فصلنامه علمی
راهور
۳۷
فصلنامه علمی راهور
سال هشتم- شماره ۳۱
زمستان ۱۳۹۸
علمی-پژوهشی

پیش‌بینی شدت تصادف در تقاطع‌های چراغ‌دار با استفاده از مدل لوجیت ترتیبی

حمیدرضا بهنود[۱]، اردشیر برهوم[۲]، بابک میربهاء[۳]

از صفحه ۳۷ تا ۵۶
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴

چکیده

چراغ‌های راهنمایی به عنوان روشی برای بهبود ایمنی ترافیک و عملکرد در تقاطع‌ها در نظر گرفته می‌شوند. تعداد زیادی از تصادفات در تقاطع‌ها رخ می‌دهند و این تصادفات باعث خسارت‌های مالی، آسیب دیدگی، و حتی در بعضی موارد منجر به مرگ می‌شوند. این تحقیق به منظور پیش‌بینی شدت تصادف در تقاطع‌های چراغ‌دار شهر قزوین انجام شده و متغیرهای موثر بر وقوع تصادفات شدید را بررسی می‌کند. داده‌های تصادف براساس گزارش‌های پلیس شهر قزوین و داده‌های ارائه شده توسط معاونت حمل ونقل ترافیک شهرداری قزوین مورد استفاده قرار گرفته که شامل ۲۸۸ تصادف در سال‌های ۹۳ تا ۹۵ در ۳۸ تقاطع چراغ‌دار شهر قزوین است. گزارش تصادفات شامل توصیف شرایطی است که تصادف در آن رخ داده است. این تصادفات بر اساس شدت آنها به ترتیب در سه دسته خسارتی، جرحی و فوتی که بر اساس آمارها (۱۲۸ تصادف خسارتی، ۱۵۶ تصادف جرحی، ۴ تصادف فوتی) دسته‌بندی شده‌اند. در این تحقیق مدل لوجیت ترتیبی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که حضور بعضی از متغیرها مانند زمان تصادف در روز، نرخ حجم تقاطع و وجود جزیره، در واقع احتمال وقوع یک تصادف با شدت زیاد را کاهش می‌دهند و بر عکس حضور بعضی از متغیرها مانند تصادفات در فصل تابستان، نوع برخورد، نحوه برخورد، تردد عابرین پیاده و تعداد خطوط در احتمال وقوع یک تصادف با شدت زیاد را افزایش می‌دهند.

کلیدواژه‌ها

تقاطع‌های چراغ‌دار، مدل لوجیت ترتیبی، شدت تصادف، تقاطع‌های درون‌شهری.

۱.استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی(نویسنده مسئول)-hr.behnood@gmail.com
۲. دانشجوی دکترا دانشگاه بین المللی امام خمینی
۳. استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی

www.SID.ir

فصلنامه علمی راهور
سال هشتم- شماره ۳۱
زمستان ۱۳۹۸

مقدمه

دستگاه‌های اجرایی متولی ایمنی راه همواره در پی کاهش تعداد و شدت تصادفات ترافیکی می‌باشند. توسعه و بهبود ویژگی‌های هندسی و محیطی راه یک رویکرد اساسی برای نیل به این هدف است. در گذشته مطالعات زیادی در ارتباط با عوامل موثر بر فراوانی و شدت سوانح ترافیکی در عناصر مختلف راه و تقاطع‌های آن انجام شده است. در ارتباط با پیش‌بینی سطح شدت تصادف، با استفاده از مدل‌های آماری مختلف به براورد سطح شدت در عناصر مختلف و برای کاربران گوناگون پرداخته شده است. لیکن نیاز به مطالعه در خصوص سطح شدت تصادف در تقاطع‌های چراغدار پیش از این مورد مطالعه نبوده است. به انجام چنین مطالعه‌ای به منظور تعیین شاخص‌های موثر بر افزایش سطح شدت به عنوان یک بعد ریسک در تقاطع‌های چراغ‌دار نیاز خواهیم داشت. برای رسیدن به این هدف، چنین پرسش‌هایی قابل طرح است: کدام مدل به خوبی شدت تصادفات را نشان می‌دهد؟ مهم‌ترین متغیرهای مستقلی که می‌توانند بر شدت تصادفات تاثیر بگذارند چیست؟ و مقادیر پارامتر برای بهترین پیش‌بینی مدل تصادف چیست؟

چراغ‌های راهنمایی به عنوان راهکاری برای بهبود ایمنی ترافیک و عملکرد تقاطع‌ها در نظر گرفته می‌شود. تعداد زیادی از تصادفات در تقاطع‌های درون‌شهری روی می‌دهد که باعث خسارت‌های مالی، جرحی و فوتی می‌شوند. با این حال، اثر چراغ راهنمایی بر شدت تصادف در تقاطع‌ها پیچیده می‌باشد. بیش‌بینی شدت تصادف در معابر و بزرگراه‌های شهری و همچنین در تقاطع‌های چراغ‌دار موضوعی بسیار مهم در تحلیل ایمنی ترافیک درون‌شهری است که به واسطه آن می‌توان متغیرها یا عوامل موثر بر وقوع تصادفات فوتی یا آسیب‌های جدی را شناسایی کرده و به یک روش یا راه حلی برای کاهش شدت سوانح ترافیکی رسید. این موضوع برای تقاطع‌های چراغ‌دار درون‌شهری کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق برای

www.SID.ir

پیش‌بینی شدت تصادفات در تقاطع‌های چراغدار شهر قزوین صورت گرفته و متغیرهای موثر بر شدت تصادفات را بررسی می‌کند. از جمله عوامل موثر بر شدت تصادف در تقاطع‌های چراغدار ، عوامل مربوط به رفتار راننده، شرایط هندسی معابر متقاطع، حجم ترافیک، وسیله نقلیه و شرایط محیطی می‌باشد. تاثیر این متغیرها بر وقوع تصادف می‌تواند بطور قابل توجهی با توجه به هر حالت متفاوت باشد.

پیشینه تحقیق

استفاده از مدل‌های رگرسیون لجستیک در پیش‌بینی سطح شدت تصادف در معابر مختلف درون‌شهری و برون‌شهری گستره وسیعی در ایران و سایر کشورها داشته است. الغمدی[1] (۲۰۰۲) از رگرسیون لوجستیک به منظور بررسی سهم متغیرهای گوناگون در شدت تصادف استفاده کرد. در این مطالعه، در مجموع ۵۶۰ نفر درگیر در تصادفات شدید نمونه‌برداری شدند. شدت تصادف (متغیر وابسته) در این مطالعه یک متغیر دووجهی فوتی و غیرفوتی بوده است. به دلیل ماهیت دوتایی این متغیر وابسته، رویکرد رگرسیون لجستیک مناسب بود. از ۹ متغیر مستقل به دست آمده از گزارش تصادفات پلیس، دو متغیر دارای اهمیت زیادی در ارتباط با شدت تصادف، یعنی محل و علت حادثه بود. تفسیر آماری از برآوردهای مدل توسعه یافته از لحاظ مفهوم نسبت بخت (OR)[2] انجام شده است. مودون[3] (۲۰۱۱) ارتباطات شدت آسیب با استفاده از گزارش‌های پلیس در تصادفات عابر پیاده و موتوری در مسیرهای دولتی و خیابان‌های شهر کانگ، واشنگتن مورد بررسی قرار گرفت. سطوح نفوذ در نتیجه برخورد، در نظر گرفته شده است: (۱) ویژگی‌های پیاده‌های فردی و رانندگان و اقدامات آنها؛ (۲) محیط راه؛ و (۳) محیط محله. رگرسیون لجستیک دوتایی برای

1.Al-Ghamdi
2.Odds Ratio
3.Moudon

www.SID.ir

برآورد خطر تصادف بر عابرپیاده که به دو سطح تقسیم کـرده اسـت: بـدون آسـیب، آسیب جدی یا مرگ و میر و دریافتند که متغیرهایی همراه بـا افـزایش خطـر آسـیب جدی یا مرگ و میر شامل: داشتن بیش از دو عابرپیاده در برخورد؛ و در خیابان‌هـای شهری، راننده مست است. در تحقیق بدارد[1] (۲۰۰۲) ویژگی‌های رانـنـده، تصـادف و ویژگی‌های خودرو با احتمال تاثیر بر فوت مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین سهم مستقل این متغیرها برای ریسک مرگ رانندگان، از داده‌های تصادفات تـک‌وسـیله‌ای با موانع ثابت که از سیستم گزارش‌دهی تصادفات فوتی ایالات متحده دریافـت شـده بود استفاده گردید. رگرسیون لجستیک چندمتغیره نشان داد که نسـبت شـانس (OR) برای جراحت فوتی با مقدار سن افزایش می‌یابـد. نتـایج ایـن مطالعـه نشـان داد کـه افزایش استفاده از کمربند ایمنی، کاهش سرعت و کاهش تعداد و شدت اثرات جانبی راننده می‌تواند از تلفات ترافیکی جلوگیری کند. چـراغ‌هـای راهنمـایی بـرای تـامین حرکت موثر و ایمن ترافیک استفاده می‌شود. با این وجود، تصادفات شدید باز هم در تقاطع‌های چراغ‌دار روی می‌دهد. اوه[2] (۲۰۰۶) به بررسـی تـاثیر شـرایط آب و هـوا، مانورهای ترافیکی و ویژگی‌های مهندسی راه بـر شـدت تصـادفات در تقـاطع‌هـای چراغ‌دار چهارشاخه در مناطق برون‌شهری پرداختـه اسـت. در ایـن مطالعـه از مـدل پروبیت ترتیبی برای بررسی احتمال سطوح شدت جراحت برای همه انواع برخـورد شامل تصادفات تک‌وسیله‌ای و چندوسیله‌ای استفاده شده است. این مطالعه نشان داد که حضور خط گردش به چپ محافظت شده، عرض میانه گسترده‌تر، حجم ترافیک بالاتر و تعداد دسترسی‌های فرعی با شدت کمتر تصادف همراه است. چراغ‌دار کردن تقاطع بر افزایش ایمنی تردد عابران پیاده تاثیر می‌گـذارد. ریفـات و تـی[3] (۲۰۰۹) بـه بررسی اثر الگوی خیابان بر سطح شدت جراحت در تصادفات درون‌شهری پرداختند.

1.Bedard
2.Oh
3.Rifaat&Tay

www.SID.ir

در این مطالعه، تاثیر الگوی شهری بر ریسک جراحت با عوامل دیگر شامل ویژگی‌های معابر، مشخصات رانندگان، مشخصات تصادف، شرایط محیطی و ویژگی‌های وسیله نقلیه بررسی شد و مدل رگرسیون لجستیک با داده‌های جراحت گزارش شده از سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ برای بررسی عوامل مختلف مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوهای متداول از جمله حلقه‌ای و شعاعی در صورت وقوع تصادف از دیدگاه میزان آسیب پذیری نسبت به الگوی شبکه‌ای ایمن‌تر است. هالیم[1] (۲۰۱۰) در مطالعه خود رویکردهای متعددی را برای تجزیه و تحلیل شدت جراحت تصادف در تقاطع‌های بدون چراغ سه و چهارشاخه در ایالت فلوریدا از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ ارائه داد. سه رویکرد برای این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. اولین رویکرد مربوط به پنج سطح شدت جراحت بود و یک مدل پروبیت ترتیبی در نظر گرفته شد. در رویکرد دوم یک جمع‌بندی بر سطوح تصادف شدید و غیرشدید بوده و از مدل پروبیت دوتایی استفاده شد. سومین رویکرد مربوط به تطبیق یک مدل لوجیت آشیانهای بود. نتایج حاصل از این سه رویکرد مطرح شده، مقایسه‌ای بین آنها را نشان. چند عامل مهم تاثیر شدت تصادف در تقاطع‌های بدون چراغ مشخص شد که شامل حجم ترافیک در رویکرد اصلی و تعداد خطوط در رویکرد فرعی بود. مودون (۲۰۱۱) روابط شدت جراحت تصادفات عابر پیاده را در مسیرهای ایالتی و خیابان‌های شهری واشینگتن مورد بررسی قرار داد. سطوح تاثیر بر پیامدهای برخورد در این مطالعه عبارت بود از ویژگی‌های فردی عابران پیاده و رانندگان و عملکرد آنها، محیط راه و محیط پیرامون آن. از مدل‌های رگرسیون لجستیک به منظور براورد ریسک جراحت یا فوت عابر پیاده در برابر تصادفات بدون جرح یا با جراحت سبک استفاده شد. طرح تقاطع‌های راه در مدل‌های مربوط به راه‌های ایالتی معنادار بود و عابران پیاده‌ای که از تقاطع‌های بدون چراغ عبور

1.Haleem

www.SID.ir

می‌کردند با ریسک بیشتری از جراحت یا فوت روبرو بودند. در مطالعه‌ای که بر اساس داده‌های تصادف از مجموعه پلیس کشور پرتغال برای منطقه شهری پورتو برای دوره سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ جمع آوری شد (گیلرمینا و تارائو[1]، ۲۰۱۳)، در مجموع ۱۳۴۷ مشاهده تصادفات مربوط به وسایل نقلیه سنگین که باعث جراحت و یا مرگ شدند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه، اثر وسایل نقلیه مانند وزن، اندازه موتور، فاصله دو محور و عمر خودرو با استفاده از رویکردهای داده‌کاوی مورد بررسی قرار گرفت تا الگوهایی از متغیرهای پیش‌گو و ارتباط آنها با وقوع جراحت و مرگ در یک تصادف انجام به دست آید. نتایج برای تصادفات چندوسیله‌ای نشان داد که وزن وسیله نقلیه مهم‌ترین عامل مرتبط با شدت جراحت است اما برای تصادفات تک وسیله‌ای نشان داد که اندازه موتور و عمر وسیله نقلیه دارای بیشترین خطر در شدت جراحت است. مدل لوجیت در تصادفات تک وسیله‌ای نشان داد که اندازه موتور و عمر خودرو و فاصله بین دو محور همراه با شرایط آب و هوایی تاثیر بیشتری بر تصادفات فوتی داشته است. گیلرمینا (۲۰۱۳) داده‌ها برای ۱۳۷۴ تصادف وسیله نقلیه سبک منجر به آسیب‌ها و یا مرگ و میر بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. هدف ایجاد مدل طبقه‌بندی دوتایی برای پیش‌بینی در صورت این که حادثه که باعث آسیب شدید می‌باشد. عوامل مؤثر (وزن و اندازه موتور، فاصله دو محور، سال ثبت و عمر خودرو) هستند، که بر اساس دو مدل طبقه بندی و رگرسیون درختان (CART) و مدل رگرسیون لجستیک بررسی شد. تجزیه و تحلیل کارت برای تصادف دو خودرو نشان داد که وزن خودروی درگیر مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی کننده و پس از آن حداکثر سرعت بود. در مورد تصادف تک وسیله‌ای، حجم موتور عامل اصلی و پس از آن در سن خودرو در مدل پیش‌بینی شده بود. تجزیه و تحلیل رگرسیون لجیت در مورد تصادف تک وسیله نقلیه

1.Guilhermina&Torrão

www.SID.ir

سن خودرو و اندازه موتور و فاصله ی دو محور و شرایط آب و هوایی، عوامل اصلی باعث تصادفات شدید هستند. روی کاریدو[1] (۲۰۱۴) مدل پروبیت ترتیبی برای بررسی سهم عوامل متعددی بر شدت آسیب‌ها که افراد وسایل نقلیه درگیر در تصادفات جاده‌ای مواجه شدند، مورد استفاده قرار دادند. نتایج برآورد شده نشان می‌دهد که مسافران وسایل نقلیه در وسایل نقلیه سبک، در جاده‌های دو طرفه و در سطوح جاده‌های خشک، و تمایل به آسیب‌های شدیدتر را بیشتر از وسایل نقلیه سنگین، در جاده‌های یک طرفه و در سطوح جاده‌های مرطوب تجربه می‌کنند. علاوه بر این، صندلی راننده به وضوح امن‌ترین موقعیت صندلی است، به نظر می‌رسد که مناطق شهری تصادفات کمتر جدی از مناطق برونشهری را ایجاد می‌کنند و احتمال دارد زنان آسیب‌های جدی یا فوتی بیشتری نسبت به مردان داشته باشند. پولدرز[2] (۲۰۱۵) مطالعه‌ای را به منظور بهبود درک ایمنی تقاطع چراغدار با شناسایی انواع تصادف، مکان‌ها و عوامل مرتبط با تقاطع‌های چراغدار انجام داد. برای این منظور، ۱۲۹۵ تصادف گزارش شده از سوی پلیس در ۸۷ تقاطع چراغدار بر اساس داده‌های تصادف و نمودارهای برخورد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تکنیک‌های مدل‌سازی رگرسیون لجستیک برای شناسایی روابط بین انواع تصادف، موقعیت تصادف در تقاطع‌های چراغدار ، شدت تصادف و ویژگی‌های مختلفی که باعث وقوع تصادف شدند، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویژگی‌های تقاطع چراغدار بر وقوع تصادف تاثیر گذاشته است. در نتیجه، ارتباط بین برخی از انواع تصادف تقاطع، موقعیت برخورد و ویژگی‌های طرح هندسی تقاطع چراغدار به دست آمد. نیودیتا[3] (۲۰۱۵) عوامل موثر بر تصادفات جاده‌ای در شهر حیدرآباد در هند را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه، طرح هندسی راه، داده‌های ترافیکی و نوع

1.Rui Garrido
2.Polders
3.Niveditha

www.SID.ir

برخورد از طریق مجموع‌های از مدل‌ها مانند رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون پواسون، مدل لوجیت و مدل لوجیت چند جمله‌ای برای به دست آوردن یک مدل برای پیش‌بینی حادثه مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج این مطالعه، شرایط شانه یک عامل مهم برای تأثیر بر حوادث غیرفوتی بود که در مدل لوجیت تایید شده بود. همچنین مشخص شد که وضعیت روسازی راه و شانه ضعیف علت بسیاری از حوادث غیرفوتی بوده است. این تحقیق به منظور بررسی عوامل موثر بر تصادفات جاده‌ای در شهر حیدرآباد در هند است که در آن عوامل مهندسی از جاده، داده‌های ترافیک و نوع برخورد مورد مطالعه قرار گرفتند و از طریق یک سری از مدل‌ها مانند (رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون پواسون، مدل لوجیت و مدل لوجیت چند جمله‌ای) برای به دست آوردن یک مدل برای پیش‌بینی حادثه است انجام شد. مقایسه بین مدل‌ها بر اساس ضریب R^2 و آزمون Chi-square انجام شد. بر این اساس مدل لوجیت دارای $R2 = 0.7$ و آزمون Chi-square قابل توجه بود. شرایط شانه یک عامل مهم برای تأثیر بر حوادث غیرفوتی بود که در مدل لوجیت تایید شده بود. مشخص شد روسازی راه و شانه ضعیف علت بسیاری از حوادث غیرفوتی است که اتفاق افتاده‌اند.

در مطالعه‌ای در ایران نیز عوامل موثر بر جرحی یا فوتی بودن در تصادفات عابران پیاده در راه‌های برون شهری استان تهران طی یک دوره سه سال بین ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ با استفاده از مدل لوجیت ترتیبی مورد تحلیل قرار گرفت (میربها و همکاران، ۱۳۹۲). متغیرهای اصلی مورد مطالعه در این مدل عبارت بود از ویژگی راننده، زمان وقوع تصادف، وسیله نقلیه درگیر در تصادف، مقصر بودن عابر پیاده، فاصله از نزدیک‌ترین پاسگاه، دلیل اصلی ثبت شده در صحنه تصادف و تعداد وسایل نقلیه درگیر درتصادف. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عواملی مانند نوع خودروی درگیر در تصادف، محل و زمان وقوع تصادف، و مقصر بودن عابر پیاده نقش اصلی را در

www.SID.ir

افزایش شدت تصادفات عابر پیاده داشت. حقیقی (۱۳۹۴) نیز در مطالعه‌ای تصادفات در میدان‌های شهر تهران را در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار داد. برای این منظور، عوامل موثر بر شدت تصادف و جراحت حاصل از ان با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و رگرسیون پروبیت مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، شدت تصادف به دو سطح خسارتی و جرحی تقسیم شد. اصلی‌ترین عوامل موثر در شدت تصادفات در میدان عبارت بود از وضعیت کاربر راه، وضعیت روشنایی در شب در میدان، شرایط سطح راه، متوسط تعداد روزانه وسایل نقلیه، متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت و متوسط تعداد روزانه عابران پیاده در میدان و نحوه و زاویه برخورد.

همانطور که بررسی شد، مدل‌های گسسته شامل مدل‌های لوجیت نقش اساسی در پیش‌بینی سطح شدت تصادف در مطالعات گذشته داشته‌اند. مطالعه پیش رو با بهره‌گیری از تجربیات گذشته و استفاده از مدل لوجیت ترتیبی به عنوان یکی از مدل‌های اصلی انتخاب گسسته، به پیش‌بینی سطح شدت تصادف برای وسایل نقلیه در تقاطع‌های چراغ‌دار که پیش از این در مطالعه دیگری لحاظ نشده بود می‌پردازد.

روش

تکنیک‌هایی مانند رگرسیون لجستیک می‌تواند برای تحلیل تجربی انتخاب گسسته استفاده شود. مدل‌های انتخاب گسسته از لحاظ تئوری یا تجربی مدل‌های انتخاب شده توسط افراد را در میان یک مجموعه محدود از گزینه‌ها ایجاد می‌کند. این مدل‌ها برای بررسی، به عنوان مثال، نوع وسیله نقلیه (خودرو، اتوبوس، دوچرخه) استفاده می‌شود (ترین و وینستون[1]، ۲۰۰۷). رگرسیون لجستیک یک روش رگرسیون است که برای در نظر گرفتن سیستم تصادفی مناسب است. رگرسیون لجستیک مدل

1.Train&Winston

www.SID.ir

لوجیت نیز نامیده می‌شود. تکنیک‌های رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی سیستم-های احتمالی برای پیش‌بینی وقایع آینده نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها، مدل‌های احتمالی مستقیم هستند که نیازی به توزیع متغیرهای توضیحی یا پیش‌بینی‌ها ندارند (هارل[1]، ۲۰۰۱). اگر p احتمال این که یک متغیر پاسخ که متغیر ورودی X باشد: برای Y=۱ تابع به صورت زیر است:

$$p = P(X = x) = \frac{e^{a+X\beta}}{1 + e^{a+X\beta}} \quad (1)$$

این احتمال مقداری بین صفر و یک می‌گیرد و این تابع یک منحنی به شکل S و غیرخطی است. در اینجا، β ضریب پیش‌بینی کننده یا متغیر ورودی x است که در معادله رگرسیون استفاده می‌شود. یک نسخه ساده از این تابع می‌تواند برای متغیرهای ورودی چندگانه و خطی باشد (چترجی و هادی[2]، ۲۰۰۶):

$$p = P(X = x_1 \dots . X_p = x_p) = \frac{e^{a+x_1\beta_1+x_2\beta_2+\cdots+x_p\beta_p}}{1 + e^{a+x_1\beta_1+x_2\beta_2+\cdots+x_p\beta_p}} \quad (2)$$

این معادله احتمال متغیر پاسخ را با توجه به متغیرهای پیش‌بینی کننده چندگانه محاسبه می‌کند. این مدل هنوز غیر خطی است و با استفاده از تابع پاسخ لوجیت به حالت خطی تبدیل می‌شود. معادله تابع پاسخ لجستیک پس از آن می‌شود:

$$\frac{p}{1-p} = e^{a+x_1\beta_1+x_2\beta_2+\cdots+x_p\beta_p} \quad (3)$$

قسمت $\frac{p}{1-p}$ در فرمول بالا به عنوان نرخ شانس موفقیت رویداد نامیده می‌شود. با استفاده از لگاریتم طبیعی در هر دو طرف:

$$log\ log\ \left(\frac{p}{1-p}\right) = a + x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \cdots + x_p\beta_p \quad (4)$$

در برخی مطالعات از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده است تا رابطه بین شدت

1.Harrell
2.Chatterjee&Hadi

www.SID.ir

تصادف و متغیرهای تصادف را تعیین کند. حضور برخی از متغیرهای ورودی موجب افزایش احتمال تصادف با شدت بیشتری می‌شود. هر متغیر منجر به یک تصادف با عدد ۱ و در غیر ان صورت با عدد صفر کدگذاری شده بود (دیسانایاک و لو[1]، ۲۰۰۲).

رگرسیون لوجیت ترتیبی (همچنین مدل رگرسیون لجستیک ترتیبی یا مدل‌های شانس موفقیت متناسب)، یک مدل رگرسیون ترتیبی یعنی یک مدل رگرسیون برای متغیرهای وابسته دارای مرتبه است. متغیر پاسخ می‌تواند بیش از دو سطح ترتیبی داشته باشد. ممکن است که احتمال پاسخگویی یکی از این سطوح باشد. هنگامی که سه یا چند دسته ترتیبی از متغیر پاسخ وجود دارد، از روش رگرسیون لجستیک ترتیبی (OLR) برای مدل‌سازی استفاده می‌شود (چترجی و هادی، ۲۰۰۶):

$$y^* = X^T\beta + \varepsilon \quad (5)$$

که در آن y^* متغیر وابسته دقیق ولی غیر قابل مشاهده است که یا متغیر پنهان نامیده می‌شود، x بردار متغیرهای مستقل ، ε ترم خطا و β بردار ضرایب رگرسیون بوده که لازم است برآورد شود. علاوه بر این فرض کنید که در حالی که نمی‌توان y^* را مشاهده کرد، فقط می‌توان دسته‌های پاسخ را مشاهده کرد.

$$y = \{0 \quad \begin{matrix} if\ y^* \le \mu_1 & 1 & if\ \mu_1 < y^* \\ \le \mu_2 & 2 & if\ \mu_2 < y^* \le \mu_3 \\ \vdots & N & if\ \mu_N < y^* \end{matrix} \quad (6)$$

در این رابطه پارامترهای μ_i نقطه‌های انتهایی اعمال شده از مقادیر قابل مشاهده است. سپس تکنیک لوجیت ترتیبی از مشاهدات در y استفاده می‌کند که شکلی از داده‌های سانسور شده در y^* است، تا پارامتر با بردار β مناسب باشد.

رگرسیون لوجیت دوتایی همان رگرسیون لوجیت ترتیبی است، ولی دو محدودیت

1.Dissanayake&Lu

www.SID.ir

احتمالی دارد. در این تحقیق، متغیر وابسته مدل عبارت است از سطح شدت تصادف که در مدل لوجیت ترتیبی به سه سطح خسارتی، جرحی و فوتی طبقه‌بندی شده است.

متغیرهای مستقل موثر بر شدت تصادف به شرح زیر تعریف شده است:

– متغیرهای انسانی: ویژگی‌های راننده و علت تامه تصادف؛

– ویژگی‌های تصادف: نحوه برخورد، نوع برخورد و نوع وسیله؛

– متغیرهای آب و هوا و عوامل خارجی: ساعت تصادف، روز هفته و فصل سال تصادف؛ و

– ویژگی‌های تقاطع چراغ‌دار و معبر: طول چرخه چراغ، زمان تمام قرمز، زمان زرد، نسبت زمان زرد به طول چرخه، تعداد فاز، وجود ثانیه‌شمار، تردد عابر پیاده، سرعت، محدودیت دید، نسبت حجم تردد، وجود جزیره و تعداد خط.

شرح این متغیرها در جدول (۱) ارائه شده است. در گام اول، شدت تصادف در سه دسته خسارتی، جرحی و فوتی مرتب شد و در گام دوم بر اساس آن تقسیم مدل ایجاد شده است.

در این مطالعه، آمار داده‌های تصادف توسط گزارش‌های پلیس شهر قزوین و داده‌های ارائه شده توسط معاونت حمل و نقل ترافیک شهرداری قزوین جمع‌آوری شد که شامل ۲۸۸ تصادف در ۳۸ تقاطع چراغ‌دار شهر قزوین است. گزارش تصادفات شامل توصیف شرایطی است که تصادف رخ داده است. این تنها شامل تصادفاتی است که فقط در تقاطعات چراغ‌دار در شهر قزوین در طی سه سال (۱۳۹۳–۱۳۹۴–۱۳۹۵) اتفاق افتاده است. این تصادفات بر اساس شدت آنها در سه دسته رتبه بندی شده است، خسارتی، جرحی و فوتی که بر اساس آمارها (۱۲۸ تصادف خسارتی، ۱۵۶ تصادف جرحی، ۴ تصادف فوتی) بودند. در نهایت، گزارش تصادف شامل زیان مالی یا نوع آسیب‌های جسمی ناشی از این موارد نبوده. از این

www.SID.ir

رو، مقیاس شدت واقعی که شامل آسیب جسمی و هزینه‌های اداری بود، امکان‌پذیر نیست.

از نرم افزار Excel برای ترتیب داده‌های مقدماتی و تعیین مقادیر علیت برای هر مورد استفاده شد که هر سطر شامل یک تصادف است اما ستون‌ها شامل اطلاعات متغیرها (متغیر وابسته و متغیرهای مستقل) مربوط به همان تصادف در آن سطر هستند. سپس آنها را به نرم افزار STATA وارد کرده و تجزیه و تحلیل انجام شد و سپس نتایج به دست آمد.

یافته‌ها

جدول (۱) ویژگی‌های توصیفی را برای متغیرهای مستقل مورد استفاده در مطالعه نشان می‌دهد. نتایج تحلیل با استفاده از مدل لوجیت ترتیبی در جدول (۲) نشان داده شده است. در مدل لوجیت ترتیبی متغیر وابسته شدت تصادف در سه رتبه خسارتی، جرحی و فوتی به ترتیب با ۰، ۱ و ۲ و به شرح زیر تعیین شده است:

$$\textbf{Accident Severity} = \begin{cases} 0 & if\ \ \mathbf{AS}^* \leq -1.0348 \\ 1 & if\ \ -1.0348 < \mathbf{AS}^* < 7.03112 \\ 2 & if\ \ 7.03112 < \mathbf{AS}^* \end{cases} \qquad (۷)$$

سطح داده‌ها: به قسمت‌های مختلف نوع داده‌ها نشان می‌دهد و به شدت نوع داده اشاره نمی‌کند.

فراوانی تصادفات: تعداد تصادفات در هر سطح است (اگر تعداد تصادفات کمتر از ۲۸۸ بود، تصادفات مانده زیر سطح سایر می‌باشند).

بر اساس گزارش‌های پلیس و منابع داده‌ها، تجزیه تصادفات بر اساس جنسیت یا سن ذکر نشده است. بر اساس منابع معتبر و داده‌های مورد استفاده در زمینه ایمنی تقاطع چراغ‌دار، شاخص‌ها به شرح جدول (۱) انتخاب شدند.

www.SID.ir

جدول ۱. متغیرهای مستقل مورد استفاده در مطالعه

نوع داده	برچسب داده	سطح داده	شرح داده	سطح داده	برچسب داده	نوع داده	شرح داده
عامل انسانی	HF	۱	بی توجهی راننده به مقررات	۱	VehTyp	نوع وسیله	موتور سیکلت
		۲	خستگی و خواب آلودگی راننده	۲			دو چرخه
		۳	عجله و شتاب راننده	۳			سواری
وسیله درگیر	VehInv	۱	موتور سیکلت با عابرپیاده	۴			کامیون
		۲	وسیله نقلیه با شئ ثابت	۱	Hour	ساعت تصادف	۶ صبح تا ۶ بعدازظهر
		۳	وسیله نقلیه با عابرپیاده	۲			۶ بعدازظهر تا ۶ صبح
		۴	وسیله نقلیه با موتور سیکلت	۱	WeekDay	روز هفته	روز کاری
		۵	وسیله نقلیه با وسیله نقلیه	۲			روز تعطیل
		۶	وسیله نقلیه با دو چرخه	۱	Season	فصل سال	زمستان
نوع برخورد	ColTyp	۱	پهلو به پهلو	۲			بهار
		۲	شئ ثابت	۳			تابستان
		۳	جلو به پهلو	۴			پاییز
		۴	رخ به رخ	---	CycTime	سیکل	طول سیکل چراغ (ثانیه)
		۵	جلو به عقب	---	RedTime	زمان قرمز	مدت زمان قرمز (ثانیه)
علت تامه	Cause	۱	انحراف به چپ	---	GrnCyc	زمان سبز به سیکل	نسبت زمان سبز به طول سیکل
		۲	تغییر مسیر ناگهانی	---	Phase	تعداد فاز	تعداد فاز در هر سیکل
		۳	حرکت با دنده عقب	---	Counter	ثانیه‌شمار	تجهیز چراغ به ثانیه‌شمار
		۴	حرکت در خلاف جهت	---	PedVol	حجم عابر	حجم عابر پیاده
		۵	دور زدن در محل ممنوع	---	Speed	سرعت	سرعت متوسط وسیله نقلیه در رویکردهای محل تقاطع
		۶	عبور از چراغ قرمز	۱	VsnLmt	محدودیت دید	فقط در یک رویکرد خوب باشد
		۷	عبور از محل ممنوع	۲			در دو رویکرد خوب باشد
		۸	عدم توانایی در کنترل وسیله نقلیه	۳			در سه رویکرد خوب باشد

www.SID.ir

		۹	عدم توجه به جلو			۴	در چهار رویکرد خوب باشد
		۱۰	عدم رعایت حق تقدم	نسبت حجم	VolRatio	---	نسبت حجم خیابان اصلی به خیابان فرعی
		۱۱	عدم رعایت فاصله طولی	تعداد خط	Lane	---	تعداد خط خیابان اصلی در تقاطع چراغ‌دار
		۱۲	گردش به شیوه غلط	جزیره	Island	---	حضور جزیره در تقاطع

جدول ۲. نتایج تحلیل با استفاده از مدل لوجیت ترتیبی

شدت تصادف	ضریب	خطا استاندارد	z	P>z	٪۹۵ اطمینان	فاصله اطمینان
ساعت تصادف سطح ۱	- ۲.۱۷	۰.۴	- ۵.۴۲	۰.۰۰۰	- ۲.۹۶	- ۱.۳۹
فصل سطح ۳	۱.۵۶	۰.۴۴	۳.۵۵	۰.۰۰۰	۰.۰۷	۲.۴۲
وسیله درگیر سطح ۳	۴.۶۱	۱.۰۲	۴.۵۲	۰.۰۰۰	۲.۶۱	۶.۶۱
وسیله درگیر سطح ۴	۴.۲۹	۰.۵۴	۷.۸۷	۰.۰۰۰	۳.۲۲	۵.۳۶
وسیله درگیر سطح ۶	۴.۳۶	۱.۵۰	۲.۹۲	۰.۰۰۴	۱.۴۲	۷.۲۹
حجم عابر	۰.۰۰۴	۰.۰۰۲	۲.۱۳	۰.۰۳۳	۰.۰۰	۰.۰۱
نسبت حجم	- ۰.۶۸	۰.۲۸	- ۲.۴۴	۰.۰۱۵	- ۱.۲۲	- ۰.۱۳
جزیره	- ۱.۲۳	۰.۴۶	- ۲.۶۶	۰.۰۰۸	- ۲.۱۳	- ۰.۳۲
/cut1	- ۱.۰۳	۰.۸۰			- ۲.۵۹	۰.۵۲
/cut2	۷.۰۳	۱.۰۲			۵.۰۴	۹.۰۲

بررسی ضرایب در مدل نهایی لوجیت ترتیبی نشان می‌دهد که:

- هرچه به زمان صبح نزدیک‌تر شویم، شدت تصادف در محل تقاطع‌های چراغ‌دار کاهش می‌یابد و در شب شدت تصادف بیشتر می‌شود؛
- در تابستان شدت تصادفات کاهش می‌یابد، و در تابستان بیشتر تصادفات خسارتی اتفاق می‌افتد؛
- برخورد وسیله نقلیه با کاربران آسیب‌پذیر (عابر پیاده، موتورسیکلت و دوچرخه) بیشتر منجر به تصادفات جراحتی و فوتی می‌شود و شدت تصادف افزایش می‌یابد؛
- هر چه نرخ حجم تقاطع بیشتر باشد شدت تصادف کاهش می‌یابد؛ و

www.SID.ir

– با استفاده از جزیره در تقاطع‌های چراغ‌دار ، شدت تصادف کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

مطالعات زیادی برای بررسی ایمنی تقاطع‌ها به طور کلی وجود دارد، در حالی که تعداد کمی از آنها برای مطالعه تقاطع‌های چراغ‌دار وجود دارد، علی‌رغم این که تصادفات شدید در تقاطع‌های چراغ‌دار رخ می‌دهد. تقاطع‌ها به عنوان نقاط درگیری در شبکه راه، باید توجه ویژه‌ای را به خود جلب کنند، زیرا تقاطع‌ها همچنان نمایان‌گر مکان‌های تصادفات زیاد در شبکه حمل‌ونقل هستند. این مطالعه با هدف بهبود درک از تقاطع چراغ‌دار شده با شناسایی انواع تصادفات و عوامل مرتبط با تقاطع‌های چراغ‌دار انجام شده است.

در این مطالعه از رگرسیون لجستیک برای آنالیز روابط بین متغیر وابسته و چند متغیر مستقل استفاده شده است. تکنیک‌های رگرسیون لجستیک برای مدل سازی سیستم‌های احتمالی برای پیش‌بینی وقایع آینده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها مدل‌های احتمالی مستقیم هستند که نیازی به توزیع متغیرهای توضیحی یا پیش‌بینی‌ها ندارند. در مدل رگرسیون لجستیک ترتیبی متغیرهای موثر بر افزایش شدت تصادف در محل تقاطع چراغ‌دار عبارت است از ساعات شب، فصل تابستان، برخورد با کاربران آسیب‌پذیر، اختلاف حجم ترافیک مسیرهای متقاطع، فقدان جزیره در تقاطع و برخورد جلو به پهلوی وسایل نقلیه. تاثیر زیاد متغیر برخورد وسیله نقلیه با کاربران آسیب‌پذیر (عابر پیاده، موتورسیکلت و دوچرخه) در این مدل نشان داده شده است، به ویژه آن که زمان کافی برای عبور پیاده در نظر گرفته نشده باشد. برای محاسبه پارامترهای مدل، تخمین حداکثر درست‌نمایی از پارامترهای رگرسیون انجام شده است. در نهایت در صورت رسیدن به حداکثر درست‌نمایی پارامترهای مدل برآورد می‌شود و برای رسیدن به حداکثر درست‌نمایی از رویه مکرر استفاده می‌شود.

www.SID.ir

در حضور تعداد زیادی سطوح متغیر مستقل مدل لوجیت برازش خوبی را فراهم می‌کند و داده‌های با اثرات تصادفی و مجموعه داده‌های در حد متوسط را به خوبی برازش می‌کند. مدل لوجیت با فرض توزیع تجمعی ترم خطا یک توزیع کامبل (شبیه حالت این مقاله) در نظر گرفته می‌شود در حالیکه مدل بروبیت با فرض توزیع تجمعی ترم خطا یک توزیع نرمال است.

از مشکلات مهم همراه با این نوع رگرسیون‌ها می‌توان نرمال نبودن متغیرها، عدم پوشش کامل نتایج و احتمال واقع شدن خارج از دامنه (۰-۱-۲) را نام برد، یعنی می‌توان درحالتی که تعداد تصادفات فوتی بزرگ یا قابل ملاحظه از مدل رگرسیون لوجیت ترتیبی و دامنه (۰-۱-۲) (خسارتی – جرحی – فوتی) استفاده نمود، ولی در حالتس که تعداد تصادفات فوتی خیلی کم بودند نمی تواند به شکل مستقل تصادفات فوتی پیش‌بینی کند، ولی می‌توان از رگرسیون لوجیت دوتایی استفاده نمود که در این حالت احتمال شدت تصادفات فقط در دامنه (۰-۱) یعنی خسارتی و جرحی (تصادفات جرحی و فوتی باهم جمع شدند) واقع می‌شود.

پیشنهادها

در نهایت پیشنهادهای تحقیق به شرح زیر خلاصه می‌شود:

۱.مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌توانند با استفاده از همین روش‌ها در معادلات بالا برای پیش‌بینی شدت تصادف در آینده استفاده شود. با این حال، اگر تصادفات جدید رخ دهد، داده‌ها در گزارش تصادف تغییر می‌کنند و از این رو مدل-های جدید باید مناسب باشند. بازبینی دائمی داده‌ها همچنین باید یک بازبینی ثابت از روند سازگاری مدل ایجاد شود.

۲.داده‌های مورد استفاده در این تحقیق برای سال‌های ۹۳ تا ۹۵ هستند. ممکن است با اضافه داده سال‌های بعد متغیرهای موثر جدید به وجود آیند یا مقدار تاثیر متغیرهای

www.SID.ir

قدیم عوض کند.

۳.در این تحقیق داده‌های آب و هوا خیلی کم بود و توصیه می‌شود از این داده‌ها بیشتر استفاده شود چون تاثیر زیاد در وقوع تصادفات دارند.

۴.بعض متغیرها مانند ثانیه‌شمار هنوز وجود ندارند و ممکن است با استفاده از آنها شدت و تکرار تصادفات کاهش بیدا کند.

۵.نتایج نشان می‌دهد که وجود جزیره شدت تصادفات را کاهش می‌دهد. از اینرو توصیه می‌شود بیشتر از جزیره‌ها در تقاطعات چراغ‌دار استفاده شود.

۶.نتایج این تحقیق می‌تواند توسط متولیان حمل‌ونقل و ترافیک شهرها از جمله پلیس راهنمایی و رانندگی برای مدیریت بهبود شرایط ترافیکی و کاهش شدت تصادف در محل تقاطع‌های چراغ‌دار مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- حقیقی، فرشیدرضا، شهبازی، شروین (۱۳۹۴)؛ مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران). مهندسی حملونقل، سال هفتم، شماره ۳.

- میربهاء، بابک، ماهپور، علیرضا، مهماندار، محمدرضا، احدی، محمدرضا (۱۳۹۲)؛ کاربرد مدل لوجیت ترتیبی در تصادفات عابران پیاده در راه‌های بین‌شهری. فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور، سال دوم، شماره ۷.

– Al-Ghamdi, A. S. (2002)؛ Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. *Accident Analysis & Prevention*, *34*(6), 729-741.

– Bedard, M., Guyatt, G. H., Stones, M. J., & Hirdes, J. P. (2002)؛ The independent contribution of driver, crash, and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, *34*(6), 717-727.

– Bliss, C. I. (1938)؛ The determination of the dosage-motality curves from small numbers. *Quart. J. Pharm. Pharmacol*, *11*, 192-216.

www.SID.ir

– Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2015): *Regression analysis by example*. John Wiley & Sons.

– Dissanayake, S., & Lu, J. (2002): Analysis of severity of young driver crashes: Sequential binary logistic regression modeling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1784), 108-114.

– Guilhermina A. Torrão, MSc. (2013): Binary classification and logistic regression models application to crash severity. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio, Brazil.

– Haleem, K., & Abdel-Aty, M. (2010): Examining traffic crash injury severity at unsignalized intersections. *Journal of safety research*, *41*(4), 347-357.

– Harrell, F.E. Jr. (2001): Regression modeling strategies-with application to linear models, logistic regression, and survival analysis. New York: Springer-Verlag Inc, pp. 215–221.

– Moudon, A. V., Lin, L., Jiao, J., Hurvitz, P., & Reeves, P. (2011): The risk of pedestrian injury and fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington. *Accident Analysis & Prevention*, *43*(1), 11-24.

– Niveditha, V., Ramesh, A., & Kumar, M. (2015): Development of models for crash prediction and collision estimation-a case study for Hyderabad City. *International journal of transportation engineering*, *3*(2), 143-150.

– Oh, J. T. (2006): Development of severity models for vehicle accident injuries for signalized intersections in rural areas. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *10*(3), 219-225.

– Polders, E., Daniels, S., Hermans, E., Brijs, T., & Wets, G. (2015): Crash patterns at signalized intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2514), 105-116.

– Rifaat, S. M., & Tay, R. (2009): Effects of street patterns on injury risks in two-vehicle crashes. *Transportation Research Record*, *2102*(1), 61-67.

– Sze, N., Wong, S.C., (2007): Diagnostic analysis of the logistic model for

www.SID.ir

pedestrian injury. Accident Analysis and Prevention 39 (6), 1267–1278.
– Train, K. E., & Winston, C. (2007)؛ Vehicle choice behavior and the declining market share of US automakers. *International economic review*, *48*(4), 1469-1496.

www.SID.ir