

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان زنجان)

بابک میربها^۱، مجتبی محبی^۲

از صفحه ۶۱ تا ۸۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: مدارس حاشیه راه‌ها همواره به‌عنوان مناطقی شناسایی می‌شوند که احتمال تصادف عابران پیاده خردسال در مجاورت آن‌ها زیاد است؛ لذا پیش‌بینی وضعیت تصادفات این مدارس می‌تواند در جهت شناسایی و اولویت‌بندی آن‌ها به‌منظور انجام اقدامات ایمن‌سازی فیزیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. در این مطالعه، سعی بر آن است تا روشی برای پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها ارائه شود.

روش: برای پیش‌بینی تصادفات از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، به‌منظور پیش‌بینی شاخص شدت تصادفات (P) در حوزه نفوذ مدارس حاشیه راه‌ها اقدام شد. برای آموزش شبکه از اطلاعات مربوط به مدارس حاشیه راه‌های استان زنجان استفاده شده است و مدل پیشنهادی بر اساس بخش دیگری از همین اطلاعات مورد آزمایش قرار گرفته است.

نتایج: نتایج این مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی فیت‌نت^۳ از بین سه شبکه عصبی منتخب به‌منظور تخمین خروجی، بهترین نتایج را در ارتباط با پیش‌بینی شاخص تصادفات برای مدارس حاشیه راه‌ها انجام می‌دهد. در نهایت، اعتبارسنجی مدل با مقایسه اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل و مقادیر موجود انجام پذیرفته است که نتایج نشان داد اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر موجود در اکثر نقاط در حد صدم و در تعدادی کمتر از ۰.۲ و در موارد معدودی غیرقابل اغماض می‌باشند. در نتیجه، نوع شبکه و ساختار آن نیز بر دقت پیش‌بینی نتایج تأثیر بسزایی دارد که در این پژوهش، شبکه عصبی فیت‌نت نسبت به دو شبکه دیگر، خروجی‌های مناسبی داشته و افزایش تعداد نورون نیز در بهبود نتایج آن مؤثر بوده است.

پیشنهادها: به‌منظور کاهش تصادفات و سوانح ترافیکی مناطق نزدیک مدارس پیشنهاد می‌شود که پس از انتخاب روش اولویت‌بندی و تعیین مدارس برای ایمن‌سازی، اقداماتی از قبیل استفاده و بهبود علائم افقی و عمودی در محدوده مدارس، اعمال محدودیت سرعت در مناطق نزدیک مدارس، اعمال جرایم با مبالغ بیشتر در این محدوده، اختصاص محل‌های ویژه برای توقف اتوبوس مدارس در صورت وجود، ایجاد محل‌های ویژه به‌منظور پیاده‌روی دانش‌آموزان در کناره راه‌ها، حضور پلیس در محدوده مدارس، بهره‌گیری از افراد آموزش دیده به‌عنوان گذربان مدارس در ساعات اتمام زمان مدارس، استفاده از کیف و لباس‌های دارای شبرنگ برای دانش‌آموزان، تأمین نور کافی در مناطق نزدیک مدارس و استفاده از نوارهای لرزاننده جهت آگاهی رانندگان مدّظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، پیش‌بینی تصادفات، مدارس حاشیه راه‌ها، شاخص شدت تصادفات، اولویت‌بندی.

۱- استادیار دانشکده مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، نویسنده مسئول، Mirbaha@ENG.ikiu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان

مقدمه

فکر کودکان محدود است و نمی‌توانند در یک لحظه به چند چیز فکر کنند. ممکن است یک کودک بداند که چه زمانی برای عبور از عرض خیابان امن و مطمئن است؛ اما یک تغییر ناگهانی شرایط ترافیک باعث حواس‌پرتی او می‌شود و ممکن است در تشخیص جهت صدای خودروهایی که به سمت او می‌آیند، دچار مشکل شود (تاج‌الدین، ۱۳۹۱: ۷۸). با نگاهی به موقعیت مدارس ایران مشاهده می‌شود که دانش‌آموزان از شرایط یکسان ایمنی برخوردار نیستند. فرارگیری تعداد زیادی از مدارس در حاشیه راه‌های کشور، پراکندگی و عدم استقرار مطلوب آن‌ها، جابه‌جایی نامناسب مدارس (از دیدگاه ایمنی)، ناآگاهی‌های دانش‌آموزان نسبت به مسائل ایمنی عبور و مرور، فقدان برنامه‌های آموزشی مناسب در مدارس علی‌الخصوص در مقاطع ابتدایی و راهنمایی موجب گردیده تا حوادث ناگوار رانندگی در طول راه‌های ایران هر ساله با آهنگ رشد بیشتری همراه باشد.

طبق بررسی‌های صورت‌گرفته، آمار مؤید این مطلب است که در حدود ۲ میلیون از دانش‌آموزان ایرانی در مدارس مشغول به تحصیل هستند که در راه‌های خارج از محدوده‌های قانونی و حریم شهرها واقع بوده و با پتانسیل خطرپذیری بیشتری در این مناطق روبه‌رو خواهند بود (وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۶: ۱۷). در جهت تخصیص منابع با هدف انجام اقدامات ایمن‌سازی، لازم است تا بتوان فرایندی را برای شناسایی مدارس که خطرپذیری بیشتری دارند، انجام داد. عوامل متعددی را می‌توان در این شناسایی در نظر گرفت؛ اما به دلیل محدودیت در ثبت داده‌ها و فقدان پایگاه داده به بررسی ارتباط هشت مؤلفه به‌عنوان متغیر مستقل اکتفا و سعی بر ایجاد و ارائه مدل به‌منظور پیش‌بینی شاخص شدت تصادف شده است. عوامل مذکور در دو دسته کلی ترافیکی و ویژگی مدارس قابل تفکیک می‌باشند.

در پژوهش حاضر، بررسی توأم عوامل با ماهیت‌های مختلف و ایجاد و ساخت

رابطه‌ای بین آن‌ها توسط شبکه‌های آموزش دیده به‌منظور پیش‌بینی شاخص شدت تصادفات انجام شده و شبکه معرفی شده، قابلیت پیش‌بینی نتایج را با دقت بسیار خوبی داشته و همچنین قابلیت آموزش مجدد با نمونه‌های جدید را دارد. استفاده از نمونه‌های واقعی، صحت و قابل اطمینان بودن نتایج حاصل در این پژوهش را بیشتر می‌کند.

پیشینه پژوهش

نی‌پور و همکارانش (۲۰۱۵) در پژوهشی، رفتار دانش‌آموزانی را که کاربران محیط ترافیکی در شهر تهران و شهر پیشوا (نمونه‌هایی از شهرهای بزرگ و کوچک) هستند، با پرسشنامه رفتاری کاربران جوان جاده^۱ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تعداد زیادی از دانش‌آموزان مدارس ایران در رفتارهای ناامن و خطرآمیز درگیر بودند؛ بنابراین به نظر می‌رسد که تأکید و اصرارهای خاصی بایستی در برنامه‌های تغییر رفتاری متمرکز شود و همچنین باید اجرای قانون به‌منظور افزایش فرهنگ امنیتی کاربران جاده میان نوجوانان در ایران انجام شود.

ژائویی^۲ و همکارانش (۲۰۱۳) پژوهشی در رابطه با دلایل بروز تصادفات اتوبوس مدرسه در چین انجام دادند که بر اساس نتایج آن، صرف‌نظر از عوامل انسانی می‌توان به بار زیاد اتوبوس، بی‌دقتی معلم یا راننده، اتوبوس‌های غیرمجاز و فقدان تخصیص برنامه‌ریزی آموزشی با توسعه شهرنشینی اشاره کرد که این عوامل به‌طور مستقیم در حدود ۸۵ درصد تصادفات اتوبوس مدرسه از سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ مؤثر بوده‌اند. یی‌یاناکولیاس^۳ و همکارانش (۲۰۱۲) در پژوهشی به بررسی تغییر زمان حضور در مدرسه به‌منظور جلوگیری از آسیب عابران پیاده کودک پرداختند؛ نتایج نشان داد که

1-Adolescent Road User Behaviour Questionnaire (ARBQ)

2-Zhaopei

3-Yiannakoulis

تغییرات جزئی در زمان شروع مدارس می‌تواند به کاهش قابل ملاحظه‌ی صدمات عابران پیاده‌ی کودک منجر شود.

لی جی^۱ و همکارانش (۲۰۱۲) در پژوهشی به بررسی دلایل فنی تصادفات اتوبوس مدرسه در چین پرداختند. به منظور جلوگیری از وقوع تصادفات اتوبوس مدارس، ابتدا بررسی آماری از تصادفات اخیر اتوبوس مدارس انجام شد تا خصوصیات کلی این تصادفات تحلیل شود؛ ثانیاً کاستی‌های استانداردهای اتوبوس مدارس پیدا شد و با مقایسه استانداردهای اتوبوس مدارس در چین، آمریکا و کانادا، تغییرات مناسبی در قوانین و فناوری ایجاد شد. علاوه بر آن، پیشنهادهایی ارائه شده تا استانداردهای اتوبوس مدارس بهینه شود و امنیت اتوبوس مدارس بهبود یابد. در مورد دلایل تصادفات اتوبوس مدارس چنین بیان شده است که دلیل اصلی تصادفات اتوبوس مدارس شامل موارد زیر است: زیاد بودن مسافران اتوبوس، استفاده از اتوبوس‌های غیرقانونی در مدارس، معلمان بی‌مسئولیت، حوادث ترافیکی و رانندگان فاقد شرایط لازم.

لینا کاتان^۲ و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به مدیریت سرعت در مناطق مدرسه و زمین‌های بازی در کانادا پرداختند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از ابزار نمایش‌دهنده‌ی سرعت در مدارس و زمین‌های بازی، سرعت را کاهش داده و همچنین جاده‌هایی که در مناطق مدارس و زمین‌های بازی دارای حصار قرار دارند، تجربه‌ی سرعت متوسط و سرعت ۸۵ درصدی کمتری داشته و همچنین نرخ نقض پایین‌تر است. به نظر می‌رسد که وجود حصار در جاده‌ها سرعت دلخواه رانندگان را کاهش می‌دهد و انتظار رانندگان از حضور کودکان و اشیای متحرک دیگر را که از جاده عبور می‌کنند، افزایش می‌دهد.

1-Li Jie

2-Lina Kattan

گرین^۱ و همکارانش (۲۰۱۱) در پژوهشی به بررسی رابطه تلفات و محرومیت عابران پیاده کودک پرداختند. وجود ارتباط بین تصادفات عابر پیاده کودک و محرومیت اجتماعی و اقتصادی در بریتانیا به خوبی اثبات شده است. این مطالعه از مدل‌های پیش‌بینی تصادفات برای بررسی ارتباط بین تلفات عابران پیاده کودک و طیف عوامل محیطی، اقتصادی و اجتماعی معمولاً مرتبط به مناطق و مردم محروم استفاده می‌کند. این مطالعه نشان داد که عوامل مربوط به محیط محلی در مدل با توجه به محل حادثه، شایع‌تر بوده است؛ در حالی که عوامل اجتماعی و اقتصادی تأثیر بیشتری در مدل‌های اقامتی دارند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمتر مطالعه‌ای تاکنون با در نظر گرفتن مؤلفه‌های مربوط به محیط و مدرسه در ارتباط با پیش‌بینی تصادفات در مدارس حاشیه راه‌ها به انجام رسیده است؛ لذا در این مطالعه با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، تصادفات حوزه مدارس حاشیه راه‌ها بررسی شده است. نکته اصلی در این مطالعه، به کارگیری مؤلفه‌های وابسته به مشخصات مدارس برای پیش‌بینی تصادفات است که این موضوع، امکان پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها را قبل از احداثشان امکان‌پذیر می‌کند. ویژگی دیگر شبکه‌های عصبی، قابلیت آموزش آن‌ها با داده‌های ورودی جدید می‌باشد که می‌توانند مجدداً آموزش دیده و نتایج را پیش‌بینی کنند.

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

جدول ۱. جمع‌بندی و گزارش نهایی پیشینه

ردیف	نام نویسنده	عنوان مطلب	سال	نتایج و پیشنهادها
۱	امیررضا نبی‌پور و همکاران	رفتار دانش‌آموزان مدرسه در ایران که از جاده استفاده می‌کنند	۲۰۱۵	نتایج پرسشنامه نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در رفتارهای مخاطره‌آمیز درگیر بوده و لزوم مواردی چون آموزش و اجرای آن برای بهبود و تقویت فرهنگ امنیت در جاده آشکار است.
۲	ژالویی و همکاران	نوع جدید فاجعه انسانی در تکرار تصادفات اتوبوس مدرسه در چین	۲۰۱۳	بر اساس نتایج پژوهش، صرف‌نظر از عوامل انسانی می‌توان به بار زیاد اتوبوس، بی‌دقتی معلم یا راننده، اتوبوس‌های غیرمجاز و فقدان تخصیص برنامه‌ریزی آموزشی با توسعه شهرنشینی در تکرار تصادفات اتوبوس مدرسه اشاره کرد.
۳	بی‌یاناکولیس و همکاران	تغییر زمان حضور در مدرسه جهت جلوگیری از آسیب عابران کودک	۲۰۱۲	نتایج نشان داد که تغییرات جزئی در زمان شروع مدارس می‌تواند به کاهش قابل‌ملاحظه صدمات عابران پیاده کودک منجر شود.
۴	لی جی و همکاران	تحلیل دلایل فنی تصادفات اتوبوس مدارس چین	۲۰۱۲	در این پژوهش، استانداردهای اتوبوس مدارس چین بررسی و با کشورهای چون آمریکا مقایسه شده و کاستی‌های آن مشخص شده است؛ در نهایت، دلایل تصادفات بررسی شده و از آن جمله به تعداد زیاد مسافر، معلمان بی‌توجه، اتوبوس‌های غیرقانونی و ... اشاره شده است.
۵	لینا کاتان و همکاران	مدیریت سرعت در مناطق مربوط به مدرسه و زمین بازی	۲۰۱۱	نتایج پژوهش حاکی از آن است که استفاده از ابزار نمایش‌دهنده سرعت و همچنین تعریف محدوده‌ای برای این مناطق توسط حصار و ... در کاهش سرعت و انتظار تردد کودکان در رانندگان مؤثر است.
۶	گرین و همکاران	تلفات و محرومیت‌های عابران پیاده کودک	۲۰۱۱	این مطالعه نشان داد که عوامل مربوط به محیط محلی در مدل با توجه به محل حادثه، شایع‌تر بوده است؛ درحالی‌که عوامل اجتماعی و اقتصادی تأثیر بیشتری در مدل‌های اقامتی دارد.

ضرورت پژوهش

به‌طور کلی در اغلب کشورها، ۲۵ درصد تلفات عابران پیاده را کودکان ۵-۹ ساله تشکیل می‌دهند و ۳۹ درصد تلفات عابران پیاده ۱۰-۱۶ ساله در مسیر رفت‌وآمد به مدرسه روی می‌دهد. به همین سبب، ضرورت بررسی و اولویت‌بندی و انجام اقدامات ایمن‌سازی را می‌توان در دلایل زیر خلاصه کرد (وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۶: ۳):

- آمار بالای تلفات عابران پیاده کودک؛
- سیر صعودی میزان تلفات ناشی از تصادفات ترافیکی تا سال ۲۰۲۰ میلادی؛

- حضور فعال دانش‌آموزان در ترافیک (بیشتر به‌عنوان عابران پیاده)؛
- رشد ناکافی مهارت‌ها و توانایی‌های کودکان.

مبانی نظری پژوهش

کمبود آمار تصادفات در زمینه مکان‌های تحت تأثیر مدارس حاشیه راه‌ها به دلایلی مانند عدم ثبت دقیق تصادفات و یا عدم دسترسی به آن‌ها، مطالعه بر تصادفات تحت تأثیر این کاربری‌ها را با مشکل مواجه می‌کند و در این بین، روش شبکه‌های عصبی دارای این ویژگی است که فقط با داشتن مقادیر مؤلفه‌هایی که بر اساس آن آموزش دیده‌اند، می‌تواند مقادیر خروجی موردانتظار را پیش‌بینی نموده و رابطه بین مؤلفه‌ها را از طریق مقایسه مقادیر آموزشی، بدون اینکه نوع خاصی از رابطه‌ای توسط کاربر قابل حدس باشد، به دست آورد؛ همچنین شبکه‌هایی با معماری ایجادشده و کدنویسی‌شده، قابلیت آموزش مجدد برای داده‌های هر محلی را دارند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

بررسی هم‌زمان متغیرها در ایجاد مدل‌های اولویت‌بندی با توجه به وجود رابطه پیچیده و غیرخطی بین آن‌ها، استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که پیش‌بینی بر اساس آموزش از طریق نمونه‌های موجود را امکان‌پذیر می‌سازد، نمایان ساخته و در این پژوهش نیز با انتخاب و مقایسه نتایج شبکه‌های عصبی فیت‌نت، پیش‌خور^۱ و شعاعی^۲ که از شبکه‌های مناسب پیش‌بینی خروجی هستند، سعی بر انجام پیش‌بینی تصادفات در حوزه تحت تأثیر مدارس حاشیه راه‌ها شده است. توانایی بی‌اندازه مغز انسان در پردازش اطلاعات و گرفتن تصمیمات لحظه‌ای حتی تحت شرایط بسیار پیچیده و محیط نامعلوم، پژوهشگران را بر آن داشته است که این

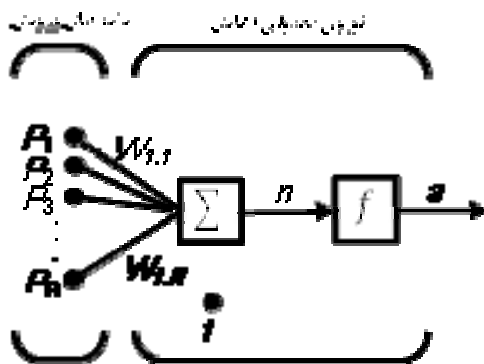
1-Feedforward

2-Radial Basis Function

توانایی محاسباتی شگفت‌انگیز را تقلید کنند. دانشمندان در سال‌های اخیر تلاش کرده‌اند که سیستم‌هایی محاسباتی را ایجاد کنند که قادر باشند اطلاعات را به این شیوه پردازش کنند. به این سیستم‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی گفته می‌شود (بهرامی، ۱۳۹۳: ۳۷). در ادامه، اصطلاح شبکه‌های عصبی مصنوعی به اختصار تحت عنوان شبکه عصبی نام‌برده شده و پس‌ازاین در این پژوهش از حالت اختصار استفاده خواهد شد.

آشنایی با مدل نورون^۱ و معماری شبکه‌های عصبی

یک نورون را می‌توان به شکل ریاضی ساده زیر شبیه‌سازی کرد (شکل ۱).



شکل ۱. مدل ریاضی ساده یک نورون

بردار $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_r\}$ ، ورودی این نورون و بردار $W = \{w_{11}, w_{12}, w_{13}, \dots, w_{1r}\}$ بردار وزن‌های این نورون هستند. به‌منظور اعمال وزن‌ها به ورودی‌ها، دو بردار W و P در هم ضرب داخلی می‌شوند و در نهایت با مقدار ثابت بایاس (b) جمع می‌شوند و این کاری است که بلوک Σ انجام می‌دهد.

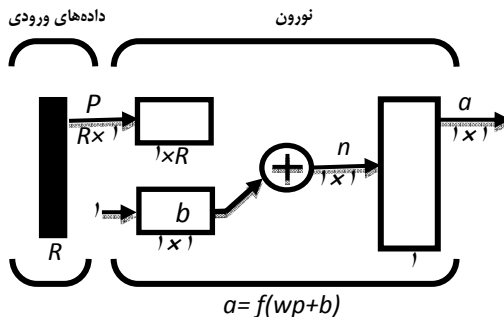
$$n = WP + b = w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + \dots + w_{1R}p_R$$

$$n = \left(\sum_{i=1}^R w_{1i}p_i \right) + b \quad (1)$$

سپس یک تابع انتقال^۱ که به آن تابع محرک^۲ هم می‌گویند، به خروجی اعمال می‌شود تا خروجی نهایی نورون (a) را ایجاد کند؛ پس فرمول ریاضی عملکرد یک نورون به صورت زیر است (مقسّمی، ۱۳۹۳: ۱۳):

$$a = f(n) = f \left(b + \sum_{i=1}^R w_{1i}p_i \right) \quad (2)$$

نماد به کار گرفته شده برای نورون در شکل ۱ بسیار پیچیده است. برای رفع این مشکل و در جهت سهولت در نمایش نورون‌ها، یک لایه از نورون‌ها را به صورت زیر نمایش می‌دهند (شکل ۲).



شکل ۲. نمایش خلاصه از یک لایه از نورون‌ها

با توجه به شکل ۲، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

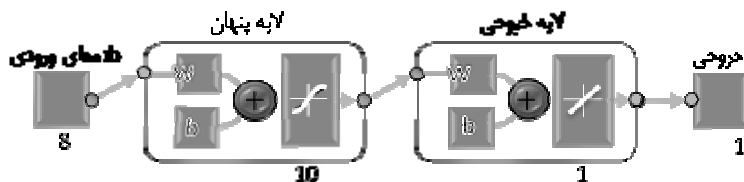
- به ترکیب وزن‌ها، بایاس‌ها، تابع انتقال و عملیات ضرب و جمع انجام‌شده، یک لایه از شبکه گویند.
- توجه شود که بردار ورودی یک لایه محسوب نمی‌شود.
- ایده اصلی شبکه‌های عصبی این است که با تغییر مقادیر w و b ، شبکه، یک رفتار یا تصمیم را اتخاذ کند.
- بایاس یک مؤلفه قابل تنظیم در نورون‌ها طی روال آموزش می‌باشد و نه یک ورودی؛ ورودی بایاس یک مقدار ثابت ۱ است (کیا، ۱۳۹۳: ۱۱۶).

روش پژوهش

در پژوهش حاضر با بررسی مؤلفه‌های مؤثر در تصادفات، داده‌های ثبت‌شده و در دسترس، هشت پارامتر به‌عنوان مؤلفه‌های دخیل در پیش‌بینی تصادفات حوزه تأثیر مدارس حاشیه‌راه‌ها برای پیش‌بینی شاخص شدت تصادفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده‌اند؛ سه مورد از این متغیرها به دانش‌آموزان و مدرسه و ۵ متغیر باقی‌مانده مربوط به داده‌های ترافیکی محورهای موردنظر مربوط هستند. جدول ۲، نوع متغیرها، کد اختصاصی و مقادیر مربوط به مقیاس‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده در پژوهش

ردیف	شاخص	نقش متغیر	نوع متغیر
۱	جنسیت دانش‌آموزان	مستقل	کیفی
۲	مقطع تحصیلی	مستقل	کیفی
۳	تعداد دانش‌آموزان	مستقل	کمی
۴	سرعت متوسط	مستقل	کمی
۵	متوسط تعداد وسایل نقلیه سنگین	مستقل	کمی
۶	نوع راه	مستقل	کیفی
۷	متوسط روزانه ترافیک در سال	مستقل	کمی
۸	فاصله از جاده	مستقل	کمی
۹	شاخص شدت تصادفات (P)	وابسته	کمی



شکل ۳. معماری شبکه عصبی فیت‌نت

یافته‌های پژوهش

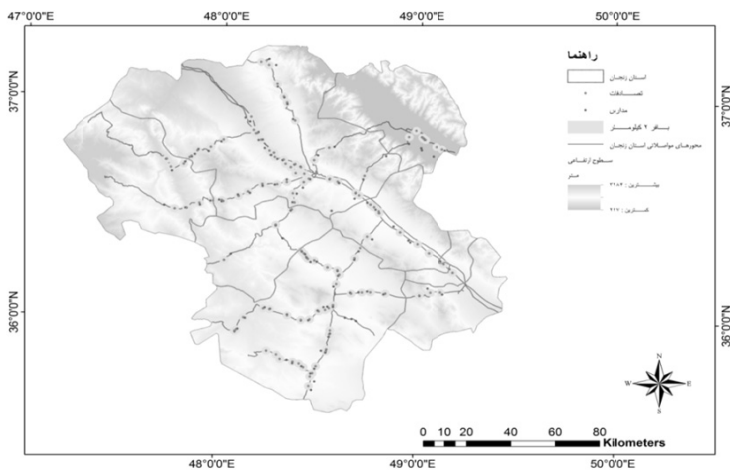
به‌منظور بررسی نتایج و عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی از داده‌های مربوط به محورهای مواصلاتی استان زنجان استفاده شده است. این استان دارای ۲ محور آزادراهی (زنجان - قزوین و زنجان - تبریز) است و سایر محورهای موجود در استان در قالب راه اصلی، فرعی و روستایی دسته‌بندی می‌شوند؛ البته بایستی متذکر شد که مقطعی از برخی محورها در محدوده ورودی شهر به‌صورت بزرگراه بوده و در پژوهش حاضر نیز این مسئله لحاظ شده است. مقادیر مربوط به پارامترهای ترافیکی و تصادف (P) بر اساس داده‌های سه‌ساله (۱۳۹۰-۱۳۹۲) اداره کل راه و شهرسازی استان زنجان تهیه و تنظیم شده است. اطلاعات مربوط به مدارس و دانش‌آموزان از داده‌های اداره کل نوسازی مدارس استان زنجان برداشت شده است. با توجه به موقعیت روستاها (مدارس)، محورهای مواصلاتی استان زنجان به‌صورت ۱۷ مسیر در نظر گرفته شده و در برخی محورهای فرعی به دلیل فقدان اطلاعات سال ۱۳۹۰ از داده‌های مربوط به سال ۱۳۹۳ استفاده شده است (۱۳۹۱-۱۳۹۳). این کار با فرض تفاوت ناچیز در مقادیر ثبت‌شده انجام گرفته است. محورهای تفکیکی استان به شرح جدول ۳ است.

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

جدول ۳. محورهای مواملتی استان زنجان

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
نام محور	آزادراه زنجان - قزوین	آزادراه زنجان - تبریز	ترانزیت زنجان - میانه	ترانزیت زنجان - خرمدره	زنجان - گیلوان
ردیف	۶	۷	۸	۹	۱۰
نام محور	گیلوان - آبر	زنجان - تهم	زنجان - بیجار	سلطانیه - قیدار - همدان	سجاس - زرین‌آباد
ردیف	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
نام محور	زرین‌رود - گرماب	فرعی محمودآباد	نیکپی - ماهنشان	زنجان - دندی	زنجان - ارمغانخانه
ردیف	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
نام محور	قیدار (خداپنده) - ایهر	حصار - خورخوره	-	-	-

از بین محورهای نام‌برده شده، محور آزادراه زنجان - قزوین به دلیل فاصله زیاد روستاها تا آزادراه از این فهرست حذف شده و مدارس انتخابی به ۱۶ محور باقی‌مانده در استان مربوط می‌باشند. موقعیت قرارگیری مدارس و محل وقوع تصادفات در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. موقعیت نقاط و مدارس حاشیه راه‌های استان زنجان به همراه بازه ۴ کیلومتری

در مجموع، ۱۹۱ نمونه به منظور انجام مدل‌سازی ثبت شده و ۱۸۰ نمونه از کل نمونه‌ها به منظور آموزش شبکه و ۱۱ نمونه باقی مانده که به طور تصادفی با نرم‌افزار کلاه^۱ از ۱۱ محور اصلی استان انتخاب شده بودند، برای اعتبارسنجی نتایج پیش‌بینی شبکه‌های عصبی استفاده شدند. متغیر وابسته این پژوهش (شاخص شدت تصادفات) با احتساب موارد فوتی، جرحی و خسارتی در بازه‌ای به شعاع ۲ کیلومتری نقاط از رابطه زیر محاسبه شده است:

(۳)

$$P = 9X + 3Y + Z$$

که در این رابطه:

X = تعداد رخداد تصادفات فوتی،

Y = تعداد رخداد تصادفات جرحی و

Z = تعداد رخداد تصادفات خسارتی می‌باشد.

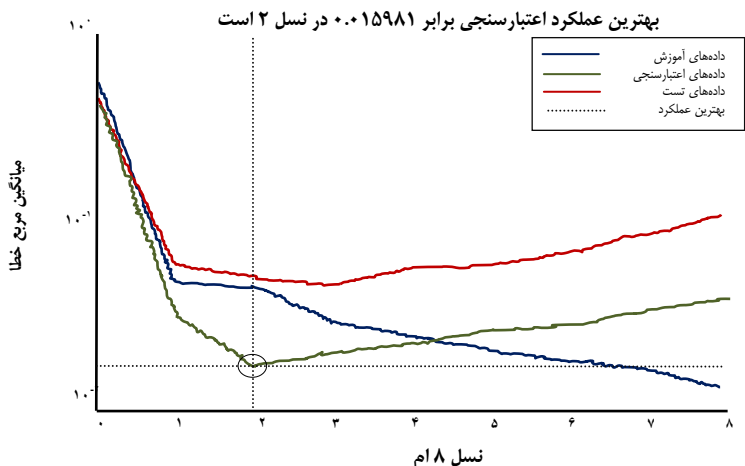
در رابطه (۳) از ضرایب پیشنهادی ایالت جورجیا استفاده شده و به دلیل نبود داده‌های مربوط به کلاس‌بندی تصادفات جرحی که به سه کلاس تقسیم‌بندی می‌شوند، از میانگین ضرایب سه کلاس برای کل تصادفات جرحی استفاده شده است (وزارت راه و ترابری، روش‌های ثبت تصادف، ۱۳۸۶: ۹۰).

پس از فراخوانی داده‌ها در محیط نرم‌افزار متلب و اتمام آموزش هرکدام از شبکه‌ها، گزارش‌های مربوط به هرکدام از آن‌ها به منظور مشاهده در نرم‌افزار ارائه می‌شود که در ادامه، برای اجتناب از حجم بالای مطالب به درج برخی از گزارش‌های مربوط به شبکه عصبی فیت‌نت اکتفا می‌شود.

با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که عملیات پس از ۸ نسل به علت عدم بهبود کارایی داده‌های ارزیابی کیفیت شبکه در ۶ نسل پشت سرهم به اتمام رسیده است تا

ارائهٔ مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیة راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

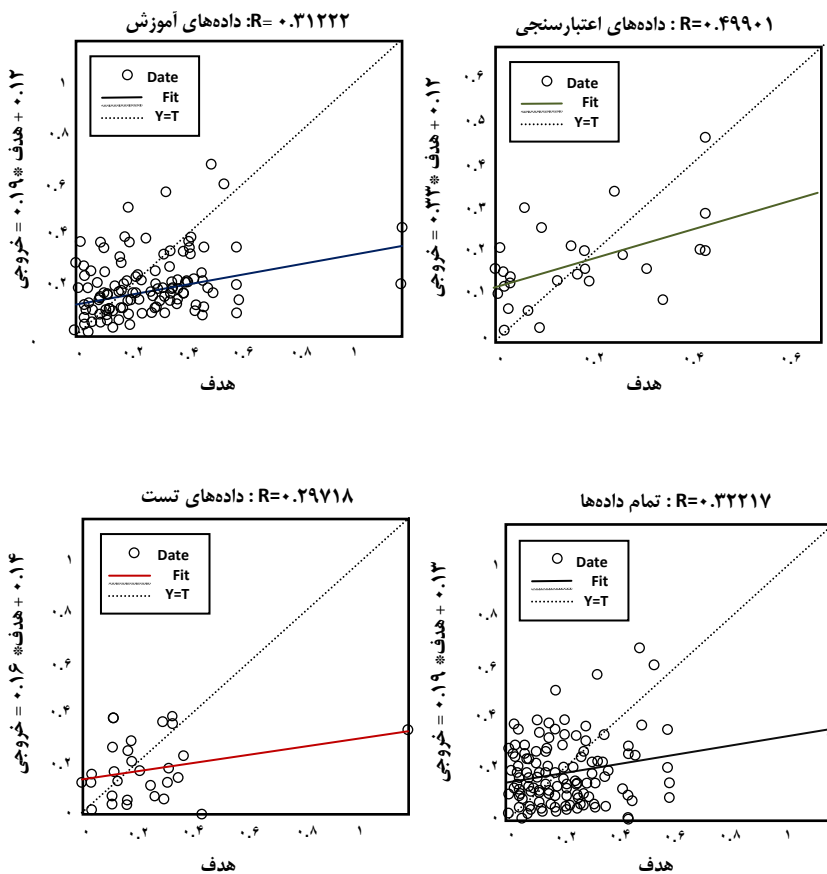
بدین ترتیب جلوی آموزش بیش‌از‌حد هم گرفته شود.



شکل ۵. تصویر عملکرد آموزش شبکه عصبی فیت‌ت

مطابق شکل ۶، نمودار خروجی محاسبه شده برحسب خروجی هدف به صورت جداگانه برای داده‌های آموزش، تأیید، آزمایش و همهٔ داده‌ها باهم ترسیم می‌شود. در حالت ایده‌آل که اگر خروجی‌های محاسبه شده تقریباً بر خروجی‌های هدف منطبق باشند، نمودارها به شکل خط صاف با شیب ۴۵ درجه درمی‌آیند. در نمودار مربوط به داده‌های آموزش، تأیید و آزمایش، انطباق خیلی مناسبی دیده نشده و در مجموع نمودار مربوط به همهٔ مقادیر با ضریب رگرسیون ۰.۳۲۲۱۷ نشان‌دهندهٔ پیش‌بینی نتایج توسط شبکه با دقت کمتر از حد متوسط است؛ دلیل این امر، کمبود تعداد نمونه برای آموزش شبکه می‌باشد؛ اما با تغییر در ساختار شبکه نیز می‌توان نتایج را بهبود بخشید که به همین دلیل در ادامه، با افزایش تعداد نوروها به مرتفع‌سازی نتایج اقدام شده است.

درنهایت، پس از آماده‌سازی داده‌های ورودی و خروجی و آموزش شبکه‌ها، نتایج پیش‌بینی هر سه شبکه در ادامه ارائه و با مقادیر واقعی مقایسه شده‌اند.



شکل ۶. نمودار رگرسیونی شبکه‌ی عصبی فیت‌نیت با تعداد ۱۰ نورون در لایه مخفی

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه‌راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

مقادیر واقعی شاخص شدت تصادفات ۱۱ نمونه به منظور اعتبارسنجی در زیر درج شده است (جدول ۴).

جدول ۴. مقادیر واقعی داده‌های اعتبارسنجی

نقاط	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
شاخص شدت تصادفات	۰.۴	۰.۴۳	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۵۳	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۱۸	۰.۰۴	۰.۳۲	۰.۱۶

با مقایسه خروجی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه‌ها و مقادیر واقعی می‌توان چنین نتیجه گرفت که شبکه عصبی فیت‌نت در ۶ مورد از ۱۱ مورد نمونه جهت پیش‌بینی شاخص شدت تصادفات دارای اختلاف کمتر از صدم و در ۳ مورد از ۱۱ مورد دارای اختلاف کمتر از ۰/۲ و در ۲ مورد از ۱۱ مورد دارای اختلافی غیرقابل اغماض می‌باشد. همچنین تعداد نمونه‌های پیش‌بینی شده با اختلاف کمتر از صدم در شبکه‌های عصبی پیش‌خور و شعاعی به ترتیب ۵ و ۶ نمونه بوده و مابقی نمونه‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی پیش‌خور دارای اختلافات غیرمعقولی می‌باشند؛ شبکه عصبی شعاعی نیز از ۵ مورد باقی‌مانده دارای ۴ مورد با اختلاف غیرقابل پذیرش و یک نمونه با اختلاف کمتر از ۰/۲ می‌باشد.

با توجه به توضیحات درج شده، شبکه عصبی فیت‌نت با ۶ مورد دارای اختلاف کمتر از صدم و ۳ مورد کمتر از ۰/۲ با مقادیر واقعی در اولویت اول از لحاظ پیش‌بینی نتایج نزدیک به واقعیت قرار گرفته و شبکه عصبی شعاعی و پیش‌خور به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم جای می‌گیرند.

جدول ۵. نتایج تخمین خروجی شبکه‌های عصبی و مقادیر واقعی نمونه‌های اعتبارسنجی

نقاط	شاخص شدت تصادف	شبکه عصبی فیت‌نت	شبکه عصبی پیش‌خور	شبکه عصبی شعاعی
۱	۰.۴۰۰	۰.۱۹۸۲	۰.۹۷۶۰	۱.۱۱۵۵
۲	۰.۴۳۰۰	۰.۰۶۸۱	۰.۱۵۸۷	۰.۳۸۴۸
۳	۰.۲۴۰۰	۰.۰۶۵۰	۰.۱۶۹۹	۰.۰۳۸۲
۴	۰.۲۳۰۰	۰.۱۲۸۰	۰.۵۶۲۹	۰.۱۵۸۶
۵	۰.۵۳۰۰	۰.۳۵۲۱	۰.۱۷۸۹	۰.۱۸۶۰
۶	۰.۱۸۰۰	۰.۱۶۳۲	۰.۲۴۷۴	۰.۲۷۷۹
۷	۰.۱۸۰۰	۰.۰۹۹۴	۰.۴۸۳۹	-۰.۰۹۶۰
۸	۰.۱۸۰۰	۰.۰۹۸۰	۰.۲۷۰۳	۰.۱۲۲۸
۹	۰.۰۴۰۰	۰.۰۱۱۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۶۶۹
۱۰	۰.۳۲۰۰	۰.۳۷۷۴	۰.۰۰۰۰	۰.۱۸۰۷
۱۱	۰.۱۶۰۰	۰.۱۱۸۷	۰.۱۶۵۰	۰.۱۵۰۳

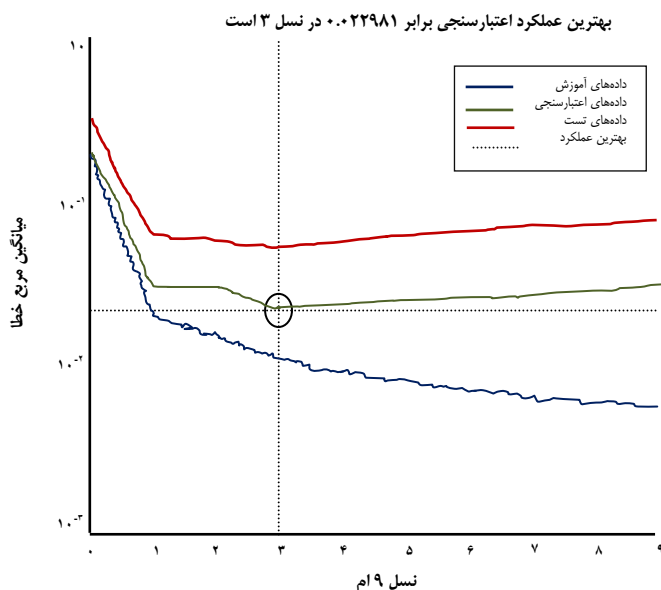
جدول ۶. قدر مطلق اختلاف مقادیر تخمین زده شده با مقادیر واقعی نمونه‌های اعتبارسنجی

نقاط	شاخص شدت تصادف با شبکه عصبی فیت‌نت	شاخص شدت تصادف با شبکه عصبی فیت‌نت	شاخص شدت تصادف با شبکه عصبی فیت‌نت
۱	۰.۲۰۱۸	۰.۵۷۶۰	۰.۷۱۵۵
۲	۰.۳۶۱۹	۰.۲۷۱۳	۰.۰۴۵۲
۳	۰.۱۷۵۰	۰.۰۷۰۱	۰.۲۰۱۸
۴	۰.۱۰۲۰	۰.۳۳۲۹	۰.۰۷۱۴
۵	۰.۱۷۷۹	۰.۳۵۱۱	۰.۳۴۴۰
۶	۰.۰۱۶۸	۰.۰۶۷۴	۰.۰۹۷۹
۷	۰.۰۸۰۶	۰.۳۰۳۹	۰.۲۷۶۰
۸	۰.۰۸۲۰	۰.۰۹۰۳	۰.۰۵۷۲
۹	۰.۰۲۸۱	۰.۰۴۰۰	۰.۰۲۶۹
۱۰	۰.۰۵۷۴	۰.۳۲۰۰	۰.۱۳۹۳
۱۱	۰.۰۴۱۳	۰.۰۰۵۰	۰.۰۰۹۷

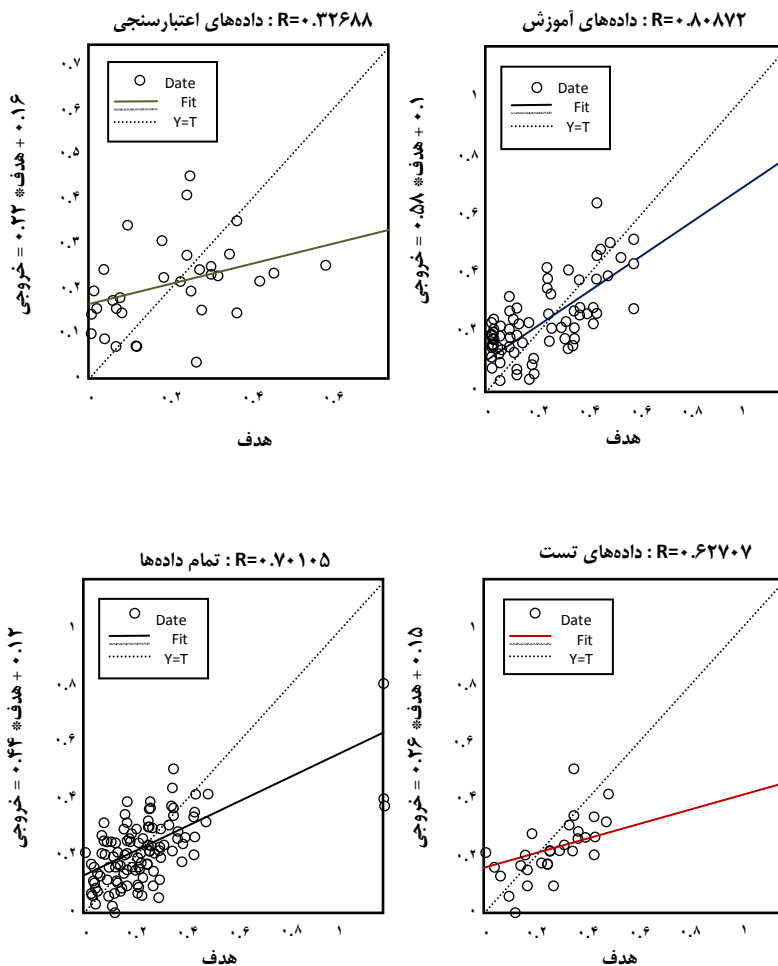
در ادامه به منظور بررسی بهبود نتایج شبکه عصبی فیت‌نت، تعداد نورون‌های لایه مخفی از ۱۰ به ۱۶ تغییر داده شده است. اشکال ۷ و ۸، نمودارهای مربوط به رگرسیون و تعداد نسل‌های آموزش مدل را پس از تغییر در تعداد نورون‌ها نشان

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیة راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

می‌دهند. با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود که عملیات پس از ۹ نسل به علت عدم بهبود کارایی داده‌های ارزیابی کیفیت شبکه در ۶ نسل پشت سرهم به اتمام رسیده است؛ یعنی پس از افزایش تعداد نوروں‌ها از ۱۰ به ۱۶ تعداد نسل‌های آموزشی یک نسل بیشتر شده است.



شکل ۷. تصویر عملکرد آموزش شبکه عصبی فیت‌نیت پس از افزایش تعداد نوروں‌ها



شکل ۸. نمودار رگرسیونی شبکه‌ی عصبی فیت‌تپت پس از افزایش تعداد نورون‌ها

مقادیر مربوط به ضرایب رگرسیون با توجه به افزایش تعداد نورون‌ها (شکل ۸) افزایش یافته و این به معنی بهبود در پیش‌بینی نتایج است؛ این مقدار در حالت تمام داده‌ها باهم از ۰.۳۲۲۱۷ به ۰.۷۰۱۰۵ تغییر یافته است؛ در شکل نیز می‌توان به وضوح انطباق در حد معقول آن را مشاهده کرد.

ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات مدارس حاشیه راه‌ها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

نتایج مربوط به پیش‌بینی مقادیر مربوط به ۱۱ نمونه اعتبارسنجی به وسیله شبکه عصبی فیت‌نت پس از افزایش تعداد نوروها و مقادیر مربوط به قدر مطلق اختلاف مقادیر با مقادیر واقعی به ترتیب در جداول ۷ و ۸ نشان داده شده‌اند.

جدول ۷. نتایج تخمین خروجی شبکه عصبی فیت‌نت و مقادیر واقعی پس از افزایش تعداد نوروها

نقاط	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
شاخص شدت تصادفات	۰.۴۰۰	۰.۳۳۰	۰.۲۴۰	۰.۳۳۰	۰.۵۳۰	۰.۱۸۰	۰.۱۸۰	۰.۱۸۰	۰.۴۰۰	۰.۳۲۰	۰.۱۶۰
شبکه عصبی فیت‌نت	۰.۳۷۵۵	۰.۱۶۰۷	۰.۱۶۷۹	۰.۵۳۳۰	۰.۱۶۹۶	۰.۱۰۶۷	۰.۳۲۱۴	۰.۱۹۱۰	۰.۵۹۷	۰.۲۴۵۱	۰.۱۵۲۴

جدول ۸. قدر مطلق اختلاف مقادیر تخمین‌زده شده با مقادیر واقعی پس از افزایش تعداد نوروها

نقاط	قدر مطلق اختلاف مقادیر شاخص شدت تصادفات و شبکه عصبی فیت‌نت
۱	۰.۰۱۴۵
۲	۰.۲۶۹۳
۳	۰.۰۷۲۱
۴	۰.۰۰۷۹
۵	۰.۳۶۰۲
۶	۰.۰۷۳۳
۷	۰.۱۴۱۴
۸	۰.۰۱۱۸
۹	۰.۰۱۹۷
۱۰	۰.۰۷۴۲
۱۱	۰.۰۰۷۶

از نتایج جدول ۸ چنین استنباط می‌شود که با افزایش تعداد نوروهای لایه مخفی شبکه عصبی فیت‌نت، تعداد اختلافات با خطای صدم از ۶ عدد به ۸ عدد ارتقا یافته و از ۳ مورد باقی‌مانده نیز یکی از اختلافات کمتر از ۰/۲ می‌باشد.

نتایج و پیشنهادها

با توجه به بررسی انجام گرفته می‌توان چنین بیان کرد که پیش‌بینی مقادیر توسط شبکه‌های عصبی با دقت مناسبی انجام شده و همچنین نتیجه می‌شود که نوع شبکه و ساختار آن نیز بر دقت پیش‌بینی نتایج تأثیر بسزایی دارد که در این پژوهش، شبکه عصبی فیت‌نت نسبت به دو شبکه دیگر خروجی‌های مناسبی داشته و افزایش تعداد نورون نیز در بهبود نتایج آن مؤثر بوده است. همچنین در ادامه، به منظور کاهش تصادفات و سوانح ترافیکی مناطق نزدیک مدارس پیشنهاد می‌شود که پس از انتخاب روش اولویت‌بندی و تعیین مدارس، به منظور ایمن‌سازی اقداماتی از قبیل استفاده و بهبود علائم افقی و عمودی در محدوده مدارس، اعمال محدودیت سرعت در مناطق نزدیک مدارس، اعمال جرایم با مبالغ بیشتر در این محدوده، اختصاص محل‌های ویژه جهت توقف اتوبوس مدارس در صورت وجود، ایجاد محل‌های ویژه جهت پیاده‌روی دانش‌آموزان در کنار راه‌ها، حضور پلیس در محدوده مدارس، بهره‌گیری از افراد آموزش‌دیده به‌عنوان گذریان مدارس در ساعات اتمام زمان مدارس، استفاده از کیف و لباس‌های دارای شبرنگ برای دانش‌آموزان، تأمین نور کافی در مناطق نزدیک مدارس، استفاده از نوارهای لرزاننده جهت آگاهی رانندگان و ... اعمال شود تا بتوان ایمنی و سلامت این قشر آسیب‌پذیر در جامعه را به‌نحو قابل‌توجهی کاهش داد.

منابع

- بهرامی، محسن؛ عباس‌زاده، پیام. (۱۳۹۳). روش‌های کمی در آینده‌پژوهی سری‌های زمانی و هوش مصنوعی. تهران: سیمای دانش.
- پژوهشکده حمل‌ونقل، وزارت راه و ترابری. (۱۳۸۶). راهنمای ایمن‌سازی مدارس حاشیه راه‌ها.

- پژوهشکده حمل‌ونقل، وزارت راه و ترابری. (۱۳۸۶). روش‌های ثبت تصادف و شناسایی نقاط پر تصادف.

- تاج‌الدین، محبوبه؛ نوروزی، داریوش. (۱۳۹۱). تأثیر بازی‌های آموزشی بر یادگیری - علائم و مقررات راهنمایی و رانندگی. فصلنامه راهور، ۲، ۷۱-۹۸.

- کیا، سید مصطفی. (۱۳۹۳). شبکه‌های عصبی در متلب. چاپ سوم، تهران: کیان رایانه.

- مقسمی، حمیدرضا؛ عزیززاده سواره، بهروز. (۱۳۹۳). شبکه‌های عصبی در متلب و سی شارپ. تهران: نیاز دانش.

- Green, J., Muir, H., Maher, M. (2011). Child pedestrian casualties and deprivation. *Journal of Accident analysis and prevention*, 43,714-723.

- Jie,L., Kezheng, ZH., Jianzhong, G., Kang, J. (2012). Reasons analyzing of school bus accidents in china. *Journal of Procedia Engineering*, 45,841-846.

- Kattan, L., Tay, R., Achrjee, Sh. (2011). Managing speed at school and playground zones. *Journal of Accident analysis and prevention*, 43,1887-1891.

- Nabipur, A. R.,Nakhaee,N.,Khanjani, N.,Zirak Moradlou, H., Sullman, M. (2015). The roud user behaviour of school students in Iran. *Journal of Accident analysis and prevention*, 75,43-54.

- Yiannakoulis, N., Bland,W., Scott, D. (2013). Altering School Attendance Times to Prevent Child Pedestrian Injuries. *Journal of Traffic Injuri Prevention*, 14, 405-412.

- Zhaopei, zh., Shanzhong,QI., Yuetong, XU. (2013). A new type of human-made disaster from the frequent school bus accidents in china. *Journal of Nat Hazards*, 67,975-977.