ارزیابی تأثیر شرایط آب‌وهوایی و محیطی روی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای[۱]

میربهادر یزدانی[۲]، امیرعباس رصافی[۳]، فاضل میرزایی[۴]

از صفحه ۱۴۳ تا ۱۷۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: دلایل مختلفی در وقوع تصادفات دخالت دارند که شناخت تمامی آن‌ها تقریباً امکان‌پذیر نیست؛ اما با مطالعهٔ دقیق این پدیده می‌توان برخی از علل اصلی را که نقش بیشتری در وقوع این پدیده دارند، شناسایی کرد. ازآنجایی‌که شرایط آب‌وهوایی و محیطی تأثیر قابل‌توجهی در شدت تصادفات دارند، در این پژوهش به برآورد و بررسی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای در شرایط آب‌وهوایی مختلف پرداخته شده است تا فاکتورهای آب‌وهوایی و محیطی تأثیرگذار شناسایی شوند.

روش: به‌دلیل آنکه شدت تصادفات، ماهیت ترتیبی دارند، برای مدل‌سازی از مدل‌های لوجیت ترتیبی استفاده گردید. برای به‌دست‌آوردن مدل نهایی، ابتدا تمامی متغیرها وارد مدل شدند و با استفاده از روش حرکت رو به عقب، متغیرهایی که معناداری کافی نداشتند، از مدل حذف شدند. پس از مدل‌سازی، تحلیل حساسیت روی متغیرهای نهایی صورت گرفت تا تأثیر تغییرات هریک از متغیرها روی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای به دست آید. داده‌های تصادفات تک‌وسیله‌ای محور اهر - کلیبر به‌عنوان نمونهٔ آماری از محورهای استان آذربایجان شرقی انتخاب گردید که تصادفات تک‌وسیله‌ای در این محور شامل ۲۲۵ تصادف خسارتی، ۸۵ تصادف جرحی و ۱۴ تصادف فوتی بوده‌اند.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: در مدل نهایی این محور، ۵ متغیر مستقل به دست آمد که همگی از نوع متغیرهای گسسته هستند و فرض صفربودن ضرایب متغیر در این مدل رد شد. این متغیرها عبارتند از متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد، متغیر بارش برف، متغیر بارش باران بیش از ۶ میلی‌متر، متغیر فصل پاییز و متغیر فصل زمستان. همهٔ متغیرها ضریب مثبت به دست آوردند و رابطهٔ مستقیمی با افزایش شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای داشتند. با استفاده از این نتایج می‌توان احتمال شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای در این محور را برای روز موردنظر تخمین زد و نظارت پلیس راه، آمادگی نیروهای امدادی و اورژانس را مدیریت کرد. همچنین از نتایج این مدل پیش‌بینی می‌توان در مدیریت دینامیکی ترافیک، سیستم‌های هشدار هوا، مدیریت هوشمند ایمنی راه‌ها و مدیریت محدودیت سرعت وسایل نقلیه استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: آب‌وهوا، محیط، شدت تصادفات، تک‌وسیله‌ای، لوجیت ترتیبی.

---

۱. این مقاله از پروژهٔ سربازی مرکز تحقیقات کاربردی نیروی انتظامی استان آذربایجان شرقی استخراج شده است.

۲. دانشجوی دکتری مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، ایران، (نویسنده مسئول)، Bahadoryazdani1990@gmail.com

۳. دانشیار مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، ایران، Rasafi@eng.ikiu.ac.ir

۴. کارشناس آمار تصادفات استان آذربایجان شرقی، ایران، Fazel.mirzayee@gmail.com

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۴۴
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

مقدمه

تصادفات ترافیکی، پیشامدهایی اجتناب‌ناپذیر هستند که دلایل مختلفی در وقوع آن‌ها دخالت دارند. تصادف علاوه بر کاهش ایمنی و سلامت جامعه، هزینه های زیادی از قبیل خسارت های مالی و جانی، ایجاد تأخیر در جریان ترافیک و تراکم ترافیک، بر جامعه تحمیل می‌کند که خود باعث کاهش سرمایه‌های ملی می‌شود.

طبق آمار سازمان بهداشت جهانی، خسارت وارده به کشورهای درحال‌توسعه بر اثر وقوع تصادفات، بیش از یک درصد تولید ناخالص ملی آن کشورها است که در ایران این رقم، به بیش از ۳ درصد می‌رسد. کشور ایران با جمعیت نزدیک به ۷۷ میلیون نفر، یکی از کشورهای پرخطر حوادث ترافیکی در جهان است (عابدی و صادقی بازرگانی، ۲۰۱۷: ۲۶۳). با توجه به توسعهٔ شبکهٔ راه‌ها و افزایش حجم ترافیک عبوری به‌دلیل افزایش روزافزون و بی‌رویهٔ وسایل نقلیه در شهرها، اهمیت پرداخت به موضوع تصادفات ضرورت می‌یابد.

با افزایش نرخ تعداد وسایل نقلیه نسبت به جمعیت و افزایش بیش ازپیش ترافیک در شهرها در دهه های اخیر در مقابل فواید اقتصادی و رفاهی ناشی از گسترش ارتباطات و سرعت جابه جایی کالا و مسافر، متأسفانه بر تعداد تصادفات ترافیکی افزوده شده است و خسارت‌های ناشی از آن‌ها، به یکی از معضلات عمدهٔ هر کشور، به‌خصوص ایران تبدیل شده است. شرایط آب‌وهوایی مختلف، تأثیرات زیادی را روی تصادفات و شرایط ترافیکی می‌گذارد (میربها و همکاران، ۲۰۱۷: ۲۴۵).

از نخستین اقدامات پیشنهادی پژوهشگران در جهت کاهش تصادفات رانندگی، بررسی عوامل مؤثر در بروز تصادفات است. به‌طورکلی عوامل مؤثر در بروز تصادفات رانندگی به ۴ گروه کلی تقسیم می‌شود:

۱- عوامل مربوط به شرایط آب‌وهوایی؛

۲- عوامل مربوط به وسیلهٔ نقلیه؛

www.SID.ir

۳- عوامل مربوط به جاده؛

۴- عوامل انسانی[1].

در این پژوهش بیشتر به بررسی عامل شرایط آب‌وهوایی پرداخته می‌شود.

هدف اصلی این پژوهش، برآورد و بررسی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای[2] در شرایط آب‌وهوایی مختلف است تا بتوان با برنامه‌ریزی بلندمدت در سطح کلان، نرخ تصادفات را پایین آورد. این امر بدون شناخت عوامل مختلف تأثیرگذار در بروز تصادف غیرممکن است. در راستای تحقق این هدف با استفاده از مدل ریاضی پیش‌بینی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای در شرایط جوّی مختلف برای تصادفات جاده‌های کشور ساخته شود.

در این پژوهش با استفاده از رویکردهای ارائه شده برای ساخت مدل های برآورد شدت تصادفات و با جمع‌آوری اطلاعات لازم و به کمک تحلیل‌های آماری، مدل مناسبی جهت پیش بینی شدت تصادفات تک وسیله ای، برازش خواهد شد. این مدل برای توصیف وضع موجود و شناسایی رابطهٔ علت و معلولی تصادفات و با توجه به محدودیت‌های ریاضی ارائه می‌شود. پیش‌بینی شدت تصادفات جاده‌ها، با توجه به شرایط جاده و شرایط جوّی می تواند کمک شایانی در مدیریت ایمنی جاده های کشور داشته باشد و باعث کاهش تصادفات شود. یکی از سیستم های مدیریت ایمنی در جاده‌های کشور که کمبودش احساس می‌شود، سیستم‌های هشدار خطر است که اگر مدل پیش بینی مناسبی با درنظرگرفتن آب‌وهوا و محیط به دست آید، می تواند در افزایش احتیاط رانندگان و کاهش تصادفات مثمرثمر باشد.

1.Human Factors
2.Single-Vehicle Crash

www.SID.ir

پیشینهٔ پژوهش

به دلیل تعاریف متفاوت از شدت تصادفات رانندگی، شاخص ها و متغیرهای متفاوتی برای پژوهش‌ها در نظر گرفته می‌شود. هرکدام از این تعاریف می‌توانند فواید و یا معایب خاص خود را داشته باشند. جنبهٔ دیگر معیارهایی که پژوهشگران در نظر می گیرند، سطوح شدت تصادفات است که برخی اوقات به دلیل اهداف پژوهش و دسترسی آمار می‌تواند متفاوت باشد. در این بخش به معیارهای رایج در شدت تصادفات که در مطالعات پیشین به کار گرفته شده است، پرداخته می‌شود و سپس مطالعات با موضوع شدت تصادفات و تأثیرگذاری شرایط آب‌وهوایی روی آن بررسی خواهد شد.

رضایی مقدم و همکارانش (۱۳۸۸: ۱) در مطالعاتی که روی شدت تصادفات در جاده‌های ایران انجام داده‌اند، معیار بیشترین آسیب‌دیدگی تصادف را در نظر گرفتند و شدت تصادفات را در سه سطح خسارتی، جرحی و فوتی بررسی نمودند. در مطالعه ای دیگر، سطوح شدت تصادفات در سه سطح آسیب دیدگی شدید، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی در نظر گرفته شد (مورگان و منرینگ، ۲۰۱۱: ۱۸۵۲).

چندین مطالعه نیز که به بررسی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای پرداختند، آسیب دیدگی راننده را شاخص تعیین شدت تصادفات قرار دادند و تصادفات را به پنج سطح فوتی، نقص عضوی، آسیب دیدگی بدون نقص عضو، آسیب دیدگی کم و بدون آسیب دیدگی تقسیم نمودند (ژیا و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶؛ پالتی و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۸۳۲).

مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۸ میلادی، تأثیر روزهای تعطیل و سایر روزهای هفته را روی شدت تصادفات تک وسیله ای بررسی کرد. نتایج نشان داد که شدت تصادفات در روزهای تعطیل، زیاد است. همچنین متغیرهای گواهینامهٔ نامعتبر رانندگی، نبستن

www.SID.ir

کمربند ایمنی، سن راننده و خستگی از متغیرهای معنادار در هر دو نوع روز تعطیل و سایر روزهای هفته معرفی شدند (آدانو[1] و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۸۷).

روسلی[2] (۲۰۱۷: ۱۵۳) تصادفات تک‌وسیله‌ای در جاده‌های کوهستانی مالزی را بررسی کرد. بارش باران از متغیرهای معنادار در افزایش احتمال وقوع تصادفات تک‌وسیله‌ای در این جاده‌ها معرفی شد؛ همچنین نوع روسازی و شانهٔ راه نیز از متغیرهای معنادار در این پژوهش بودند.

منرینگ و بهنود (۲۰۱۵: ۷) فاکتورهای مؤثر رانندگان در شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای را بررسی کردند. در این پژوهش، داده‌های تصادفات تک‌وسیله‌ای ایالت شیکاگو و ایلینویز در طول دورهٔ ۹ ساله بررسی شدند. در این مطالعه، شدت تصادفات در دو دستهٔ صدمهٔ جزئی و بدون صدمه با استفاده از مدل لوجیت ترکیبی در سال‌های مختلف مدل‌سازی شد. در این مدل‌ها، متغیرهایی که ثبات بیشتری در تأثیر تصادفات تک‌وسیله‌ای داشتند، مشخص شدند. متغیرهای نهایی به‌دست‌آمده در این پژوهش شامل سن راننده، شرایط فیزیکی راننده، نوع وسیله، سطح جاده، شرایط آب‌وهوایی و شرایط روشنایی جاده بوده است.

برگیل[3] و همکارانش (۲۰۱۳: ۴۵۶) مطالعاتی را برای مشخص‌کردن رابطهٔ شرایط جوّی و خطر تصادفات جاده‌ای در سطح همفزون و بر اساس داده‌های ماهیانه انجام دادند. آن ها از شرایط جوّی متنوع برای تحلیل صدمات ناشی از بروز تصادفات در جاده‌های فرانسه، هلند و قسمتی از جاده‌های یونان استفاده کردند و همبستگی معناداری را بین شرایط آب وهوایی مختلف و تعداد صدمات ناشی از بروز تصادفات به دست آوردند.

1.Adanu
2.Rusli
3.Bergel

www.SID.ir

یانیس[1] و همکارانش (۲۰۱۰: ۱) موضوع اثر شرایط جوّی روی ایمنی ترافیک را بررسی کردند. آن‌ها از مدل عدد صحیح خودبازگشت برای تحلیل چهار دسته شدت تصادفات استفاده کرد که این تصادفات شامل تصادف دو یا چند وسیلهٔ نقلیه با هم، تصادف وسایل نقلیه همراه با فوت، تصادفات با عابر پیاده و تصادف با عابر همراه با فوت بودند. این مطالعه بر اساس دادهٔ تصادفات روزانهٔ جمع‌آوری‌شده در مدت ۲۱ سال، در کشور یونان انجام شد؛ نتایج نشان داد که تعداد کل تصادفات در اثر افزایش شدت بارش، کاهش می یابد و دلیل آن، احتیاط بیشتر رانندگان و کاهش سرعت وسیلهٔ نقلیه در اثر نامساعدبودن شرایط جوّی است.

سویانگ[2] و همکارانش (۲۰۱۰: ۲۱۳) به تعیین اثر آب‌وهوا روی ایمنی جاده‌های ایالت ویسکانسین[3] پرداختند؛ و از داده‌های تصادفات جمع‌آوری‌شده از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ استفاده کردند. در هر تصادف، مشخصات شدت تصادف، شرایط جاده، نوع برخورد، نوع وسیله و شرایط آب‌وهوایی ثبت شده بود. برای شرایط آب‌وهوایی، مؤلفه‌های دما، سرعت باد، بارش باران و مدت بارش در نظر گرفته شدند. هدف از مطالعهٔ آن‌ها، به‌دست‌آوردن اثر هوای بارانی روی شدت تصادفات چندوسیله‌ای بود. داده‌های تصادفات بر اساس شدت بارش برای ۱۵ دقیقه قبل از رخداد تصادفات جمع‌آوری شده بودند. برای مدل‌سازی از مدل لوجیت ترتیبی حرکت رو به عقب استفاده گردید و مؤلفه های معنادار مانند عمق آب، تعداد خط جاده، شیب طولی جاده، ساعت اوج ترافیک و بستن کمربند ایمنی شناسایی شدند.

بریجس[4] و همکارانش (۲۰۰۸: ۱۱۸۰) به مطالعهٔ اثر شرایط آب‌وهوایی بر تعداد تصادفات روزانه با استفاده از مدل های مجموعهٔ زمانی[5] پرداختند. او در این پژوهش،

1.Yannis
2.Jung
3.Wisconsin
4.Birjs
5.Time-Series Model

www.SID.ir

مدل وابسته به زمان عدد صحیح خودبازگشت[1] را معرفی کرد. تحلیل روی داده‌های تصادفات در کشور هلند انجام شد و نتایج نشان داد که تأثیر عوامل مرتبط با شرایط آب‌وهوایی روی داده‌های تصادفات، معنادار هستند.

هرمن[2] و همکارانش (۲۰۰۶: ۶۳) اثر چندین شرایط آب‌وهوایی مختلف را روی تصادفات به تفکیک ساعت بروز تصادف در کشور هلند بررسی کردند. این شرایط آب‌وهوایی شامل ۱۷ فاکتور بودند که در سه گروه باد، دما و بارش دسته‌بندی شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که افزایش شدت باد، عاملی مهم برای افزایش تعداد تصادفات است و همچنین زمان طلوع و غروب آفتاب، اثر منفی معناداری بر ایمنی جاده‌ها دارد. آزمون مشاهدات بر اساس مدل دوجمله‌ای منفی بود که با مدل‌های دیگر، مانند مدل پواسون[3] مقایسه شد و ازلحاظ دقت و معناداری مؤلفه‌ها، از آن‌ها بهتر بود.

کریستفر[4] (۲۰۰۶: ۲۲) تأثیر شرایط آب‌وهوایی در فصل زمستان را روی ایمنی جاده‌ها بررسی کرد. او با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده از ایالت‌های کالیفرنیا و مونتانا[5]، مدل‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد و به پیش‌بینی ریشهٔ سوم[6] نرخ تصادفات پرداخت. این مدل‌ها میزان همبستگی شرایط جوّی و ایمنی را در اکثر نواحی نشان دادند.

سعد ناصر[7] (۱۹۹۶: ۱) مطالعات خود را روی عوامل محیطی تأثیرگذار در تصادفات متمرکز کرد. وی نشان داد که کاهش تعادل وسایل نقلیه، کاهش میزان دید و کاهش توانایی کنترل وسایل نقلیه، از عوامل مهم در وقوع تصادفات است. همچنین

1.Integer Autoregressive
2.Herman
3.Poisson Model
4.Christopher
5.California & Montana
6.Cubic root
7.Saad Nassar

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۵۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

او دلایل مؤثر در کاهش میزان دید را ریزش باران، گردوغبار، مه و تابش شدید نور خورشید و دلایل مؤثر در لغزندگی و کاهش تعادل وسیلهٔ نقلیه را بارش باران، برف و یخ‌بندان دانست و نشان داد که کاهش توانایی کنترل وسیلهٔ نقلیه، حاصل عوامل بالا است.

ادوارد[1] (۱۹۹۶: ۳۷۱) با استفاده از داده‌های گزارش‌های تصادفات پلیس راه انگلستان، به تعیین رابطهٔ فراوانی تصادفات و آب‌وهوا پرداخت. در این بررسی، پس از تعریف فاکتورهای آب‌وهوایی مرتبط با تصادفات، جزئیات تصادفات منطقه در پنج حالت آب‌وهوایی خوب، بارانی، بادی شدید، مه[2] و برفی بررسی گردید. نتایج نشان داد که تعداد و شدت تصادفات به‌طور گسترده‌ای از الگوهای آب‌وهوایی منطقه‌ای پیروی می‌کند.

شانکار[3] و همکارانش (۱۹۹۵: ۳۷۱) به تحلیل فراوانی تصادفات در بزرگراه‌ها بر اساس شرایط هندسی و آب‌وهوایی در فصل‌های مختلف پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده، تخمین فراوانی تصادفات را با استفاده از مدل دوجمله‌ای منفی[4] بررسی کردند. هدف مدل آن‌ها، شناسایی اندرکنش بین شرایط مختلف آب‌وهوایی و شرایط هندسی بود. نتایج حاصل از تحلیل آن‌ها، عوامل مؤثر در فراوانی تصادفات را مشخص کرد.

برونداسکای و هاکرت[5] (۱۹۹۸: ۱۴۷) از روش‌های مختلف آماری برای شناسایی اثر آب‌وهوای بارانی در افزایش خطر تصادفات جاده‌ای استفاده نمودند. آن‌ها با استفاده از داده‌های تصادفات فوتی و غیر فوتی در جاده‌هایی با شرایط آب‌وهوایی متفاوت نشان دادند که شدت تصادفات در شرایط بارانی، دو تا سه برابر بیشتر از

1.Edward
2.Fogy
3.Shankar
4.Negative Binomial Model
5.Brodsky & Hakkert

www.SID.ir

شرایط آب‌وهوایی خشک است.

جدول ۱، نتایج و پیشنهادهای مطالعات گفته‌شده را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۱. جمع‌بندی و گزارش نهایی پیشینهٔ پژوهش

ردیف	نام نویسنده	عنوان مطلب	سال	نتایج و پیشنهادها به‌صورت خیلی خلاصه
۱	رضایی مقدم و همکاران	بررسی شدت تصادفات جاده‌ها جاده‌های ایران	۱۳۸۸	درنظرگیری بیشترین معیار آسیب‌دیدگی و بررسی شدت تصادفات در سه سطح فوتی، جرحی و خسارتی
۲	آدانو و همکاران	بررسی تصادفات تک‌وسیله‌ای	۲۰۱۸	متغیرهای گواهینامهٔ نامعتبر، نبستن کمربند ایمنی، سن راننده و خستگی از متغیرهای معنادار در هر دو نوع روز تعطیل و سایر روزها
۳	روسلی و همکاران	بررسی تصادفات تک‌وسیله‌ای	۲۰۱۷	بارش باران، نوع روسازی و شانهٔ راه از متغیرهای معنادار در افزایش احتمال وقوع تصادفات تک‌وسیله‌ای
۲	منرینگ و بهنود	بررسی تصادفات تک‌وسیله‌ای	۲۰۱۵	متغیرهای نهایی به‌دست‌آمده در این پژوهش شامل سن راننده، شرایط فیزیکی راننده، نوع وسیله، سطح جاده، شرایط آب‌وهوایی و شرایط روشنایی جاده
۲	برگیل[1] و همکاران	رابطهٔ شرایط جوی و خطر تصادفات جاده‌ای	۲۰۱۳	همبستگی معنادار بین شرایط آب‌وهوایی مختلف و تعداد صدمات ناشی از بروز تصادفات
۳	ژیا[2] و همکاران	بررسی تصادفات تک‌وسیله‌ای	۲۰۱۲	آسیب‌دیدگی راننده را شاخص تعیین شدت تصادفات و تصادفات در پنج سطح فوتی، نقص عضوی، آسیب‌دیدگی بدون نقص عضو، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی معرفی کردند.
۴	مورگان و منرینگ[3]	بررسی تأثیر وضعیت روسازی جاده برشدت تصادفات تک‌وسیله‌ای	۲۰۱۱	تصادفات در سه سطح آسیب‌دیدگی شدید، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی
۵	پالتی[4] و همکاران	بررسی شدت تصادفات رانندگان در اثر رفتار جرم‌طلبانه	۲۰۱۰	جراحت رانندگان در پنج سطح فوتی، نقص عضوی، آسیب‌دیدگی بدون نقص عضو، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی
۶	یانیس[5] و همکاران	اثر شرایط جوی روی ایمنی ترافیک	۲۰۱۰	تعداد کل تصادفات در اثر افزایش شدت بارش، کاهش می‌یابد و دلیل آن، احتیاط بیشتر رانندگان و کاهش سرعت وسیلهٔ نقلیه در اثر نامساعد بودن شرایط جوی است.
۷	سویانگ[6] و همکاران	تعیین اثر آب‌وهوا روی ایمنی جاده‌های ایالت ویسکانسین[7]	۲۰۱۰	عمق آب، تعداد خط جاده، شیب طولی جاده، ساعت اوج ترافیک و بستن کمربند ایمنی معنادار شدند.
۸	بریجس[8] و همکاران	اثر شرایط آب‌وهوایی بر تعداد تصادفات	۲۰۰۸	تأثیر عوامل مرتبط با شرایط آب‌وهوایی روی داده‌های تصادفات، معنادار هستند.

1.Bergel
2.Xiea
3.Morgan & Mannering
4.Paleti
5.Yannis
6.Jung
7.Wisconsin
8.Birjs

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۵۲
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

ادامهٔ جدول ۱. جمع‌بندی و گزارش نهایی پیشینهٔ پژوهش

۹	هرمن[1] و همکاران	اثر چندین شرایط آب‌وهوایی مختلف روی تصادفات	۲۰۰۶	افزایش شدت باد، عاملی مهم برای افزایش تعداد تصادفات است و زمان طلوع و غروب آفتاب، اثر منفی معناداری روی ایمنی جاده‌ها دارد.
۱۰	کریستفر[2]	تأثیر شرایط آب‌وهوایی در فصل زمستان	۲۰۰۶	مدل‌ها میزان همبستگی شرایط جوّی و ایمنی را در اکثر نواحی نشان دادند.
۱۱	سعد ناصر[3]	عوامل محیطی تأثیرگذار در تصادفات	۱۹۹۶	دلایل مؤثر در کاهش میزان دید را ریزش باران، گردوغبار، مه و تابش شدید نور خورشید و دلایل مؤثر در لغزندگی و کاهش تعادل وسیلهٔ نقلیه را بارش باران، برف و یخ‌بندان دانست.
۱۲	ادوارد[4]	تعیین رابطهٔ فراوانی تصادفات و آب‌وهوا	۱۹۹۶	تعداد و شدت تصادفات به‌طور گسترده‌ای از الگوهای آب‌وهوایی منطقه‌ای پیروی می‌کند.
۱۳	شانکار[5] و همکاران	تحلیل فراوانی تصادفات در بزرگراه‌ها بر اساس شرایط هندسی و آب‌وهوایی	۱۹۹۵	شناسایی اندرکنش بین شرایط مختلف آب‌وهوایی و شرایط هندسی و مشخص‌کردن عوامل مؤثر در فراوانی تصادفات
۱۴	برونداسکای و هاکرت[6]	شناسایی اثر آب‌وهوای بارانی در افزایش خطر تصادفات جاده‌ای	۱۹۸۸	شدت تصادفات در شرایط بارانی، دو تا سه برابر بیشتر از شرایط آب‌وهوایی خشک است.

مبانی نظری پژوهش

در این بخش، انواع مدل‌های پیش‌بینی تصادفات معرفی می‌شود و معیارهای آسیب‌دیدگی در مدل‌های تصادفات ذکر خواهد شد.

معمولاً مدل‌های تصادفات را به سه دسته طبقه‌بندی می‌کنند:

۱- مدل‌های بیان‌کنندهٔ شدت تصادفات؛

۲- مدل‌های بیان‌کنندهٔ تعداد تصادفات؛

۳- مدل‌های بیان‌کنندهٔ احتمال خطر.

در مدل‌های شدت تصادفات، با بررسی داده‌های مربوط به تصادفات حادث‌شده و اطلاعات و شرایط مربوط به تصادفات، رابطهٔ بین عوامل مؤثر در بروز تصادفات و شدت آن‌ها (خسارتی، جرحی و فوتی) ارائه می‌گردد. در مدل‌های تعداد تصادفات،

1.Herman
2.Christopher
3.Saad Nassar
4.Edward
5.Shankar
6.Brodsky & Hakkert

www.SID.ir

سعی می شود که رابطهٔ بین تعداد تصادفات در یک محدودهٔ مشخص با متغیرها و ویژگی‌های مخصوص آن محدوده برقرار شود. با توجه به این مدل‌ها می‌توان تغییر در نرخ تصادفات در اثر تغییر این فاکتورها را شناخت و به کمک آن‌ها، این نرخ را کاهش داد. در مدل های بیان کنندهٔ احتمال خطر، احتمال وقوع تصادفات بررسی می‌شود. روش ارزیابی درخت خطا، یکی از این روش‌ها است. در این روش، ابتدا یک حادثه در نظر گرفته می شود و پس از بررسی احتمال وقوع آن، در بالای درخت خطا قرار می گیرد. تمام مسیرهای درخت خطا، رابطهٔ وقایع دیگر با وقایع بالای درخت را مشخص می‌کنند.

به‌علت پیچیدگی تصادفات و دخالت مؤلفه‌های زیادی که شناسایی تمامی آن‌ها مقدر نیست، نمی‌توان اظهار داشت که هیچ‌کدام از مدل‌های ارائه‌شده دقیق و بی‌نقص است. علاوه‌براین، خطا در جمع‌آوری و ثبت داده‌های مربوط به تصادفات می‌تواند در کیفیت مدل‌های پیشنهادی مؤثر باشد.

به دلیل تعاریف متفاوت از شدت تصادفات رانندگی، شاخص‌ها و متغیرهای متفاوتی برای پژوهش‌ها در نظر گرفته می‌شود. هرکدام از این تعاریف می‌توانند فواید و یا معایب خاص خود را داشته باشند. جنبهٔ دیگر معیارهایی که پژوهشگران در نظر می گیرند، سطوح شدت تصادفات است که برخی اوقات به دلیل اهداف پژوهش و دسترسی آمار می‌تواند متفاوت باشد. در این بخش به معیارهای رایج در شدت تصادفات که در مطالعات پیشین به کار گرفته شده است، پرداخته می‌شود.

معیار جراحت رانندهٔ وسیلهٔ نقلیه

معیاری که بیش از همه در شدت تصادفات استفاده می‌شود، شدت آسیب‌دیدگی راننده است. ایسلام و منرینگ (۲۰۰۶: ۲۶۷) در مطالعهٔ خود به بررسی تأثیر سن و جنسیت روی شدت تصادفات پرداختند و برای شدت تصادف، معیار آسیب دیدگی رانندگان را در نظر گرفتند و تصادفات را در سه سطح خسارتی، جراحتی و فوتی

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۵۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

بررسی کردند. ژیا و همکارانش (۲۰۱۲: ۳۶) در مطالعه‌ای که در ایالت فلوریدا آمریکا روی تصادفات تک‌وسیله‌ای انجام دادند، آسیب‌دیدگی راننده را شاخص تعیین شدت تصادفات قرار دادند و تصادفات را در پنج سطح فوتی، نقص عضوی، آسیب‌دیدگی بدون نقص عضو، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی تقسیم بررسی کردند. در مطالعه‌ای دیگر، پالتی و همکارانش (۲۰۱۰: ۱۸۳۲) به بررسی شدت تصادفات رانندگان در اثر رفتار جرم‌طلبانه پرداختند که در این پژوهش، جراحت رانندگان در پنج سطح فوتی، نقص عضوی، آسیب‌دیدگی بدون نقص عضو، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی بررسی گردید.

مورگان و منرینگ (۲۰۱۱: ۱۸۵۲) به بررسی تأثیر وضعیت روسازی جاده بر شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای پرداختند و سطوح شدت تصادفات را در سه سطح آسیب‌دیدگی شدید، آسیب‌دیدگی کم و بدون آسیب‌دیدگی در نظر گرفتند.

در ایران نیز مطالعاتی دربارهٔ شدت تصادفات با درنظرگیری معیار آسیب دیدگی راننده انجام گرفته است. نجف (۱۳۹۰: ۱) با بررسی تأثیرات ویژگی استاتیکی و دینامیکی وسیلهٔ نقلیه، شدت تصادفات را بررسی کرد و نتایج پژوهش او نشان داد که افزایش وزن وسیلهٔ نقلیه، احتمال آسیب‌دیدگی رانندهٔ آن وسیله را کمتر می‌کند. همچنین با افزایش سن راننده، شدت آسیب‌دیدگی راننده افزایش می‌یابد. راضی اردکانی (۱۳۹۱: ۱) به بررسی تأثیر عوامل حواس‌پرتی راننده بر شدت تصادفات پرداخت. او شدت جراحت راننده را در چهار سطح فوتی یا نقص عضوی، جراحت بدون نقص عضو، جراحت کم و بدون آسیب‌دیدگی تقسیم نمود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که استفاده از تلفن همراه در حین رانندگی، تاریکی هوا و بارش باران، باعث افزایش شدت تصادفات می‌شود و تصادفات در هوای برفی با کاهش شدت تصادفات همراه بوده و با بالارفتن سن راننده، شدت تصادفات افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

معیار بیشترین آسیب‌دیدگی در هر تصادف

در بسیاری از پژوهش هایی که اخیراً انجام شده است، معیار بیشترین آسیب دیدگی در هر تصادف، ملاک شدت تصادف قرار داده شده است. کلوین یـائو (۲۰۰۴: ۳۳۳) در بررسی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای در هنک‌کنـگ، شـدت تصـادفات را بـه دو گروه تقسیم کرد؛ گروه اول، تصادفات خسارتی و جرحـی و گـروه دوم، تصـادفات منجر به فوت بودند. وی معیار شدت تصادف را معیار بیشترین آسیب‌دیدگی در هـر تصادف در نظر گرفت. رضایی مقدم و همکـارانش (۱۳۸۸: ۱) و تـوکلی و شـریعت (۲۰۱۱: ۳۶) نیز در مطالعاتی که روی شدت تصـادفات در جـاده هـای ایـران انجـام داده‌اند، معیار بیشترین آسیب‌دیدگی تصادف را در نظر گرفتند و شدت تصـادفات را در سه سطح خسارتی، جرحی و فوتی بررسی نمودند.

معیار آسیب‌دیدگی سرنشینان و وسیلهٔ نقلیه

منظور از معیار آسیب دیدگی سرنشینان این است که به بررسی جراحات افراد درگیـر در تصادف پرداخته می‌شود که آسیب‌دیدگی راننده را نیز شامل می‌شـود. لاپارنـت و همکاران (۲۰۰۸: ۱۰۲۳) در مطالعه ای به بررسـی تـأثیر بسـتن کمربنـد روی شـدت تصادفات پرداختند و معیار آسیب‌دیـدگی سرنشـینان را بـه‌عنـوان شـاخص در نظـر گرفتند. آن ها شدت تصـادفات را در چهـار سـطح بـدون جراحـت، جراحـت کـم، جراحت شدید و فوتی دسته‌بندی کردند. در ارتباط با معیار آسیب‌دیدگی وسیلهٔ نقلیه، مطالعات محدودی انجام گرفته است و پژوهشگران، کمتر از این معیار برای شاخص شدت تصادفات استفاده می‌کنند.

در مطالعات فوق، معیارهای آسیب دیدگی و تأثیرگذاری عوامل محیطـی و شـرایط آب‌وهوایی روی تصادفات و شدت آن‌ها بررسی گردید. معیار آسیب‌دیدگی در ایـن مطالعه، آسیب دیدگی سرنشینان وسیلهٔ نقلیه است و در سه سطح خسارتی، جرحی و فوتی تحلیل می‌شود.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۵۶
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه‌های این پژوهش عبارت است از:

- شرایط آب‌وهوایی نظیر هوای بارانی، برفی، طوفانی و... بر شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای تأثیر می‌گذارد.
- مشخصات دموگرافیکی رانندگان نظیر جنسیت راننده بر شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای تأثیرگذار است.
- مشخصات محیطی محور موردنظر نظیر روز و شب بودن تصادف، فصل های سال، روز کاری و غیرکاری و... بر شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای تأثیرگذار است.

روش پژوهش

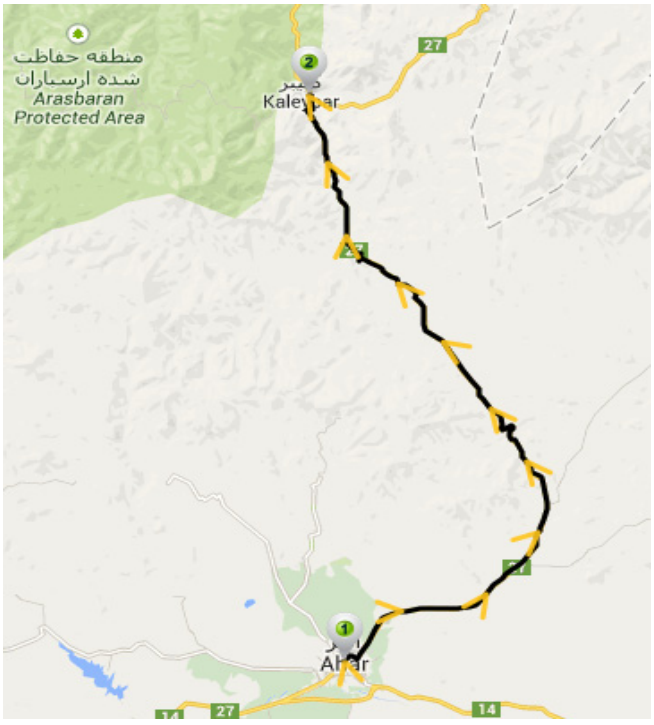
این پژوهش از نوع کاربردی است و با توجه به موضوع آن، از روش پژوهش همبستگی استفاده شده است. هدف پژوهش‌های همبستگی، به‌دست‌آوردن متغیرهای معنادار مستقل در پیش بینی متغیر وابسته است. در این پژوهش، فاکتورهای مربوط به مشخصات آب‌وهوایی، محیطی و دموگرافیکی راننده از نوع متغیرهای مستقل و فاکتور شدت تصادفات، همان متغیر وابسته است.

جامعهٔ آماری در این پژوهش به‌دلیل تفاوت محیطی و آب‌وهوایی استان‌ها با یکدیگر، یک منطقهٔ خاص از کشور ایران است تا مدل پیش‌بینی به‌دست‌آمده از جاده های آن منطقهٔ خاص بتواند استفادهٔ کاربردی داشته باشد؛ بنابراین تصادفات تک‌وسیله‌ای استان‌های شمال غربی کشور ایران به‌دلیل شباهت آب‌وهوایی و کوهستانی‌بودن راه‌های آن‌ها انتخاب شد. برای جامعهٔ نمونه، تصادفات تک‌وسیله‌ای یک محور از جاده های استان آذربایجان شرقی واقع در شمال شرقی استان انتخاب گردید. داده‌های تصادفات شامل ۳۲۴ تصادف تک‌وسیله‌ای در محور اهر – کلیبر در بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ هستند که از این تعداد، ۲۲۵ تصادف خسارتی، ۸۵

www.SID.ir

تصادف جرحی و ۱۴ تصادف فوتی است. این تصادفات تک‌وسیله‌ای، بیشتر شامل تصادفات انحراف از جاده و منجر به واژگونی، تصادفات برخورد با شی ء ثابت و یا برخورد با عابر پیاده است.

سالانه حدود ۵۰۰,۰۰۰ تردد وسایل نقلیهٔ سواری و ۳۱,۰۰۰ تردد کامیون در این محور ثبت می‌شود. فاصلهٔ مستقیم مبدأ و مقصد ۴۲/۸۶ کیلومتر و مسافت جاده به طول ۶۰/۶ کیلومتر است. این جاده به صورت دوطرفه بوده و هر طرف، دارای یک خط به عرض ۳/۶۵ متر است. این جاده دارای شانه به عرض ۰/۸ متر در هر طرف است. سرعت مجاز در این جاده ۹۵km/h در روز و ۸۵km/h در شب است. شکل ۱، مشخصات هندسی جاده را به‌وسیلهٔ نقشهٔ هوایی نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشهٔ هوایی از محور اهر – کلیبر

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۵۸
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

برای اطمینان از مناسب‌بودن حجم نمونهٔ تصادفات و به دلیلِ داشتن تعداد کل تصادفات تک‌وسیله‌ای محورهای شمال غربی کشور ایران (۴۷۵۰ تصادف در ۵ سال)، از فرمول کوکران استفاده گردید. حجم نمونه با سطح معناداری ۹۰ درصد اطمینان و ۱۰ درصد خطا، ۹۵ تصادف به دست آمد که با توجه به ۳۲۴ تصادف تک‌وسیله‌ای موردنظر در این پژوهش، مناسب است.

ازآنجایی‌که دو منبع داده (داده‌های آب‌وهوا و داده‌های تصادفات) برای این پژوهش وجود دارد، روش گردآوری داده‌ها به شرح زیر است. داده‌های تصادفات از دفتر تصادفات ثبت‌شده در ایستگاه‌های پلیس راه اهر – کلیبر به دست آمده است و داده‌های هواشناسی شامل اطلاعاتی دربارهٔ شرایط جوّی مانند دمای هوا، میزان بارش، سرعت باد و... هستند که از ایستگاه‌های سینوپتیک[1] استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری شده‌اند. با توجه به فاکتور موقعیت تصادف در دفتر تصادفات، نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل تصادف، برای توصیف شرایط آب‌وهوایی در زمان تصادف انتخاب شده است. برای منطبق‌کردن شرایط آب‌وهوایی با هر تصادف نیز از برنامهٔ ویژوال‌بیسیک استفاده گردید.

برای تجزیه‌وتحلیل تصادفات به‌دلیل اینکه گزینه‌ها از نوع ترتیبی هستند، استفاده از لوجیت ترتیبی نسبت به مدل لوجیت چندگانه یا پرابیت چندگانه، ارجح است. در بررسی شدت تصادفات، گزینه‌ها از نوع ترتیبی هستند؛ به‌عنوان‌مثال شدت تصادفات به‌صورت خسارتی، جرحی و فوتی بیان می‌شود. در لوجیت ترتیبی، مؤلفه‌های تصادفی خطا دارای توزیع لجستیک با میانگین صفر و واریانس ۳/ π^2 هستند. همچنین در این مدل، تعداد ضرایب کمتری تخمین زده می‌شوند و تفسیر نتایج روشن‌تر و ساده‌تر خواهد بود (ترین[2]، ۲۰۰۲: ۱).

1.Synoptic Weather Station
2.Train

www.SID.ir

در مدل های ترتیبی با استفاده از یک متغیر غیرواقعی مثل y_n^* و یک متغیر وابستهٔ واقعی مثل n می‌توان احتمال انتخاب گزینه را نشان داد. روابط (۱) و (۲) نحوهٔ ارتباط این دو متغیر را نشان می‌دهند. در رابطه های (۳) تا (۵) احتمال وقوع شدت تصادفات در سه حالت نشان داده شده است.

$$y_n^* = \beta X_n + \varepsilon_n \qquad \forall\ n \qquad (۱)$$

$$y_n = i \qquad d_i \le y_n^* \le d_{i+1} \qquad i = 0,1,2\ ,\ d_0 = -\infty\ ,\ d_3 = +\infty \qquad (۲)$$

احتمال وقوع تصادف خسارتی

$$\Pr(y_n = 0 \quad \forall X_n) = \Pr\,(d_0 \le y_n^* \le d_1 \quad \forall X_n) \qquad (۳)$$

احتمال وقوع تصادف جرحی

$$\Pr(y_n = 1 \quad \forall X_n) = \Pr\,(d_1 \le y_n^* \le d_2 \quad \forall X_n) \qquad (۴)$$

احتمال وقوع تصادف فوتی

$$\Pr(y_n = 2 \quad \forall X_n) = \Pr\,(d_2 \le y_n^* \le d_3 \quad \forall X_n) \qquad (۵)$$

در پرداخت مدل، ضرایب مجهول در توابع مطلوبیت تخمین زده می‌شوند. برای مدل‌های لوجیت، این تخمین از روش درست نمایی بیشینه[1] صورت می‌گیرد. احتمال وقوع هر تصادف با شدت i مطابق رابطهٔ (۶) است. برای اینکه بتوان ضرایب مجهول را از تابع درست نمایی تخمین زد، باید از آن لگاریتم طبیعی گرفته شود که می‌توان به‌شکل رابطهٔ (۷) بیان کرد. اگر از این رابطه نسبت به هرکدام از ضرایب مشتق گرفته شود و مساوی صفر قرار داده شود، ضرایب مجهول به دست می‌آید.

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^{N} \prod_{i \in C} (P_{in})^{\varphi_{in}} \qquad (۶)$$

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i \in C} \varphi_{in}.\, Ln\ P_{in} \qquad (۷)$$

1.Maximum Likelihood

www.SID.ir

۱۶۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

N: تعداد تصادفات موردبررسی،

i: شدت تصادفات موجود در مجموعهٔ C،

P_{in}: تابع احتمال وقوع تصادف n با شدت تصادف i،

φ_{in}: متغیر دوتایی صفر و یک. اگر تصادف n شدت تصادف i را داشته باشد، یک است؛ و در غیر این صورت، صفر خواهد بود.

در صورتی که پرداخت مدل لوجیت ترتیبی به روش درست نمایی بیشینهٔ موردنظر باشد، آنگاه باید تابع احتمال P_{in} به صورت توابع تجمعی از مقادیر تصادفی خطا نوشته شود که به‌صورت رابطهٔ (۸) خواهد بود (ترین[1]، ۲۰۰۲: ۱).

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i \in C} \varphi_{in}. Ln\left(F(d_{i+1} - \beta X_n) - F(d_i - \beta X_n)\right) \quad (۸)$$

برای بررسی برازندگی مدل از شاخصی به نام نسبت درست نمایی[2] که با ρ نشان می‌دهند، استفاده می‌شود. این شاخص، مدل تخمین‌زده‌شده را نسبت به مدلی که تمامی مؤلفه‌های آن صفر در نظر گرفته‌شده، می‌سنجد. دامنهٔ این شاخص بین صفر و یک است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، تخمین مؤلفه‌های مدل بهتر خواهد بود. البته باید این نکته را در نظر داشت که زمانی می‌توان دو مدل را ازلحاظ این شاخص مقایسه کرد که هر دو مدل، داده‌ها و مجموعهٔ انتخاب متفاوتی نداشته باشند. مطابق رابطهٔ (۹) شاخص نسبت درست نمایی به دست می‌آید.

$$\rho = 1 - \frac{LL(\widehat{\beta})}{LL(0)} \quad (۹)$$

علاوه بر بررسی برازندگی مدل می‌توان فرض های آماری ناظر بر صفربودن ضرایب متغیر در مدل را ارزیابی کرد. با استفاده از مؤلفه‌های $LL(\widehat{\beta})$ و $LL(0)$ می‌توان آماره‌ای را طبق رابطهٔ (۱۰) تعریف کرد که این آماره دارای توزیع مربع کای[3]

1.Train
2.Likelihood Ration Index
3.Chi Square

www.SID.ir

است. با استفاده از درجات آزادی مدل، مقدار بحرانی مربع کای به دست می‌آید و با آمارهٔ رابطهٔ (۱۰) مقایسه می‌شود. اگر این آماره از مقدار بحرانی مربع کای بیشتر باشد، فرض صفر رد می‌شود (ترین[1]، ۲۰۰۲: ۱).

$$\vartheta = -2(LL(0) - LL(\widehat{\beta})) \qquad (۱۰)$$

برای حذف و جایگزینی متغیرها در مدل از روش حرکت به عقب[2] استفاده شده است. به طوری‌که ابتدا تمامی متغیرها وارد مدل می‌شوند، سپس با استفاده از معیار معنی‌داری[3] دوطرفه، متغیرهایی که معنی‌دار نیستند، حذف می‌گردند. در این بررسی سطح اطمینان $\alpha = ۰/۱$ در نظر گرفته شده است؛ به‌عبارتی‌دیگر اگر مقادیر معنی‌داری متغیر، کوچک تر از α باشد، فرض صفر[4] رد می‌شود؛ در غیر این صورت می توان متغیر را حذف کرد. البته باید در جایگزینی و حذف متغیرها اهمیت خود متغیر در مدل را نیز در نظر داشت.

پس از مدل سازی و پیداکردن مدل مناسب، می‌توان برای توصیف هر متغیر، از تحلیل حساسیت مدل استفاده کرد. درواقع این توصیف، تغییر میزان احتمال شدت تصادف به‌ازای تغییر در هریک از متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. این تحلیل در متغیرهای پیوسته، با استفاده از مؤلفهٔ کشش[5] انجام می‌گیرد و در توصیف متغیرهای دوتایی (صفر و یک) از مؤلفهٔ شبه کشش[6] استفاده می‌شود. روابط (۱۱) و (۱۲) به ترتیب مؤلفه‌های کشش و شبه کشش را بیان می‌کنند.

$$E_{iz} = \frac{\partial P_{ni}}{\partial Z_{ni}} * \frac{Z_{ni}}{P_{ni}} \qquad (۱۱)$$

1.Train
2.Backward formats
3.P-Value
4.Null hypothesis
5.Elasticity
6.Semi Elasticity

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۶۲
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

E_{iz}: تغییر میزان احتمال وقوع شدت تصادف i به‌ازای تغییر یک درصدی در متغیر مستقل z،

P_{ni}: احتمال وقوع شدت تصادف i در n تصادف،

Z_{ni}: مقدار متغیر مستقل در شدت تصادف i در n تصادف.

$$E_{iz}^{\circ} = \frac{P_{1iz} - P_{0iz}}{P_{0iz}} \qquad (۱۲)$$

E_{iz}°: تغییر میزان احتمال وقوع شدت تصادف i به‌ازای تغییر متغیر مستقل z از صفر به یک،

P_{1iz}: احتمال یک‌شدن متغیر مستقل z در شدت تصادف i،

P_{0iz}: احتمال صفرشدن متغیر مستقل z در شدت تصادف i.

متغیرهای به‌کاررفته

متغیرهای اولیهٔ این پژوهش شامل ۱۴ متغیر مستقل و یک متغیر وابسته (شدت تصادفات) است؛ که از بین این متغیرهای مستقل، متغیر دمای هوا، میزان بارندگی و سرعت باد به‌صورت متغیر پیوسته و ۱۱ متغیر دیگر به‌صورت دوتایی (صفر و یک) هستند. متغیرهای علت تصادف و فصل‌های تصادف به‌ترتیب دارای ۵ و ۳ متغیر ساختگی[1] هستند که به‌صورت متغیرهای دوتایی در مدل استفاده می‌شوند. جدول (۲) متغیرهای اولیه به‌همراه کدهای متناظر با آن‌ها را معرفی می‌کند و جدول (۳) خلاصهٔ آماری از این متغیرها را برای محور اهر – کلیبر نشان می‌دهد.

1.Dummy

www.SID.ir

جدول ۲. متغیرهای اولیه و کدهای آن‌ها

نام متغیر	نام متغیر در نرم‌افزار استاتا	کد متغیر
شدت تصادف	Severity	خسارتی=۰ جرحی=۱ فوتی=۲
دما	Temp	میزان دما برحسب c0
بارندگی	Rain	میزان بارندگی برحسب mm
سرعت باد	Wind	میزان سرعت باد برحسب m/s
روز کاری و غیرکاری	Work	روز کاری=۱ روز غیرکاری=۰
فصل (۳ متغیر ساختگی)	season2	تابستان=۱ غیر تابستان=۰
	season3	پاییز=۱ غیر پاییز=۰
	season4	زمستان=۱ غیر زمستان=۰
روز و شب	Day	روز=۰ شب=۱
جنسیت	Gender	مرد=۱ زن=۰
علت تصادف (۵ متغیر ساختگی)	accreason2	عدم توجه به جلو=۱ غیرازآن=۰
	accreason3	عدم رعایت حق تقدم=۱ غیرازآن=۰
	accreason4	عدم رعایت فاصله=۱ غیرازآن=۰
	accreason5	عدم توانایی کنترل=۱ غیرازآن=۰
	accreason6	سایر علل*=۱ غیرازآن=۰

*سایر علل: (نقض مقررات بار، حرکت با دنده عقب، تغییر مسیر ناگهانی، سبقت از راست)

یافته‌های پژوهش

برای به‌دست‌آوردن مدل نهایی، ابتدا تمامی متغیرها وارد مدل شدند و با استفاده از روش حرکت رو به عقب، متغیرهایی که معناداری کافی نداشتند، از مدل حذف شدند. البته باید به این نکته اشاره کرد که به‌دلیل بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی در شدت تصادفات، حذف متغیرهایی مانند دما، بارندگی و سرعت باد باید در مراحل پایانی توصیه می‌شود.

جدول (۴) مدل نهایی برای محور اهر – کلیبر را نشان می‌دهد. در این مدل، متغیر دمای هوا، میزان بارندگی و بارش برف و فصول پاییز و زمستان، مقادیر معناداری کمتر از ۰/۱ را به دست آوردند که برای این پژوهش قابل قبول است. شاخص نسبت

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۶۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

درست‌نمایی در این مدل ۰/۰۲۴ است و فرض صفربودن ضرایب متغیر در این مدل رد می‌شود. این بدین معناست که وجود متغیرهای به‌دست‌آمده در مدل نهایی از نبود آن‌ها بهتر است.

جدول ۳. خلاصهٔ آماری متغیرهای اولیهٔ محور اهر – کلیبر

نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
شدت تصادف	۰/۳۴۸	۰/۵۶۰	۰	۲
دما	۱۱/۲۵	۸/۷۳	-۱۰/۳۷۵	۲۷/۱۵
بارندگی	۳/۳۳	۱/۱۸	۰	۲۳
سرعت باد	۱/۷۰	۳/۱۸	۰/۲۵	۹/۷۵
روز کاری و غیر کاری	۰/۶۳۵	۰/۴۸۱	۰	۱
متغیر ساختگی فصل تابستان	۰/۲۷۴	۰/۴۴۷	۰	۱
متغیر ساختگی فصل پاییز	۰/۴۲۴	۰/۲۳۴	۰	۱
متغیر ساختگی فصل زمستان	۰/۲۰۶	۰/۴۰۵	۰	۱
روز و شب	۰/۲۱۲	۰/۴۱۰	۰	۱
جنسیت	۰/۹۸۱	۰/۱۳۵	۰	۱
متغیر ساختگی عدم توجه به جلو	۰/۱۲۰	۰/۳۲۵	۰	۱
متغیر ساختگی عدم رعایت حق تقدم	۰/۱۴۸	۰/۳۵۵	۰	۱
متغیر ساختگی عدم رعایت فاصله	۰/۰۴۰	۰/۱۹۶	۰	۱
متغیر ساختگی عدم توانایی کنترل	۰/۰۴۶	۰/۲۱۰	۰	۱
متغیر ساختگی سایر علل	۰/۳۱۸	۰/۱۱۴	۰	۱

در مدل نهایی این محور، ۵ متغیر مستقل به دست آمده است که همگی از نوع متغیرهای گسسته هستند. در زیر به تحلیل ضرایب هرکدام از این متغیرها پرداخته می‌شود:

متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی گراد: این متغیر، ضریب ۰/۵۲۹ را در مدل به خود اختصاص داده است؛ یعنی هرچه میانگین دمای روز تصادف، از ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد بالاتر باشد، شدت تصادف بیشتر می‌شود. این را می‌توان به‌دلیل گرمای بیش‌ازحد در جاده دانست که ممکن است باعث خستگی و خواب‌آلودگی راننده شود.

www.SID.ir

متغیر بارش برف: این متغیر، ضریب ۱/۱۴ را در مدل به خود اختصاص داده است؛ یعنی اگر در یک روز برف بیاید، شدت تصادف بیشتر خواهد بود. این را می توان به‌دلیل یخ‌بندان و لغزندگی جاده‌ها دانست.

متغیر بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر: این متغیر، ضریب ۰/۹۸۸ را در مدل به دست آورده است؛ یعنی اگر میانگین بارندگی در روز تصادف، از ۶ میلی‌متر بیشتر باشد؛ شدت تصادفات افزایش خواهد یافت. این را می‌توان به‌دلیل لغزندگی جاده و کاهش عملکرد رانندگان در زمان بارندگی دانست.

جدول ۴. مدل نهایی محور اهر – کلیبر

نام متغیر	ضریب	خطای استاندارد			فاصلهٔ اطمینان ۹۵٪	
دمای بالای ۲۰ درجه	۰/۵۲۹	۰/۳۳۵	۱/۹۷	۰/۰۴۹	۱/۱۸	−۱/۱۲
بارش برف	۱/۱۴	۰/۷۶	۲/۶۲	۰/۰۰۹	۲/۶۳	−۰/۳۴
بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر	۰/۹۸۸	۰/۶۲	۱/۶۸	۰/۰۹۳	۰/۲۲	−۲/۲۰
متغیر ساختگی فصل پاییز	۰/۶۵۱	۰/۳۳۱	۱/۹۶	۰/۰۵۰	۱/۳۰	۰/۰۰۱
متغیر ساختگی فصل زمستان	۰/۸۷۳	۰/۳۴۱	۲/۵۵	۰/۰۱۱	۱/۵۴	۰/۲۰۳
L						
ϑ						

متغیر فصل پاییز: این متغیر، تأثیر شدت تصادفات در پاییز را نشان می‌دهد که ضریب ۰/۶۵۱ را به خود اختصاص داده است؛ یعنی تصادفات در ماه‌های فصل پاییز در محور اهر – کلیبر، شدت بالایی دارد که ممکن است به‌دلیل سردی هوا و شروع یخ‌بندان جاده‌ها باشد.

متغیر فصل زمستان: این متغیر، رابطهٔ شدت تصادفات با فصل زمستان را نشان می دهد که ضریب ۰/۸۷۳ را در مدل دارد. بزرگ بودن این ضریب در مقایسه با متغیر فصل پاییز می‌تواند بیانگر ارتباط مثبت شدت تصادفات با وخامت شرایط آب‌وهوایی باشد.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۶۶
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

در مدل نهایی به‌دست‌آمده، ۵ متغیر مستقل با مقادیر معناداری کمتر از ۰/۱ به‌عنوان متغیرهای مدل انتخاب شدند. در این مدل، مقدار شاخص نسبت درست نمایی ۰/۰۲۴۹ به دست آمد که در مقایسه با سایر مدل های موردبررسی، بیشترین مقدار را داشت. همچنین فرضیهٔ صفربودن ضرایب در این مدل رد گردید. رابطهٔ (۱۳) مدل نهایی را به‌صورت یک تابع نشان می‌دهد.

$$y_i^* = 0.529(x_{1i}) + 1.14(x_{2i}) + 0.988(x_{3i}) + 0.651(x_{4i}) + 0.873(x_{5i}) \quad (۱۳)$$

که در آن:

احتمال وقوع تصادف خسارتی $\Pr(y_i = 0) = \Pr(-\infty \le y_i^* \le 1.27)$

احتمال وقوع تصادف جرحی $\Pr(y_i = 1) = \Pr(1.27 \le y_i^* \le 3.59$

احتمال وقوع تصادف فوتی $\Pr(y_i = 2) = \Pr(3.59 \le y_i^* \le +\infty)$

y_i^* : متغیر پیوسته غیرواقعی وابسته به شدت تصادف i

y_i: متغیر واقعی شدت تصادف i

x_{1i}: متغیر دمای هوای بالای ۲۰ درجه برای تصادف i

x_{2i}: متغیر بارش برف برای تصادف i

x_{3i}: متغیر بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر برای تصادف i

x_{4i}: متغیر فصل پاییز برای تصادف i

x_{5i}: متغیر فصل زمستان برای تصادف i

ازآنجایی‌که ضرایب متغیرها به‌تنهایی نمی‌توانند توصیف کاملی از مدل داشته باشند، از تحلیل حساسیت مدل برای تفسیر نتایج استفاده می شود. تمامی متغیرهای مستقل به دست آمده در مدل نهایی از نوع دوتایی (صفر و یک) هستند؛ بنابراین از مؤلفهٔ شبه کشش برای تحلیل حساسیت استفاده می گردد. در زیر به تفسیر نتایج مدل در سه حالت شدت تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی پرداخته و نقش هر متغیر در احتمال وقوع هر سطح شدت تصادفات در محور اهر – کلیبر بیان می‌شود. برای

www.SID.ir

توصیف متغیرها در احتمال وقوع شدت تصادفات خسارتی، تحلیل حساسیت روی آن‌ها صورت گرفت و این تحلیل نشان داد که احتمال وقوع تصادفات خسارتی در جاده‌های بررسی شده، ۷۰/۴۵ درصد است. جدول ۵ و شکل ۲، مؤلفه‌های شبه کشش برای هر متغیر در احتمال وقوع شدت تصادفات خسارتی را نشان می‌دهد.

جدول ۵. تحلیل حساسیت برای احتمال وقوع تصادفات خسارتی

نام متغیر		خطای استاندارد	P	فاصله اطمینان ٪۹۵	
دمای بالای ۲۰ درجه	-۰/۱۱۶	۰/۰۷۶	-۱/۵۲	۰/۱۲۸	۰/۰۳۳	-۰/۲۶۵
بارش برف	-۰/۲۷۲	۰/۱۸۶	-۱/۴۶	۰/۱۴۴	۰/۰۹۳	-۰/۶۳۷
بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر	۰/۱۶۶	۰/۰۷۹	۲/۱۱	۰/۰۳۵	۰/۳۲۲	۰/۰۱۱
متغیر ساختگی فصل پاییز	-۰/۱۴۳	۰/۰۷۵	-۱/۸۹	۰/۰۵۸	۰/۰۰۵	-۰/۲۹۲
متغیر ساختگی فصل زمستان	-۰/۱۹۶	۰/۰۸۰	-۲/۴۵	۰/۰۱۴	-۰/۰۳۹	-۰/۳۵۳

متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی گراد: این متغیر بیانگر تصادفات در دماهای بالای ۲۰ درجه است. عدد ۰/۱۱۶- نشان می دهد که احتمال وقوع تصادفات خسارتی در دماهای بالای ۲۰ درجه، ۱۱/۶ درصد کمتر از تصادفات خسارتی در دماهای زیر ۲۰ درجه است.

متغیر بارش برف: این متغیر، اثر بارش برف را روی شدت تصادفات بیان می کند. عدد ۰/۲۷۲- نشانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات خسارتی در روزهای برفی، ۲۷/۲ درصد کمتر از روزهایی است که برف نمی‌آید.

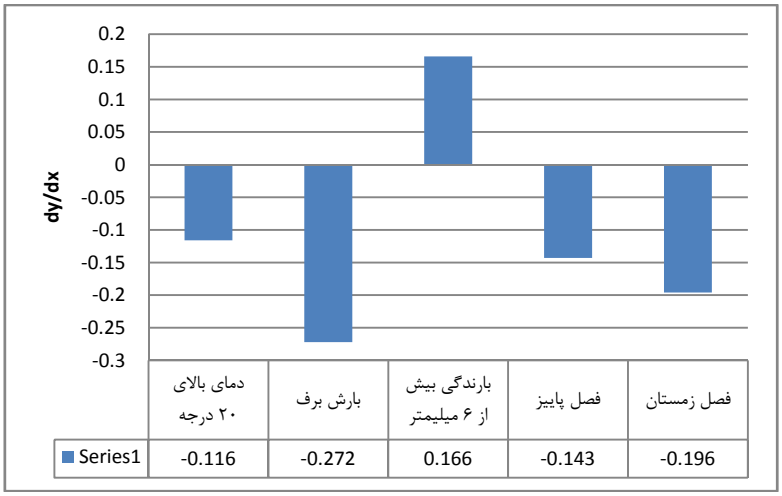
متغیر بارش بیش از ۶ میلی‌متر: این متغیر، اثر بارش را نشان می‌دهد. عدد ۰/۱۶۶ بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات خسارتی در روزهایی که میانگین بارش از ۶ میلی‌متر در روز بیشتر باشد، ۱۶/۶ درصد بیشتر از احتمال وقوع تصادفات خسارتی در بارش‌های کمتر از ۶ میلی‌متر است.

متغیر فصل پاییز: این متغیر، شدت تصادفات در فصل پاییز را نشان می دهد. عدد

www.SID.ir

۰/۱۴۳- بیانگر آن است که احتمال تصادفات خسارتی در فصل پاییز ۱۴/۳ درصد کمتر از سایر فصل‌هاست.

متغیر فصل زمستان: این متغیر، تأثیر فصل زمستان در شدت تصادفات را نشان می دهد. عدد ۰/۱۹۶- بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات خسارتی در فصل زمستان، ۱۹/۶ درصد کمتر از سایر فصل‌هاست.



شکل ۲. تغییرات احتمال وقوع شدت تصادفات خسارتی نسبت به متغیرها

برای توصیف متغیرها در احتمال وقوع شدت تصادفات جرحی، تحلیل حساسیت روی آن ها صورت گرفت و این تحلیل نشان داد که احتمال وقوع تصادفات جرحی در جاده‌های بررسی‌شده، ۲۵/۵ درصد است. جدول ۶ و شکل ۳، مؤلفه‌های شبه کشش برای هر متغیر در احتمال وقوع شدت تصادفات جرحی را نشان می‌دهند.

متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی گراد: این متغیر بیانگر تصادفات در دماهای بالای ۲۰ درجه است. عدد ۰/۰۹۲ نشان می دهد که احتمال وقوع تصادفات جرحی در دماهای بالای ۲۰ درجه، ۹/۲ درصد بیشتر از تصادفات جرحی در دماهای زیر ۲۰ درجه است.

www.SID.ir

متغیر بارش برف: این متغیر، اثر بارش برف را روی شدت تصادفات بیان می کند. عدد ۰/۱۹۸ نشانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات جرحی در روزهای برفی، ۱۹/۸ درصد بیشتر از روزهایی است که برف نمی‌آید.

متغیر بارش بیش از ۶ میلی متر: این متغیر، اثر بارش را نشان می دهد. عدد ۰/۱۴۰- بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات جرحی در روزهایی که میانگین بارش از ۶ میلی متر در روز بیشتر باشد، ۱۴ درصد کمتر از احتمال وقوع تصادفات جرحی در بارش‌های کمتر از ۶ میلی‌متر است.

جدول ۶. تحلیل حساسیت برای احتمال وقوع تصادفات جرحی

نام متغیر		خطای استاندارد			فاصله اطمینان ٪۹۵	
دمای بالای ۲۰ درجه	۰/۰۹۲	۰/۰۵۹	۱/۵۵	۰/۱۲۱	۰/۲۱۰	-۰/۰۲۴
بارش برف	۰/۱۹۸	۰/۱۱۴	۱/۷۴	۰/۰۸۲	۰/۴۲۲	-۰/۰۲۵
بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر	-۰/۱۴۰	۰/۰۶۹	-۲/۰۴	۰/۰۴۲	-۰/۰۰۵	-۰/۲۷۶
متغیر ساختگی فصل پاییز	۰/۱۱۴	۰/۰۵۹	۱/۹۳	۰/۰۵۳	۰/۲۳۰	-۰/۰۰۱
متغیر ساختگی فصل زمستان	۰/۱۵۳	۰/۰۶۰	۲/۵۴	۰/۰۱۱	۰/۲۷۲	۰/۰۳۵

شکل ۳. تغییرات احتمال وقوع شدت تصادفات جرحی نسبت به متغیرها

www.SID.ir

متغیر فصل پاییز: این متغیر، شدت تصادفات در فصل پاییز را نشان می دهد. عدد ۰/۱۱۴ بیانگر آن است که احتمال تصادفات جرحی در فصل پاییز، ۱۱/۴ درصد بیشتر از سایر فصل‌هاست.

متغیر فصل زمستان: این متغیر، تأثیر فصل زمستان در شدت تصادفات را نشان می دهد. عدد ۰/۱۵۳ بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات جرحی در فصل زمستان، ۱۵/۳ درصد بیشتر از سایر فصل‌هاست.

برای توصیف متغیرها در احتمال وقوع شدت تصادفات فوتی، تحلیل حساسیت روی آن‌ها صورت گرفت و این تحلیل نشان داد که احتمال وقوع تصادفات فوتی در جاده‌های بررسی‌شده، ۳/۹۵ درصد است. جدول ۷ و شکل ۴، مؤلفه‌های شبه کشش برای هر متغیر در احتمال وقوع شدت تصادفات فوتی را نشان می‌دهد.

متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد: این متغیر بیانگر تصادفات در دماهای بالای ۲۰ درجه است. عدد ۰/۰۲۳ نشان می دهد که احتمال وقوع تصادفات فوتی در دماهای بالای ۲۰ درجه، ۲/۳ درصد بیشتر از تصادفات فوتی در دماهای زیر ۲۰ درجه است.

جدول ۷. تحلیل حساسیت برای احتمال وقوع تصادفات فوتی

نام متغیر		خطای استاندارد		فاصله اطمینان ۹۵٪	
دمای بالای ۲۰ درجه	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	۱/۶۷	۰/۰۹۵	۰/۰۵۷	−۰/۰۱۱
بارش برف	۰/۰۷۳	۰/۰۷۵	۱/۳۳	۰/۱۸۴	۰/۲۰۱	−۰/۰۵۴
بارندگی بیش از ۶ میلی‌متر	−۰/۰۲۶	۰/۰۱۲	−۲/۱۲	۰/۰۳۴	−۰/۰۰۱	−۰/۰۵۰
متغیر ساختگی فصل پاییز	۰/۰۲۹	۰/۰۱۸	۱/۵۸	۰/۱۱۳	۰/۰۶۵	−۰/۰۰۶
متغیر ساختگی فصل زمستان	۰/۰۴۲	۰/۰۲۲	۱/۸۸	۰/۰۶۰	۰/۰۸۷	−۰/۰۰۱

متغیر بارش برف: این متغیر، اثر بارش برف را روی شدت تصادفات بیان می کند. عدد ۰/۰۷۳ نشانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات فوتی در روزهای برفی، ۷/۳ درصد بیشتر از روزهایی است که برف نمی‌آید.

www.SID.ir

متغیر بارش بیش از ۶ میلی‌متر: این متغیر، اثر بارش را روی شدت تصادفات نشان می‌دهد. عدد ۰/۰۲۶- بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات فوتی در روزهایی که میانگین بارش از ۶ میلی متر در روز بیشتر باشد، ۲/۶ درصد کمتر از احتمال وقوع تصادفات فوتی در بارش‌های کمتر از ۶ میلی‌متر است.

متغیر فصل پاییز: این متغیر، شدت تصادفات در فصل پاییز را نشان می دهد. عدد ۰/۰۲۹ بیانگر آن است که احتمال تصادفات فوتی در فصل پاییز، ۲/۹ درصد بیشتر از سایر فصل‌هاست.

شکل ۴. تغییرات احتمال وقوع شدت تصادفات فوتی نسبت به متغیرها

متغیر فصل زمستان: این متغیر، تأثیر فصل زمستان در شدت تصادفات را نشان می دهد. عدد ۰/۰۴۲ بیانگر آن است که احتمال وقوع تصادفات فوتی در فصل زمستان، ۴/۲ درصد بیشتر از سایر فصل‌هاست.

به منظور اعتبارسنجی مدل پیش بینی، تصادفات تک‌وسیله‌ای محور اهر – کلیبر در سال ۹۵ انتخاب شد. این تصادفات شامل ۴۱ تصادف خسارتی، ۱۹ تصادف جرحی و ۳ تصادف فوتی بوده است. نتایج نشان داد که دقت پیش‌بینی در تصادفات خسارتی ۸۲ درصد و در تصادفات جرحی و فوتی ۶۸ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۱۷۲
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

جمع‌بندی

در مدل نهایی این محور، ۵ متغیر مستقل به دست آمد که همگی از نوع متغیرهای گسسته بودند. این متغیرها عبارتند از: متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد، متغیر بارش برف، متغیر بارش باران بیش از ۶ میلی‌متر، متغیر فصل پاییز و متغیر فصل زمستان.

متغیر دمای هوای بیش از ۲۰ درجهٔ سانتی گراد، ضریب ۰/۵۲۹ را در مدل به خود اختصاص داد؛ یعنی هرچه میانگین دمای روز تصادف از ۲۰ درجهٔ سانتی گراد بالاتر باشد، شدت تصادف، بیشتر می شود. متغیر بارش برف، ضریب ۱/۱۴ را در مدل به خود اختصاص داد؛ یعنی اگر در یک روز برف بیاید، شدت تصادف بیشتر خواهد بود. این را می‌توان به‌دلیل یخ‌بندان و لغزندگی جاده‌ها دانست. متغیر بارندگی بیش از ۶ میلی متر، ضریب ۰/۹۸۸ را در مدل به دست آورد؛ یعنی اگر میانگین بارندگی در روز تصادف، از ۶ میلی‌متر بیشتر باشد، شدت تصادفات افزایش خواهد یافت. متغیر فصل پاییز تأثیر شدت تصادفات در پاییز نشان می دهد که ضریب ۰/۶۵۱ را به خود اختصاص داد؛ یعنی تصادفات در ماه‌های فصل پاییز در محور اهر – کلیبر شدت بالایی دارد. متغیر فصل زمستان، رابطهٔ شدت تصادفات با فصل زمستان را نشان می‌دهد که ضریب ۰/۸۷۳ را در مدل دارد؛ بزرگ‌بودن این ضریب در مقایسه با متغیر فصل پاییز می‌تواند بیانگر ارتباط مثبت شدت تصادفات با وخامت شرایط آب‌وهوایی باشد.

پیشنهادهای پژوهش

در این قسمت، هدف بر این است تا کاربرد نتایج به‌دست‌آمده بیان گردد. کاربرد این پژوهش می تواند برای پلیس راه استان و ارگان هایی مثل اورژانس، نیروهای امدادی و... مفید واقع شود و بتوانند مدیریت کافی برای پیشامدهای ممکن در روز بعد را

www.SID.ir

داشته باشند. برای واضح‌شدن این موضوع، سناریوهای مختلفی برای هر محور در زیر آورده شده است.

برای این محور، مدلی با ۵ متغیر به دست آمده است. مشخصات این مدل در جدول ۳ آورده شده است. حالت های مختلفی که ممکن است برای این محور رخ دهد، در زیر آورده شده است.

حالت ۱: اگر در این محور، دمای روز بالاتر از ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد باشد و هیچ بارشی نداشته باشیم و فصل پاییز و زمستان هم نباشد، احتمال تصادف خسارتی در این محور زیاد است.

حالت ۲: اگر در این محور در روز موردنظر هیچ بارشی نداشته باشیم و در یکی از فصل‌های پاییز یا زمستان باشیم، احتمال تصادف خسارتی در این محور زیاد است.

حالت ۳: اگر در این محور در فصل پاییز یا زمستان، بارش برف داشته باشیم، احتمال وقوع تصادف جرحی زیاد است.

حالت ۴: اگر در این محور در فصل پاییز یا زمستان بارش بیش از ۶ میلی متر داشته باشیم (باران یا برف)، احتمال وقوع تصادف جرحی زیاد است.

حالت ۵: اگر در این محور در فصل زمستان بارش برف بیش از ۶ میلی متر داشته باشیم، احتمال تصادفات فوتی بیشتر خواهد بود.

- در زمان‌هایی که تصادفات خسارتی در محور موردنظر زیاد پیش‌بینی می‌شود، باید در آن روزها تمرکز نظارت پلیس بیشتر باشد تا تعداد تصادفات کاهش یابد و از آن‌ها پیشگیری گردد (حالت‌های ۱ و ۲).
- در زمان‌هایی که تصادفات جرحی و فوتی پیش‌بینی می‌شود، علاوه بر نظارت پلیس در آن محور، باید نیروهای اورژانس و نیروهای امدادی نیز تمرکز بیشتر در آن روزها داشته باشند (حالت‌های ۳، ۴ و ۵).
- از نتایج این پژوهش علاوه بر مدیریت سیستم‌های نظارتی و امدادی می‌توان در

www.SID.ir

مدیریت دینامیکی ترافیک، سیستم‌های هشدار هوا، مدیریت هوشمند ایمنی راه‌ها، مدیریت محدودیت سرعت وسایل نقلیه و... استفاده کرد.

منابع

- راضی اردکانی، ح. (۱۳۹۱). *نقش عوامل حواس پرتی رانندگان در تصادفات ترافیکی*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

- رضایی مقدم، ف؛ ابوترابی، م. (۱۳۸۸) مدل‌سازی شدت تصادفات در بزرگراه‌های درون‌شهری. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*. ۶ (۱)، ۱-۱۲.

- نجف، پ. (۱۳۹۰). *مدل سازی الگوی آسیب و شدت انواع مختلف تصادفات وسایل نقلیه سواری*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

– Abedi, L., & Sadeghi-Bazargani, H. (2017). Epidemiological patterns and risk factors of motorcycle injuries in Iran and Eastern Mediterranean Region countries: a systematic review. *International journal of injury control and safety promotion*, 24(2), 263-270.

– Adanu, E. K., Hainen, A., & Jones, S. (2018). Latent class analysis of factors that influence weekday and weekend single-vehicle crash severities. *Accident Analysis & Prevention*, 113, 187-192.

– Behnood, A., & Mannering, F. L. (2015). The temporal stability of factors affecting driver-injury severities in single-vehicle crashes: some empirical evidence. *Analytic methods in accident research*, 8, 7-32.

– Bergel, R., Yannis, G., Debbrah, M., Antoniou, C., (2013), Explaining the road accident risk: Weather effect. *Accident Analysis & Prevention*, 45 (3), 456-465.

– Brijs, T., Karlis, D., Wets, G., (2008), Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time series model. *Accident Analysis and Prevention* 40 (3), 1180-1190.

– Brodsky, H., & Hakkert, A. S. (1988). Risk of a road accident in rainy weather. *Accident Analysis and Prevention*, 17(2), 147–154.

– Christopher, S. (2006). Development of a roadway weather severity index. *Prepared for the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board Washington*, D.C. January 22-26.

– De Lapparent, M. (2008). Willingness to use safety belt and levels of

www.SID.ir

injury in car accidents. *Accident Analysis and Prevention* , Vol. 40, No. 3, pp. 1023 -1032.

– Edwards. J. B. (1996). Wind-related road accidents in England and Wales, 1980-1990. *Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 52, 293-303.

– Hermans, E., Brijs, T., Stiers, T. (2006). The impact of weather condition on road safety investigated on an hourly basis. *Journal of Transportation and Statistics* 9 (1), 63–76.

– Islam, S. and Mannering, F. (2006). Driver aging and its effect on male and female single vehicle accident injuries: some additional evidence. *Journal of Safety Research*, Vol. 37, No.3, pp. 267-276.

– Jung, S., Qin, X., Noyce, D. (2010). Injury severity of multi-vehicle crash in rainy weather. *Prepared for the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board*.

– Jung, S., Qin, X., Noyce, D. (2010). Rainfall effect on single-vehicle crash severities using polychotomous response models. *Accident Analysis & Prevention* 42, 213-224.

– Kelvin, Y. (2004). Risk factor affecting the severity of single vehicle traffic accident in Hong Kong. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, No. 3, pp. 333-340.

– Mirbaha, B., Saffarzadeh, M., Beheshty, S. A., Aniran, M., Yazdani, M., & Shirini, B. (2017, October). Predicting Average Vehicle Speed in Two Lane Highways Considering Weather Condition and Traffic Characteristics. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 245, No. 4, p. 042024). IOP Publishing.

– Morgan, A. and F. L. Mannering. (2011). The effects of road-surface conditions, age, and gender on driver-injury severities. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, No. 5, pp. 1852-1863.

– Paleti, R., N. Eluru and C. R. Bhat. (2010). Examining the influence of aggressive driving behavior on driver injury severity in traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention,* Vol. 42, No. 6, pp. 1839-1854.

– Rusli, R., Haque, M. M., King, M., & Voon, W. S. (2017). Single-vehicle crashes along rural mountainous highways in Malaysia: An application of random parameters negative binomial model. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 153-164.

– Saad A. Nassar. (1996). Integrated road accident risk model. Department of Civil Engineering, University of Waterloo.

– Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W. (1995). Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident

www.SID.ir

۱۷۶
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۵
تابستان ۱۳۹۷

frequencies. *Accident Analysis & Prevention* 27 (3), 371-389.
– Train, K. (2002). Discrete choice methods with simulation. Published by University of California Brekely.
– Tvakoli Kashani, A., Shariat Mohaymani, A., and A. Ranjbari. (2011). Analysis of factors associated with traffic injury severity on rural roads in Iran. *Journal of Injury Violence Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 36-41.
– Xiea, Y., Zhaob, K., and N. Huynh. (2012). Analysis of driver injury severity in rural single-vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention,* Vol. 47, pp. 36-44.
– Yannis, G., Mathew, G. (2010). Weather effect on daily traffic accidents and fatalities: A time series count data approach. *Prepared for the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board.*

www.SID.ir