فصلنامه علمی راهور
۱۹۱
فصلنامه علمی راهور
سال هشتم- شماره ۳۱
زمستان ۱۳۹۸
علمی-پژوهشی

ارائهٔ مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات در میادین شهری به کمک شبکهٔ عصبی (نمونهٔ موردی: شهر اردبیل)

سید فرزین فائزی[۱]، محسن میرزایی[۲]

از صفحه ۱۹۱ تا ۲۲۶
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۴

چکیده

زمینه و هدف

ده درصد کل تصادفات در منطقهٔ موردمطالعهٔ مربوط به تصادفات در میادین شهری می‌باشد. هدف از این پژوهش، تعیین پارامترهای مؤثر در تصادفات در میادین شهری و ارائهٔ مدل پیش‌بینی فراوانی تصادفات می‌باشد.

روش

روش این پژوهش به‌صورت توصیفی - پیمایشی است. در این پژوهش، ۴۵۶ تصادف که در ۲۶ میدان شهر اردبیل از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ رخ داده است، بررسی و عوامل مؤثر در هریک از آن تصادفات جمع‌آوری شدند. عوامل به‌صورت پرسش‌نامه طراحی شد تا با استفاده از روش طیف لیکرت و روش دلفی و نظرسنجی از خبرگان، عوامل مؤثر پالایش و پارامترهای نهایی جهت مدل‌سازی انتخاب شوند. نمونهٔ آماری، ۱۰۲ نفر انتخاب شد. تعداد ۴۰ پارامتر اولیهٔ مؤثر در تصادفات انتخاب شدند. پرسش‌نامه‌ها با آزمون‌های آماری و میانگین و توان افتراقی تجزیه‌وتحلیل شدند که تعداد ۱۶ پارامتر با تأثیر بالا برای مدل‌سازی شناخته شدند. تحلیل و مقایسهٔ نتایج مدل‌سازی به دو روش انجام شد؛ روش اول، استفاده از مدل آماری رگرسیون خطی با نرم‌افزار مینی‌تب ۱۴ و روش دوم، استفاده از مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی با نرم‌افزار متلب است.

یافته‌ها

نتایج تحلیل آماری نشان می‌دهد که از بین مدل‌های رگرسیون ارائه‌شده، بهترین مدل پیش‌بینی فراوانی تصادفات شامل سه پارامتر حجم ترافیک میدان، تعداد معابر منتهی به میدان، وجود یک مکان تولید و جذب سفر است. همچنین نتایج تحلیل شبکهٔ عصبی نیز نشان داد که مدل برتر در پیش‌بینی تعداد تصادفات، مدلی با ۴ پارامتر ورودی حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی و تعداد معابر منتهی به چهارراه است.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی تصادفات، میادین شهری، مدل‌سازی، رگرسیون خطی، شبکهٔ عصبی و اردبیل.

۱- استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسندهٔ مسئول)، Farzin_faezi@yahoo.com
۲- گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، Mohsen.m.1820@gmail.com

www.SID.ir

مقدمه

ایمنی، یکی از اهداف اصلی برنامه ریزی کلان حمل ونقل بوده و کاهش تصادفات ترافیکی به‌عنوان یکی از اولویت‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری در عرصه حمل ونقل موردتوجه می‌باشد. سالیانه بیش از هزاران نفر جان خود را در تصادفات از دست داده و بیش از میلیون‌ها نفر مجروح می‌شوند. آمارها به روند افزایشی مرگ‌ومیر بر اثر تصادفات ترافیکی اشاره نموده و اشاره می‌کنند که تا دههٔ دوم قرن بیست‌ویکم میلادی، تصادفات و تلفات ترافیکی به سومین عامل مرگ‌ومیر زودرس در جهان تبدیل خواهد شد (کنانن و همکاران[1]، ۲۰۱۲). به‌طورکلی در تمام جهان، تصادفات ترافیکی به صورت مشکل عمده ای که سلامت و ایمنی عمومی را به خطر انداخته، جلوه گر شده است. در بسیاری از کشورهای درحال توسعه، این مشکل پیچیده و خطرناک شده و روزبه‌روز هم با افزایش ترافیک حادتر خواهد شد (هالم و عبدل اتی[2]، ۲۰۱۰). از طرفی، میادین شهری به‌عنوان محل تلاقی دو یا چند رویکرد، بخش مهمی از شبکهٔ معابر شهری را تشکیل می دهد. تداخل به‌وجودآمده در میدان ممکن است نه‌تنها بر خود، بلکه بر شبکه یا تقاطعات پیرامون نیز تأثیرگذار باشد (دنیال[3] و همکاران، ۲۰۱۰). لذا طراحی مناسب و ایمن و درنظرگرفتن تمامی پارامترهای مؤثر در تصادفات در میدان بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

سالانه در کشور، میلیاردها ریال بودجه صرف پروژه‌هایی در جهت روان‌سازی ترافیک و افزایش ایمنی و کاهش زمان سفر می شود؛ اما ممکن است عدم مطالعات دقیق و جامع باعث شود نه تنها مشکل به صورت ریشه‌ای حل نشود، بلکه مشکلاتی را به وجود آورد. این اثرات نامطلوب، علاوه بر مشکلات اشاره‌شده باعث هدررفتن زمان، انرژی و سرمایه‌های ملی می‌شود (ملکی و مرادی مفرد، ۱۳۹۴). طبق آمار

1. Konnonen
2. Haleem, Abdel-Aty
3. Daniels

www.SID.ir

پلیس راهور شهرستان اردبیل، سالانه بیش از ۱۵۰۰ فقره تصادف در محدودهٔ شهر اردبیل رخ می‌دهد که بیش از ۱۰ درصد این تصادفات مربوط به میادین می‌باشد؛ بنابراین هدف اصلی از این پژوهش، ارائهٔ مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات در میادین شهر اردبیل به کمک مدل‌های ریاضی و شبکهٔ عصبی مصنوعی می‌باشد. این پژوهش کوشیده است به سؤال‌های زیر پاسخ دهد:

حجم ورودی به میدان چه تأثیری بر تعداد تصادفات در حوزهٔ نفوذ میدان دارد؟ مشخصات هندسی میدان چه تأثیری بر تعداد تصادفات دارد؟ خصوصیات محیطی و همچنین مشخصات راننده چه تأثیری در تصادفات دارد؟

پیشینهٔ پژوهش

فائزی (۱۳۹۷) به بررسی پیش‌بینی گره‌های ترافیکی در آزادراه تهران – کرج با مدل شبکهٔ عصبی پرداخت. روش پژوهش در این مطالعه، استفاده از سه نوع شبکهٔ عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و کشف خودکار گره‌های ترافیکی می‌باشد که شامل شبکهٔ عصبی چندلایهٔ پرسپترون، شبکهٔ عصبی نروفازی و شبکهٔ عصبی تابع مبنای شعاعی می‌باشد. نتایج بر اساس شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهد که شبکهٔ پرسپترون با سه پارامتر ورودی با دو لایهٔ پنهان ۱۵ نرونی در لایه‌های پنهان، بهترین عملکرد را نسبت به مدل‌های دیگر دارد که به‌عنوان مدل با کارایی بهینه معرفی شده است. امیریان و امیرکیائی (۱۳۹۵) پژوهش‌هایی در خصوص ایمنی عابران پیاده در میادین انجام دادند. نتایج این پژوهش با مدل‌سازی پیش‌بینی فراوانی تصادفات عابران پیاده در میادین و رفتارشناسی عابران از تحلیل آماری به دست آمد. در نهایت، این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش تعداد لایه‌های حفاظتی جهت بالابردن سطح ایمنی عابران در میادین و تسهیلات برتر با محوریت حذف عامل خطر و حوادث، گام مؤثر برداشته می‌شود.

www.SID.ir

حقیقی و شهبازی (۱۳۹۴) در پژوهشی، تعداد ۶۶۱ مورد تصادف در ۱۶ میدان شهر تهران را به‌منظور پیداکردن عوامل مؤثر بر شدت تصادفات با استفاده از مدل رگرسیون موردبررسی قرار دادند. نوع کاربر استفاده‌کننده از جاده، وضعیت روشنایی در شب، شرایط سطح راه، حجم وسایل نقلیه و موتورسیکلت و تعداد عابران پیاده، به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل مؤثر در شدت تصادفات در میدان‌ها مشخص شدند. بلوچیان (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای از داده‌های تصادفات جاده‌ای برون‌شهری سال‌های ۸۵ تا ۹۱ استفاده کرده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برای پیش‌بینی تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی به‌ترتیب می‌توان از مدل‌های ورهالست، مدل خاکستری گسسته و مدل خاکستری دوتایی استفاده کرد. سپس با استفاده از مدل DGM(1,1) که بیشترین دقت در پیش‌بینی را داشته است، تعداد تصادفات سال های ۹۲ و ۹۳ پیش‌بینی خواهد شد. محمدیان (۱۳۹۰) پژوهشی در خصوص پیش‌بینی مدل تصادفات درون‌شهری بر اساس خصوصیات ماکروسکوپیک انجام داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در میان مدل‌های تصادفی ساخته‌شده، مدل دوجمله‌ای منفی، توان خوبی در پیش‌بینی تصادفات دارد. رحیم‌اف، صادقی کلینی (۱۳۹۰) در پژوهشی در خصوص تصادفات آزادراه تهران - کرج مربوط به سال‌های ۸۴ تا ۸۷ نحوهٔ تأثیر عوامل مختلف در شدت تصادفات را با استفاده از مدل رگرسیون بررسی کردند. در این مطالعه، عواملی نظیر هوای صاف، حجم ترافیک، سن رانندگان و عدم رعایت فاصلهٔ طولی ازجمله عواملی هستند که بر شدت تصادفات تأثیر می‌گذارند.

شیخ‌الاسلامی و عزیزی (۱۳۸۹) مطالعه‌ای درمورد پیش‌بینی تعداد تصادفات در تقاطعات چراغ‌دار شهر تهران انجام دادند. آن‌ها دریافتند که مدل‌های خطی تعمیم‌یافته برای ارتباط تصادفات با عوامل محیطی، هندسه و ترافیک مناسب است. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط تعداد تصادفات با ضرایب لگاریتم حجم ورودی از مسیر اصلی و مسیر فرعی به‌ترتیب ۰/۶ و ۰/۴۳ است. ابی‌ترابی و رضایی (۱۳۸۸) در پژوهشی به

www.SID.ir

بررسی و مدل‌سازی شدت تصادفات در بزرگراه‌های شهری پرداخته‌اند. نتایج حاصل از مدل‌های ارائه‌شده نشان می‌دهد که سن کم راننده (زیر ۲۵ سال)، جنسیت (مرد)، تاریکی هوا، عدم توانایی در کنترل وسیلهٔ نقلیه، انحراف به چپ، تخطی از سرعت مجاز (مطمئنه)، حجم ترافیک، حرکت با دنده عقب در بزرگراه، نقص فنی در وسیلهٔ نقلیه، تصادف‌های با موتورسیکلت و دوچرخه، تصادف‌های روی پل، تصادف‌های جلو به جلو، تصادف‌های جلو به پهلو و تصادف‌های چند وسیله، جزو متغیرهایی هستند که باعث افزایش شدت تصادف‌ها در بزرگراه‌ها می‌شوند.

مطالعهٔ انجام‌شده از بررسی تصادفات در ۸ تقاطع شهری نشان داد که حدود ۲۰ درصد از تصادفات به متغیرهای طرح هندسی وابسته می‌باشد که در مقایسه با ۲۷ درصد تصادفات وابسته به حجم ترافیک می‌باشد (جایانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۷). با بررسی علل وقوع تصادفات و تعیین میزان عوامل مؤثر در بروز تصادف در میدان می‌توان هم به رفع نواقص میادین حاضر پرداخت و هم از این اطلاعات در طراحی جدید میدان استفاده نمود (شان[2] و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای، تصادفات بر اساس شدت، برخورد ترافیک و جابه‌جایی طبقه‌بندی شدند. مدلی که در این مطالعه آمده است، به‌صورت مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی تعداد تصادفات در سه سال می‌باشد. متغیرهای اصلی در این مدل بر اساس اهمیت، همراه با علامت تأثیرگذاری عبارتند از: + حجم ترافیک، + تعداد محدودیت‌های دوربرگردان، – تعداد خطوط گردش به راست، – تعداد خطوط مسیر اصلی، + تقاطع ایست کنترل در مقابل تقاطع چراغ‌دار، + پهنای مسیر فرعی، – تعداد خطوط گردش‌به‌چپ (رضایی مقدم و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی، تقاطعات سه‌راهی با مسیرهای دوخطه موردبررسی قرار گرفت. مدل ارائه‌شده بر اساس مدل پواسون طبق رابطهٔ ۱ ارائه شد

1. Jaeyoung
2. Shaun

www.SID.ir

(رخا[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

(۱)

$$N=K(ATD_{۱} \times ADT_{۲})^{P}$$

نتایج یک پژوهش نشان داد که کاهش و یا افزایش تعداد تصادفات متناسب با کاهش و یا افزایش تعداد وسایل نقلیهٔ موتوری است (دانیال[2] و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی با روش مدل‌سازی لجیت به شناسایی عوامل حادثه در میدان پرداخته شد و نتایج آن نشان داد که با یک متغیر اندازه‌گیری‌شده می‌توان هر دو پارامتر علامت و مقدار ضریب را برای تعیین کمّیت شدت آسیب استفاده کرد. در این پژوهش، عوامل مؤثر بر افزایش شدت آسیب‌دیدگی عبارتند از: تعداد وسایل نقلیه، تصادفات رخ‌داده در میان تقاطع‌ها، درگیربودن اتوبوس، جاده‌های بدون روشنایی هنگام بارش برف (توچتی[3]، ۲۰۱۰). در سال ۱۹۵۳ میلادی، مطالعه‌ای روی تقاطع‌های کالیفرنیا توسط مک‌دونالد[4] انجام گرفت. این مطالعه نشان می‌دهد که تعداد تصادفات در سال، تابعی از حجم ترافیک روزانه و تردد انجام‌شده از مسیر اصلی و فرعی می‌باشد. وی ۱۵۰ تقاطع را موردبررسی قرار داد که در نهایت، رابطهٔ ۲ را پیشنهاد کرد:

$$N = ۰/۰۰۰۷۸۳(V_d)^{۰/۴۵۵}(V_c)^{۰/۶۳۳} \qquad (۲)$$

V_C: ADT مسیر فرعی،

V_d: ADT مسیر اصلی،

N: تعداد تصادفات.

وی در این مطالعه به مواردی نظیر پهنای میانه، کانالیزاسیون و تعداد خطوط در تقاطع نپرداخته است.

1. Rakha
2. Daniels
3. Tocchetti
4. Mcdonald

www.SID.ir

با توجه به پیشینهٔ پژوهش‌های گذشته، این پژوهش از لحاظ نوآوری منحصربه‌فرد است؛ زیرا اکثر پژوهش‌های داخلی و خارجی به پیش‌بینی تعداد تصادفات در تقاطعات شهری پرداخته است. همچنین پیش‌بینی تعداد تصادفات به دو روش مختلف (آماری و عصبی) و مقایسهٔ آن‌ها به‌ندرت اتفاق افتاده است. در این پژوهش، ابتدا ۴۰ پارامتر تأثیرگذار در تصادفات شناسایی گردیده که در نوع خود منحصربه‌فرد است. استفاده از روش‌های علمی و آماری در پالایش پارامترهای تأثیرگذار در پژوهش‌های قبلی مشاهده نمی‌شود و معمولاً پارامترها بر اساس سلیقهٔ پژوهشگر تعیین شده است.

مبانی نظری پژوهش

میادین طبق دستورالعمل‌ها در کشورهای مختلف طبقه‌بندی متفاوتی دارند. برای نمونه، میادین تداخلی طبق دستورالعمل کشور هندوستان طراحی خاصی داشته و میادین تقدمی با رعایت قانون حق تقدم بر اساس دستورالعمل انگلستان طراحی منحصربه‌فرد و خاصی دارد؛ یا برای مثال، تقسیم‌بندی میادین طبق دستورالعمل کشور آلمان به دو گروه میادین با قطر خارجی بزرگ و کوچک طبقه‌بندی می‌شوند. در ایران، طبق آیین‌نامهٔ طراحی راه‌های شهری، میادین به‌صورت تداخلی تعریف گردیده و آیین‌نامهٔ راهنمایی و رانندگی نیز بر این اساس می‌باشد. در این پژوهش نیز بررسی تصادفات روی این نوع میادین انجام شده است.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی - پیمایشی است. جامعهٔ آماری این پژوهش را کلیهٔ مهندسان متخصص در زمینهٔ ترافیک و متخصصان پلیس راهور ناجا شاغل در زمینهٔ ایمنی و تصادفات و همچنین کارشناسان شهرداری

www.SID.ir

و استانداری و فرمانداری شهر اردبیل تشکیل می‌دهند که تعداد آن‌ها، ۱۴۰ نفر می‌باشد. لذا بر اساس جدول مورگان، تعداد نمونهٔ آماری ۱۰۲ نفر انتخاب و موردارزیابی قرار گرفت. روش نمونه‌گیری به‌صورت غیراحتمالی و از نوع سهمیه‌ای می‌باشد. ابتدا تصادفات اتفاق‌افتاده از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ از ادارهٔ آمار پلیس راهور اردبیل اخذ شد. این آمار از فرم کام که توسط افسران پلیس هنگام تصادف در محل حاضر بودند، جمع‌آوری گردید. آمار شامل محل و شرایط وقوع تصادف و همچنین علل تامهٔ تصادفات است. همچنین آمار سالانه‌ای توسط پلیس ارائه گردید که در آن، میزان تحصیلات رانندگان، سن رانندگان، نوع وسیلهٔ تصادف‌کننده، نوع برخورد، وضعیت آب‌وهوایی در تصادف، استفاده از کمربند ایمنی و کلاه ایمنی را شامل می‌شود. سپس میادینی به‌عنوان نمونهٔ آماری در سطح شهر اردبیل انتخاب شدند و اطلاعات تصادفات در آن‌ها برداشت شد. میادین انتخاب‌شده از نوع تداخلی و طبق آیین‌نامهٔ راه‌های ایران، میادینی که روی راه‌های شریانی درجه‌یک و دو واقع شده‌اند، انتخاب گردیدند. در مرحلهٔ بعد، چک‌لیستی برای هر میدان تهیه و پارامترهای هندسی مؤثر مربوط به تصادف از طریق بازدید برداشت و وارد چک‌لیست شد. همچنین سابقهٔ حجم‌ها از معاونت حمل‌ونقل و ترافیک اخذ گردید. به‌دلیل اینکه مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اردبیل انجام گرفته است و در نرم‌افزار ویزوم مدل شده بود؛ بنابراین تمامی آمار مبدأ و مقصد در کلیهٔ میادین و رویکردهای سطح شهر از سال ۹۳ تاکنون قابل‌استخراج بود، اما برای اطمینان از صحت آمار، مجدداً از چند میدان شهر آماربرداری و با خروجی نرم‌افزار تطبیق داده شد.

مرحلهٔ بعد، طراحی پرسش‌نامه است. اطلاعات اولیهٔ پرسش‌نامه شامل پارامترهای ترافیکی و اطلاعات هندسی و سایر مشخصات میدان در چک‌لیست ثبت شد. سپس از این اطلاعات، پارامترهای مؤثر در تصادف استخراج و در قالب پرسش‌نامه گردآوری و در اختیار نمونهٔ آماری گذاشته شد. به‌دلیل اینکه تعداد پارامترهای اولیهٔ

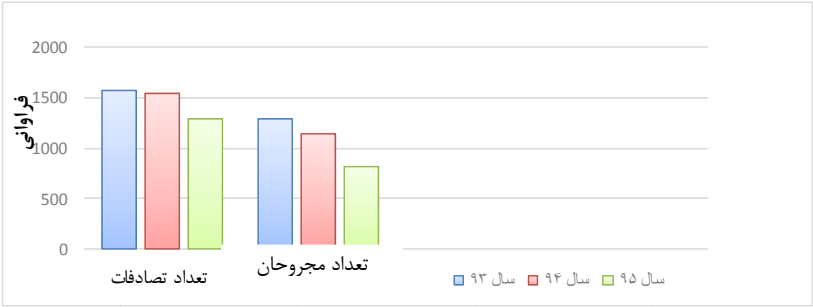
www.SID.ir

مؤثر در تصادفات، ۴۰ مورد بوده و مدل‌سازی با این تعداد نتایج دقیق‌تری نخواهد داشت؛ بنابراین از طریق پرسشنامه و استفاده از نظرات خبرگان نسبت به پالایش پارامترها اقدام شد. پس از نظرسنجی، پارامترهای موردنظر توسط آزمون‌های آماری و طیف لیکرت پالایش شده و تعداد ۱۶ پارامتر مؤثر انتخاب شدند. سپس با استفاده از مدل‌سازی به‌روش شبکهٔ عصبی مصنوعی و همچنین مدل رگرسیون خطی، مدل مناسب ارائه شد. مدل‌های به‌دست‌آمده بر اساس آمار تصادفات سال ۹۳ و ۹۴ بوده و برای کنترل مدل و به‌منظور ارزیابی قابلیت شبکهٔ عصبی مصنوعی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات آینده، مدل به‌دست‌آمده بر اساس آمار تصادفات سال ۱۳۹۵ صحت‌سنجی شد. نرم‌افزار مورداستفاده در این پژوهش متلب، مینی‌تب و اس‌پی‌اس‌اس است.

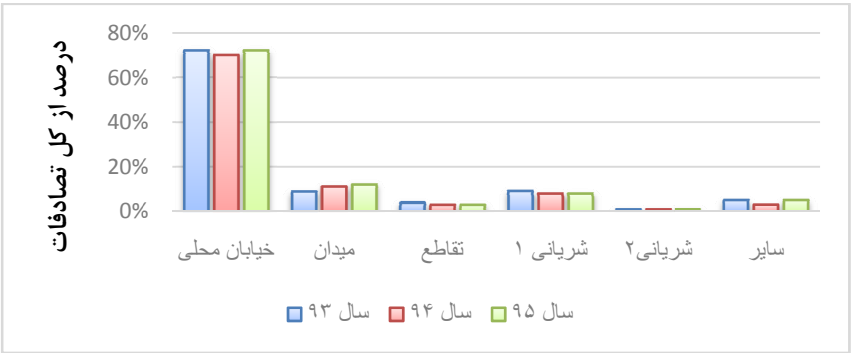
یافته‌ها

تحلیل آمار تصادفات: *آمار نشان می‌دهد که فراوانی کل تصادفات و همچنین فراوانی مجروحان طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ کاهش داشته است (نمودار ۱). همچنین مشاهده شد که اکثر تصادفات رخ‌داده در خیابان‌های محلی و در مرکز شهر می‌باشد (نمودار ۲). میادین، دومین تعداد تصادفات را با میانگین ده درصد به خود اختصاص داده است که این به اهمیت موضوع پژوهش می‌افزاید؛ معابر شریانی درجه ۱ و تقاطعات نیز رتبهٔ بعدی را به خود اختصاص داده است. وسایل نقلیهٔ مقصر در تصادف به ۸ قسمت تقسیم شده است. در بیش از ۹۰ درصد تصادفات، سواری مقصر بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اکثر تصادفات در زمان اوج ترافیک و در روشنایی رخ داده است. هرچند بررسی میادین نشان می‌دهد که وضعیت روشنایی هنگام شب مناسب می‌باشد.*

www.SID.ir



نمودار ۱. فراوانی مجروحان و تصادفات



نمودار ۲. محل وقوع تصادفات

پارامترهای تأثیرگذار در تصادفات: ۴۰ پارامتر مؤثر در تصادفات که از طریق پرسش‌نامه و گزارش‌های پلیس جمع‌آوری شده بود، طبق جدول (۱) از طریق خبرگان به سه دسته تقسیم شدند: ۱- پارامترهای مؤثر مربوط به هندسهٔ میدان، ۲- پارامترهای مؤثر مربوط به ترافیک و ۳- سایر پارامترها. با توجه به میانگین امتیاز طبق طیف ۵ تایی لیکرت، سؤالات با امتیاز بالای ۴ کاملاً پذیرفته است و سؤالات با میانگین امتیاز کمتر از ۳ کاملاً مردود می‌باشد. میانگین امتیاز ۳ تا ۴ نیز به‌دلیل اینکه در بازهٔ بی‌تفاوت قرار دارد، بسته به نوع پژوهش متفاوت است. در این پژوهش، حداقل امتیاز ۳/۵ در نظر گرفته شده است. با توجه به توان افتراقی، به این صورت که

www.SID.ir

۲۵ درصد بالاترین امتیاز و ۲۵ درصد پایین‌ترین امتیاز انتخاب و از تقسیم بالاترین به پایین‌ترین توان افتراقی به دست می‌آید. در طیف لیکرت ۵ تایی، تـوان افتراقـی بـین یک تا پنج می‌باشد. در این پژوهش، توان افتراقی حداکثر ۳ در نظر گرفته شده است. تحلیل پاسخ‌نامه‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس مقدار واریانس و انحراف معیار گویه‌ها را به دست آورده و گویه‌هایی که انحراف معیار بـزرگ‌تـری دارنـد، بـه‌دلیـل پراکندگی زیاد پاسخ‌ها حذف گردیدند. از ۴۰ پارامتر، ۱۶ پارامتر جهـت مـدل‌سـازی انتخاب شدند. پارامترهای باقی‌مانده که ۱۶ مورد مـی‌باشـد، از میـادین انتخـاب‌شـده برداشت می‌گردد. پس از تهیهٔ چک‌لیست، اقدام به برداشت اطلاعات از میادین مـی-گردد. مقیاس مهمی که در مقایسهٔ گویه‌ها به کار می‌رود، انحـراف معیـار مـی‌باشـد. هرچه انحراف معیار پایین باشد، نشان می‌دهد که پراکندگی پاسخ‌هـا انـدک اسـت و هرچه انحراف معیار بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ پراکندگی زیاد پاسخ‌ها است. نمـودار ۳، حد استاندارد پایین و بالای میانگین داده‌ها را نشـان مـی‌دهـد. روش دیگـری کـه معمولاً در پژوهش‌های مشابه استفاده می‌گردد، محاسبهٔ ضریب هم‌بستگی هـر گویـه نسبت به کل گویه‌ها است. نمودار ۴، ضریب هم‌بستگی کل گویه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۴، ۹۸/۴ درصد گویه‌ها دارای ضریب هم‌بسـتگی بـالای ۰/۸ مـی-باشند.

www.SID.ir

جدول ۱. تحلیل پارامترهای اولیهٔ انتخاب‌شده

عنوان	ردیف	فاکتور های مؤثر در تصادفات در میادین شهری	دامنه تأثیرگذار(نتایج)					امتیاز کل	میانگین امتیاز	توان افترافی	انحراف معیار	واریانس
			کاملاً موافقم ۵	موافقم ۴	بی‌تفاوت ۳	مخالفم ۲	کاملاً مخالفم ۱					
پارامترهای مؤثر مربوط به هندسه میدان	۱	زوایای بین معابر منتهی به میدان هیچ نقشی در تعداد تصادف ندارد	۷	۱۰	۱۱	۴۶	۲۸	۳۸۴	۳.۷۶	۲.۵	۱.۱۶	۱.۳۵
	۲	مناسب‌ترین نوع میدان از لحاظ تعداد معابر منتهی به آن چهارراه می‌باشد	۳۷	۵۰	۸	۴	۳	۴۲۰	۴.۱۲	۱.۴۷	۰.۸۱	۰.۶۹
	۳	عدم وجود قوس قائم در معابر منتهی به میدان (شیب مثبت یا منفی) در کاهش تصادف مؤثر است	۱۶	۵۵	۲۲	۷	۳	۳۸۳	۳.۷۵	۱.۸۸	۰.۸۷	۰.۷۶
	۴	مناسب‌بودن عرض پیاده‌روها در داخل میدان در کاهش تصادفات مؤثر است	۳	۲۴	۵۱	۲۳	۱	۳۱۱	۳	۲.۱۹	۰.۷۷	۰.۵۹
	۵	وجود میانه در معابر منتهی هیچ نقشی در تعداد تصادفات ندارد	۵	۱۷	۱۳	۴۶	۲۱	۳۶۷	۳.۶	۲.۵۲	۱.۱۲	۱.۲۵
	۶	تعداد مناسب خطوط معابر و هم‌خوانی با تعداد وسایل نقلیهٔ ورودی در کاهش تصادف مؤثر است	۱۲	۲۸	۱۸	۴۰	۴	۳۱۰	۳.۰۴	۲.۴۳	۱.۱۴	۱.۳
	۷	وجود گردش به راست مجزا در انتهای معابر در کاهش تصادفات مؤثر می‌باشد	۹	۳۵	۵۱	۶	۱	۳۵۱	۳.۴۴	۱.۶۲	۰.۷۴	۰.۵۵
	۸	وجود دوربرگردان در انتهای رفیوژ میانی معابر در کاهش تصادفات مؤثر می‌باشد	۶	۲۵	۱۷	۴۹	۵	۲۸۴	۲.۷۸	۲.۳۵	۱.۰۴	۱.۰۹
	۹	زوایای مناسب ورود به میدان در کاهش تصادفات مؤثر می‌باشد	۱۳	۷۸	۵	۵	۱	۴۰۳	۳.۹۵	۱.۳۷	۰.۶۱	۰.۳۷

www.SID.ir

	۱۰	زوایای مناسب خروج از میدان در کاهش تصادفات مؤثر می‌باشد	۱۵	۷۶	۵	۵	۱	۴۰۵	۳.۹۷	۱.۴	۰.۶۳	۰.۴
	۱۱	تناسب خطوط دور میدان با خطوط معابر منتهی به آن در کاهش تصادفات مؤثر می‌باشد	۵۹	۳۴	۴	۵	۰	۴۵۳	۴.۴۴	۱.۵۲	۰.۷۵	۰.۵۷
	۱۲	تحدب قوس جدارهٔ میدان در کاهش تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۴۷	۴۱	۶	۶	۲	۴۳۱	۴.۲۲	۱.۶۴	۰.۸۸	۰.۷۷
	۱۳	شعاع جزیرهٔ میانی در تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۳۵	۵۵	۴	۸	۰	۴۲۳	۴.۱۴	۱.۵۶	۰.۷۹	۰.۶۳
	۱۴	وضعیت مناسب روسازی در میدان در کاهش تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۲۱	۳۷	۴	۲۴	۱۶	۳۲۹	۳.۲۲	۳.۵۵	۱.۴۲	۱.۰۲
	۱۵	قابلیت رؤیت میدان قبل از رسیدن به آن، هیچ نقشی در تعداد تصادفات ندارد	۱۵	۱۲	۲۱	۴۲	۱۲	۳۳۰	۳.۲۳	۳.۲	۱.۲۳	۱.۵۱
پارامترهای مؤثر مربوط به مشخصات ترافیکی	۱۶	حجم ترافیک معابر در تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۵۹	۲۲	۱۳	۶	۲	۴۳۶	۴.۲۷	۱.۸۱	۱.۲۳	۱.۵۱
	۱۷	حجم موتورسیکلت عبوری در تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۱۶	۲۴	۴۲	۲۰	۰	۳۴۲	۳.۳۵	۲.۱	۱.۰۲	۱.۰۵
	۱۸	حجم عابر پیادهٔ عبوری در تعداد تصادفات تأثیر مستقیمی ندارد	۲۲	۱۶	۴۷	۱۴	۳	۲۶۶	۲.۶	۳.۳۹	۰.۹۷	۰.۹۴
	۱۹	متوسط سرعت وسیلهٔ نقلیه هنگام رسیدن به میدان در تعداد تصادف مؤثر است	۵۶	۳۲	۸	۵	۱	۴۴۳	۴.۳۴	۱.۵۸	۱.۰۶	۱.۱۳
	۲۰	وجود خط‌کشی محوری در معابر منتهی به میدان باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۹	۷۰	۷	۱۵	۱	۳۷۷	۳.۶۹	۱.۸۷	۰.۸۴	۰.۷۱

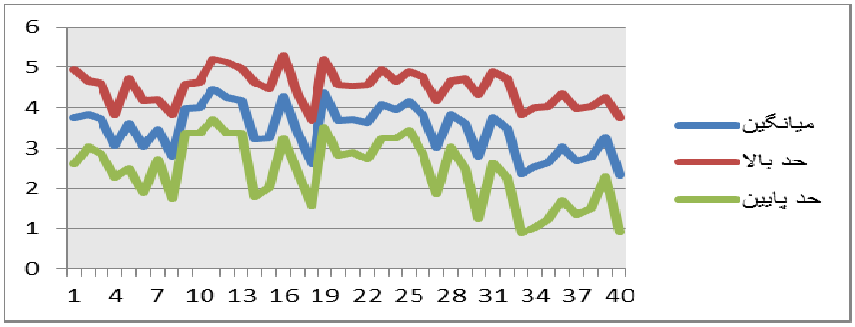
www.SID.ir

	۲۱	وجود خط‌کشی عابر پیاده در معابر منتهی به میدان باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۹	۷۰	۷	۱۴	۲	۳۷۶	۳.۶۸	۱.۹۱	۰.۸۶	۰.۷۵
	۲۲	وجود سرعت‌گیر نرسیده به میدان باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۱۶	۴۵	۳۲	۵	۴	۳۷۰	۳.۶۲	۱.۸۷	۰.۸۲	۰.۶۸
	۲۳	وجود علایم و چراغ راهنمایی جهت شناساندن میدان به رانندگان باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۳۰	۶۰	۵	۵	۲	۴۱۷	۴.۰۸	۱.۵۸	۰.۹۱	۰.۸۲
	۲۴	وجود پل عابر پیاده در معابر منتهی به میدان باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۱۷	۷۰	۱۰	۴	۱	۴۰۴	۳.۹۶	۱.۴۸	۰.۸۴	۰.۷۱
	۲۵	محدودشدن عابر پیاده (نرده‌کشی و نصب حفاظ) باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۳۰	۶۳	۵	۳	۱	۴۲۴	۴.۱۵	۱.۴۵	۰.۷۱	۰.۵۱
	۲۶	وجود روشنایی کافی در میدان در هنگام شب باعث کاهش تصادفات می‌گردد	۱۹	۶۲	۸	۱۰	۳	۳۹۰	۳.۸۲	۱.۸۸	۰.۷۲	۰.۵۶
	۲۷	حضور دوربین یا پلیس در میدان نقش چندانی در تعداد تصادفات ندارد	۱۱	۲۶	۲۱	۳۸	۶	۳۰۸	۳.۰۲	۲.۷۲	۰.۹۵	۰.۹
	۲۸	عدم وجود یک مکان عمدهٔ تولیدکنندهٔ سفر در میدان در کاهش تعداد تصادفات تأثیر دارد	۱۱	۷۷	۴	۷	۳	۳۹۲	۳.۸۴	۱.۵۲	۱.۱۴	۱.۳
	۲۹	عدم وجود ایستگاه تاکسی و یا اتوبوس در میدان در کاهش تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۱۳	۶۴	۷	۸	۱۰	۳۶۸	۳.۶۰	۲.۴	۱.۵۳	۲.۳۶
	۳۰	عدم وجود تقاطعی دیگر در نزدیکی میدان در کاهش تعداد تصادفات تأثیر مستقیم دارد	۱۴	۳۴	۶	۱۳	۳۵	۲۸۵	۲.۸۰	۴.۵۶	۱.۱۳	۱.۲۷
	۳۱	دید کافی در میدان	۲۶	۵۰	۵	۱۷	۴	۳۸۳	۳.۷۵	۲.۵	۱.۱۳	۱.۲۷

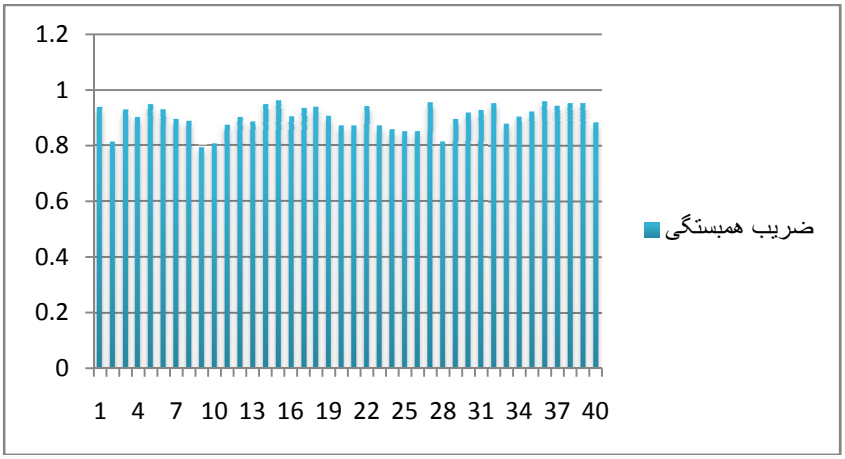
www.SID.ir

		(رعایت مثلث دید، درخت‌کاری محدود و...) باعث کاهش تعداد تصادفات می‌شود										
	۳۲	وجود فاکتورهای برهم‌زنندهٔ تمرکز راننده (تلویزیون، بیلبورد و...) تأثیری در تعداد تصادفات ندارد	۱۱	۱۱	۱۶	۴۵	۱۹	۳۵۶	۳.۴۹	۲.۸۳	۱.۲۲	۱.۵
مشخصات مربوط به تصادف	۳۳	تعداد تصادفات رخ‌داده در شب بیشتر از روز است	۹	۲۲	۱۳	۹	۴۹	۲۳۹	۲.۳۴	۴.۳۶	۱.۴۶	۲.۱۵
	۳۴	تعداد تصادفات در ایام تعطیل هفته کمتر از سایر روزها است	۱۱	۲۴	۱۳	۱۳	۴۱	۲۵۱	۲.۴۶	۴.۴۴	۱.۴۸	۲.۰۲
	۳۵	تعداد تصادفات در ماه‌هایی که مدارس تعطیل است، نسبت به سایر ماه‌ها کمتر می‌باشد	۸	۲۸	۱۹	۱۲	۳۵	۲۶۸	۲.۶۲	۴.۳۶	۱.۴	۱.۹۶
	۳۶	تعداد تصادفات در شرایط جوی مساعد (آفتابی) کمتر است	۱۲	۳۴	۲۰	۱۶	۲۰	۳۰۸	۳.۰۲	۳.۷۳	۱.۳۳	۱.۷۶
	۳۷	با افزایش سن راننده، رانندگی بااحتیاط‌تر شده و تصادفات کاهش می‌یابد	۹	۲۲	۲۵	۱۸	۲۸	۲۷۲	۲.۶۷	۴.۳۶	۱.۳۲	۱.۷۵
	۳۸	تعداد تصادفات در میان زنان کمتر از مردان است	۹	۲۵	۲۰	۲۹	۱۹	۲۸۲	۲.۷۶	۳.۵۱	۱.۲۶	۱.۵۸
	۳۹	با افزایش تحصیلات رانندگان تعداد تصادفات افزایش می‌یابد	۱۰	۳۲	۳۷	۲۰	۳	۳۵۲	۳.۴۵	۲.۲۴	۰.۹۸	۰.۹۶
	۴۰	تعداد تصادفات خودروهای سنگین در میدان نسبت به خودروهای سبک کمتر است	۹	۲۰	۱۰	۱۹	۴۴	۲۳۷	۲.۳۲	۴.۳۶	۱.۴۲	۱.۰۹

www.SID.ir



نمودار ۳. میانگین و انحراف از معیار داده‌ها



نمودار ۴. ضریب هم‌بستگی داده‌ها

تحلیل اطلاعات برداشت‌شده از میادین: بررسی‌ها نشان می‌دهد که زاویهٔ بین رویکردها در ۲۰ درصد میادین مناسب نمی‌باشد (زوایای کمتر از ۷۵ درجه). قوس‌های ورود و خروج از میدان در ۴۰ درصد میادین مناسب نمی‌باشد. ۲۵ درصد میادین منتخب دارای جزیره با شعاع نامناسب می‌باشند. ۳۰ درصد میادین در حوزهٔ نفوذ خود دارای یک مکان عمدهٔ جذب سفر می‌باشند. در ۳۵ درصد میادین، ایستگاه تاکسی و یا اتوبوس قرار دارد. از نقاط قوت میادین در شهر اردبیل، وجود روشنایی

www.SID.ir

کافی در شب (۹۵ درصد میادین)، وجود میانه در معابر اصلی (۹۰ درصد میادین) و از نکات بسیار ضعیف در میادین شهر اردبیل، تقعر بدنهٔ میدان (۹۵ درصد میادین) می‌باشد که فضایی اضافی را جهت پارک خودرو و یا بساط دست‌فروشان فراهم می‌سازد.

تحلیل حجم تردد در میادین: حجم تردد وسایط نقلیه در میادین شهر از معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری اردبیل اخذ شد؛ به‌طوری‌که حجم‌های ورودی میادین از برنامهٔ نرم‌افزاری ویزوم برای سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ اخذ و با آمار اخذشده از فیلم‌برداری پنج میدان کنترل گردید و با خطای ۵ درصد موردقبول بود. بیشترین حجم ورودی به میدان، مربوط به میدان بسیج با ۹۵۰۰ خودرو در ساعت اوج، میدان وحدت با ۷۹۵۳ خودرو در ساعت اوج، میدان جانبازان با ۶۹۹۸ خودرو در ساعت اوج، میدان ججین با ۶۶۴۹ و میدان آزادگان با ۵۹۱۸ خودرو در ساعت اوج می‌باشند که این پنج میدان جزو نقاط حادثه‌خیز نیز هستند و نشان می‌دهد که ارتباط مستقیمی بین تعداد تصادفات و میزان حجم ورودی به میادین می‌باشد.

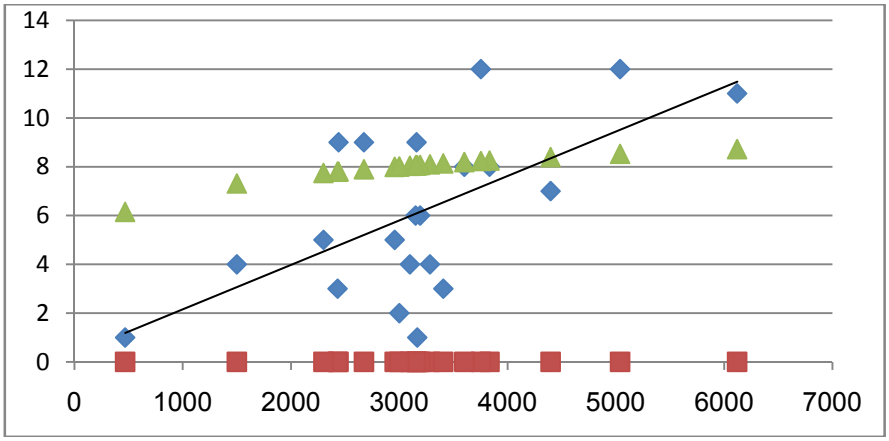
روش رگرسیون خطی: در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون، یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد. تحلیل رگرسیون، مجموعه‌ای از فنون آماری برای الگوسازی و بررسی رابطهٔ بین یک متغیر پاسخ موردنظر y و مجموعه‌ای از متغیرهای پیشگو یا برگشت است. یکی از کاربردهای رگرسیون ارائهٔ مدل‌های پیش‌بینی تصادف است. تصادفات در مقایسه با هر پدیدهٔ اجتماعی دیگری، ماهیت بسیار اتفاقی‌تری دارند. مدل متداول بررسی تصادفات، مدل‌های خطی عمومی است. نتایج داده‌ها نشان می‌دهد که رابطهٔ رگرسیون خطی حجم ورودی اصلی و تعداد تصادفات از رابطهٔ ۳ به دست می‌آید (نمودار ۵).

(۳)

$$Y=0.0018x+0.33$$

www.SID.ir

ضریب هم‌بستگی تابع فوق بر اساس حجم ۰/۶۳ و ضریب هم‌بستگی لگاریتم طبیعی آن ۰/۵۵ می‌باشد. روابط آماری فراوانی تصادفات با تک‌تک پارامترها به‌تنهایی، ضریب هم‌بستگی پایینی دارد. برای مدل‌سازی به روش مدل رگرسیون خطی، متغیرهای مستقل به شرح جدول ۲ کدگذاری شد.



نمودار ۵. حجم معابر اصلی – تعداد تصادفات

جدول ۲. کدگذاری پارامترهای تأثیرگذار در تصادفات

ردیف	متغیر مستقل	کد	ردیف	متغیر مستقل	کد
۱	زوایای مناسب بین معابر منتهی به میدان		۹	شعاع مناسب جزیرهٔ میانی	
۲	تعداد معابر منتهی به آن چهارراه		۱۰	وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس	)
۳	وجود میانه در معابر اصلی		۱۱	متوسط سرعت	)
۴	وجود میانه در معابر فرعی		۱۲	سرعت‌گیر در معابر اصلی	)
۵	زوایای مناسب ورود به میدان		۱۳	روشنایی	)
۶	زوایای مناسب خروج از میدان		۱۴	وجود یک مکان تولید سفر	)
۷	تناسب خطوط دور میدان		۱۵	حجم ترافیک اصلی	)
۸	قوس جادارهٔ میدان مقعر است		۱۶	حجم ترافیک فرعی	)

بررسی ضریب هم‌بستگی تمامی متغیرهای استفاده‌شده در مدل میادین حاکی از این است که متغیر فراوانی تصادفات با متغیرهای لگاریتم حجم عبوری از میادین، تعداد رویکردهای منتهی به میدان، وجود یک مکان تولید سفر، زوایای مناسب بین

www.SID.ir

معابر منتهی به میدان، متوسط سرعت، هم‌بستگی بالایی دارد کـه نشـان از اثرگـذاری قابل‌توجه این متغیرها بر مقدار تصادفات می‌باشد (جدول ۳)؛ اما متغیرهـای لگـاریتم حجم عبوری و خود متغیر حجم عبوری با یکدیگر هم بستگی ۹۶ درصدی دارد کـه به‌دلیل ایجاد هم‌خطی در مدل نمی‌توان به‌صورت هم‌زمان از هردو آن‌ها استفاده کرد. تمامی متغیرهای مستقل یک‌به‌یک و همچنین در ترکیبات مختلف در نرم‌افـزار مـدل می‌شده و میزان Y با مدل‌های رگرسیون مختلف بررسی می‌شود. ضریب هم‌بسـتگی بین فراوانی تصادفات با هریک از ۱۶ متغیر مستقل به دست آمـد. سـه متغیـر حجـم ترافیک اصلی و حجم ترافیک فرعی و وجود یک مکان تولیـد سـفر دارای بیشـترین هم‌بستگی مثبت و سه متغیر تعداد معابر منتهی، زوایای مناسـب بـین معـابر منتهـی و سرعت متوسط دارای بیشترین هم‌بستگی منفی می‌باشند.

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی مثبت و منفی پارامترها

متغیرها	R y,x
حجم ترافیک رویکرد اصلی	۱
حجم ترافیک رویکرد فرعی	۰/۵۸
وجود یک مکان تولید سفر	۰/۴۸
تعداد معابر منتهی به میدان	- ۰/۶۱
زوایای مناسب بین معابر منتهی	- ۰/۳۳
سرعت متوسط	- ۰/۰۲
وجود میانه در معبر اصلی	۰
وجود میانه در معبر فرعی	۰/۲۱
زوایای مناسب ورود به میدان	-۰/۰۱
زوایای مناسب خروج از میدان	۰
تناسب خطوط دور میدان	-۰/۲۱
قوس مقعر جدارهٔ میدان	۰/۰۹
شعاع مناسب جزیرهٔ میانی	۰
وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس در میدان	۰/۴۶
سرعت‌گیر در معابر اصلی	۰
روشنایی	۰/۰۷

www.SID.ir

در مدل رگرسیون زیر (رابطهٔ ۴)، تعداد تصادفات در اطراف میدان‌های شهر اردبیل بر اساس سه متغیر مستقل پیش‌بینی شده است. اولین متغیر مستقل، تعداد معابر منتهی به آن میدان، و دومین متغیر مستقل، حجم ترافیک اصلی است. البته به‌علت بالابودن تعداد در متغیر حجم ترافیک اصلی لگاریتم در مبنای ۱۰ حجم ترافیک اصلی در مدل آورده شده است. سومین متغیر مستقل، وجود یک مکان تولید سفر در اطراف میدان است (رابطهٔ ۴، مدل رگرسیون پیشنهادی با بیشترین هم‌بستگی ممکن را نشان می‌دهد).

$$y = - 8.82 - 3.27\ X_2 + 4.9\ \log10X_{15} + 2.01\ X_{14} \qquad (۴)$$

$R - S_q = 57.5\%$ (ضریب تعیین R^2) یعنی ۵۷/۵ درصد از تغییرات Y به‌وسیلهٔ این مدل رگرسیون خطی بیان شده است؛ به‌عبارتی، این مدل ۵۷/۵ درصد از تغییرات تعداد تصادفات را نشان می‌دهد و می‌تواند ۵۷/۵ درصد از تغییرات تعداد تصادفات را پیش‌بینی کند. انتخاب مدل رگرسیون بالا بر اساس $R - Sq_{adj}$ (ضریب تعیین تعدیل) صورت گرفته که در این مدل ۵۱/۷ است. تفاوت مهم میان ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل‌شده این است که ضریب تعیین فرض می‌کند که هر متغیر مستقل مشاهده‌شده در مدل، تغییرات موجود در متغیر وابسته را تبیین می‌کند؛ بنابراین درصد نشان‌داده‌شده توسط ضریب تعیین با فرض تأثیر همهٔ متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته می‌باشد؛ درصورتی‌که درصد نشان‌داده‌شده توسط ضریب تعیین تعدیل‌شده فقط حاصل از تأثیر واقعی متغیرهای مستقل مدل بر وابسته است و نه همهٔ متغیرهای مستقل. تفاوت دیگر این است که مناسب‌بودن متغیرها برای مدل توسط ضریب تعیین حتی باوجود مقدار بالا قابل‌تشخیص نیست؛ درصورتی‌که می‌توان به مقدار برآوردشدهٔ ضریب تعیین تعدیل‌شده اعتماد کرد.

www.SID.ir

مقادیر p-value (معناداری نتایج) در مدل پیشنهادی رگرسیونی (رابطهٔ ۴) در متغیرهای X_{15} log10 و X_{14} کمتر از ۰/۰۵ است. در متغیر X_2 نیز مقدار p-value برابر با ۰/۰۹ است؛ یعنی از ۰/۱ کمتر بوده و در سطح خطای ۰/۱ وجود متغیر سوم هم در مدل پذیرفته است؛ بنابراین وجود این سه متغیر در این مدل پذیرفته است.

مدل رگرسیون با لحاظ‌کردن کلیهٔ متغیرهای مستقل نیز به شرح رابطهٔ ۵ می‌باشد:

$$y = - 16.8 + 1.86\ x_{10} + 1.57\ x_{14} + 2.48\ \ln x_{15} + 1.11\ \ln x_{16} - 0.034\ x_{11} - 3.20\ x_1 - 2.24\ x_2 + 3.37\ x_3 - 0.54\ x_4 - 1.03\ x_5 + 2.45\ x_7 - 1.59\ x_8 - 0.44\ x_9 - 0.49\ x_{12} - 0.80\ x_{13} - 0.00084\ x_{16} \qquad (۵)$$

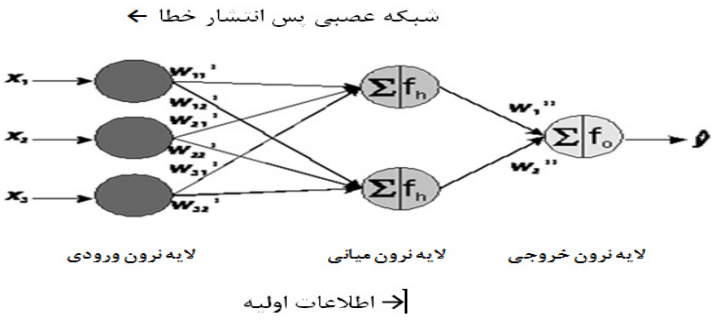
که ضریب تعیین آن، ۶۴/۵ درصد می‌باشد؛ ولی به‌دلیل اینکه دارای ضریب تعیین تعدیل بسیار پایینی می‌باشد (۱/۳ درصد)، بنابراین از آن و نمونهٔ مدل‌های نظیر آن صرف‌نظر شده است.

مدل‌سازی در شبکه‌های عصبی مصنوعی: در این پژوهش به‌منظور مدل‌سازی از یک شبکهٔ عصبی پرسپترون سه‌لایه (یک لایهٔ ورودی، یک لایهٔ پنهان و یک لایهٔ خروجی) استفاده شده و تعداد بهینهٔ نورون‌ها نیز با سعی و خطا تعیین گردیده است. همچنین به‌منظور آموزش شبکهٔ عصبی از روش لونبرگ مارکواردت(۱۹۴۴) به‌دلیل کارایی و همگرایی سریع‌تر در آموزش شبکه استفاده شده است. توابع فعال‌سازی در نورون‌های لایهٔ پنهان و لایهٔ خروجی، تانژانت هیپربولیک[1] در نظر گرفته شد. همچنین برای دستیابی به نتایج بهتر و دقیق، روند آموزش چند بار تکرار شد و پس از انجام فرایند سعی و خطا، الگوی ۷۵ درصد داده‌ها برای آموزش و ۲۵ درصد داده‌ها برای صحت‌سنجی انتخاب گردید. در نمودار ۶، معماری شبکهٔ عصبی مصنوعی مدل‌سازی‌شده تشریح شده است. معماری شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌کاررفته در پژوهش شبکهٔ عصبی پس از انتشار خطا با یک لایهٔ ورودی، یک لایهٔ میانی و یک

۱- توابع هزلولی یا هیپربولیک، نوعی توابع مثلثاتی هستند که در مدل‌سازی و حل برخی معادلات با مشتقات جزئی کاربرد دارند.

www.SID.ir

لایهٔ خروجی می‌باشد. ورودی‌ها با X_1 و X_2 و X_3 و ... و X_n مشخص شده‌اند که متغیرهایی پیوسته می‌باشند و به‌عنوان بردارهای ورودی به یک نورون شناخته می شوند. هریک از این ورودی‌ها تحت‌تأثیر یک وزن قرار می‌گیرند که این تابع وزن شبیه یک اتصال سیناپسی در مغز عمل می‌کند؛ این اوزان نیز به‌صورت W_1 و W_2 و W_3 و ... و W_n تعریف می‌شوند (نمودار ۶).



نمودار ۶. معماری شبکهٔ عصبی (منهاج، ۱۳۹۵)

نتایج حاصل از مدل‌سازی در شبکهٔ عصبی مصنوعی: به‌منظور انجام مدل‌سازی، ترکیب مختلفی از پارامترهای ورودی با انجام فرایند سعی و خطا بررسی و همچنین از الگوریتم BSR[1] نیز بهره گرفته شد. پارامترهای ورودی انتخاب‌شده برای مدل‌سازی به‌همراه نتایج حاصل در جدول ۴ ارائه شده است. در انتخاب ترکیب پارامترهای ورودی همواره سعی در کسب بیشترین دقت با استفاده از کمترین پارامتر ورودی می‌باشد؛ بدین منظور مدل‌هایی با حداقل ورودی (یک ورودی) تعریف شده و نتایج حاصل موردبررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی، تعداد نورون‌های لایهٔ میانی از یک تا ۱۰ نورون به‌منظور تعیین الگویی که بهترین برازش و

1.Best Subset Regression

www.SID.ir

کمترین خطا را با مقادیر مشاهداتی دارد، تغییر داده شد و برای تمام الگوهای مذکور، ضریب هم‌بستگی محاسبه گردید. ۷۵ درصد آمار تصادفات سالانه به شبکهٔ عصبی آموزش داده شده و با ۲۵ درصد باقی‌مانده، آمار کنترل و صحت‌سنجی شد. رابطه‌ای که از بیشترین هم‌بستگی صحت‌سنجی برخوردار باشد، رابطهٔ منتخب است. ترکیب‌هایی از پارامترها که بیشترین هم‌بستگی را دارند، در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴. نتایج حاصل از شبکهٔ مصنوعی

ترکیب پارامترهای ورودی به نرم‌افزار	ضریب هم‌بستگی (R)	
	داده‌های آموزش	داده‌های صحت سنجی
حجم ترافیک اصلی	۰/۷۰۲	۰/۵۱۲
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس	۰/۹۰۸	۰/۷۷۵
حجم ترافیک اصلی، سرعت‌گیر در معابر اصلی	۰/۹۰۵	۰/۷۱۵
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی	۰/۷۵۱	۰/۷۰۰
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به میدان	۰/۹۴۲	۰/۸۰۹
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، وجود میانه در معابر اصلی	۰/۸۳۴	۰/۶۲۳
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، زوایای مناسب ورود به میدان	۰/۹۸۰	۰/۷۴۳
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تناسب خطوط دور میدان	۰/۹۱۰	۰/۷۳۴
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، متوسط سرعت	۰/۸۳۳	۰/۵۷۰
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به چهارراه، زوایای مناسب ورود به میدان	۰/۸۷۴	۰/۶۶۰
حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به چهارراه، تناسب خطوط دور میدان	۰/۸۷۳	۰/۵۹۱

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۴، مدل با یک ورودی (حجم ترافیک اصلی) دارای دقت کافی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات نمی‌باشد. در مدل‌هایی با دو پارامتر ورودی نیز وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس دارای تأثیری بیشتری نسبت به سرعت‌گیر در معابر اصلی در پیش‌بینی می‌باشد. مدل برتر در پیش‌بینی فراوانی تصادفات، مدلی با ۴ پارامتر ورودی (حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و

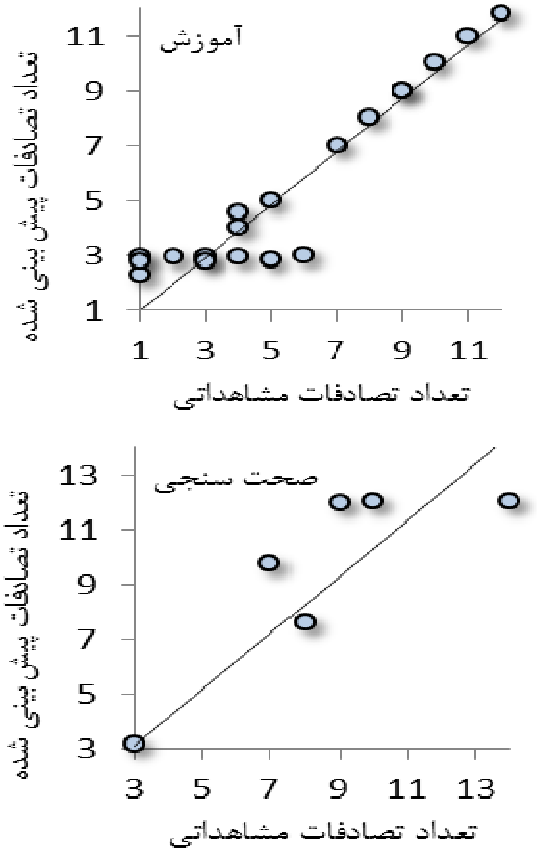
www.SID.ir

اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به چهارراه) بوده که دارای ضریب هم‌بستگی برابر با R=۰/۸۰۹ برای داده‌های صحت‌سنجی می‌باشد. در بین مدل‌هایی با چهار پارامتر ورودی، زوایای مناسب ورود به میدان نیز با دارابودن ضریب هم‌بستگی برابر با R=۰/۷۴۳ از دقت قابل‌قبولی برخوردار می‌باشد. همچنین با بررسی نتایج حاصل مشاهده می‌شود که افزایش تعداد پارامترهای ورودی تأثیری در بهبود نتایج نداشته و مدل‌هایی با پنج پارامتر ورودی، دقت کمتری دارند. نمودار ۷، داده‌های آموزش و داده‌های صحت‌سنجی را نشان می‌دهد که ۷۵ درصد داده‌ها مربوط به آموزش شبکهٔ عصبی و ۲۵ درصد داده‌ها برای صحت‌سنجی و کنترل می‌باشد.

یادگیری یا آموزش در شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌دنبال تابعی از میان یک‌سری توابع است که تابع هزینهٔ[1] داده‌ها را بهینه سازد. یکی از روش‌های متداول حل مسئلهٔ بهینه‌سازی در شبکه‌های عصبی، بازگشت به عقب یا همان[2] است. روش بازگشت به عقب، گرادیان تابع هزینه را برای تمام وزن‌های شبکهٔ عصبی محاسبه می‌کند و بعد از روش‌های گرادیان کاهشی برای پیداکردن مجموعه وزن‌های بهینه استفاده می‌کند. روش‌های گرادیان کاهشی سعی می‌کنند به‌صورت متناوب در خلاف جهت گرادیان حرکت کنند و با این کار، تابع هزینه را به حداقل برسانند. نمودار ۸، روند آموزش شبکهٔ عصبی را در این پژوهش نشان می‌دهد.

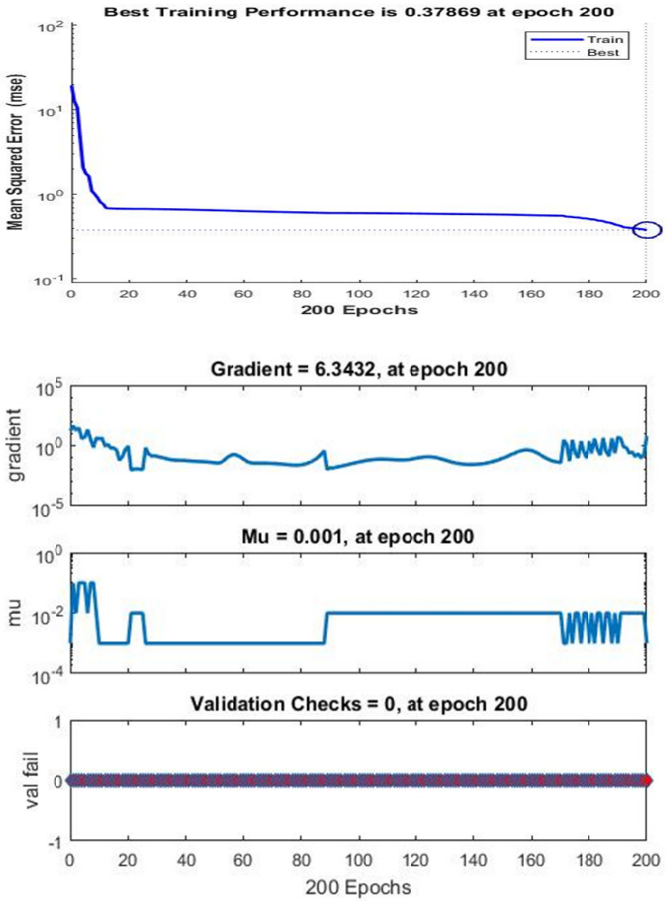
1. Loss Function
2. Back Propagation

www.SID.ir



نمودار ۷. صحت‌سنجی داده‌ها

www.SID.ir



ج

نمودار ۸. روند آموزش شبکهٔ عصبی برای مدل پیش‌بینی برتر

به‌منظور بررسی تأثیر تعداد نورون‌ها در دقت مدل‌سازی‌های مربوطه، مدل برتر در پیش‌بینی فراوانی تصادفات انتخاب و مقادیر ضریب هم‌بستگی به‌ازای نورون‌های مختلف محاسبه و نتایج حاصل نیز در جدول ۵ ارائه شده است.

www.SID.ir

جدول ۵. مقادیر ضریب هم‌بستگی برای مدل برتر به‌ازای تعداد نورون‌های مختلف

تعداد نورون	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ضریب هم‌بستگی	۰/۶۸۰	۰/۷۰۳	۰/۶۹۹	۰/۱۲۲	۰/۸۰۹	۰/۲۲۸	۰/۳۸۶	۰/۴۱۲	۰/۳۹۰	۰/۲۶۳

مطابق با نتایج ارائه‌شده در جدول ۵، به‌ازای تعداد ۵ نورون، ضریب هم‌بستگی بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. با مقایسهٔ نتایج حاصل از تعداد نورون‌های مختلف نیز مشخص می‌شود که هیچ‌گونه رابطهٔ منطقی بین مقادیر ضریب هم‌بستگی و تعداد نورون وجود نداشته و به‌دست‌آوردن تعداد بهینهٔ نورون، تنها با استفاده از آزمون‌وخطا و نیز استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مقدور می‌باشد. به‌منظور تعیین پارامترهای تأثیرگذار در پیش‌بینی فراوانی تصادفات، از تحلیل حساسیت استفاده شد؛ به این صورت که مدل برتر با ۴ ورودی (طبق جدول ۴) در شبکهٔ عصبی ایجاد و سپس با حذف هرکدام از پارامترها از مدل مربوطه، مدل دوباره اجرا شد. سپس با بررسی مقدار کاهش ضریب هم‌بستگی، میزان تأثیر پارامتر حذف‌شده موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت

پارامتر حذف‌شده	تعداد معابر منتهی به چهارراه	سرعت‌گیر در معابر اصلی	وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس	حجم ترافیک اصلی
ضریب هم‌بستگی	۰/۷	۰/۶۸۷	۰/۶۰۴	۰/۷۵۲
مقدار کاهش ضریب هم‌بستگی (ΔR٪)	۱۰/۹ درصد	۱۲/۲ درصد	۲۰/۵ درصد	۵/۷ درصد

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۶، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس دارای بیشترین تأثیر در فرایند پیش‌بینی فراوانی تصادفات با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی می‌باشد. حذف این پارامتر موجب کاهش ضریب هم‌بستگی به میزان ۲۰/۵ درصد می‌گردد (ضریب هم‌بستگی برای مدل برتر برابر با ۰/۸۰۹ می‌باشد). پس از

www.SID.ir

این عامل، سرعت‌گیر در معابر اصلی نیز با میزان کاهش در حدود ۱۲ درصد تأثیر بسزایی در فرایند پیش‌بینی ایفا می‌کند. همچنین حجم ترافیک اصلی نیز در پیش‌بینی فراوانی تصادفات تأثیرگذار می‌باشد.

پیش‌بینی فراوانی تصادفات در سال ۱۳۹۵ به روش آماری: مهم‌ترین کاربرد در پیش‌بینی تصادفات در میادین، استفاده برای سال‌های آینده و اولویت‌بندی جهت رفع نواقص می‌باشد. پس از تعیین مدل پیش‌بینی با دو روش و صحت‌سنجی آن‌ها و به‌دست‌آوردن ضریب هم‌بستگی، حال مدل ارائه‌شده بایستی بتواند برای سال‌های بعد با تغییر در پارامترهای مستقل، فراوانی تصادفات را پیش‌بینی کند؛ بنابراین یک‌بار دیگر مدل‌ها با مشخصات سال ۱۳۹۵ صحت‌سنجی شده و با واقعیت تطبیق داده شود تا میزان کارایی مدل‌ها به دست آید. دومین کاربرد آن، این است که می‌تواند الگوی مناسبی برای طراحی میدان‌های جدید باشد. با استفاده از مدل به‌دست‌آمده از تحلیل به روش رگرسیون خطی طبق رابطهٔ ۶، تصادفات در سال ۱۳۹۵ بررسی و با واقعیت تطبیق داده شده و مورداعتبارسنجی قرار می‌گیرد.

$$y = - 8.82 - 3.27\ X_2 + 4.90\ \log10X_{15} + 2.01\ X_{14} \qquad (۶)$$

حال پس از به‌دست‌آوردن هم‌بستگی R= ۰/۷۵ برای سال ۱۳۹۵ (که قابل‌قبول می‌باشد) می‌توان میادین را برای رفع معایب طبقه‌بندی کرد، و یا با تغییر در متغیرهای مستقل فراوانی، تصادفات را کاهش داد.

پیش‌بینی تعداد تصادفات در سال ۱۳۹۵ به روش شبکهٔ عصبی مصنوعی: به‌منظور ارزیابی قابلیت شبکهٔ عصبی مصنوعی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات آینده، به مدل‌سازی این مسئله در سال ۱۳۹۵ پرداخته شد. بدین منظور حجم ترافیک اصلی و فرعی و پارامترهای تغییریافته وارد نرم‌افزار شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ عملکرد بسیار مناسب این روش در پیش‌بینی مسئلهٔ موردنظر می‌باشد. نتایج

www.SID.ir

مدل‌سازی حاصل از شبکهٔ عصبی مصنوعی در جدول ۷ ارائه شده است. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، حجم ترافیک اصلی به‌عنوان ورودی مشترک در تمامی مدل‌های مربوطه، دارای نقشی تأثیرگذار می‌باشد. همچنین تمامی مدل‌ها (به‌استثنای مدل با یک ورودی) با دارابودن مقادیر ضریب هم‌بستگی بالای ۰/۸ دارای دقت مناسبی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات می‌باشند. بااین‌حال، مدل برتر با ۵ ورودی شامل حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به میدان و تناسب خطوط دور میدان و با ضریب هم‌بستگی ۰/۹۷۲ برای داده‌های صحت‌سنجی دارای دقت بسیار بالایی در حل مسئلهٔ موردنظر می‌باشد. تحلیل به‌دست‌آمده و مقایسهٔ آن با سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد که مدل می‌تواند با هم‌بستگی ۰/۹۸ با کمترین خطا، تعداد تصادفات در سال‌های آتی را پیش‌بینی نماید.

جدول ۷. پیش‌بینی تصادفات به روش شبکهٔ عصبی مصنوعی

ضریب همبستگی (R)		ترکیب پارامترهای ورودی به نرم‌افزار
داده‌های صحت‌سنجی	داده‌های آموزش	
۰/۶۵۸	۰/۸۷۹	حجم ترافیک اصلی
۰/۹۳۴	۰/۹۵۰	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس
۰/۹۵۳	۰/۹۵۶	حجم ترافیک اصلی، سرعت‌گیر در معابر اصلی
۰/۸۹۸	۰/۹۰۷	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی
۰/۸۸۶	۰/۹۶۱	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به میدان
۰/۹۳۹	۰/۹۹۷	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، وجود میانه در معابر اصلی
۰/۹۵۶	۰/۹۹۹	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، زوایای مناسب ورود به میدان
۰/۹۵۴	۰/۹۷۸	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تناسب خطوط دور میدان
۰/۸۰۱	۰/۹۹۸	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، متوسط سرعت
۰/۸۸۷	۰/۹۹۵	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به چهارراه، زوایای مناسب ورود به میدان
۰/۹۷۲	۰/۹۹۸	حجم ترافیک اصلی، وجود ایستگاه تاکسی و اتوبوس، سرعت‌گیر در معابر اصلی، تعداد معابر منتهی به چهارراه، تناسب خطوط دور میدان

بررسی تأثیر اصلاح پارامترها در تصادفات برای سال‌های آتی: یکی از مهم‌ترین خروجی این پژوهش، پیش‌بینی فراوانی تصادفات در صورت اصلاح بعضی پارامترها (اصلاح عیوب میدان) می‌باشد؛ یعنی بایستی بتوانیم قبل از اصلاح میادین پیش‌بینی

www.SID.ir

کنیم که تصادفات چقدر کاهش می‌یابد. در روش آماری (همان‌طوری که در جدول ۸ مشاهده می‌شود)، کاهش معابر منتهی به میدان به تعداد چهار رویکرد، فراوانی تصادفات را ۱۳ درصد کاهش می‌دهد؛ یا در صورت حذف مکان‌های تولید و جذب سفر در حوزهٔ نفوذ میادین، مقدار ۱۰ درصد تصادفات را کاهش می‌دهد. در صورت اصلاح هردو در میادین، فراوانی تصادفات به میزان ۲۲ درصد کاهش می‌یابد. همچنین با اصلاح هردو پارامتر و کاهش حجم ترافیک (با انتخاب معابر جایگزین و یا یک‌طرفه‌کردن و...) به مقدار ۲۰ درصد، مقدار کاهش تصادفات در میادین ۳۰ درصد خواهد بود که مقدار قابل‌توجهی می‌باشد.

جدول ۸. تغییرات حاصل در تصادفات در صورت اصلاح پارامترهای تأثیرگذار

تعداد تصادفات در صورت اصلاح هردو پارامتر	تعداد تصادفات در صورت حذف یک مکان تولید سفر	تعداد تصادفات در صورت اصلاح تعداد معابر منتهی	تعداد پیش‌بینی‌شده	میدان شماره	تعداد تصادفات در صورت اصلاح هردو پارامتر	تعداد تصادفات در صورت حذف یک مکان تولید سفر	تعداد تصادفات در صورت اصلاح تعداد معابر منتهی	تعداد پیش‌بینی‌شده	میدان شماره
۵/۱۶	۵/۱۶	۷/۱۷	۷/۱۷	۱۴	۵/۰۳	۵/۰۳	۵/۰۳	۵/۰۳	۱
۶/۱۳	۹/۴۰	۸/۱۴	۱۱/۴۱	۱۵	۴/۴۶	۴/۴۶	۴/۴۶	۴/۴۶	۲
۶/۲۱	۹/۴۸	۸/۲۲	۱۱/۴۹	۱۶	۴/۵۴	۴/۵۴	۴/۵۴	۴/۵۴	۳
۵	۵	۷/۰۱	۷/۰۱	۱۷	۵/۱۴	۸/۴۱	۵/۱۴	۸/۴۱	۴
۴/۵۹	۴/۵۹	۴/۵۹	۴/۵۹	۱۸	۵/۲۲	۸/۴۹	۵/۲۲	۸/۴۹	۵
۴/۷۸	۴/۷۸	۶/۷۹	۶/۷۹	۱۹	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۶
۵/۵۰	۵/۵۰	۵/۵۰	۵/۵۰	۲۰	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۷
۴/۵۸	۴/۵۸	۴/۵۸	۴/۵۸	۲۱	۶/۵۴	۹/۸۱	۶/۵۴	۹/۸۱	۸
۵/۱۳	۵/۱۳	۵/۱۳	۵/۱۳	۲۲	۶/۶۳	۹/۹۰	۸/۶۴	۱۱/۹۱	۹
۵/۳۰	۵/۳۰	۵/۳۰	۵/۳۰	۲۳	۵/۵۵	۵/۵۵	۷/۵۶	۷/۵۶	۱۰
۵/۸۴	۵/۸۴	۵/۸۴	۵/۸۴	۲۴	۵/۱۴	۵/۱۴	۵/۱۴	۵/۱۴	۱۱
۵/۴۱	۵/۴۱	۷/۴۲	۷/۴۲	۲۵	۵/۰۹	۵/۰۹	۵/۰۹	۵/۰۹	۱۲
۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۵۵	۲۶	۵/۲۲	۵/۲۲	۵/۲۲	۵/۲۲	۱۳
۱۲۸	۱۴۸	۱۴۴	۱۶۴	جمع					

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

مقایسهٔ نتایج پژوهش‌های داخلی و خارجی و پژوهش حاضر نشان می‌دهد که برخی از فاکتورهای مؤثر در تصادفات در همهٔ این پژوهش‌ها مشترک می‌باشد؛ این فاکتورها می‌توانند معیاری برای اصلاح میادین موجود و یا در طراحی‌های آتی باشند. ازجمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به حجم ترافیک معابر اصلی منتهی به میدان اشاره نمود که می‌توان گفت در همهٔ پژوهش‌ها مشترک بوده و تأثیر آن بیشتر از سایر پارامترها می‌باشد. هرچه حجم ورودی به میدان کمتر باشد، بایستی سرعت تردد کنترل گردد. عامل تأثیرگذار دیگر، وجود مکانی است که جذب و یا تولید سفر کند؛ این عامل نیز بر حجم خودروهای داخل میدان خواهد افزود. به همین دلیل از نظر قوانین راهنمایی و رانندگی، توقف در حاشیهٔ میدان تخلف محسوب می‌شود و از لحاظ شهرسازی نیز ساختمان‌های موجود در میادین نبایستی ورودی پارکینگ داشته باشند. همان‌طوری که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، در صورت اصلاح این پارامتر، تعداد تصادفات در میادین در سال‌های آتی کاهش می‌یابد. عامل اساسی بعدی، مشخصات هندسی میدان می‌باشد (تعداد معابر منتهی به میدان، زوایای رویکردهای مختلف، زوایای ورود و خروج به میدان و همهٔ فاکتورهایی که بایستی در طراحی میدان مدنظر قرار گیرد). فاکتور مؤثر بعدی در تصادفات که شامل مشخصات محیطی می‌شود، سرعت وسیلهٔ نقلیه هنگام ورود به میدان می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که هرچه تعداد علایم افقی و عمودی، سرعت‌گیر و سایر هشداردهنده‌ها در انتهای رویکرد منتهی به میدان بیشتر باشد، تعداد تصادفات کاهش می‌یابد. در خصوص مشخصات راننده نیز چون آماری از سن رانندگان، تحصیلات و سایر مشخصات تردد‌کنندگان از میدان وجود ندارد؛ لذا این پارامترها قابلیت مدل‌سازی ندارند. در جدول ۹ می‌توان نتایج این پژوهش را با نتایج پژوهش‌های مختلف داخلی و خارجی مقایسه نمود.

www.SID.ir

جدول ۹. مقایسهٔ نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین

محقق	موضوع پژوهش	فاکتورهای مؤثر در تصادفات						
		حجم خودروها	حجم عابران	سرعت خودروها	روشنایی	کیفیت و هندسه	شرایط جوی	مشخصات راننده
مقالهٔ حاضر	پیش‌بینی تصادفات در میادین شهری	✓		✓		✓		
امیریان – امیرکیائی (۱۳۹۵)	ایمنی عابران پیاده در میادین شهری			✓				
حقیقی – شهبازی (۱۳۹۴)	پیش‌بینی تصادفات در میادین	✓	✓		✓	✓		
رحیم اف – صادقی (۱۳۹۰)	تصادفات در آزادراه‌ها	✓		✓			✓	✓
شیخ‌الاسلامی – عزیزی (۱۳۸۹)	تصادفات در تقاطعات چراغ‌دار	✓						
ابی ترابی – رضایی (۱۳۸۸)	شدت تصادفات بزرگراهی	✓		✓				✓
جایانگ و همکاران (۲۰۱۷)	تصادفات در تقاطعات شهری	✓				✓		
توچتی و همکاران (۲۰۱۰)	تصادفات در میادین	✓			✓		✓	
مک‌دونالد (۱۹۵۳)	تصادفات در تقاطعات	✓						

www.SID.ir

منابع

- ابی‌ترابی، مسعود؛ رضایی، فرزاد. (۱۳۸۸). مدل‌سازی شدت تصادفات در بزرگراه-های درون‌شهری. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال ششم، (۱)، ۱-۱۲.
- امیرکیائی، سید امیراقبال. (۱۳۹۵). *بررسی وضعیت و حفظ ایمنی عابران پیاده در میادین شهری*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود.
- بلوچیان، حسین. (۱۳۹۳). پیش‌بینی تعداد تصادفات جاده‌ای برون‌شهری. *نشریه راهور*، ۱۱ (۲۶)، ۱۱۵-۱۳۵.
- حقیقی، فرشیدرضا؛ شهبازی، شروین. (۱۳۹۵). مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها. *مهندسی حمل‌ونقل*، سال هفتم، (۳)، ۴۳۵-۴۴۷.
- رحیم‌اف، کامران؛ صادقی کلینی، مهدی. (۱۳۹۰). تعیین عوامل مؤثر در شدت تصادفات آزادراهی و طراحی مدل آن. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال هشتم، (۲)، ۱۹۹-۲۰۹.
- شاهی، جلیل؛ احمدی‌نژاد، محمود؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا. (۱۳۸۴). مدل پیش‌بینی تصادفات موتورسیکلت در تقاطع‌های شهر تهران. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال دوم، (۴)، ۲۴۵-۲۵۶.
- شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا؛ عزیزی، لیلا. (۱۳۸۹). مدل‌سازی تعداد تصادفات در تقاطعات چراغ‌دار. *پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران*، مشهد: دانشگاه فردوسی.
- عبدالمنافی، ابراهیم. (۱۳۸۵). *طراحی مدل پیش بینی تعداد تصادفات در تقاطعات بر اساس مدل‌های آماری و شبکه عصبی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- فائزی، سیدفرزین. (۱۳۹۷). پیش‌بینی خودکار گره‌های ترافیکی با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، ۱۵ (۲)، ۵۲-۳۵.
- محمدیان، امیر. (۱۳۹۰). *مدل پیش‌بینی تصادفات درون‌شهری بر اساس*

www.SID.ir

خصوصیات ماکروسکوپیک ترافیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی شریف.

- ملکی، سعید؛ مرادی مفرد، سمیرا. (۱۳۹۴). نقش عوامل ساختاری - مکانی در وقوع تصادفات رانندگی. *مطالعات پژوهشی راهور*، ۴، ۹۳-۱۱۹.
- منهاج، محمدباقر. (۱۳۹۵). *مبانی شبکه‌های عصبی*. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران: پلی تکنیک.

– Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G. (2010). Externality of risk and crash severity at roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 42(6), 1966-1973.

– Daniels, s., Brigs, T., Nuyts, E., Wets, G. (2011). Extended prediction models for crashes at roundabout. *Safety Science,* 49(2), 198-207.

– Haleem, K., Abdel-aty, M. (2010). Examining traffic crash injury severity at unsignalized intersections. *Journal of Safety Research*, No. 41, 347-357.

– Jaeyoung, L., MohamedAbdel, A., Qing, C. (2017). Intersection crash prediction modeling with macro-level data from various geographic units. *Accident Analysis & Prevention*, No.102, 213-226.

– Konnonen, D.W., Flannagan, C. A. C., Wang, S.C. (2012). Identification and validation of a logistic regression model for predicting serious injury associated with motor vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, No. 43, 12-122.

– Mcdonald, J. (1953). Relation between number of accident and traffic volume at divided highway intersection. *Highway Research Bord Bulletin* 74, Traffic Accident Studies Washington.

– Rakha, H., Arafeh. M., Abdel-Salam. A. G., Guo. F., and Flintsch. A. M. (2010). Linear Regression Crash Prediction Models: Issues and Proposed Solutions. *Technical Report*, U.S. Department of Transportation Research and Innovative Technology Administration.

– Rezaie Moghaddam, F., Afandizadeh, Sh., and Ziyadi, M. (2011). Prediction of accident severity using artificial neural networks. *International Journal of Civil Engineering*, 9(1), 41-49.

– Shaun. B., Miranda-Moreno, L., Saunier, N. (2013). Crash severity analysis at roundabout: A case study in Qubec, Canada, *Transportation Research Board*, Washington, D.C., No (43), 1-14.

– Tocchetti, L. (2010). Identifying crash contributory factors at urban

www.SID.ir

roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types. University of Naples Federico II, Department of Transportation Engineering, Naples, Italy.

www.SID.ir

www.SID.ir