

## پیش‌بینی حوادث ترافیکی بزرگراه‌های شهر تهران با استفاده از مدل انتخاب گسسته

(مقاله پژوهشی)

حمیدرضا کرمی<sup>۱</sup>، علی مودتی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷

### چکیده

تصادفات ترافیکی به صورت یک معضل اجتماعی در کشور مطرح است که همه‌ساله جان تعداد زیادی از مردم را گرفته و هزینه‌های اقتصادی بزرگی را به جامعه وارد می‌کند. در سال‌های اخیر در بحث مدیریت ترافیک به وسیله روش‌های پیش‌بینی تصادفات توجه زیادی شده است. پیش‌بینی حادثه اثر زیادی در کاهش تلفات، جراحات و خسارات مالی ناشی از بروز تصادفات دارد. هدف این مطالعه، تعیین سهم هر یک از عوامل مؤثر در وقوع تصادفات با به معرفی مدلی برای پیش‌بینی وقوع تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران مناطق مختلف شهر تهران است. این تحقیق از نوع کاربردی و از نظر روش گردآوری داده‌ها، توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش حاضر آمار و داده‌های مربوط به تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران سال ۱۳۹۷ بوده که در بانک اطلاعاتی پلیس راهور ناجا ثبت شده است. با توجه به این‌که کلیه گزارش‌های مربوط به تصادفات شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است. لذا از نمونه‌گیری محدود خودداری و کلیه داده‌های در دسترس تحلیل می‌شود. در این پژوهش برای پیش‌بینی علل وقوع تصادفات از مدل انتخاب گسسته (لوجیت) استفاده شده است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مهم‌ترین علت‌های تامه تصادفات در بزرگراه‌های تهران مربوط به بی‌توجهی به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، تغییر مسیر ناگهانی، رعایت نکردن حق تقدم بوده است. خارج شدن وسایل نقلیه از محل پارک، سرعت‌بالا، عرض سواره‌رو در معبر باعث افزایش این‌گونه تصادفات شده است. نتایج نشان داد حوادث ترافیکی در بزرگراه‌های شهر تهران را می‌توان توسط مدل لوجیت در سال‌های آینده پیش‌بینی و عوامل مؤثر بر آنها را تعیین و کنترل کرد.

**کلیدواژه‌ها:** حوادث ترافیکی، پیش‌بینی تصادفات، مدل انتخاب گسسته، علت تامه تصادفات، بزرگراه.

۱. دانشجوی دکتری سنجش و اندازه‌گیری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، نویسنده مسئول: h.karami7662@gmail.com

۲. کارشناس ارشد حقوق جزا، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم نظامی امین

تصادفات ترافیکی در حال حاضر به صورت یک معضل اجتماعی در سطح جهان مطرح است که همه ساله جان تعداد زیادی از مردم را گرفته و هزینه های اقتصادی بزرگی را به جامعه وارد می کند. هر فردی که در یک تصادف، صدمه یا خسارت می بیند یا معلول و ناتوان شده یا این که جان خود را از دست می دهد، به دلیل این که یک فرد مستقل از دیگران نیست و در شبکه ای از ارتباط با دیگران؛ خانواده، دوستان و هرکسی که از این ضایعه تأثیر می پذیرد، زندگی می کند، تبعات این حادثه فقط و فقط به شخص حادثه دیده بر نمی گردد، بلکه تمام کسانی که با زندگی وی در ارتباط هستند را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به عدم امکان ارزش گذاری واقعی برای جان انسان ها و درد و رنج حاصل از دست دادن یک خویشاوند، برآورد دقیق هزینه های یک تصادف امری غیرممکن به نظر می رسد. در خصوص کشور ایران که هم اکنون در مرحله رشد فزاینده وسایل نقلیه و به دنبال آن افزایش تعداد تصادفات و خسارات ناشی از آن قرار دارد، این مسئله از اهمیت بیش تری برخوردار است. در این میان، شهر تهران که بیش ترین آمار کشته شدگان تصادفات درون شهری را به خود اختصاص داده است و روزانه به طور میانگین ۱۴ نفر در تصادفات درون شهری آن کشته می شوند، نیز از اهمیت بالایی در این خصوص برخوردار است. (حسینی، کرمی و حسینی خواه؛ ۱۳۹۸: ۲)

در سال های اخیر، محققان، روش های گوناگونی را برای شناسایی عوامل تأثیرگذار در شدت تصادفات به کار گرفته اند. شدت تصادفات، بیان گر میزان تلفات و خسارات وارده به کاربران ترافیکی است. عوامل گوناگون مؤثر در شدت تصادفات شامل مشخصات کاربران ترافیکی، ویژگی های تصادف و شرایط آب و هوایی است. مشخصات کاربران ترافیکی نیز شامل ویژگی های سن، جنس، سطح تحصیلات، نوع گواهینامه، استفاده از تجهیزات ایمنی، زمان و روز تصادف، مشخصات محیطی، محل تصادف (کاربری زمین، نوع معبر از جمله بزرگراه، تقاطع و میدان)، مشخصات تصادف و برخی متغیرهای دیگر است.

همان‌طور که بیان شد، عوامل زیادی در بروز این حوادث دخیل هستند که در سه عنوان کلی: راه، وسیله نقلیه و عامل انسانی تقسیم‌بندی می‌شوند و هرکدام از این عوامل نیز زیر بخش‌های گوناگونی را در بر می‌گیرند. برای شناسایی هر پدیده، باید علت‌های مؤثر در آن، مورد مطالعه قرار گیرند.

در سال‌های اخیر، مطالعات گسترده‌ای در خصوص مدل‌سازی تصادفات و بررسی ارتباط بین رخداد‌های تصادفات در انواع راه‌های درون‌شهری و برون‌شهری با پارامترهای جریان ترافیک، مشخصات طرح هندسی، شرایط محیطی و شرایط روسازی راه انجام یافته است. علاوه بر این، در این مطالعات، توجه کمتری به بزرگراه‌های درون‌شهری با استفاده از روش‌های آماری شده است.

به‌رحال محققان واقف هستند که ارائه مدل‌های مطلوب و مطمئن تصادف، کاری بس دشوار است. ارائه مدل‌های مطمئن پیش‌بینی تصادف با نوعی از داده‌ها که عموماً توسط مدل‌های پیش‌بینی سفر تولید می‌شوند، جهت کاربرد در طرح‌ریزی‌های بلندمدت در نواحی شهری امری ساده نیست، زیرا رسیدن به اطمینان بالای آماری با این متغیرها که منحصر به محل نیستند، امری پیچیده است. کار پیش‌بینی متغیرهای مستقل این مدل‌ها برای شبکه‌های آبی بزرگراهی در بیست سال آینده نیز امری دشوار خواهد بود. تشخیص مشکلات طراحان ممکن است جهت ترکیب دستاوردهای کیفی و کمی به‌کار بسته شود. دستاورد کمی، احتمالاً بر مبنای نرخ‌های کلی و تجمعی تصادف جهت کلاس‌های متفاوت بزرگراه‌ها و تقاطع‌های هم‌سطح است و نیز شمار تصادفات مبنی بر این نرخ‌ها برای آلترناتیوهای مختلف، باید به‌کار بسته شود. ممکن است در راستای این هدف، مدل‌های ریاضی ارائه شوند که پیش‌بینی‌های مستدلی دارند. در بخش حمل‌ونقل، انتخاب و اولویت‌بندی اقدامات کاهنده تصادفات از اساسی‌ترین مراحل سیستم مدیریت ایمنی راهداری است. این کار عموماً به کمک تعدادی از روش‌های نظری که عوامل عمده مؤثر در وقوع تصادفات را به‌صورت ساده و قابل‌فهمی مدل‌سازی می‌کند، صورت می‌گیرد.

همان‌طور که بیان شد تصادفات ترافیکی در اثر عوامل مختلفی مانند وضعیت راه، شرایط محیطی و سایر عوامل در جاده اتفاق می‌افتد. بر این اساس تاکنون تعداد زیادی از مدل‌های پیش‌بینی تصادفات به‌منظور ارزیابی تأثیر متغیرهای مختلف بر روی میزان و نوع تصادفات، ارائه شده است. در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی در مورد شناسایی چگونگی وقوع تصادفات صورت گرفته است ولی مطالعات انجام‌شده در رابطه بین علل تصادفات و پیش‌بینی آن در بزرگراه‌های شهر تهران ناچیز بوده و ضروری است که در این حوزه نیز بررسی بیشتری صورت پذیرد. لذا در این تحقیق، ما دنبال پاسخ به این سؤال هستیم که مدل پیش‌بینی حوادث ترافیکی بزرگراه‌های شهر تهران با استفاده از مدل انتخاب گسسته چگونه است؟

### پیشینه تحقیق

قبادی و حسن‌زاده (۱۳۹۶) در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی عوامل مؤثر در وقوع تصادفات جاده‌ای» به این نتیجه رسیدند که در ۷۹ درصد از تصادفات، فقط عامل انسانی به‌تنهایی نقش داشته و عوامل راه و وسیله نقلیه در مجموع ۴/۳۲ درصد تصادفات را شامل می‌شوند و ۱۶/۶۸ درصد از تصادفات نیز اشتراک عوامل دخیل بوده‌اند. بیشترین درصد عامل انسانی در وقوع تصادفات مربوط به عدم توجه به جلو با ۳۱/۶ درصد بوده است و مصرف مشروبات الکلی نیز ۰/۲۸ درصد از تصادفات را به‌خود اختصاص داده است. بیشترین درصد تأثیر عامل وسیله‌نقلیه در تصادفات مربوط به نقص سیستم ترمز با ۲ درصد است. همچنین بیشترین درصد تأثیر عامل راه در تصادفات مربوط به کم‌عرض بودن معبر با ۰/۹ درصد است. تن‌زاده، صالحی و نظری (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «مدل پیش‌بینی بروز تخلفات از نوع توقف ممنوع در معابر هسته مرکزی شهرهای کشور» با استفاده از روش هم‌بستگی نشان دادند که وجود تعادل بین عرضه و تقاضای پارکنینگ به‌صورت کلی در بروز تخلف توقف ممنوع مؤثر است. حقیقی و شهبازی (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان «مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه

موردی: شهر تهران) عوامل مؤثر بر شدت تصادفات و جراحات حاصل از آن و ارتباط این عوامل با دانش علمی را با استفاده از رگرسیون لجستیک و رگرسیون پروبیت مورد بررسی قرار دادند. آنان نشان دادند که متوسط تعداد روزانه موتورسیکلت، متوسط تعداد روزانه عابران پیاده در میدان و نحوه و زاویه برخورد، وضعیت روشنایی در شب، شرایط سطح راه، متوسط روزانه وسایل نقلیه به عنوان اصلی ترین عوامل مؤثر در شدت تصادفات در میدان‌ها هستند. ماهپور (۱۳۹۳) در طرح تحقیقاتی با عنوان «بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات برون‌شهری و ارائه مدل مناسب (مطالعه موردی: استان تهران)» نشان داد که شدت جراحات ناشی از تصادفات عابران پیاده در راه‌های برون‌شهری در تناسب با افزایش وزن خودرو به شدت افزایش می‌یابد. بروز تصادف عابر پیاده در هنگام عصر احتمال فوت عابر پیاده را کاهش می‌دهد. زنگی‌آبادی، شیران و گشتیل (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی علل تصادفات در بزرگراه‌ها (مورد مطالعه: بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان)» به بررسی علل تصادفات بزرگراه‌های شهر اصفهان در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که بیشترین دلایل تصادف در بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان به دلیل عدم توجه به جلو با ۱۴/۶ درصد، عدم رعایت حق تقدم ۱۲/۲ درصد و عدم رعایت فاصله طولی با ۹ درصد است. در این میان، سبقت و سرعت غیرمجاز با این که درصد زیادی از تصادفات را به خود اختصاص نداده‌اند (۹/۳ درصد) ولی کیفیت و شدت این تصادفات بسیار قابل ملاحظه بوده است؛ زیرا بیشترین تصادفات فوتی در بزرگراه‌ها با ۳۸/۸ درصد به دلیل سبقت و سرعت غیرمجاز بوده است. نادران (۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان «تخمین تعداد تصادفات ترافیکی در مناطق شهری به کمک مدل‌های هم‌فزون» به بررسی رابطه تعداد تصادفات در ناحیه‌های ترافیکی شهری با تعداد سفرهای ایجاد (تولید/جذب) شده در آن ناحیه پرداخت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد بین تعداد تصادفات و تعداد سفرها به تفکیک هدف در ناحیه‌های ترافیکی رابطه معناداری وجود دارد. عبادی‌نژاد، شادفر، شادمانی و جعفریان (۱۳۸۵) در تحقیق خود به توزیع زمانی و مکانی وقوع مه به لحاظ فصلی و نیز در ماه‌های مختلف سال

## Archive of SID

شرایط متفاوتی را بر جاده‌های کشور پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که به چهار شکل عمده در ایجاد و شکل‌گیری حوادث جاده‌ای تأثیر دارد که عبارت‌اند از: کاهش قابلیت دید، کاهش قابلیت شنوایی، لغزندگی جاده و اعمال فشارهای روانی و کاهش تمرکز حواس رانندگان. در تقسیم‌بندی علل تصادفات هم جزو علل مستقیم و هم جزو علل واسطه یا قبلی به‌شمار می‌آید. یوان، یانگ، تامریوس، جیمز و مانتیلا<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان «پیش‌بینی حوادث ترافیکی از طریق روش‌های ناهمگن» به این نتیجه رسیدند که برای برطرف کردن مشکل ناهمگونی مدل‌های پیش‌بینی تصادفات، می‌توان از روش‌های گرافیکی فضایی و برای بهبود مدل‌ها می‌توان از نمونه‌گیری اطلاعاتی استفاده کرد. همچنین آنان ضمن مدل‌بندی داده‌های تصادفات، دریافتند که ناهمگنی فضایی داده‌ها می‌تواند در نتیجه بسیار اثرگذار بوده و برای رفع آن از روش‌های غیرخطی استفاده کرد. پولوگورتا؛ دادو و کوتاگیری<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) مدلی برای تبیین رابطه تصادفات ناحیه و متغیرهای کاربری زمین برآورد کردند. در این مطالعه که در شهر چارلوت کارولینای شمالی انجام شده است، دریافتند متغیرهای کاربری زمین نظیر کاربری مختلط، مسکونی شهری، مسکونی تک خانواری، مسکونی چند خانواری، تجاری و اداری در تعداد کل تصادفات ناحیه و تصادفات جرحی اثرگذار هستند. پیردوانی، بریگز، بلیمنز، کوچان و وتس<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) تصادفات رخ داده در منطقه فلمیش بلژیک طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ را با استفاده از مدل‌های ناحیه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه که تجمیع در سطح ناحیه‌های ترافیکی انجام شد، تأثیر متغیرهای جمعیت‌شناختی و ویژگی‌های شبکه معابر در نواحی را بر تعداد تصادفات جرحی سنجیدند. جمعیت منطقه مورد مطالعه، ۶ میلیون نفر بوده که در ۲۲۰۰ ناحیه ترافیکی به مساحت متوسط ۶ کیلومترمربع توزیع شدند. نتایج این مطالعه نشان داد افزایش تعداد سفرهای انجام‌شده در ناحیه، افزایش خودرو-کیلومتر طی‌شده در ناحیه، افزایش

1. Yuan, Yang, Tamerius, James and Mantilla
2. Pulugurtha, Duddu and Kotagiri
3. Pirdavani, Brijs, Belemans, Kochan and Wets

ظرفیت معابر در ناحیه، کاهش سطح درآمد در ناحیه، واقع شدن ناحیه در منطقه شهری و افزایش جمعیت، با افزایش شمار تصادفات جرحی در ارتباط است.

با نگاهی به تحقیقات گذشته، ملاحظه می‌شود که متغیرهای مستقل زیادی توسط محققان صورت گرفته است و اغلب آنها به شناسایی عوامل اثرگذار بر تصادفات رانندگی درون شهری و برون شهری پرداخته است؛ لیکن تخمین و ارائه مدلی که بتواند این گونه حوادث را پیش‌بینی کند، اشاره نشده است؛ لذا در مقاله حاضر علاوه بر شناسایی عوامل اثرگذار تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران نسبت به ارائه مدل نیز اقدام شده است.

در این پژوهش، مدل انتخاب گسسته برای ارزیابی رابطه بین علل تامه تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران و سایر متغیرهای مرتبط، پیشنهاد و برای پیش‌بینی علل وقوع تصادفات از مدل لجیت بهره گرفته است. در این تحقیق از آمار تصادفات سال ۱۳۹۷ بزرگراه‌های شهر تهران استفاده شد. در این آمار به ازای هر تصادف، اطلاعاتی مانند نوع برخورد، نحوه برخورد، زمان دقیق برخورد، علت تامه تصادفات و مکان تقریبی و شدت برخورد و سایر اطلاعات وجود دارد. همچنین برای تمامی بزرگراه‌های شهر تهران، خصوصیات طرح هندسی شامل تعداد خط عبور در جهت رفت و برگشت، شیب معبر، عرض معبر، وضعیت پارکینگ، عرض سواره‌رو و ... در دسترس است. متغیر وابسته مدل تحت مطالعه در این پژوهش، علل تامه تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران و متغیرهای مستقل نیز به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

- ازدحام (V) = نسبت حجم به ظرفیت معبر در ساعت اوج؛

- سرعت (Speed) = سرعت متوسط در معبر در ساعت اوج؛

- سطح مقطع راه (Riding) = عرض سواره‌رو در معبر؛

- نوع راه (درجه ۱) (Arterial 1) = نوع راه؛

- پارکینگ (Parking) = وضعیت پارک در معبر؛

در ادامه به معرفی مفهوم ریاضی مدل‌های انتخاب گسسته پرداخته می‌شود.

(حسینی، کرمی و حسینی‌خواه؛ ۱۳۹۸: ۱۷۴)

## Archive of SID

ساختار مدل‌های انتخاب گسسته: عدم کارایی مدل‌های خطی برای بسیاری از کاربردهای اجتماعی-اقتصادی، موجب گرایش پژوهش‌گران به استفاده از مدل‌های انتخاب که سابقه طولانی در علوم اقتصادی، اجتماعی و حمل‌ونقل دارند، شده است. مهم‌ترین ویژگی این روش‌ها ماهیت رفتاری آنها است. مدل‌های انتخاب گسسته<sup>۱</sup> بیان‌گر ارتباط بین یک متغیر گسسته  $Y$  که نشان‌دهنده وقوع یک اتفاق یا یک تصمیم با یک یا چند متغیر توصیف‌کننده  $X$  است. مدل‌سازی فرآیند انتخاب وسیله سفر (مانند وسیله شخصی، اتوبوس، مترو و ...) خرید اتومبیل و وقوع حالات مختلف تصادف از جمله موارد کاربرد این‌گونه مدل‌ها است. مدل‌های انتخاب گسسته با توجه به فرضیه‌هایی که در آنها به کار رفته است به‌عنوان مدل‌های رفتاری شناخته می‌شوند.

ساختار مدل مورد استفاده این مطالعه از نوع لوجیت چندگانه است. صورت کلی

مدل لوجیت چندگانه به‌صورت رابطه زیر است:

$$Pr_n(i) = \frac{e^{v_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{v_{jn}}}$$

که در آن  $Pr_n(i)$  احتمال وقوع حالت  $i$ ،  $v_{in}$  بخش قابل‌اندازه‌گیری مطلوبیت حالت  $i$  و  $v_{jn}$  بخش قابل‌اندازه‌گیری مطلوبیت حالت  $j$  است.  $C_n$  نیز مجموعه گزینه‌های موجود است.

هدف از پرداخت مدل‌های لوجیت یافتن ضرایب متغیرهای توصیفی تابع مطلوبیت و تعیین میزان اهمیت هر یک از متغیرها است. با توجه به آن که رابطه بین متغیرهای توصیفی و مطلوبیت به‌صورت خطی است ( $U=BX$ ) که در آن  $X$  بردار ستونی متغیرها و  $B$  بردار سری ضرایب است)، تفسیر ضرایب پرداخت‌شده مشابه مدل‌های روندگرایی خطی است. از جمله روش‌های مرسوم برای برآورد ضرایب، روش برآورد درست‌نمایی بیشینه<sup>۲</sup> است.

در این روش تابع احتمال ( $L$ ) مطابق رابطه زیر نمایش داده می‌شود:

1. Discrete Choice Models
2. Maximum Likelihood Estimation



$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in S} Pr_n(i)^{y_{ni}}$$

که در آن  $N$  تعداد مشاهده‌ها در نمونه مورد نظر،  $Pr_n(i)$  احتمال انتخاب گزینه  $i \in S$  (مجموعه گزینه‌ها) توسط فرد  $n$  است.

معمولاً برای سادگی محاسبات ریاضی در تحلیل‌ها، از لگاریتم  $L$  که با  $L^*$  نشان می‌دهند استفاده می‌شود. برای بیشینه کردن  $y^*$  باید مشتقات جزئی آن را نسبت به هر یک از ضرایب برابر صفر قرار داد. به این ترتیب مقادیر ضرایب ( $b$ ) از حل دستگاه معادلات حاصل می‌شود.

مقدار  $L^*$  در حالتی که توابع مطلوبیت فاقد متغیرهای توصیفی هستند و تمام ضرایب برابر صفر باشد، به صورت  $L^*(0)$  نمایش داده می‌شود. در این حالت احتمال انتخاب همه گزینه‌ها یکسان است و به آن مدل فرضی صفر می‌گویند. مطابق تعریف تابع بیشینه درست نمایی  $L^*(0)$  یک عدد بزرگ منفی است. مقدار تابع  $L^*$  را به ازای ضرایب پرداخت شده با  $L^*(b)$  نشان می‌دهند که  $L^*(0) < L^*(b)$  است. در صورتی که در توابع مطلوبیت تنها ضریب ثابت وجود داشته باشد، در این حالت احتمال انتخاب گزینه‌ها برابر فراوانی نسبی آنهاست که به آن مدل «سهام بازار» اطلاق می‌شود. این مقدار با  $L^*(c)$  نشان داده می‌شود و در گستره  $L^*(0) < L^*(c) < L^*(b)$  قرار می‌گیرد.

تعیین اهمیت هر متغیر توصیفی مدل در بازه اطمینان مشخص، مشابه روش متداول در مدل‌های روندگرا از طریق آزمون آماری  $t$  صورت می‌گیرد. برای ارزیابی مدل‌های چندگانه و دوگانه از آزمون مربع کای استفاده می‌شود. برای سنجش برازندگی مدل، مشابه مدل‌های روندگرای خطی که دارای شاخص  $R^2$  هستند، از شاخص  $\rho^2$  استفاده می‌شود.

$$\rho_0^2 = 1 - \frac{L^*(b)}{L^*(0)}$$

و یا:

$$\rho_0^2 = 1 - \frac{L^*(b)}{L^*(c)}$$

با توجه به آن که تابع  $p^2$  تابعی غیرنزولی از تعداد  $X$ ها است برای حذف اثر افزایش متغیرها می توان از شاخص برازندگی تصحیح شده که با  $\bar{p}^2$  نشان داده می شود، استفاده کرد:

$$\bar{p}^2 = 1 - \frac{L^*(b) - df}{L^*(0)}$$

با توجه به روابط مطرح شده مقدار  $\bar{p}^2$  بین صفر و یک قرار دارد و هرچه به سمت یک نزدیک تر باشد، برازش مدل را می رساند (حسینی، کرمی و حسینی خواه؛ ۱۳۹۸: ۹۳-۹۶).

### روش تحقیق

این تحقیق در پی آن است که از طریق بررسی و جستجو، عوامل مؤثر بر تصادفات ترافیکی بزرگراه های شهر تهران را مورد شناسایی و بررسی قرار دهد و سپس نسبت به اولویت بندی این عوامل اقدام و در نهایت مدلی مناسب براساس مدل انتخاب گسسته ارائه شود. بنابراین تحقیق حاضر از نوع کاربردی است، ضمن این که از نظر روش گردآوری داده ها، توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش حاضر آمار و داده های مربوط به علت تامه تصادفات در بزرگراه های شهر تهران طی سال های ۱۳۹۷ است. با توجه به این که مقرر است کلیه گزارش های مربوط به تصادفات شهر تهران مورد بررسی قرار گیرد، لذا از نمونه گیری محدود خودداری و کلیه داده های در دسترس (نمونه تمام شمار) تحلیل می شود. مستندات این تحقیق بر پایه داده های ثبت شده در مقطع زمانی مورد نظر توسط پلیس راهور تهران که در سامانه اطلاعاتی پلیس راهور ناجا ثبت شده است. در این تحقیق با هدف تعیین سهم هر یک از عوامل مؤثر در وقوع تصادفات در مناطق مختلف شهر تهران در سال ۱۳۹۷ به معرفی مدلی برای پیش بینی وقوع تصادفات در بزرگراه های شهر تهران می پردازیم. در این پژوهش برای پیش بینی علل وقوع تصادفات از مدل لوجیت استفاده شده است. دلیل استفاده از این مدل برای پیش بینی علل برخورد این است که این مدل قابلیت ارزیابی خصوصیات رفتاری تصادف را دارد و می تواند چگونگی وقوع تصادف را پیش بینی کند. در ادامه با توجه به

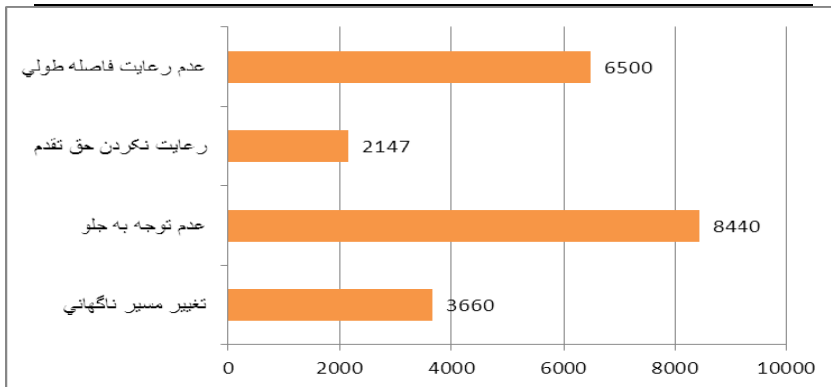


همان طور که در جدول و نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود بزرگراه شهید همت با تعداد ۴۲۳۴ فقره تصادف (۱۶ درصد کل تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران) بیشترین و بزرگراه شهید نواب با ۱۱۶ فقره تصادف کمترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند.

**ب) علت تامه تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران:** بر مبنای گزارش‌های به دست آمده، مهم‌ترین علت‌های تامه تصادفات در بزرگراه‌های تهران مربوط به بی‌توجهی به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، تغییر مسیر ناگهانی، رعایت نکردن حق تقدم بوده است که از مجموع تصادفات به وقوع پیوسته در بزرگراه‌های شهر تهران در سال ۱۳۹۷، ۳۳ درصد مربوط به عدم توجه به جلو، ۲۵ درصد رعایت فاصله طولی، ۱۴ درصد تغییر مسیر ناگهانی و ۴ درصد رعایت نکردن حق تقدم بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند، در ضمن تعداد ۴ عامل فوق در مجموع ۷۶ درصد تصادفات بزرگراه‌ها را در برداشته است (جدول و نمودار شماره ۲).

جدول ۲- فراوانی علت رخداد تصادف در بزرگراه‌ها

درصد	فراوانی	علت تامه
۱۴	۳۶۶۰	تغییر مسیر ناگهانی
۳۳	۸۴۴۰	عدم توجه به جلو
۴	۲۱۴۷	رعایت نکردن حق تقدم
۲۵	۶۵۰۰	عدم رعایت فاصله طولی
۷۶	۲۰۷۴۷	جمع



نمودار ۲- علت رخداد تصادفات در بزرگراه‌های تهران سال ۱۳۹۷

ج) علت تامه تصادفات در برخی از بزرگراه‌های شهر تهران: علت تامه تصادفات در برخی از بزرگراه‌های شهر تهران به شرح جدول شماره (۳) است.

جدول ۳- فراوانی علت رخداد تصادف در برخی از بزرگراه‌های شهر تهران

جمع	۴۲۳۴	۴۰۳۱	۱۵۸۹	۲۴۴۶
سایر علل	۱۲۴	۱۱۸	۴۴	۶۷
یادک کشی به طرز غلط	۲	۲	۱	۰
تقص مقررات حمل بار	۲	۲	۲	۰
نقص ماده ۴ قانون ایمنی راه	۲	۲	۰	۰
نقص فنی مستمر در خودرو	۲۴	۲۳	۲۱	۲۱
نقص فنی حادث در خودرو	۴۵	۴۳	۱۰	۱۹
گردش به طرز غلط	۱۴۸	۱۴۱	۱۲۹	۶۲
عدم مهارت در رانندگی	۱۲	۱۱	۱۵	۹
عدم رعایت فاصله عرضی	۱۶۷	۱۵۹	۱۱۳	۹۰
عدم رعایت فاصله طولی	۹۳۲	۸۸۷	۲۸۸	۵۸
عدم رعایت حق تقدم	۱۱۰	۱۰۵	۳۶	۸۷
عدم توجه به جلو	۱۴۵۸	۱۳۸۸	۳۹۳	۷۹۱
عدم توانایی در کنترل خودرو	۳۵۸	۳۴۱	۱۵۲	۱۹۹
دور زدن در محل ممنوع	۵	۵	۰	۱
خطای عابر	۲	۲	۲	۰
حرکت در خلاف جهت	۱۹	۱۸	۶	۹
حرکت با دنده عقب	۱۳۹	۱۳۲	۶۳	۷۷
تغییر مسیر ناگهانی	۶۰۹	۵۸۰	۲۶۹	۳۷۳
تخطی از سرعت مطمئنه	۲۶	۲۵	۷	۴۶
تجاوز به چپ ناشی از سبقت	۲	۲	۴	۰
تجاوز از سرعت مقرره	۱۲	۱۱	۴	۱
انحراف به راست	۲۲	۲۱	۹	۶
انحراف به چپ	۱۴	۱۳	۱۴	۶
بزرگراه	شهید همت	امام علی	آزادگان	شهید چمران

داده‌های جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که طبقه‌بندی پلیس راهنمایی و رانندگی برای بررسی علل رخداد تصادف ناشی از رفتار رانندگان و یا شرایط خودرو به صورت ۲۲ علت اصلی تفکیک و طبقه‌بندی شده است؛ که علت تامه برخی از تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران در جدول شماره (۳) آمده است.

د) بازه زمانی رخداد: از نقطه نظر زمان رخداد تصادف نیز می‌توان تصادفات رخ داده شده در بزرگراه‌های مورد مطالعه را بررسی کرد. با توجه به جدول شماره ۴، بیشترین

تصادفات در بزرگراه‌های تهران در ساعت ۱۰:۳۰ در نیمسال اول و ساعت ۹:۳۰ در نیمسال دوم (به ترتیب ۳۸ درصد و ۳۱ درصد) رخ داده است.

جدول ۴- تعداد تصادفات در بزرگراه‌ها براساس ساعت رخداد (۱۳۹۷)

نیمسال اول			نیمسال دوم		
ساعات تصادفات	تعداد تصادفات	درصد نسبی	ساعات تصادفات	تعداد تصادفات	درصد نسبی
۰۱:۳۰	۸۱۴	۶	۰۰:۳۰	۲۰	۰
۰۴:۳۰	۲۷۳۷	۲۱	۰۳:۳۰	۲۴۹۲	۱۹
۰۷:۳۰	۳۳۳۲	۲۶	۰۶:۳۰	۳۳۴۱	۲۶
۱۰:۳۰	۳۶۷۹	۲۸	۰۹:۳۰	۴۰۴۴	۳۱
۱۳:۳۰	۲۳۵۰	۱۸	۱۲:۳۰	۲۸۲۴	۲۲
۱۶:۳۰	۲۱	۰	۱۵:۳۰	۱۷۴	۱
۱۹:۳۰	۳۲	۰	۱۸:۳۰	۴۶	۰
۲۲:۳۰	۲۴	۰	۲۱:۳۰	۱۴	۰
جمع	۱۲۹۹۰	۱۰۰	جمع	۱۲۹۵۶	۱۰۰

د) فصول رخداد تصادفات: با بررسی در جدول بالا در فصل تابستان و پاییز ۱۳۹۷، بیشترین آمار تصادفات در بزرگراه‌های تهران رخ داده است و به ترتیب فصل بهار و زمستان کمترین آمار تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵- میزان تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران براساس فصول سال ۱۳۹۷

نام فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمع
فراوانی	۵۸۹۲	۷۱۹۸	۶۵۲۳	۶۳۳۳	۲۵۹۴۶
درصد	۲۲	۲۸	۲۶	۲۴	۱۰۰

در این پژوهش، برای پیش‌بینی علل وقوع تصادفات از مدل لجوجیت استفاده شده است. در ساخت مدل برای هر یک از علل تصادف، تابع مطلوبیت جداگانه‌ای ارائه می‌شود. در این مدل‌سازی سایر علل وقوع تصادفات به‌عنوان تابع مبنا در نظر گرفته می‌شود و سایر توابع

## ive of SID

براساس آن تعریف می‌شوند. متغیرها به صورت جداگانه به مدل اضافه خواهند شد. در صورتی که در نوع تصادف تأثیرگذار باشند و از اهمیت موردنظر برخوردار باشند و همچنین کیفیت مدل را بالا ببرند، در مدل حفظ می‌شوند. در غیر این صورت از مدل حذف می‌شوند. این روند چندین بار تا رسیدن به بهترین مدل تکرار صورت گرفته است. همان‌طور که بیان شد، متغیر وابسته مدل‌های تحت مطالعه در این بخش از پژوهش، علل تامه تصادفات است. متغیرهای مستقل شامل، ازدحام (V)، سرعت<sup>۱</sup>، سطح مقطع راه<sup>۲</sup>، نوع راه (درجه ۱)، پارکینگ<sup>۴</sup> است.

تابع مطلوبیت مدل برای هر یک از متغیرها با استفاده از نرم‌افزار Limdep استخراج شد. ساخت مدل توسط نرم‌افزار از علل تامه تصادف در جدول شماره ۶ آمده است.

جدول ۶- تابع مطلوبیت علل تامه تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران سال ۱۳۹۷

تابع مطلوبیت
تغییر مسیر ناگهانی
$A_1 \times \text{SPEED} + A_2 \times \text{ARTERIAL}1 + A_3 \times \text{PARKING}$
عدم توجه به جلو
$B_1 \times \text{SPEED} + B_2 \times \text{RIDING} + B_3 \times \text{ARTERIAL}1$
رعایت نکردن حق تقدم
$D_1 \times V + D_2 \times \text{ARTERIAL}1$
عدم رعایت فاصله طولی
$E_1 \times V + E_2 \times \text{SPEED}$

ضرایب توابع مطلوبیت مدل به صورت جدول شماره ۷ به دست آمده است:

جدول ۷- ضرایب تابع مطلوبیت علل تامه تصادفات بزرگراه‌های شهر تهران

متغیر	ضرایب (b)	انحراف معیار	P-Value
A <sub>1</sub>	۰/۰۳	۰/۲	۰/۰۰۰
A <sub>2</sub>	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۰۰۰

1. Speed
2. Riding
3. Arterial 1
4. Parking

P-Value	انحراف معیار	ضرایب (b)	متغیر
۰/۰۰۰	۰/۳۱	۰/۲۵	A <sub>3</sub>
۰/۰۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	B <sub>1</sub>
۰/۰۰۰	۰/۰۲	۰/۰۷	B <sub>2</sub>
۰/۰۰۰	۰/۵۱	۰/۳۶	B <sub>3</sub>
۰/۰۰۰	۰/۷۲	۱/۸۲	D <sub>1</sub>
۰/۰۰۰	۰/۴۱	۱/۶۵	D <sub>2</sub>
۰/۰۰۰	۰/۳۲	۰/۶۷	E <sub>1</sub>
۰/۰۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	E <sub>2</sub>
	-۸۲۷/۲۳۲		لگاریتم درست‌نمایی
	۰/۵۳		ضریب همبستگی
	۰/۵۴		ضریب همبستگی تعدیل شده

با توجه به مدل تابع مطلوبیت، ضرایب و پی- مقدار و انحراف معیار هر کدام از متغیرها به دست آمده است. مقدار ضریب همبستگی ۰/۵۳ به دست آمده است که نسبتاً قابل قبول است. لذا توابع احتمال هر کدام از علل تامه تصادفات در بزرگراه‌های تهران در سال ۱۳۹۷ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P(Y = \text{توقف در مسیر تا جای}) = \text{EXP}(0.08 \times \text{SPEED} + 0.02 \times \text{ARTERIAL1} + 0.26 \times \text{PARKING})/M$$

$$P(Y = \text{مردم توقف به جای}) = \text{EXP}(0.01 \times \text{SPEED} + 0.07 \times \text{REDING} + 0.26 \times \text{ARTERIAL1})/M$$

$$P(Y = \text{رعایت نکردن حق تقدم}) = \text{EXP}(1.82 \times V + 1.65 \times \text{ARTERIAL2})/M$$

$$P(Y = \text{رعایت نکردن تابلو هشدار}) = \text{EXP}(0.67 \times V + 0.02 \times \text{SPEED})/M$$

که در آن مقدار M از تابع زیر به دست می‌آید:

$$M = 1 + \text{EXP}(0.08 \times \text{SPEED} + 0.02 \times \text{ARTERIAL1} + 0.26 \times \text{PARKING}) + \text{EXP}(0.01 \times \text{SPEED} + 0.07 \times \text{REDING} + 0.26 \times \text{ARTERIAL1}) + (1.82 \times V + 1.65 \times \text{ARTERIAL2}) + \text{EXP}(0.67 \times V + 0.02 \times \text{SPEED})$$



۱- در رابطه اول (تغییر مسیر ناگهانی)، عوامل مؤثر عبارت‌اند از:

الف) سرعت؛

ب) نوع راه (بزرگراه)؛

ج) وضعیت پارک.

خارج شدن وسایل نقلیه از محل پارک ممکن است باعث بروز چنین تصادفی شود. این تصادف می‌تواند ناشی از سرعت بالا باشد؛ بنابراین تغییر مسیر ناگهانی می‌تواند ناشی از سرعت بالا در بزرگراه‌ها و عدم کنترل راننده بر وسیله نقلیه باشد.

۲- در رابطه دوم (عدم توجه به جلو) عوامل مؤثر عبارت‌اند از:

الف) سرعت؛

ب) عرض سواره‌رو در معبر؛

ج) نوع بزرگراه.

این تصادف ناشی از سرعت بالا، عرض معبر بیشتر و وجود تقاطع بیشتر در بزرگراه‌های تهران است؛ بنابراین در بزرگراه‌های تهران به‌علت وجود تقاطع‌های زیاد و میزان ازدحام در آنها، عدم توجه به جلو باعث بروز حوادث ترافیکی شده است.

۳- در رابطه سوم (رعایت نکردن حق تقدم) عوامل مؤثر عبارت‌اند از:

الف) ازدحام؛

ب) نوع بزرگراه.

که متغیرهای مؤثر در احتمال بروز تصادف به‌دلیل عدم رعایت حق تقدم را نشان می‌دهد. لذا در این رابطه وجود تقاطع‌ها و پیرو آن وجود ازدحام در آنها بیشتر بوده و رعایت نکردن حق تقدم دلیل بیشتر تصادفات بوده است.

۴- در رابطه چهارم (عدم رعایت فاصله طولی)، عوامل مؤثر عبارت‌اند از:

الف) ازدحام؛

ب) سرعت.

که متغیرهای مؤثر در احتمال بروز تصادف به دلیل عدم رعایت فاصله طولی را نشان می‌دهد؛ براساس مدل این رابطه، افزایش سرعت و ازدحام باعث افزایش بروز تصادف است.

### بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین علت‌های تامه تصادفات در بزرگراه‌های تهران مربوط به بی‌توجهی به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، تغییر مسیر ناگهانی، رعایت نکردن حق تقدم بوده است که از مجموع تصادفات به وقوع پیوسته در بزرگراه‌های شهر تهران در سال ۱۳۹۷، ۳۳ درصد مربوط به عدم توجه به جلو، ۲۵ درصد عدم رعایت فاصله طولی، ۱۴ درصد تغییر مسیر ناگهانی و ۴ درصد رعایت نکردن حق تقدم بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند؛ در ضمن، تعداد ۴ عامل فوق در مجموع ۷۶ درصد تصادفات بزرگراه‌ها را در برداشته است.

در این مقاله با هدف تحلیل داده‌های حوادث ترافیکی بزرگراه‌های شهر تهران، به مطالعه و بررسی و مدل‌بندی داده‌ها با استفاده از مدل انتخاب گسسته (لوجیت) پرداخته شد. با توجه به ماهیت داده‌های مورد مطالعه، یک مدل آماری جدید پیشنهاد شد. در قالب این مدل‌بندی قادر خواهیم بود که به پیش‌بینی حوادث ترافیکی در سال‌های آینده پرداخته و عوامل مؤثر بر آنها را تعیین و کنترل کرد.

به‌طور خلاصه، نتایج نشان داد خارج‌شدن وسایل نقلیه از محل پارک باعث تغییر ناگهانی از مسیر شود. این تصادف می‌تواند ناشی از سرعت بالا باشد؛ بنابراین تغییر مسیر ناگهانی می‌تواند ناشی از سرعت بالا در بزرگراه‌ها و عدم کنترل راننده بر وسیله نقلیه باشد. همچنین، تصادفات ناشی از عدم توجه به جلو، به علت سرعت بالا، عرض معبر بیشتر و وجود تقاطع بیشتر در بزرگراه‌های تهران است؛ بنابراین در بزرگراه‌های تهران به‌علت وجود تقاطع‌های زیاد و میزان ازدحام در آنها عدم توجه به جلو باعث بروز حوادث ترافیکی شده است. علت بعدی در تصادفات بزرگراه‌های تهران، رعایت نکردن حق تقدم بوده است که متغیرهای مؤثر در احتمال بروز این نوع تخلف، وجود تقاطع‌ها و

پیرو آن، وجود ازدحام بیشتر بوده و رعایت نکردن حق تقدم دليل بیشتر تصادفات بوده است و در نهایت تصادفات ناشی از عدم رعایت فاصله طولی به دلیل سرعت و ازدحام زیاد خودروها در بزرگراهها بوده است که این نوع تصادفات را افزایش داده است. در خصوص مقایسه نتایج حاصل از تحقیق حاضر با دیگر پژوهش‌های انجام‌شده نیز بایستی عنوان کرد که با توجه به نبود پژوهش‌های مشابه (در حوزه بزرگراه شهر تهران) هم به لحاظ موضوعی، مقایسه تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین میسر نبوده لیکن با بررسی به عمل آمده مشخص شد که تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات گذشته، با تحقیقات زنگی‌آبادی، شیران و گشتیل (۱۳۹۰) به لحاظ شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات در بزرگراهها هم‌خوانی دارد. لیکن تحقیق حاضر علاوه بر شناسایی علت تامه تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران به مدل‌بندی این‌گونه تصادفات پرداخته است. لذا با لحاظ استفاده از مدل‌های پیشرفته آماری نتایج قابل استنادی را دارا است.

### پیشنهادها

با توجه به نتایج تحقیق، تصادفات در بزرگراهها براساس مدل انتخاب گسسته را می‌توان در قالب تکنیک‌های تغییر رفتاری جهت کاهش تخطی از تخلفات موردنظر بیان کرد:

(۱) **اقدامات ارادی:** یک رویکرد مطرح در مطالعات رفتاری، ایجاد انگیزه در مردم برای انجام اقدامات مناسب از طریق اطلاع‌رسانی عمومی، برنامه‌های آموزشی، رسانه‌های ارتباط جمعی و پرورش فکری است. اغلب اقدامات در حوزه اقدامات ارادی شامل ارتباطات می‌شود. فرض بر این است که چنانچه افراد از رفتاری که سلامتی و ایمنی آنها را افزایش می‌دهد، آگاه باشند و به انجام آن رفتارها تشویق شوند، آن را انجام خواهند داد؛ بنابراین پیام‌های ارسال شده بر روی تابلوها، علائم، دفترک‌ها و نظایر این‌ها می‌تواند منجر به افزایش سلامت عمومی و مانع از بروز رفتارهای نابهنجار و پرخطر شود. هم‌چنین، خوردن، آشامیدن، استعمال دخانیات، صحبت با دیگران و استفاده از تلفن همراه از جمله عواملی هستند که در حین رانندگی منجر به عدم توجه به جلو می‌شوند.

**۲) قوانین و مقررات:** بسیاری از راه‌کارها در تغییر رفتار که منجر به کاهش تصادفات جرحی می‌شود. در حوزه تنظیم قوانین و مقررات قرار می‌گیرد. تجربه نشان داده است که قدرت قوانین و مقررات در ایجاد تغییرات غیرمنتظره بسیار بالا بوده است. قانون اجباری کردن بستن کمر بند در ایران نیز مؤید این امر بوده است. اقدام به تنظیم قوانین و مقررات باید در ارتباطی تنگاتنگ با مأموریت‌ها و وظایف پلیس صورت پذیرد. چنان‌چه گروه هدفی که قوانین به آنها اعمال می‌شود از قوانین آگاه نباشند یا اجبار لحاظ شده در قانون کم شود و به تعبیری ضمانت اجرایی آن وجود نداشته باشد، به همان میزان که اجبار درک شده از قانون کم باشد، اثرگذاری قانون نیز کم خواهد شد؛ بنابراین می‌توان اثرگذاری قانون را با استفاده از برنامه‌های تبلیغاتی، ارتقا بخشید. با الحاق تبلیغات به قوانین، پذیرش آن در بین مردم آسان‌تر می‌شود.

**۳) جرائم و مجازات:** اعمال قانون و جرائم خاص می‌توانند به‌عنوان پشتوانه‌ای برای اجرای قوانین تلقی شوند. جرائمی که برای متخلفان شناخته شده‌اند، تأثیرگذاری بیشتری دارند. هزینه مالی یا اتلاف زمانی نبایستی به‌گونه‌ای باشد که مردم آن را برنتابند و هم‌چنین نباید به‌گونه‌ای سبک تنظیم شود که نفی غرض شود. بنابراین پیشنهادی کلی در راستای نتایج تحقیق به‌صورت زیر بیان می‌شود: ۱- برگزاری دوره‌های آموزشی هرساله برای رانندگان متخلف جهت یادآوری و کاهش این افراد برای پیشگیری از تصادفات حادثه‌ساز و جرحی؛ ۲- توجه بیشتر به معاینه فنی خودروها و رفع نواقص و معایب آن؛ ۳- فرهنگ‌سازی جهت استفاده بیشتر از وسایل حمل‌ونقل عمومی؛ ۴- بهبود ایمنی و کیفیت راه‌های درون‌شهری؛ ۵- گسترش و توسعه زیرساخت‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند؛ ۶- تشویق مردم برای استفاده از ارتباطات تلفنی و مخابراتی و یا ارتباطات الکترونیکی برای جلوگیری از سفرهای غیرضروری درون‌شهری؛ ۷- استفاده از مدل انتخاب گسسته و یافتن احتمال بروز تصادف به هر یک از علل تامه اقدامات لازم مانند حذف پارکینگ یا افزایش عرض معبر به‌منظور پیشگیری از بروز تصادف.

تنزاده، جواد؛ صالحی، محمدرضا؛ نظری، حسین. (۱۳۹۴). مدل پیش‌بینی بروز تخلفات از نوع توقف ممنوع در معابر هسته مرکزی شهرهای کشور؛ فصلنامه علمی مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۳۶، ۳۷-۵۲. بازیابی از:

[http://tms.jrl.police.ir/article\\_18564\\_f8e3324f62f53a10b6740e62c820e871](http://tms.jrl.police.ir/article_18564_f8e3324f62f53a10b6740e62c820e871)  
حسینی، سید تیمور؛ کرمی؛ حمیدرضا؛ حسینی‌خواه، نورالله. (۱۳۹۷). ارائه مدل پیش‌بینی حوادث ترافیکی با استفاده از تحلیل فضایی، طرح تحقیقاتی دانشکده راهور دانشگاه علوم انتظامی امین.

حقیقی، فرشید؛ رضا، شهبازی، شروین. (۱۳۹۴). مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران)، فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، سال هفتم، شماره سوم. ۴۳۵-۴۴۸. بازیابی از:

[http://jte.sinaweb.net/article\\_16153.html](http://jte.sinaweb.net/article_16153.html)  
زنگی‌آبادی، علی؛ شیران، غلامرضا؛ گشتیل، خیری. (۱۳۹۱). بررسی علل تصادفات در بزرگراه‌ها (مورد مطالعه: بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان)، فصلنامه علمی- ترویجی مطالعات راهور، سال نهم، شماره ۱۷، ۳۷-۵۷. بازیابی از:

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=160357>  
عبادی‌نژاد، سیدعلی؛ شادفر، صمد؛ شادمانی، علیرضا؛ جعفریان، محمدحسن. (۱۳۸۵). نقش مه در ایجاد حوادث جاده‌های کشور. فصلنامه دانش انتظامی. ۸(۴)، ۵۷-۶۶. بازیابی از:

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=75036>  
قبادی، محمد؛ حسن‌زاده، محمدرضا. (۱۳۹۶). بررسی عوامل مؤثر در وقوع تصادفات شهری، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، سال ۱۲، شماره ۴۴. ۷۱-۸۶. بازیابی از:

<https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1387830/>  
ماه‌پور، علیرضا. (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات برون‌شهری و ارائه مدل مناسب (مطالعه موردی استان تهران). طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کاربردی پلیس راهور ناجا. نادران، علی. (۱۳۹۰). تخمین تعداد تصادفات ترافیکی در مناطق شهری به کمک مدل‌های هم‌فزون، فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، سال دوم، شماره دوم. ۱۵۹-۱۶۹. بازیابی از:

[http://jte.sinaweb.net/article\\_1579.html](http://jte.sinaweb.net/article_1579.html)

## Archive of SID

- Pirdavani, A.; Brijs, T.; Belemans, T.; Kochan, B.; Wets, G. (2012). Developing Zonal Crash Prediction Models with a Focus on Application of Different Exposure Measures. Paper Presented at the Transportation Research Board, 91th Annualmeeting Washington, DC.
- Pulugurtha, S.S.; Duddu, V.R.; Kotagiri, Y. (2013). Traffic Analysis Zone Level Crash Estimation Models Based on Land use Characteristics. Accident Analysis and Prevention. 50, 678 87.
- Yuan, Zhuoning; Zhou, Xun; Yang, Tianbao; Tamerius, James; Mantilla, Rivardo. (2017). Predicting Traffic Accidents Through Heterogeneous Urban Data: A Case Study. In Proceedings of 6th International Workshop on Urban Computing, Halifax, Nova Scotia, Canada, August 2017 (UrbComp 2017), 9 pages.