

شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی در شهر تهران

محمد رضا مهماندار^۱

از صفحه ۹ تا ۳۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

اکتشاف و تجزیه و تحلیل پارامترهای مهمی که باعث وقوع تصادفات در بزرگراه‌ها می‌شوند، می‌تواند به بهبود ترافیک کمک کنند. این مقاله به یک مسئله بهینه‌سازی چند پارامتری در راستای شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی در شهر تهران اشاره دارد و از یک مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک برای انجام تجزیه و تحلیل استفاده می‌کند. روش این پژوهش، توصیفی - مقطعی است. جامعه آماری این پژوهش را داده‌های تصادفات در بزرگراه‌های شهر تهران در طول سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ تشکیل می‌دهند. در این پژوهش سعی شده است با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک، پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات در شهر تهران شناسایی و اولویت‌بندی گردند. به این منظور در مدل ترکیبی، میزان شدت تصادف به‌عنوان متغیر وابسته و ۴ دسته کلی از متغیرها یعنی آب‌وهوا، جاده، وسیله نقلیه و راننده به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از روش هوش مصنوعی و پیش‌پردازش داده‌ها، ساختار بهینه مدل شبکه عصبی تعیین و در نهایت، نتیجه مدل شبکه عصبی به‌عنوان ورودی الگوریتم ژنتیک در نظر گرفته شد. یافته‌ها علاوه بر تعیین پارامترهای اصلی مؤثر بر شدت تصادفات (رفتار راننده، چگونگی حرکت وسیله نقلیه، نوع وسیله نقلیه و وضعیت ایمنی سطح سواره‌رو بزرگراه‌ها) نشان می‌دهد که الگوریتم ترکیبی، عملکرد خوبی در شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات دارد و می‌تواند یک بینش جدید را در راستای طراحی الگو در جهت درک بهتر و پیشگیری از حوادث مرتبط با آسیب‌های تصادفات در آینده فراهم سازد.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم ژنتیک، ایمنی ترافیک، بهینه‌سازی، تصادفات بزرگراهی، شبکه عصبی.

مقدمه

یکی از نیازهای اساسی بشر برای زندگی مطلوب و رسیدن به کمال و سعادت در تمامی نظام‌های ارزشی، برخورداری از امنیت در ابعاد مختلف آن است. امنیت جانی، یکی از ابعاد امنیت است که در بسیاری از نظام‌های ارزشی و حقوقی علی‌الخصوص نظام ارزشی اسلامی حائز اهمیت شناخته شده است. آسیب‌های ناشی از سوانح ترافیکی هر ساله جان بیش از ۱/۲ میلیون نفر را در سراسر دنیا می‌گیرد و حدود ۲۰ تا ۵۰ میلیون آسیب بر جای می‌گذارد (زو^۱، ۲۰۱۳: ۳۱). حوادث ترافیکی در سراسر دنیا به‌عنوان علت اصلی ناتوانی و مرگ‌ومیر شناخته شده‌اند و یک مشکل عمده در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (طراوت‌منش، ۲۰۱۵: ۱۶۱)^۲. در خصوص کشور ایران که هم‌اکنون در مرحله رشد فزاینده و وسایل نقلیه و به‌دنبال آن، افزایش تعداد تصادفات و خسارات ناشی از آن قرار دارد، این مسئله از اهمیت بیشتری برخوردار است. تعداد تصادفات ترافیکی به‌طور چشمگیری در کشور رو به افزایش است که خسارات جانی و مالی ناشی از آن، هزینه سنگینی را به کشور وارد می‌کند (قدیرزاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳-۲۲). در این میان، شهر تهران بیشترین آمار کشته‌شدگان و مجروحان تصادفات درون‌شهری را به خود اختصاص داده است. آمارهای کروکی‌های ترسیم‌شده توسط پلیس راهنمایی و رانندگی نشان می‌دهند که در سال ۱۳۹۶ در شهر تهران، مجموع تعداد کشته‌شدگان ۱۴۱ نفر و مجروحان و آسیب‌دیدگان از تصادفات وسایل نقلیه ۷۷۲۶۹ است (مرکز آمار و بهره‌دهی راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ).

هر انسان، منحصر به فرد و غیرقابل جایگزین است و پذیرفته نیست که این تعداد هر ساله بر اثر تصادفات کشته و یا مصدوم شوند (پورمعلم و قربانی، ۱۳۹۰: ۱). عوامل

1.Zhu

2.Taravatmanesh

زیادی در بروز این حوادث دخیل هستند. از آنجا که تصادفات شدید بزرگراهی، عامل اصلی بسیاری از این حوادث از قبیل مرگ و مجروحیت بوده است و برای شناسایی هر پدیده، باید علت‌های مؤثر در آن را مورد مطالعه قرار داد (صفرزاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۴۵۹)، شناسایی فاکتورهای مؤثر بر این حوادث می‌تواند امری مهم در ایمنی حمل و نقل باشد؛ به نحوی که یک برآورد صحیح از آن‌ها می‌تواند نقشی اساسی در موفقیت کارهای اجرایی داشته باشد (ابی‌ترابی، ۱۳۸۸: ۱-۱۳).

اگرچه تاکنون تلاش‌های زیادی برای بررسی شدت تصادف‌های ترافیکی انجام شده، ولی کمتر به بررسی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی پرداخته شده است. با وجود پیشرفت‌های مهم در زمینه افزایش ایمنی در بزرگراه‌ها، تصادف‌های چشمگیر با شدت‌های زیاد همچنان در بزرگراه‌ها رخ می‌دهند؛ به نحوی که ۳۳ درصد تصادفات شدید (فوتی و جرحی) از مجموع کل تصادفات در شهر تهران مربوط به معابر بزرگراهی و ۲۱ درصد از کل تصادفات مناطق بزرگراهی، تصادفات شدید (فوتی و جرحی) بوده است. شناسایی پارامترهای مؤثر بر چنین حوادثی و اولویت‌بندی آن‌ها در این معابر، ایده‌ای جالب و امری ضروری بوده و می‌تواند راهی برای کاهش تصادفات شدید درون‌شهری در شهر تهران باشد. به همین دلیل، پژوهشگران سعی در استفاده از مدل‌ها و روش‌هایی دارند تا در عین سادگی، دقت بالایی داشته باشند؛ به طوری که بتوانند با توجه به شرایط عدم قطعیت موجود (تصادفی بودن) در وضعیت ترافیک، یک برآورد با حداقل اختلاف بین نتایج خروجی و داده‌های ورودی داشته باشند. پژوهشگران عموماً از مجموعه گسترده‌ای از متغیرهای غیروابسته، شمار کاهش یافته‌ای از متغیرها را برای ورود به مدل استخراج می‌کنند. یک مشکل مطرح در چنین مطالعاتی، وجود اطلاعات مازاد بر احتیاج و پارامترهای کاندیدایی است که می‌بایستی به‌طور صحیح و مؤثر نشان داده شوند.

هدف اصلی از انجام این پژوهش، شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات

بزرگراهی و هدف فرعی، ارزیابی و اولویت‌بندی آنان با ارائه مدل ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب بوده است؛ و به‌عنوان مطالعه موردی از داده‌های تصادفات بزرگراهی درون شهر تهران استفاده می‌شود، چراکه متداول‌ترین مجموعه داده در خصوص تصادفات، به کروکی‌های ترسیم‌شده تصادفات توسط پلیس راهور مربوط می‌باشد که تقریباً شامل توصیف تمامی ویژگی‌ها و ارتباط متغیرهای دخیل بر یک حادثه می‌باشد. بنابراین با توجه به اهداف این پژوهش، سؤال اصلی این است که پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی در شهر تهران کدامند؟

فرایند و مدل‌های آماری استفاده‌شده در این پژوهش برای شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی و اولویت‌بندی آنان، ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب (NSGA-II) با استفاده از داده‌های موجود و تحلیل روابط میان آن‌ها در پیش‌بینی‌ها می‌باشد. معرفی و شناسایی پارامترهای جدید در الگوریتم‌های پژوهش‌هایی بهینه‌سازی چندهدفه می‌تواند از طریق الگوریتم ژنتیک صورت پذیرد؛ چراکه الگوریتم ژنتیک، توان انتخاب بهترین متغیرها را دارد (الکساندر و پولوس^۱، ۲۰۱۹؛ ۳۵-۵۵). الگوریتم ژنتیک، یک تکنیک جست‌وجو برای یافتن راه‌حل تقریبی برای مسائل بهینه‌سازی می‌باشد. الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب NSGA-II، جزو روش‌های مستقیم حل مسائل چندهدفه می‌باشد. با توجه به سرعت و دقت بیشتر این روش نسبت به سایر روش‌ها و همچنین ارائه یک سیستم پشتیبان تصمیم به‌عنوان رهیافتی تازه در مسائل چندهدفه، جانشین مناسبی برای روش‌های تجزیه و روش‌های سنتی خواهد بود (امین‌زاده گوهرریزی؛ ۲۰۱۶؛ ۱۵-۲۶).

نتایج مطالعه، علاوه بر شناسایی و معرفی پارامترهای مؤثر بر تصادفات شدید

بزرگرایی که در پژوهش‌های پیشین، کمتر به آن‌ها توجه شده است، نشان می‌دهد که شیوه ترکیب الگویتیم ژنتیک و شبکه عصبی می‌تواند کاربردهای ویژه‌ای در مسائل بهینه‌سازی داشته باشد.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های فراوانی در سال‌های گذشته برای مدل‌سازی تصادفات به‌ویژه در آزادراه‌ها و بزرگراه‌های جاده‌ای و درون‌شهری انجام شده است تا عوامل مؤثر بر رخداد تصادفات و شدت آن‌ها، شناسایی و برای بهبود شرایط ایمنی، مهار یا اصلاح شوند.

قنبری و همکارانش (۱۳۹۸) به بررسی سهم عوامل مؤثر بر شدت تصادفات در جاده‌های بین‌شهری با استفاده از مدل لاجیت ترتیبی پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که مدل لاجیت ترتیبی، کارایی بیشتری نسبت به مدل شبکه عصبی دارد؛ علاوه بر آن، حضور عابران پیاده، بیشترین اثر افزایشی در شدت تصادفات را دارد و تصادف عقب به پهلوی راست، بیشترین اثر کاهشنده را در بین پارامترهای مؤثر دارد. از طرفی فاصله از مبدأ، کمترین اثر افزایشی و تصادف در ساعات اولیه صبح، کمترین اثر کاهشنده را در شدت تصادفات دارند. بعد از عابر پیاده، حضور خودروهای سنگین در شب، بیشترین سهم را در افزایش تصادفات به خود اختصاص داده است. خبیری و همکارانش (۱۳۹۷) به پیش‌بینی و بررسی عوامل شدت تصادفات جاده‌ای با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که حضور وسیله نقلیه سنگین و خودرو سواری، مهم‌ترین عامل در تخمین شدت تصادفات موتورسیکلت‌ها است و احتمال آسیب‌دیدگی را افزایش می‌دهد. در تصادفات مربوط به خودرو سواری، عوامل خستگی و خواب‌آلودگی، حضور عابر پیاده و انحراف به چپ خودرو، بر شدت تصادفات خودرو سواری تأثیر مستقیم

دارد. همچنین در تصادفات مربوط به کامیون‌ها، نتایج بیان می‌کنند که انحراف به چپ کامیون، سن بالای راننده و افزایش سرعت خودرو، از مهم‌ترین عوامل افزایش سطح جراحت در این نوع تصادفات است. زمانی که تصادف کامیون به شکل واژگونی اتفاق بیفتد، می‌توان انتظار سطح جراحت کمتری داشت.

بهرالعلوم و همکارانش^۱ (۲۰۱۷) به تعیین نقش عوامل مؤثر در شدت تصادفات دوچرخه‌سواران پرداخته‌اند. علاوه بر این، به مقایسه دو مدل پرابیت و لاجیت ترتیبی پرداخته‌اند؛ به طوری که نتایج نشان می‌دهد که پرابیت ترتیبی، کارایی و پاسخ‌های مناسب‌تری نسبت به مدل لاجیت ترتیبی ارائه می‌کند. پارامترهایی که در این مدل مهم ارزیابی شده‌اند، عبارتند از سن دوچرخه‌سوار، استفاده از کلاه ایمنی، وضعیت روشنایی، موقعیت مکانی تصادف، وضعیت سطح روسازی راه و محدوده سرعت.

الخدر و همکارانش^۲ (۲۰۱۷) یک مدل شبکه عصبی مصنوعی ارائه کردند و برای افزایش کارایی آن، داده‌های تصادفات را با روش کی - مینز به سه دسته تقسیم کردند؛ سپس شبکه عصبی را برای هر دسته به کار بردند. آن‌ها از مدل پرابیت ترتیبی برای مقایسه نتایج استفاده کردند. در این پژوهش، آن‌ها شدت تصادفات را به چهار دسته کم، معمولی، شدید و فوتی تقسیم کردند. چن و همکارانش^۳ (۲۰۱۶) مدل‌های غیرپارامتری و مدل‌های هوش مصنوعی را برای مطالعه روی الگوهای صدمات حوادث و تصادفات پیشنهاد کرده‌اند. پارک و همکارانش^۴ (۲۰۱۶) با استفاده از روش داده‌کاوی به تفکیک مقاطع راه بر اساس ویژگی‌های منجر به تصادفات شدید پرداخته‌اند. برای این منظور، آن‌ها از روش کی - مینز برای دسته‌بندی داده‌ها استفاده کرده و در هر دسته با استفاده از رگرسیون لجستیک، به پیش‌بینی اثر

1. Bahrololoom, S., et al.

2. Alkheder., Et al.

3. Chen. et al.

4. Park. Et al.

پارامترهای مختلف بر شدت تصادفات اقدام کردند.

یو و ابدل^۱ (۲۰۱۴) عملکرد اجرایی مدل SVM را با مدل‌های پارامتری رندومی و مدل‌های پارامتری ثابت مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر این موضوع بود که مدل SVM و مدل‌های پارامتری رندومی، بهتر از مدل‌های پارامتری ثابت است. لی و همکارانش^۲ (۲۰۱۲) مدل SVM^۳ را برای تحلیل و پیشگویی شدت وقایع، حوادث، صدمات و تشخیص میزان تأثیر فاکتورها که دربرگیرنده واحد قیاس احتمالات آماری بر اساس حداقل انحراف از میزان متوسط برای خروجی‌های مدل‌های SVM می‌باشد، استفاده کردند. چن و چن^۴ (۲۰۱۱) نیز یک مدل لاجیت ترکیبی برای نشان دادن تفاوت در شدت تصادفات خودروهای سنگین در تصادفات تک‌خودرویی و چندخودرویی ارائه کردند. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که پارامترهای زیادی از جمله سن، خستگی، حمل مواد خطرناک و... بیشترین اثر را در شدت تصادفات دارند.

ژو^۵ (۲۰۱۱) بیان نمود که رفتار رانندگان مانند مصرف مواد مخدر، عدم توجه به جلو و رانندگی خطرناک، از اهمیت بالایی در پیش‌بینی شدت تصادفات برخوردار می‌باشد. دالن^۶ و همکارانش (۲۰۰۶) از هشت مدل شبکه عصبی چندلایه دودویی برای تعیین ارتباط غیرخطی بین فاکتورهای مرتبط با تصادف و شدت تصادف استفاده کرده‌اند. در پژوهش‌های آن‌ها، عامل‌هایی مانند بستن کمربند، جنسیت، مصرف مواد مخدر و نقش وسایل نقلیه، در شدت تصادفات مؤثر بودند. این در حالی است که تأثیر وضعیت آب‌وهوا بر شدت تصادفات چندان به چشم نخورد.

-
1. Yu and Abdel-Aty
 2. Li et al
 3. Support Vector Machine
 4. Chen
 5. Zhu
 6. Delen

شیوه‌های تحلیلی مورد استفاده در مطالعات قبلی هنوز با چالش‌ها و یا محدودیت‌هایی در کارایی مواجه هستند. در پژوهش پیش رو برای شناسایی و بررسی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات بزرگراهی، از اطلاعات حاصل از کروکی‌های ترسیمی پلیس راهور و همچنین مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب برای رفع محدودیت‌ها و دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر استفاده شده است.

شبکه عصبی مصنوعی: یکی دیگر از روش‌های تحلیل شدت حوادث، شبکه هوش مصنوعی^۱ می‌باشد که برای مدت‌های طولانی برای تحلیل شدت حوادث و وقایع مورد استفاده قرار گرفته و اخیراً استفاده از این شیوه به شدت در حال توسعه است. تکنیک شبکه عصبی به خاطر قابلیت خوب آن در مدل‌سازی غیرخطی به شکل گسترده در پیش‌بینی‌ها به کار برده شده است. به منظور بررسی فاکتورهای مؤثر بر پیش‌بینی یک رخداد می‌توان از شبکه‌های عصبی استفاده کرد. مهم‌ترین قسمت برای ساخت یک شبکه عصبی برای پیش‌بینی یک رخداد، انتخاب متغیرهای ورودی می‌باشد (عبدالوهاب^۲، ۲۰۰۳). همه این روش‌ها، قدرت و استعداد انطباق‌پذیری را نشان می‌دهند که پژوهشگران با استفاده از آن‌ها توانسته‌اند به نتایج مفیدی دست یابند که البته با آمدن داده‌های بزرگ، بهینه‌سازی میزان کارایی در طول تحلیل به نگرانی اولیه در عمل تبدیل شده است.

شبکه‌های عصبی از عناصر عملیاتی ساده‌ای ساخته می‌شوند که به صورت موازی در کنار هم عمل می‌کنند. این عناصر از سیستم‌های عصبی زیستی الهام گرفته شده‌اند. در طبیعت، عملکرد شبکه‌های عصبی از طریق نحوه اتصال بین اجزا تعیین می‌شود؛ بنابراین می‌توان یک ساختار مصنوعی به تبعیت از شبکه‌های طبیعی ایجاد کرد و با

1. Artificial Neural Network

2. Abdelwahab

تنظیم مقادیر هر اتصال، تحت عنوان وزن اتصال، نحوه ارتباط بین اجزای آن را تعیین نمود (کیا^۱، ۲۰۱۲).

الگوریتم ژنتیک (GA): طبیعت همواره بزرگ‌ترین و بهترین معلم انسان‌ها بوده است. آدمی با الهام از طبیعت دست به ساخت وسایل و ارائه روش‌هایی زده است که اکثراً در بین موارد مشابه خود بهترین بوده‌اند. الگوریتم ژنتیکی یا وراثتی نیز نمونه‌ای از این روش‌ها می‌باشد. الگوریتم ژنتیک، یک روش بهینه‌سازی عددی است که بر پایه اصول داروین بوده و در آن از وراثتی طبیعی الهام گرفته شده است. این روش با توجه به توانایی‌های بالا، در بسیاری از شاخه‌ها و گرایش‌های کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، این روش قادر به حل طیف وسیعی از مسائل می‌باشد. نظر و پیشنهاد استفاده طرح اولیه، جهت حل مسائل عملی و کاربردی مهندسی، بارها در طول دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت تا اینکه اصول الگوریتم ژنتیکی در دانشگاه میشیگان آمریکا ارائه شد و کتابی تحت عنوان *سازش در سیستم‌های طبیعی و مصنوعی* منتشر شد که در حال حاضر می‌توان آن را مرجع اصلی در مبحث الگوریتم ژنتیک دانست (هلند^۲، ۱۹۷۵).

در ادامه، مقاله‌ها و بحث‌های فراوانی در مورد اعتبار و کارایی این الگوریتم در حل مسائل بهینه‌سازی ارائه شدند که تمامی آن‌ها مبین توانایی این روش در حل مسائل گوناگون بهینه‌سازی هستند. الگوریتم ژنتیک، عملیات جست‌وجو را از چندین نقطه در فضای پاسخ آغاز می‌کند که هر کدام از این نقاط، یک طرح اولیه و به بیان دیگر یک کروموزوم می‌باشند. با توجه به این موضوع، الگوریتم ژنتیک ابتدا تعدادی از این کروموزوم‌ها را ایجاد می‌نماید که به آن، جمعیت اولیه گفته می‌شود. تولید جمعیت اولیه می‌تواند به صورت کاملاً تصادفی و یا با اعمال نظر کاربر صورت پذیرد. پس از

1.Kia

2.Holland

ایجاد جمعیت اولیه، الگوریتم ژنتیک به بررسی این کروموزوم‌ها که در حقیقت طرح‌های اولیه می‌باشند، پرداخته و متناسب با برازندگی آن‌ها، مقادیری را به هریک نسبت می‌دهد؛ به طوری که هرچه طرح با شرایط موردنیاز ما، سازگارتر باشد، برازنده‌تر بوده و بنابراین مقدار عددی بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد.

پس از اتمام بررسی برازندگی تمام افراد جامعه، الگوریتم ژنتیک، افراد بهتر را برای ایجاد نسل آینده انتخاب کرده و افراد ضعیف را حذف می‌کند. سپس افراد انتخاب‌شده جهت ایجاد نسل بعدی تحت عمل عملگرهای تصادفی مانند انتخاب، پیوند و جهش قرار می‌گیرند. پس از اعمال این عملگرها، نسل جدیدی ایجاد می‌شود که معمولاً برازندگی بیشتری نسبت به نسل قبلی خود دارد. نسل جدید، جانشین نسل پیشین شده و این چرخه تا برآورده شدن معیارهای توقف الگوریتم ادامه خواهد یافت و نتیجه به برازنده‌ترین نسل همگرا شده که جواب مسئله موردنظر خواهد بود (ساعتی^۱، ۲۰۰۱).

الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب: الگوریتم ژنتیک، یکی از الگوریتم‌های اکتشافی حل مسئله است که از مدل‌سازی زیستی جمعیت جانداران به وجود آمده است. در این الگوریتم، خصوصیات نسل جانداران به مقدار توابع هدف و بهبود در خصوصیات نسلی در پی گذشت زمان تشبیه و ظهور نسل‌های جدید از آمیزش نسل‌های قبلی به بهبود در مقدار توابع هدف مانند شده است. به عبارت دیگر این الگوریتم از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول یا جواب بهینه به منظور پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کند. روش کار و الگوریتم کلی NSGA-II که یکی از حالت‌های چندهدفه الگوریتم ژنتیک می‌باشد، به شرح ذیل است:

۱. ایجاد جمعیت اولیه؛

۲. محاسبه معیارهای برازندگی؛

۳. مرتب‌کردن جمعیت بر اساس شرط‌های غلبه کردن؛

۴. محاسبه فاصله ازدحامی^۱؛

۵. انتخاب: به محض اینکه جمعیت اولیه بر اساس شرط‌های غلبه کردن مرتب شد، مقدار فاصله ازدحامی در آن محاسبه خواهد شد و انتخاب از میان جمعیت اولیه آغاز می‌شود؛

۶. انجام تقاطع یا تولید مثل^۲ و جهش^۳ برای تولید فرزندان جدید؛

۷. تلفیق جمعیت اولیه و جمعیت به دست آمده از تقاطع و جهش؛

۸. جایگزین کردن جمعیت والدین با بهترین اعضای جمعیت تلفیق شده در مراحل قبل. در مرحله نخست، اعضای رتبه‌های پایین تر جایگزین والدهای قبلی می‌شوند و سپس بر اساس فاصله ازدحامی مرتب می‌شوند. جمعیت اولیه و جمعیت ناشی از تقاطع و جهش، ابتدا بر حسب رتبه دسته‌بندی می‌شوند و قسمتی از آن‌ها که دارای رتبه پایین تری هستند، حذف می‌گردند. در مرحله بعد، جمعیت باقی مانده بر اساس فاصله ازدحامی مرتب می‌شوند؛

تمامی مراحل تا نسل بهینگی مورد نظر تکرار می‌شوند (کوئلو کوئلو^۴ و همکاران، ۲۰۰۷: ۹۲-۹۳).

روش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش‌های کمی گردآوری داده‌ها، توصیفی - مقطعی است. گردآوری اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی و استفاده از داده‌های آماری مربوطه انجام گرفته است. متغیر وابسته احتمال شدت تصادفی می‌باشد که در هر تصادف تجربه شده است و متغیرهای مستقل به ۴

1. Crowding Distance

2. Crossover

3. Mutation

4. Coello Coello

دسته کلی تقسیم شده‌اند: آب‌وهوا، جاده، وسیله نقلیه و راننده. به‌منظور مدل‌سازی و برنامه‌نویسی توابع هدف مسئله و اجرای الگوریتم، از یک کد رایانه‌ای در محیط نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

در این مقاله از الگوریتم NSGA-II که یک الگوریتم چندهدفه و دارای خواص همگرایی بهتر نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد، برای حل مسئله شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات در معابر بزرگراهی شهر تهران به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی اهداف چندگانه استفاده گردید. همچنین در این پژوهش به‌منظور تحلیل کمی، یک شاخص برای به‌دست‌آوردن اهمیت پارامترها (F_S) بر اساس قضیه Schema در الگوریتم ژنتیکی تعریف می‌شود. قضیه Schema می‌تواند مشخصه پدیده تکامل در GA را بیان نماید. یک Schema اطلاعات مفید و امیدبخش موجود در جمعیت را کد می‌کند. این قضیه توسط جان هلند معرفی شده و به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ابزار برای تجزیه و تحلیل فرایند GA مورد استفاده قرار گرفته است.

تفاوت اصلی پژوهش حاضر با سایر مقالاتی که از این الگوریتم برای شناسایی و انتخاب استفاده کرده‌اند، ترکیب دو الگوریتم NSGA-II و NN در شناسایی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات در معابر بزرگراهی شهر تهران و تعیین میزان اهمیت آنان می‌باشد که به‌خوبی می‌تواند بیانگر توانایی این الگوریتم در حل مسائل دقیق و اجرایی تصمیم‌گیری‌های چندهدفه باشد.

در واقع یکی از انواع مهم الگوریتم‌های یادگیری ماشین، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که در مدل به‌کار گرفته شده در این پژوهش استفاده شده و دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد.

۱- اندازه بزرگ داده‌های نمونه می‌تواند پیچیدگی‌های شبکه را بهبود بخشد و اثرات مخرب جزئی را کاهش دهد؛

۲- تابع تخصیص در ANN، یک تابع Tansig است که مقادیر خروجی بین ۱- و

۱+ را تولید می‌کند که می‌تواند توانایی مقابله با وقایع غیرخطی و نابرابری‌ها را افزایش دهد؛

۳- با عملیات نرمالیزه کردن ورودی / خروجی به کاهش تأثیر داده‌های خارج از محدوده کمک کند.

با توجه به همبستگی احتمالی بین پارامترهای کاندید، مدل چندمنظوره بهینه‌سازی استفاده‌شده در این پژوهش به‌خودی‌خود توانایی انتخاب مهم‌ترین پارامترهای مستقل را دارد؛ حتی اگر مشکلات همبستگی وجود داشته باشد. در واقع، مقدار پارامتر بهینه که از مدل استفاده‌شده در این پژوهش تعیین شده، توانایی مدل در پردازش همبستگی را منعکس کرده است. خطاهای پیش‌بینی پس از به‌دست‌آوردن تعداد پارامتر بهینه افزایش می‌یابند که عمدتاً به‌دلیل افزایش همبستگی بین پارامترها است. مدل به‌کاررفته می‌تواند به‌طور اتوماتیک، پارامترهایی را که کمتر بر عملکرد کلی تأثیر دارند و یا اثر منفی دارند، کشف و حذف کند.

نواحی مورد مطالعه در این مقاله، بزرگراه‌های واقع در شهر تهران (نواحی بزرگراهی ۲۳ تا ۲۶) می‌باشند. در این پژوهش از اطلاعات به‌دست‌آمده از آمار کروکی‌های ترسیم‌شده اداره تصادفات راهنمایی و رانندگی شهر تهران در نواحی بزرگراهی (۲۳ تا ۲۶) برای سه سال (از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) در بزرگراه‌ها استفاده شده است. این مطالعه روی اطلاعات و داده‌های به‌دست‌آمده از کروکی‌های ترسیم‌شده پلیس راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ در خصوص تصادفات رخ داده‌شده برای سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ در ۴ حوزه بزرگراهی شهر تهران انجام گرفته است که در جدول ۱، آن را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱. خلاصه‌ای از آمار تصادفات برای ۴ حوزه بزرگراهی در شهر تهران از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶

تصادفات فقط خسارتی		تصادفات شدید (فوتی و جرحی)		مجموع تصادفات		
٪۷۹	۸۱۶۹	٪۲۱	۲۱۲۱	۱۰۲۹۰	سال ۱۳۹۴	اطلاعات در سال‌های متفاوت
٪۸۰	۹۳۰۳	٪۲۰	۲۳۳۵	۱۱۶۳۸	سال ۱۳۹۵	
٪۷۹	۹۵۲۲	٪۲۱	۲۵۱۰	۱۲۰۳۲	سال ۱۳۹۶	
٪۷۸	۱۱۲۴۴	٪۲۲	۳۱۱۱	۱۴۳۵۵	حوزه بزرگراهی ۲۳	اطلاعات در مناطق متفاوت
٪۸۴	۷۱۴۹	٪۱۶	۱۳۹۲	۸۵۴۱	حوزه بزرگراهی ۲۴	
٪۷۸	۶۸۸۱	٪۲۲	۱۹۵۴	۸۸۳۵	حوزه بزرگراهی ۲۵	
٪۷۷	۱۷۲۰	٪۲۳	۵۰۹	۲۲۲۹	حوزه بزرگراهی ۲۶	

طبق جدول فوق، مجموع تصادفات در طول دوره برابر با ۳۳۹۶۰ تصادف بوده است. همه داده‌ها در سه دسته برحسب سال دسته‌بندی شده‌اند. علاوه بر این، آن‌ها برحسب ویژگی مکانی به چهار مجموعه (بزرگراهی) تقسیم‌بندی شده‌اند. محاسبه میزان شدت در حوادث، معمولاً در اکثر الگوهای آسیب به‌عنوان متغیر هدف در نظر گرفته می‌شود.

برای سطح‌بندی شدت حوادث از مقیاس KABCO برای دسته‌بندی اطلاعات استفاده می‌کنیم که پارامترهای مورداستفاده عبارتند از:

«K»: مصدومیت‌های مرگ‌بار شامل مرگ‌هایی است که طی سی روز پس از آسیب در یک تصادف خودرو رخ می‌دهد.

«A»: صدمات جدی شامل شکستگی جمجمه، آسیب‌های داخلی، اندام‌های شکسته یا قطع شده و ناتوانی در ترک صحنه بدون کمک.

«B»: آسیب‌های جزئی قابل مشاهده از قبیل ساییدگی در میچ دست‌ها و سر که به‌صورت جزئی می‌باشد.

«C»: آسیب‌های جزئی شامل حالت تهوع و شکایت درد بدون علایم قابل مشاهده (شدت آسیب ناشناخته است).

«O»: بدون مرگ‌ومیر و آسیب بدنی (خسارتی)، فقط صدمه به اموال.

در این مطالعه، از آنجاکه حفاظت و زنده ماندن در تصادفات برای افراد از مهم‌ترین قسمت‌ها محسوب می‌شود؛ لذا تمامی داده‌های تصادفات در دو دسته کلی با عناوین تصادفات شدید (فوتی و جرحی) و تصادفات خسارتی دسته‌بندی و به آن‌ها پرداخته شده است. بیش از یک‌صد آیتم از کاراکترهای دخیل در حوادث در گزارش‌های پلیس توصیف و ارائه شده است.

آب‌وهوا، زمان، جاده، وسیله نقلیه و راننده، ۴ طبقه‌بندی از این کاراکترها و آیتم‌ها می‌باشند که می‌توانند در ایمنی ترافیک مؤثر باشند. بر اساس ضرایب همبستگی قوی میان این فاکتورها در این پژوهش، ۱۳ فاکتور از این چهار دسته را انتخاب و مورد تحلیل قرار داده‌ایم. قبلاً در خصوص شیوه کار این‌طور توضیح داده شد که با توصیف داده‌ها و مراحل پیش‌پردازش، ابتدا تمامی داده‌های ناقص و غیرمرتبط در گزارش‌ها را در مجموعه داده‌ها کنار گذاشته و سپس داده‌هایی را که شامل وجوه مشترک هستند، ترکیب و به داده‌هایی با مقدار منحصر به فرد و یکتا دسته‌بندی می‌کنیم که اساس این ترکیب بر مبنای شباهت آثار آن‌ها در ایمنی ترافیک می‌باشد؛ برای مثال، حالت خواب‌آلودگی، خستگی و بیماری و کسالت ترکیب می‌شوند و یک گروه جدید تشکیل داده که مقدار آن، نشان‌دهنده مقدار ناخوشی راننده است. عمل دیگر، برگرداندن فاکتورهای رقمی به دسته‌بندی‌های قابل شمارش است؛ برای مثال، تمامی ۲۴ ساعت شبانه‌روز را با مقادیر زیر جایگزین می‌کنیم. نیمه‌شب، ساعات اولیه صبح، ساعات روز و ساعت بعدازظهر. جداول ۲ تا ۵، خلاصه‌ای از ویژگی‌های ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها را برای داده‌های انتخابی نشان می‌دهند.

جدول ۲. تعاریف و مقادیر بُعد آب‌وهوایی

ابعاد	شماره مؤلفه	مؤلفه	شاخص
آب‌وهوا / زمان	۱	ماه	(۱) فروردین - خرداد، (۲) تیر - شهریور، (۳) مهر - آذر، (۴) دی - اسفند
	۲	روزهای هفته	(۱) شنبه، (۲) یکشنبه، (۳) دوشنبه، (۴) سه‌شنبه، (۵) چهارشنبه، (۶) پنجشنبه، (۷) جمعه
	۳	ساعات شبانه‌روز	(۱) نیمه‌شب، (۲) ساعات شلوغی صبح، (۳) ساعات شلوغی عصر، (۴) دیگر ساعات روز
	۴	آب‌وهوا	(۱) صاف یا نیمه‌بری، (۲) ابری، (۳) باد شدید، (۴) برف و بوران / تگرگ، (۵) برفی و بارانی، (۶) مه یا دودآلود / طوفان و وزش شن و ماسه و خاک

جدول ۳. تعاریف و مقادیر بُعد جاده‌ای

ابعاد	شماره مؤلفه	مؤلفه	شاخص
جاده	۵	شرایط سطح سواره‌رو	(۱) خشک، (۲) مرطوب / آب ایستا، (۳) شن و ماسه / خاک، (۴) روغن، (۵) یخ / برف / گل و لجن
	۶	شرایط روشنایی	(۱) روشن / طول روز، (۲) غروب آفتاب / سپیده‌دم (۳) تاریک - چراغ خیابان روشن، (۴) تاریک - چراغ خیابان خاموش
	۷	مشخصات جاده	(۱) هم‌سطح و هم‌تراز / راست / مستقیم (۲) منحنی و هم‌سطح / منحنی (دارای قوس) و ناهم‌سطح / منحنی (دارای قوس) در پیچ‌ها (۳) تراز و درجه / قوس و درجه

جدول ۴. تعاریف و مقادیر بُعد وسیله نقلیه

ابعاد	شماره مؤلفه	مؤلفه	شاخص
وسیله نقلیه	۸	نوع وسیله نقلیه	(۱) ماشین مسافربر / تاکسی (۲) اتوبوس، (۳) اتوبوس مدرسه، (۴) کامیون یا تریلر / کامیون / وانت / تراکتور کامیونی / تراکتور مزرعه و یا تجهیزات مزرعه، (۵) موتورسیکلت (۶) اسکوتر
	۹	عمل (حرکت) وسیله نقلیه	(۱) حرکت مستقیم، (۲) تغییر جهت و عوض کردن مسیر، (۳) گردش به‌راست / گردش به‌چپ / گردش، (۴) ادغام (ورد به ترافیک)، (۵) سبقت‌گرفتن و عبورکردن، (۶) شروع از موقعیت پارک‌شده / شروع به حرکت در خط ترافیک، (۷) توقف در حاشیه راه / توقف در سطح سواره‌رو به‌خاطر ترافیک، (۸) پارک در جای قانونی، (۹) پارک در جای غیرقانونی، (۱۰) ورود به خیابان‌های یک‌طرفه به‌صورت نادرست، (۱۱) پدک

جدول ۵. تعاریف و مقادیر بُعد راننده

ابعاد	شماره مؤلفه	مؤلفه	شاخص
راننده	۱۰	سن راننده	(۱) نوجوان (۲) جوانان (۳) میان‌سال (۴) پیر
	۱۱	جنسیت راننده	(۱) مرد (۲) زن
	۱۲	دقت و تمرکز راننده	(۱) تجهیزات معیوب. (۲) نادیده‌گرفتن / حواس‌پرتی / عدم شناخت محدودیت‌های راننده / عملیات ارتباطی دستی / غذاخوردن یا نوشیدن / اختلالات راننده در داخل خودرو / عملکرد سایر دستگاه‌های الکترونیکی / تنظیم صدا یا سرگرمی / تغذیه / سیگارکشیدن / خواندن یا نوشتن / کارکردن دست با تلفن / تعامل با مسافران، حیوانات (۳) خواب‌آلودگی / خستگی / بیماری (۴) عبور غیرمجاز / گردش (۵) سرعت ایمن / محدودیت سرعت ثبت‌شده، بی‌توجهی به نشانه‌های توقف - چشم‌کازن قرمز / فلش زرد / علائم افسر (۶) مصرف دارو / تحت‌تأثیر مواد مخدر.
	۱۳	کمربند ایمنی	(۱) عدم استفاده از کمربند (۲) استفاده از کمربند

یافته‌ها

برای مدل ترکیبی پیشنهادشده، پارامترهای مهم NSGA-II در الگوریتم NSGA-II و NN در جدول ۶ لیست شده است.

جدول ۶. مقادیر تعریف‌شده برای المان‌های الگوریتم NSGA-II در پیاده‌سازی الگوریتم ترکیبی NSGA-II و NN

مقادیر تعریف‌شده برای هر المان	المان‌های الگوریتم NSGA-II
۱۳	تعداد متغیرهای تصمیم
۱۰۰	حداکثر تعداد تکرارها
۵۰۰	جمعیت اولیه
۰/۶۵	نسبت تقاطع
۰/۱	نسبت جهش
۰/۲۵	احتمال جهش

الگوریتم مورد استفاده از نوع پس‌پراکنش می‌باشد. در این شبکه، هر نورون با کلیه نورون‌های لایه بعد در ارتباط می‌باشد. کلیه ارتباطات به سمت جلو بوده و هیچ‌گونه

ارتباط برگشتی وجود ندارد. این شبکه‌ها یکی از عمومی‌ترین و پرکاربردترین مدل‌ها می‌باشد. به‌طور کلی دو نوع داده را می‌توان به‌عنوان داده‌های ورودی به شبکه عصبی مورد استفاده قرار داد که شامل داده‌های صرفاً آماری که مربوط به مشاهدات و آمار تصادفات شدید در طول زمان با درجه تفکیک مشخص، مانند داده‌های ماهانه یا سالانه است و نوع دوم، داده‌های ورودی شامل نوع اول به‌علاوه داده‌های فیزیکی مرتبط با تصادفات هستند مانند آب‌وهوا، زمان، جاده، وسیله و راننده و

در این پژوهش، از داده‌های نوع دوم داده‌ها استفاده گردیده است. علاوه بر مطالب گفته‌شده برای مدل ترکیبی پیشنهادشده، پارامترهای مهم NN در الگوریتم در جدول ۷ لیست شده‌اند.

جدول ۷. مقادیر تعریف‌شده برای المان‌های الگوریتم NN در پیاده‌سازی الگوریتم ترکیبی NSGA-II و NN

مقادیر تعریف‌شده برای هر المان	المان‌های الگوریتم NN
۳	ساختار شبکه (تعداد لایه)
TANSIG	تابع محرک
Trainlm	الگوریتم آموزش (تعلیم)
۱۵۰۰	تعداد حداکثر دوره‌ها در آموزش
۵	حداکثر خطاهای معتبر
MSE	معیار ارزیابی

جواب‌های بهینه از مجموعه پارتو برای سال ۱۳۹۴ با تعداد متفاوت از پارامترهای ورودی در جدول ۸ نمایش داده شده است.

جدول ۸. schema حاصل از جواب‌های مجموعه پارتو برای سال ۱۳۹۴

شماره پارامترهای ورودی	جواب مجموعه پارتو	خطای به دست آمده از جواب بهینه	لیست ژن‌های برتر انتخاب شده	مرتب schema
۱	۰۰۰۰۰۰۰۱۰۰۰۰	۰/۱۲۴	o	o
۲	۰۰۰۰۰۰۰۰۱۰۱۰	۰/۱۲۱	o	o
۳	۰۰۰۰۰۰۰۱۱۰۰۱۰	۰/۱۲۰	o	o
۴	۰۰۰۰۰۰۱۱۰۰۱۱	۰/۱۱۹	o	o
۵	۰۰۰۰۱۰۰۱۱۰۰۱۱	۰/۱۱۸۶	o	o
۶	۰۱۰۰۱۰۰۱۱۰۰۱۱	۰/۱۱۸۸	o	o
۷	۰۰۰۰۱۰۰۱۱۱۱۱۱	۰/۱۱۹	o	o
۸	۰۱۰۰۱۰۰۱۱۱۱۱۱	۰/۱۱۹۳	o	o
۹	۰۱۰۰۱۰۱۱۱۱۱۱۱	۰/۱۱۹۶	o	o
۱۰	۰۰۱۰۱۱۱۱۱۱۱۱	۰/۱۱۹۱	{	
۱۱	۰۱۱۱۱۱۱۰۱۱۱۱۱	۰/۱۲۰۴	{;	
۱۲	۱۱۱۱۱۱۱۱۱۱۱۱۰	۰/۱۲۰۲	{1	

ستون چهارم از جدول فوق نشان می‌دهد که schema بیان شده، از الگوریتم NSGA-II برای انتخاب پارامترهای معرفی شده استفاده کرده که در آن، K پارامتر (ژن) مهم برای بیان L_k در هر ردیف است. اعداد بزرگ (رنگ قرمز) در پرانتز در لیست L_k در واقع پارامترهای جدید اضافه شده به پارامترها در L_{k-1} تأکید دارند؛ برای مثال، لیست ژن‌های برتر انتخاب شده در مرتبه اول یعنی {12} نشان می‌دهد که ۱۲ امین پارامتر (ژن) از رفتار و سلوک راننده به عنوان ژن مهم و برتر انتخاب شده است. در هر ردیف از جدول ۸، ژن‌های مهم جدید را اضافه می‌کنیم. از این رو، k شماره سریال مورد استفاده می‌باشد که برای مقایسه فاکتورهای جدید و معرفی شده به کار می‌رود. فرض کنید M مجموعه داده متفاوت و فرایند بهینه‌سازی مستقل از N آیت روی هر مجموعه از داده‌ها باشد. مجموعه پارتو حاصل n امین شبیه‌سازی از ژامین مجموعه داده است. تعداد (شماره) K از L_k schema i امین فاکتور، کاندیدایی است که برای

اولین بار در k_{inj} ظاهر می‌شود. سرانجام برای به‌دست‌آوردن شاخص F_s برای i امین فاکتور از رابطه (۱) استفاده می‌نماییم.

$$F_{si} = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^M (\omega_{1nj}) = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^M \left(\frac{13 - k_{inj} + 1}{14} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$(i=1,2,\dots,13, j=1,2,\dots,M, n=1,2,\dots,N)$

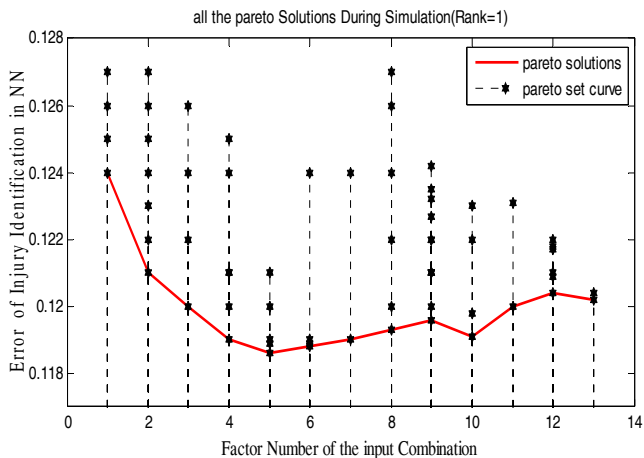
رابطه (۲)

$$f = \text{randi}([01], [1, m])$$

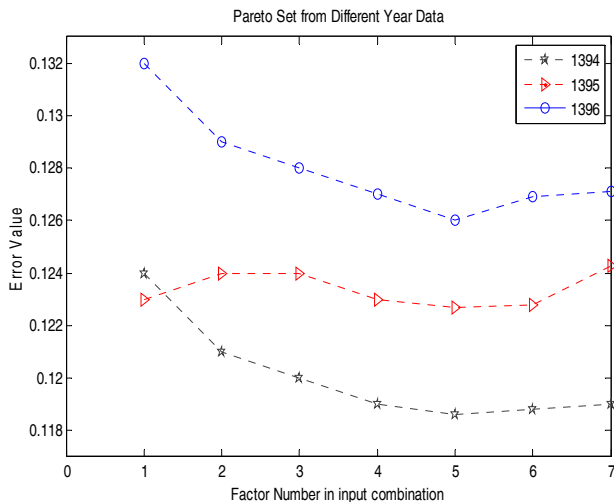
تعداد پارامتر بهینه برای شناسایی آسیب: برای تولید و به‌دست‌آوردن یک توالی باینری m بیتی از تابع زیر استفاده می‌گردد.

این تابع، جمعیت اولیه (فرضیه‌ها) را برای شروع کار فراهم می‌سازد. شبیه‌سازی با پارامترهای ورودی متفاوت آغازین با تغییر مقدار m از اولین تا سیزدهمین صورت می‌پذیرد. در شکل ۱، همهٔ جواب‌های پارتو از شبیه‌سازی داده‌ها در سال ۱۳۹۴ ثبت و ترسیم شده است. تعداد پارامترهای ورودی آغازین و خطای MSE از راه‌حل‌های پارتو، دو محور مختصات را در شکل ۱ تشکیل می‌دهند. شکل ۱ نشان می‌دهد که ترکیب چندین پارامتر (ژن) مجموعهٔ پارتو بیشتری (گسترده‌تری) نسبت به ترکیب تعداد بیشتر پارامترها ایجاد می‌نماید. در ابتدا، میزان خطاهای مجموعهٔ پارتو به‌صورت یکنواخت خطی کاهش می‌یابند؛ به قسمی که تعداد پارامترهای پیش‌بینی افزایش می‌یابند. عدد بهینه‌شده در حدود پنجمین یا ششمین مرحله، بهترین عملکرد شناسایی را نشان می‌دهد که پس‌از آن، دقت شناسایی بدتر می‌شود. خاصیت بهینه‌سازی NSGA-II را می‌توان توزیع‌های فوق‌العاده از راه‌حل‌های پارتو بیان نمود. منحنی‌های

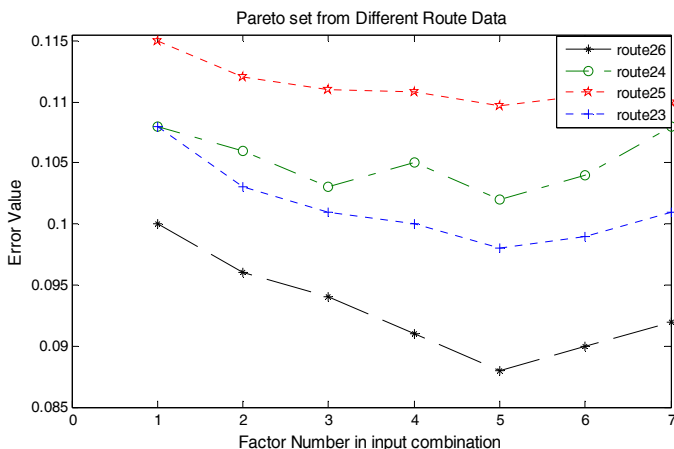
شبیه‌سازی شده مجموعه‌های پارتو تولید شده سال‌ها و جاده‌های مختلف در تصاویر شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است که همگی در این موضوع که تعداد پارامترهای بهینه برای شناسایی تصادفات آسیب‌های مهلک باید در حدود ۵ مورد باشند، همگرا می‌باشند.



شکل ۱. توصیف مجموعه جواب‌های پارتو از شبیه‌سازی بهینه مجموعه داده‌ها در سال ۱۳۹۴



شکل ۲. منحنی شبیه‌ساز مجموعه پارتو از داده‌ها برای سال‌های ۱۳۹۴ لی ۱۳۹۶



شکل ۳. منحنی شبیه‌ساز مجموعه پارتو از داده‌ها برای مناطق مختلف بزرگراهی (مناطق ۲۳ الی ۲۶)

این مطالعه، ۵ بار شبیه‌سازی را روی هریک از ۷ مجموعه داده این پژوهش انجام داده است؛ بنابراین بعد از اجرایی نمودن تحلیل‌های بهینه‌سازی از رابطه (۱) جهت محاسبه شاخص‌های f_s برای هر پارامتر استفاده شده است. در شکل ۴ مشاهده می‌شود که همه ۱۳ پارامتر به ترتیب برحسب مقادیر f_s شان مرتب شده‌اند. پژوهش و بررسی الگوی آسیب اولیه، این را نشان می‌دهد که ۵ پارامتر دارای بیشترین ضریب از لیست مرتب‌شده f_s ها عبارتند از:

- ۱- رفتار و سلوک راننده (۱۲)؛
- ۲- چگونگی حرکت وسایل نقلیه (۹)؛
- ۳- نوع وسیله نقلیه (۸)؛
- ۴- وضعیت و شرایط سطح جاده (۵)؛
- ۵- سن راننده (عامل -۱۰).



شکل ۴. نتایج مرتب‌سازی تمامی فاکتورها برحسب مقادیر f_s

بحث و نتیجه‌گیری

رفتار و سلوک راننده، چگونگی حرکت وسیله نقلیه و سن رانندگی، پارامترهایی هستند که ارتباط صریحی با راننده دارند؛ درحالی‌که چگونگی حرکت وسیله نقلیه متعلق به طبقه‌بندی وسیله نقلیه است و نوع رفتار ترافیکی وسیله نقلیه در تصادفات را توصیف می‌کند. این پارامتر که به‌طور ضمنی با راننده ارتباط دارد، در واقع بیانگر میزان دانش و آگاهی راننده از وضعیت ترافیک یا عملکرد مناسب خودرو می‌باشد؛ بنابراین در تجزیه و تحلیل پارامترها، راننده تا حد زیادی مهم‌ترین عنصر برای ایمنی ترافیک است. شرایط سطح جاده که از دسته‌بندی جاده می‌باشد، از لحاظ اهمیت در رتبه چهارم قرار دارد؛ یعنی این مورد نیز یکی از پارامترهای کلیدی برای شناسایی آسیب‌ها است. جمع‌بندی مقادیر مربوط به F برای هر طبقه حاکی از این است که نتایج به‌دست‌آمده برای راننده برابر با ۲/۵۵، برای جاده ۱/۰۴، برای وسیله نقلیه ۰/۹۵ و برای آب‌وهوا / زمان برابر با ۰/۶۷ می‌باشد و این بیانگر این موضوع است که در میان تمامی دسته‌بندی‌ها، پارامترهای مرتبط با راننده نسبت به سایر پارامترها، از درجه اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

تمام مقادیر f_s هر دسته بیان‌شده در این پژوهش، به‌طور خلاصه در جدول ۹ بیان

شده است. نتایج نشان می‌دهد که پارامترهای مرتبط با راننده، بیشترین تأثیر و پارامترهای مرتبط با آب‌وهوا / زمان، کمترین تأثیر را در الگوی آسیب دارند؛ پارامترهای خودرویی نیز سهم قابل توجهی را برای تحلیل داده‌ها برای سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۹. خلاصه اندیس‌های مهم در طبقه‌بندی فاکتورهای متفاوت

نام گروه یا طبقه‌بندی	تحلیل همه داده‌ها	تحلیل سال‌های متفاوت	تحلیل حوزه‌های بزرگراهی متفاوت
آب‌وهوا / زمان	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۵۳
جاده	۱/۰۴	۰/۹۲	۱/۱۷
وسیله نقلیه	۰/۹۵	۱/۰۸	۰/۸۱
راننده	۲/۵۵	۲/۳۶	۲/۷۵

به‌طور کلی می‌توان گفت که اکتشاف و تجزیه و تحلیل روی پارامترهای مهمی که باعث وقوع تصادفات در بزرگراه می‌شود، می‌تواند به بهبود ترافیک و کاهش شدت تصادفات کمک کند. این مهم سبب شد تا در این پژوهش، به بررسی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات در معابر بزرگراهی شهر تهران پرداخته شود. پارامترهای بسیاری می‌تواند در شدت تصادفات مؤثر باشد که در این پژوهش در نهایت رفتار و سلوک راننده، اقدامات و چگونگی حرکت وسیله نقلیه، نوع وسیله نقلیه و وضعیت سطح رانندگی، محدودیت‌های راننده و سن رانندگی، پارامترهایی بودند که در بالای لیست مرتب‌شده قرار گرفتند. چهار مورد از این عوامل به‌صراحت و به‌طور ضمنی با راننده مرتبط هستند؛ که این امر بر اهمیت مسئولیت انسانی برای ایمنی ترافیک به‌ویژه برای جلوگیری از آسیب در یک تصادف بزرگراهی تأکید دارد. علاوه بر این، بینش الگوی آسیب تصادفات بزرگراه‌ها از این مطالعه می‌تواند به بهبود درک، پیشگیری و اجرای فعالیت‌های مربوط به صدمات تصادفات در آینده کمک نماید.

در این پژوهش از شیوه‌ای جدید در شناسایی و ارزیابی پارامترهای مؤثر بر شدت تصادفات با توجه به انباشت اطلاعات پیچیده روی سوانح ترافیکی استفاده گردید؛

چراکه در گذشته و در ادبیات مربوط به تحلیل چنین داده‌هایی، در ابتدا از شیوه‌های ابتدایی از قبیل رگرسیون لجستیک برای تحلیل استفاده می‌شد. یکی از محدودیت‌های چنین تحلیل‌هایی، نیازمند بودن به فرضیات است؛ به‌نحوی که این فرضیات بتوانند توصیفاتی معتبر دربارهٔ حوادث بیان کنند. ضعف دیگر چنین شیوه‌هایی، ضعف در کارکردن با داده‌های گسسته و با دسته‌بندی‌های زیاد است. به‌طور خلاصه، شیوه‌های تحلیلی مورد استفاده در مطالعات قبلی هنوز با چالش‌ها و محدودیت‌هایی در کارایی مواجه هستند؛ بنابراین استفاده از الگوریتم‌های به‌کاررفته در این پژوهش، برای ارتقای کارایی از روی اطلاعات ثبت‌شده در وقایع ترافیکی می‌تواند بسیار ارزشمند واقع گردد.

منابع

- ابی‌ترابی، مسعود؛ رضایی مقدم، فرزاد. (۱۳۸۸). مدل‌سازی شدت تصادف‌ها در بزرگراه‌های درون‌شهری. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، ۶(۱)، ۱-۱۲.
- امین‌زاده گوهرریزی، توحیدی راد، اسدی، روشنگر. (۲۰۱۶). به‌کارگیری الگوریتم NSGA-II برای حل مسائل مکان‌یابی چندهدفه. *فصلنامه مطالعات شهری*، ۵(۱۹)، ۱۵-۲.
- پورمعلم، ناصر؛ قربانی، مهران. (۱۳۹۰). *سیمای ایمنی راه‌ها، وزارت راه و ترابری*. تهران، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی.
- خبیری، فلاح‌نژاد، محمدصابر، خواجه سلیمی. (۲۰۱۸). پیش‌بینی و بررسی عوامل شدت تصادفات جاده‌ای با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان. *نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست دانشگاه تبریز*.
- صفارزاده، محمود؛ ابوالحسن‌نژاد، وحید؛ میرزا بروجردیان، امین. (۱۳۸۷). ارائه مدل اولویت‌بندی علیت‌گرا جهت تعیین قطعات خطرناک جاده‌ها برای عابران پیاده. *نشریه*

دانشگاه فنی دانشگاه تهران، ۴۲ (۴).

- قدیرزاده، محمدرضا؛ شعجعی، احمد؛ خادمی، علی؛ خدادوست، محمود؛ کندی، مریم؛ علاءالدینی، فرشید؛ و مرادی. (۱۳۹۴). وضع و روند تغییرات مرگ و میر ناشی از حوادث رانندگی ایران دهه ۸۰ خورشیدی. ۱۱ (۲)، ۱۳-۲۲.
- قنبری، محسن؛ رحیمی، امیرمسعود؛ ابوطالبی اصفهانی، محسن. (۱۳۹۸). بررسی سهم عوامل مؤثر بر شدت تصادفات در جاده‌های بین‌شهری. فصل‌نامه علمی راهبر، تهران، سال ۸، (۲۹)، ۱۲۱-۱۵۱.

- Alexandropoulos, S. A. N., Aridas, C. K., Kotsiantis, S. B., & Vrahatis, M. N. (2019). Multi-Objective Evolutionary Optimization Algorithms for Machine Learning: A Recent Survey. In *Approximation and Optimization* (pp. 35-55). Springer, Cham.
- Abdelwahab, H., Abdel-Aty, M. (2003). Development of artificial neural network models to predict driver injury severity in traffic accidents at signalized intersections. *Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board* 1746, 6–13. <http://dx.doi.org/10.3141/1746-02>.
- Bahrololoom, S., et al. (2017). *Exploring the Factors Affecting Bicycle Crash Severity in Victoria, Australia*.
- Chen, C., Zhang, G.H., Qian, Z., Tarefder, R.A., et al., (2016b). Investigating driver injury severity patterns in rollover crashes using support vector machine models. *Accid.*
- Chen, F. and S. Chen. (2011). Injury severities of truck drivers in single and multi-vehicle accidents on rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5): p. 1677-1688.
- classification tree models. *Traffic Inj. Prev.* 7 (3), 276–282.
- Coello Coello, Carlos A., Lamont, Gary B. & Van Veldhuizen, David A. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-objective Problems*. 2th edn, New York, Springer, 31-47
- Delen, D., R. Sharda, and M. Bessonov. (2006). Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks. *Accident Analysis & Prevention*. 38(3): p. 434-444.
- Harrell, F., (2001). Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models. *Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis*. Springer, New York.

- Holland, J. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.
- Kia, M. (2012). *Soft Computing in MATLAB*. Qian University Press. Qian University Press. 600 p. (In Persian).
- Li, Z.B., Liu, P., Wang, W., Xu, C.C., (2012). Using support vector machine models for crash injury severity analysis. *Accid. Anal. Prev.* 45, 478–486.
- Park, S.-h., S.-m. Kim, and Y.-g. Ha. (2016). Highway traffic accident prediction using VDS big data analysis. *The Journal of Supercomputing*, 72(7): p. 2815-2831.
- Prati, G., Pietrantoni, L., Fraboni, F., (2017). Using data mining techniques to predict the severity of bicycle crashes. *Accid. Anal. Prev.* 101, 44–54.
- Sette, S. Boullart, L. (2001). *Genetic programming: principles and applicatios*. Engineering applications of artificial intelligence, 14(6), 727-736.
- Taravatmanesh S, Hashemi-Nazari SS, Ghadirzadeh MR, Taravatmanesh L. Epidemiology of fatal traffic injuries in the Sistan and Baluchistan province in 2011. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;3(3):161-8
- Yu, R., Abdel-Aty, M., (2014). Analyzing crash injury severity for a mountainous freeway incorporating real-time traffic and weather data. *Saf. Sci.* 63, 50–56.
- Zhu, X. and S. Srinivasan. (2011). modeling occupant-level injury severity: An application to large-truck crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4): p. 1427-1437.
- Zhu M, Zhao S, Coben JH, Smith GS. Why more male pedestrians die in vehiclepedestrian collisions than female pedestrians: a decompositional analysis. *Injury Prevention*. 2013; 19 (4): 227-31.[PubMed].

