	۳۰	۱۶۵	۸۸/۸۵	۳۰/۰۸۱
نوع سیستم کنترل تقاطع (اگر شاخه دارای چراغ راهنمایی هوشمند باشد مقدار ۱ و در غیر این صورت ۰)	χ_{19}	۰	۱	۰/۹۲	۰/۲۶۷
دوربین نظارتی در تقاطع (اگر دوربین در تقاطع وجود داشته باشد مقدار ۱ در غیر این صورت ۰)	χ_{20}	۰	۱	۰/۶۵	۰/۴۷۹
زاویه بین شاخه‌های فرعی با امتداد اصلی تقاطع (اگر زاویه نود درجه باشد مقدار ۱ در صورت منفرجه بودن مقدار ۰)	χ_{21}	۰	۱	۰/۶۲	۰/۴۸۷
حجم ترافیک روزانه عبوری مستقیم (برحسب لگاریتم طبیعی)	χ_{22}	۰	۴/۵۶	۳/۴۶	۰/۹۶
حجم روزانه ترافیک عبوری راست‌گرد (برحسب لگاریتم طبیعی)	χ_{23}	۰	۴/۳۶	۲/۷	۱/۰۵۹
حجم ترافیک روزانه عبوری چپ‌گرد (برحسب لگاریتم طبیعی)	χ_{24}	۰	۴/۳۷	۲/۷	۱/۰۶
حجم روزانه کل عبوری شاخه تقاطع (برحسب لگاریتم طبیعی)	χ_{25}	۰	۴/۶۴	۳/۸	۰/۷۹

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۳. مدل رگرسیون پوآسن برای پیش‌بینی تصادفات جرحی (خروجی نرم‌افزار)

پارامتر	ضرایب	خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵٪ والد		آزمون فرض			فاکتور کاهش تصادفات	نسبت نرخ رویداد
			حد پایین	حد بالا	خی دو والد	درجه آزادی	سطح معناداری		
عددثابت	-۳/۲۱۶	۰/۷۳۳۰	-۴/۶۵۲	-۱/۷۷۹	۱۹/۲۴۷	۱	۰/۰۰۰	-	-
دوفازه بودن	-۰/۴۴۱	۰/۲۲۹۳	-۰/۸۹۱	۰/۰۰۸	۳/۷۰۰	۱	۰/۰۵۴	۳۵/۶۴۹	۰/۶۴۳
سه فازه بودن	-۰/۳۶۰	۰/۲۰۷۷	-۰/۷۶۷	۰/۰۴۷	۲/۹۹۸	۱	۰/۰۸۳	۳۰/۲۱	۰/۶۹۷۸
چهارفازه بودن	۰/۰۲۱	۰/۲۲۳۱	-۰/۴۱۷	۰/۴۵۸	۰/۰۰۹	۱	۰/۹۲۶	-۲/۱۲۲	۱/۰۲۱
پنج فازه بودن	0^a	.	.	.	.	.	.	-	-
دوربین (χ_{20})	-۰/۳۱۶	۰/۱۰۹۸	-۰/۵۳۱	-۰/۱۰۱	۸/۲۶۸	۱	۰/۰۰۴	۲۷/۰۹	۰/۷۲۹
عرض میانه (χ_{16})	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۰	۳/۸۸۱	۱	۰/۰۴۹	-۲/۰۲	۱/۰۲۰۲
تعداد خطوط (χ_1)	۰/۱۶۶	۰/۰۶۵۱	۰/۰۳۸	۰/۲۹۴	۶/۴۸۹	۱	۰/۰۱۱	-۱۸/۰۵	۱/۱۸۰۵
وجود خط گردش به راست ویژه (χ_{11})	-۰/۷۵۰	۰/۲۶۲۲	-۱/۲۶۴	-۰/۲۳۶	۸/۱۸۵	۱	۰/۰۰۴	۵۲/۷۶	۰/۴۷۲۳
طول خط گردش به راست (χ_{12})	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۴/۴۳۹	۱	۰/۰۳۵	۱/۱۰۶	۰/۹۸۹
لگاریتم کل حجم عبوری (χ_{25})	۱/۰۶۶	۰/۱۷۱۲	۰/۷۳۰	۱/۴۰۱	۳۸/۷۴۷	۱	۰/۰۰۰	-۱۹۰/۳۷	۲/۹۰۳

جدول ۴. معیارهای برازندگی مدل پوآسن (خروجی نرم‌افزار)

پارامتر	مقدار	درجه آزادی	Value/df
انحراف معیار	۱۸۷/۴۶	۲۰۶	۰/۸۹
انحراف معیار مقیاس بندی شده	۱۸۷/۴۶	۲۰۶	
کای دوپیرسون	۱۶۴/۸	۲۰۶	۰/۸
کای دو پیرسون مقیاس بندی شده	۱۶۴/۸	۲۰۶	
لگاریتم درست نمایی	-۲۹۹/۳۳۵		
معیار اطلاعات آکائیک(25)	۶۱۸/۶۷۱		
نمونه نهایی اصلاح شده AIC (AICC)	۶۱۹/۷۴۴		
معیار اطلاعات بیزی(BIC)	۶۵۲/۴۲۳		
ثابت AIC (CAIC)	۶۶۲/۴۲۳		
کای دو نسبت درست نمایی	۱۰۵/۹۹۲		
سطح معناداری	۰/۰۰۰	۹	

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۵.خروجی مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی برای پیش‌بینی تصادفات جرحی

پارامتر	ضرایب	خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵٪ والد		آزمون فرض		
			حد پایین	حد بالا	مقدار	حد پایین	حد بالا
دوربین (χ_{20})	-۰/۳۵۱	۰/۲۰۰۰	-/۶۸۰	-۰/۰۲۲	۳/۰۸۷	۱	۰/۰۷۹
تعدادخطوط (χ_1)	۰/۱۹۳	۰/۱۱۷۵	۰/۰۲۴	۰/۳۶۲	۲/۶۹۱	۱	۰/۰۸۲
لگاریتم کل حجم عبوری (χ_{25})	۱/۰۳۵	۰/۲۶۵۳	۰/۵۹۹	۱/۴۷۱	۱۵/۲۲۷	۱	۰/۰۰۰
دوفازه بودن	-۳/۷۰۰	۱/۰۳۰۹	-۵/۳۹۶	-۲/۰۰۴	۱۲/۸۸۳	۱	۰/۰۰۰
سه فازه بودن	-۳/۵۷۵	۱/۰۶۲۷	-۵/۳۲۳	-۱/۸۲۷	۱۱/۳۱۵	۱	۰/۰۰۱
چهارفازه بودن	-۳/۲۳۸	۱/۰۷۸۸	-۵/۰۱۱	-۱/۴۶۵	۹/۰۲۸	۱	۰/۰۰۳
پنج فازه بودن	-۳/۲۶۸	۱/۱۷۲۵	-۵/۱۹۶	-۱/۳۳۹	۷/۷۶۸	۱	۰/۰۰۵

جدول ۶. معیارهای برازندگی دوجمله‌ای منفی(خروجی نرم‌افزار)

پارامتر	مقدار	درجه آزادی	Value/df
انحراف معیار	۲۵/۴۶۲	۲۰۸	۰/۱۲۲
انحراف معیار مقیاس بندی شده	۲۵/۴۶۲	۲۰۸	
کای دوپیرسون	۱۸/۸۸۹	۲۰۸	۰/۰۹۱
کای دو پیرسون مقیاس بندی شده	۱۸/۸۸۹	۲۰۸	
لگاریتم درست نمایی	-۴۱۱/۳۶۷		
معیار اطلاعات آکائیک(25)	۸۳۶/۷۳۵		
نمونه نهایی اصلاح شده AIC (AICC)	۸۳۷/۲۷۶		
معیار اطلاعات بیزی(BIC)	۸۶۰/۳۲۹		
ثابت AIC (CAIC)	۸۶۷/۳۲۹		
کای دو نسبت درست نمایی	۳۳/۵۵۳		
سطح معناداری	۰/۰۰۰	۶	

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۷. مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی تصادفات جرحی (خروجی نرم‌افزار)

پارامتر	ضرایب	خطای استاندارد	t	سطح اطمینان	سطح اطمینان ۹۵٪	
					کران پایین	کران بالا
عددثابت	-۱/۱۶۸	۰/۵۶۳	-۲/۰۷۴	۰/۰۳۹	-۲/۲۷۸	-۰/۰۵۸
χ_{20}	-۰/۴۷۸	۰/۱۳۵	-۳/۵۴۶	۰/۰۰۰	-/۷۴۴	-۰/۲۱۲
χ_{16}	۰/۰۳۸	۰/۰۱۴	۲/۷۲۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۶۵
χ_{1}	۰/۵۲۴	۰/۰۸۰	۶/۵۶۳	۰/۰۰۰	۰/۳۶۷	۰/۶۸۱
χ_{11}	-۱/۸۳۳	۰/۳۵۰	-۵/۲۴۳	۰/۰۰۰	-۲/۵۲۲	-۱/۱۴۳
χ_{12}	۰/۰۲۴	۰/۰۰۷	۳/۶۳۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷
لگاریتم حجم کل عبوری χ_{25}	۱/۰۱۱	۰/۰۹۴	۱۰/۷۷۳	۰/۰۰۰	۰/۸۲۶	۱/۱۹۶
$[\chi_{22}=2]$	-۱/۳۴۱	۰/۳۳۲	-۴/۰۴۵	۰/۰۰۰	-۱/۹۹۵	-۰/۶۸۸
$[\chi_{22}=3]$	-۱/۰۳۹	۰/۳۱۵	-۳/۳۰۵	۰/۰۰۱	-۱/۶۶۰	-۰/۴۱۹
$[\chi_{22}=3]$	-/۲۰۴	۰/۳۳۹	-۰/۶۰۲	۰/۵۴۸	-۰/۸۷۲	۰/۴۶۴
$[\chi_{22}=5]$	0[a]	.	.	.	.	.

جدول ۸. شاخص برازش مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی تصادفات جرحی(خروجی نرم‌افزار)

منبع	نوع سوم مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	F	سطح معناداری	R^2
مدل اصلاح شده	۱۸۴/۸۲۹[a]	۹	۲۰/۵۳۷	۲۹/۲۱۷	۰/۰۰۰	۰/۵۶۱
عددثابت	۱۱/۷۱۳	۱	۱۱/۷۱۳	۱۶/۶۶۴	۰/۰۰۰	
χ_{20}	۸/۸۳۹	۱	۸/۸۳۹	۱۲/۵۷۶	۰/۰۰۰	
χ_{16}	۵/۲۲۰	۱	۵/۲۲۰	۷/۴۲۷	۰/۰۰۷	
χ_{1}	۳۰/۲۷۹	۱	۳۰/۲۷۹	۴۳/۰۷۸	۰/۰۰۰	
χ_{11}	۱۹/۳۱۹	۱	۱۹/۳۱۹	۲۷/۴۸۵	۰/۰۰۰	
χ_{12}	۹/۲۹۰	۱	۹/۲۹۰	۱۳/۲۱۷	۰/۰۰۰	
لگاریتم حجم کل عبوری χ_{25}	۸۱/۵۷۲	۱	۸۱/۵۷۲	۱۱۶/۰۵۱	۰/۰۰۰	
χ_{17}	۲۸/۷۷۷	۳	۹/۵۹۲	۱۳/۶۴۷	۰/۰۰۰	
خطا	۱۴۴/۷۹۶	۲۰۶	۰/۷۰۳			
مجموع	۱۳۸۳	۲۱۶				
اصلاح مجموع	۳۲۹/۶۲۵	۲۱۵				

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.