

Forecasting the Number of Injured in Traffic Accidents Referred to Forensic Medicine in Hamadan Province using Multi-layered Artificial Neural Network

Mohammad-Reza Omid^{1*} , Nabi Omid² 

1. Department of Industrial Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Management, Payame Noor University, Tehran, Iran

Corresponding Author: mromidi_91@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: Road traffic accidents are a new public health problem around the world, and "roadblocks" are one of the main causes.

Materials and Methods: In this study, using the statistics of traffic injured people referred to forensic medicine in Hamadan province between April 1989 and March 2017, using an artificial neural network, the number of injured for the 12 months leading to 1399 has been predicted. In this study, the appropriate neural network was designed with the data of the injured and then, using the best designed network, the network began to be trained and the network was validated with the absolute percentage of mean error. The authors observe all the ethical considerations of the research in this research and the present research has the code of ethics with the number IR.MEDILAM.REC.1398.213.

Results: The artificial neural network with 12 inputs of one output and 5 hidden layers is suitable for predicting the injured referred to Hamedan forensic medicine. Predict well.

Conclusion: The predicted values showed that the number of traffic injured in Hamadan province is decreasing. Due to the high accuracy of the artificial neural network in this research, this method can be used as a basis for future research in accidents. The downward trend in the number of traffic injured in Hamadan province shows the effectiveness of accident reduction programs in this province.

Keywords: Accident; Prediction; Injury

How to cite this article: Omid MR, Omid N. Forecasting the Number of Injured in Traffic Accidents Referred to Forensic Medicine in Hamadan Province using Multi-layered Artificial Neural Network. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(1):24-9.

پیش بینی روند تعداد مصدومین حوادث ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان همدان با استفاده از شبکه
عصبی مصنوعی چند لایهمحمد رضا امیدی^{۱*}، نبی امیدی^۲۱. گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
۲. گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: حوادث ترافیک جاده ای یک مشکل جدید بهداشت عمومی در سراسر جهان است به گونه ای که تصادفات رانندگی یکی از مهم ترین دلیل مرگ، ناتوانی و بستری در بیمارستان را تشکیل می دهند. پیش بینی روند تعداد مصدومین حوادث ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان همدان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه هدف این تحقیق بود.

روش بررسی: تحقیق حاضر توصیفی و تحلیلی از نوع مقایسه ای بود که با استفاده از اطلاعات گذشته به پیش بینی آینده پرداخت. در این تحقیق با استفاده از آمار مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان همدان بین فروردین ۱۳۶۸ تا اسفند ۱۳۹۸ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش بینی تعداد مصدومین برای ۱۲ ماهه منتهی به سال ۱۳۹۹ پرداخته شد. ابتدا شبکه عصبی مناسب با داده های مصدومین طراحی گردید و سپس با استفاده از بهترین شبکه طراحی شده، شبکه شروع به آموزش نمود و شبکه مورد اعتبار سنجی با شاخص درصد قدر مطلق میانگین خطا قرار گرفت. ملاحظات اخلاق در پژوهش در تحقیق حاضر رعایت شد و تحقیق دارای کد اخلاق به شماره IR.MEDILAM.REC.۱۳۹۸.۲۱۳ می باشد.

نتایج: شبکه عصبی مصنوعی با ۱۲ ورودی، یک خروجی و ۵ لایه پنهان مناسب ترین شبکه برای پیش بینی مصدومین ارجاعی به پزشکی قانونی همدان بود، شبکه عصبی توانست که با دقت ۹۰ درصد و خطای ۱۰ درصد مقادیر ۱۲ ماهه مصدومان همدان در سال ۱۳۹۹ را به خوبی پیش بینی کند.

نتیجه گیری: مقادیر پیش بینی شده نشان داد تعداد مصدومان ترافیکی در استان همدان در حال کاهش است. با توجه به دقت بالا شبکه عصبی مصنوعی در این تحقیق می توان این روش را به عنوان مبنایی برای آینده پژوهی در تصادفات قرار داد. روند نزولی تعداد مصدومان ترافیکی استان همدان نشان از موثر بودن برنامه های کاهش تصادفات در این استان است.

واژگان کلیدی: تصادف، پیش بینی، مصدومیت

مقدمه

تصمیم گیری های مناسب و تخصیص درست منابع در نظر گرفت (۲). حوادث ترافیک جاده ای یک مشکل جدید بهداشت عمومی در سراسر جهان است به گونه ای که تصادفات رانندگی یکی از مهم ترین دلیل مرگ، ناتوانی و بستری در بیمارستان را تشکیل می دهند که عوارض اقتصادی و اجتماعی چشمگیری به دنبال دارند (۳). پیش بینی می شود در سال های آینده، تصادفات و حوادث رانندگی به دومین عامل اصلی مرگ و میر در کشورهای پر درآمد و با درآمد متوسط تبدیل شود (۴). پژوهش های نشان می دهد، تا سال ۲۰۲۵ تعداد مرگ و میر ناشی از تصادفات رانندگی به بیش از ۲ و نیم میلیون نفر در دنیا خواهد رسید (۵). که بخش قابل توجهی از آن مربوط به کشورهای در حال توسعه است به گزارش سازمان بهداشت جهانی، در صورت عدم انجام اقدامات پیشگیرانه

افزایش روز افزون وسایل نقلیه و استفاده کنندگان از راه های ارتباطی از جمله مسائل مهم و گسترده ای است که ابعاد متنوع و پیچیده ای را شامل می شود (۱). سالانه تعداد زیادی از هموطنان بر اثر حوادث ترافیکی جان خود را از دست می دهند یا با مصدومیت های مختلفی رو به رو می شوند که باعث هزینه های اجتماعی و اقتصادی هم برای افراد و هم برای جامعه می گردد، در حال حاضر در کلیه جوامع اعم از مترقی و رو به رشد، بر تهیه آمار دقیق و صحیح بسیار تاکید می شود، زیرا نتایج پیش بینی آماری را می توان بعنوان ابزاری قوی برای اتخاذ

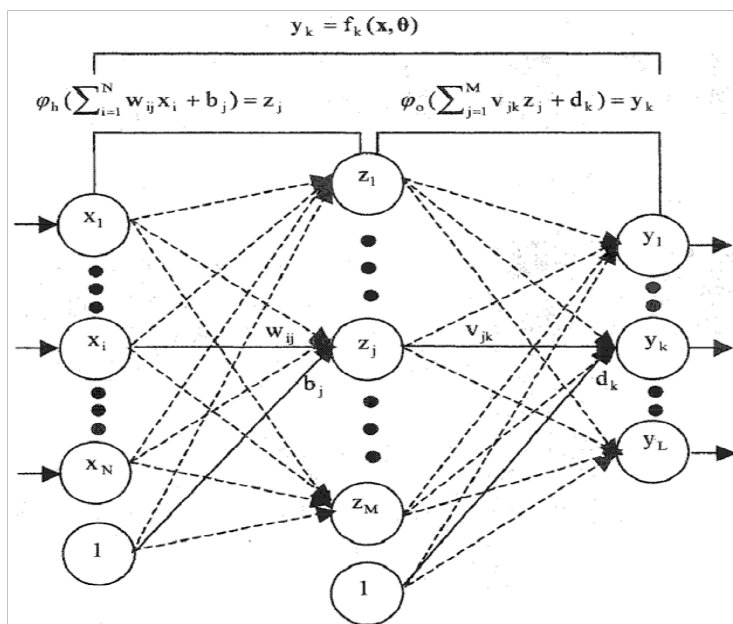
تحقیق پیش بینی میزان مصدومین برای ۱۲ ماهه سال ۱۳۹۹ و سنجش دقت روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی حوادث ترافیکی است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تعداد مصدومین حوادث ترافیکی و فوت شدگان حوادث ترافیکی به تفکیک استان‌های کشور بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ می‌باشد، که از پایگاه اطلاع رسانی پزشکی قانونی و همچنین سازمان طرح و برنامه پلیس راهور ناجا دریافت شد. برای پیش بینی با شبکه عصبی از نرم افزار متلب، استفاده گردید. در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی با ۱۲ ورودی (مقادیر واقعی قبلی) و لایه‌های پنهان بهینه و لایه خروجی استفاده شد، داده‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به دو دسته آزمایشی و آموزشی تقسیم شدند و شبکه بعد از آموزش به پیش بینی برای ۱۲ ماه آینده سال ۱۳۹۹ پرداخت. شرط توقف تکرارهای شبکه عصبی نیز ۵۰ هزار تکرار و رسیدن به دقت بالا در خروجی بود. برای سنجش دقت نیز از شاخص میانگین درصد قدر مطلق خطا MAPE استفاده گردید. در شبکه MLP، نرونها به صورت لایه‌های پی در پی سازمان دهی شده‌اند. اولین لایه، لایه ورودی نام دارد که شامل تعداد نرونهایی است که ورودی را از جهان واقعی دریافت می‌کند. آخرین لایه، لایه خروجی است که خروجی سیستم را فراهم می‌کند. لایه‌های میان این دو، لایه‌های پنهان نامیده می‌شوند. لایه‌های پنهان از یکی بیشتر هم می‌توانند باشند. لایه‌های پنهان توانایی شبکه را برای استخراج اطلاعات مفید از داده‌های ورودی و برگرداندن آنها به خروجی هدف، نشان می‌دهد.

در این تحقیق اتصالات میان نرونهای ورودی و خروجی غیر مستقیم می‌باشد بدین معنی که نرونهای ورودی به طور مستقیم به خروجی‌ها ارتباط ندارند بلکه ارتباط آنها از طریق نرونهای لایه پنهان صورت گرفته است و نرونها هیچ اتصال برگشتی ندارند. سیگنالهای ورودی وزن داده شده هر نرون در لایه نخست، خروجی خود را از طریق ترکیب خطی وزنهای سیگنال ورودی با تابع فعال سازی، فراهم می‌کند. خروجی به عنوان یک ورودی به طور مستقیم به لایه پنهان انتقال داده می‌شود و این امر به صورت پی در پی تکرار می‌شود تا اینکه به آخرین لایه برسد و خروجی لایه خروجی ایجاد شود. یک ساختار پایه‌ای از شبکه MLP همراه با یک لایه پنهان در شکل ۴ نشان داده شده است. عملکرد MLP همانند یک تابع نگاشت است که فضای ورودی را به فضای خروجی می‌نگارد که البته ابعاد ورودی و خروجی با هم فرق می‌کند. لزومی ندارد که تعداد نرونهای ورودی با خروجی برابر باشد. شبکه نشان داده شده در شکل (۲-۴) دارای N ورودی و L خروجی است. ارتباط میان ورودی‌ها و خروجی‌ها به وسیله وزن‌های سیناپسی و بایاسها تعیین می‌شود. در اغلب کاربردهای پیش بینی کوتاه مدت، یک شبکه MLP همراه با سه لایه را به کار گرفته می‌شود.

در خصوص کاهش روند فعلی تصادفات، سهم تصادفات رانندگی از مرگ و میر به بیش از ۶۷٪ افزایش خواهد یافت (۶). امروزه ایمنی در حمل و نقل جاده‌ای در زمره مهم ترین نگرانی‌های جامعه جهانی قرار دارد. همه ساله هزینه‌های بسیاری برای کاهش تصادفات و همچنین کاهش مرگ و میر ناشی از این تصادفات در کشورهای مختلف صرف می‌شود (۷). صدمات ناشی از تصادفات فقط یک موضوع ساده مربوط به حمل و نقل نیست، بلکه دغدغه اصلی بسیاری از نهادها و سازمان‌های مسئول تامین سلامت جامعه می‌باشد. صدمات و ضایعات ناشی از تصادفات جاده‌ای از بعد سلامت و بهداشت یک پدیده خطرناک ضد سلامت، از نظر اجتماعی یک پدیده خطرناک برای خانواده‌ها، از لحاظ سیاسی یک پدیده خطرناک برای اعتبار کشورهای سیاسی بحران زده و از بعد اقتصادی یک پدیده خطرناک نبود کننده منابع اقتصادی بسیار کمیاب، از جمله منابع انسانی می‌باشد (۱). معمولاً در ادبیات تحقیق، تصادفات جاده‌ای را در زمره آلودگی‌های زیست محیطی قرار می‌دهند. تصادف علاوه بر کاهش ایمنی، هزینه‌های گزافی را به جامعه وارد می‌کند، خسارت‌های مالی و جانی، ایجاد تاخیر در جریان ترافیک و کاهش سرعت رفت و آمد از جمله تاثیراتی است که وقوع تصادف بر جامعه تحمیل می‌کند، که خود باعث کاهش سرمایه‌های ملی می‌شود (۶). یکی از مهم ترین عوامل در کنترل زیر ساخت‌های حمل و نقل وقوع تصادف به عنوان پدیده‌ای مخرب است. بکارگیری راهکارهای کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای مستلزم تجزیه و تحلیل تصادفات با استفاده از مدل‌های پیش بینی و تاثیر پارامترهای گوناگون در وقوع آنها و تلاش در جهت بهبود وضعیت ایمنی ترافیک است (۸). مدل‌های پیش بینی کاربرد زیادی در تحلیل ایمنی راه‌ها دارد و امروزه به طور وسیعی در شناسایی فاکتورهای موثر بر ایمنی راه‌ها، شناسایی و اولویت بندی مکان‌های حادثه خیز راه‌ها، ارزیابی عملکرد ایمنی شبکه حمل و نقل، ارزیابی ایمنی پروژه‌های منتج از برنامه‌ریزی‌های کلان حمل و نقل و تعیین شاخص ریسک برای تعیین ایمن ترین مسیر در سیستم دینامیکی راه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹). روش‌های مختلفی برای پیش بینی تصادفات توسط پژوهشگران استفاده شده است، مانند روش‌های سری زمانی، روش‌های خاکستری، روش‌های پیش بینی حالت وینترز، تحلیل چندمتغیره، روش‌های بیز تجربی، روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های برپایه منطق فازی، تمامی این روش‌ها نیازمند جمع آوری داده‌های کافی برای ارضای محدودیت‌های خود هستند. پیش بینی تعداد تصادفات نه تنها برای دولت‌ها بلکه برای شرکت‌های و سازمان‌ها بسیار مهم و حیاتی است (۱۰).

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر توصیفی و تحلیلی از نوع مقایسه‌ای است که با استفاده از اطلاعات گذشته به پیش بینی برای آینده می‌پردازد. هدف از این



شکل ۱. یک شبکه ۳ لایه MLP

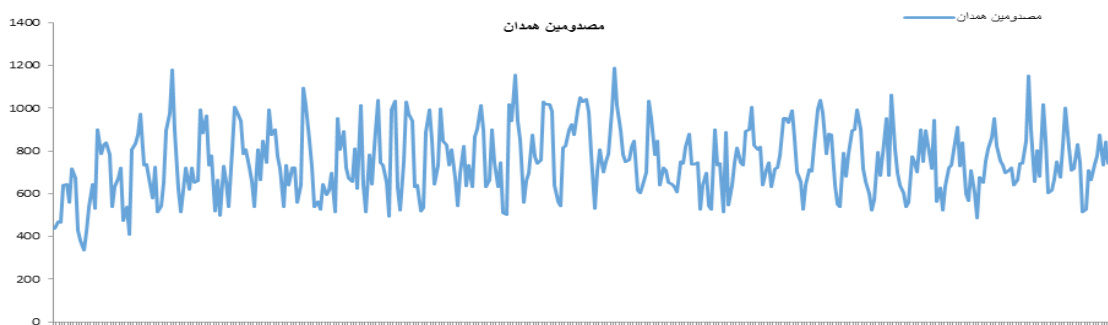
تحقیق حاضر دارای کد اخلاق به شماره IR.MEDILAM. REC.۱۳۹۸.۲۱۳ از دانشگاه علوم پزشکی ایلام می باشد.

یافته ها

سری زمانی تعداد مصدومان ترافیکی در استان همدان که در بین فروردین ۱۳۶۸ تا اسفند ۱۳۹۸ به تفکیک استان در نمودار ۲ آمده است، که نشان می دهد تعداد مصدومین در استان همدان در سالهای قبل روندی نسبتاً ثابت با میل کاهنده داشت. آمار مصدومین در این تحقیق بر اساس آمار پزشکی قانونی بود که دارای کم شماری است، ولی با توجه به اینکه ماهیت پژوهش حاضر درک روند مصدومین حوادث ترافیکی در آینده بود، مقادیر پیش بینی شده نیز بر اساس مصدومین ارجاعی پزشکی قانونی است.

برای لایه های پنهان عموماً توابع سیگموئیدی ترجیح داده می شود. برای واحدهای خروجی، تابع خروجی هم می تواند خطی و هم غیرخطی باشد. انتخاب براساس توزیع متغیرهای خروجی است به عنوان مثال یک تابع سیگموئیدی می تواند هنگامی که خروجی دارای مقادیر پیوسته و محدود است به کار رود. اگر مرزهای خروجی نامحدود باشند، یک تابع فعال سازی نامحدود مانند تابع خطی می تواند انتخاب بهتری باشد. اثبات شده که یک MLP تغذیه مستقیم با حداقل ۱ لایه پنهان توانائی تخمین هر ارتباط میان ورودی- خروجی همراه با دقت خوب را دارد (۱۱).

نویسندگان در این تحقیق کلیه ملاحظات اخلاقی در مورد آزمودنی ها را رعایت و تمام موارد پژوهشی بر اساس بیانیه هلسینکی و کدهای ۲۶ گانه اخلاق پژوهشی کشور رعایت و تنظیم شد. همچنین



شکل ۲. نمودار سری زمانی تعداد مصدومین ارجاعی به پزشکی قانونی استان همدان

حال از شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده جهت پیش بینی برون نمونه ای ۱۲ ماهه استفاده می‌گردد. که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. شبکه عصبی بر اساس تکرار فرآیند روند تصادفات در استان همدان را پیش بینی کرده که میزان خطای هر بار تکرار برای رسیدن به پیش بینی مطلوب در شکل ۳ نشان داده شده است.

شبکه عصبی به گونه ای طراحی شده که دارای ۱۲ ورودی باشد. شبکه عصبی داده‌ها را به ۲۹۶ داده آموزشی و ۶۰ داده آزمایشی تقسیم کرد ، تعداد لایه های پنهان نیز برای شبکه با توجه به سنجیدن دقت برای لایه های پنهان مختلف ۵ لایه پنهان به دست آمد. دقت روش شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. دقت شبکه عصبی در پیش بینی مصدومان استان همدان

استان همدان		
داده‌های آموزش	داده‌های آزمایش	تعداد داده ها
۲۹۶	۶۰	پیش بینی‌های درست (خوب)
۲۲۹	۵۰	پیش بینی‌های غلط (بد)
۶۷	۱۰	MAPE
	۰.۱۰۱	

جدول ۲. مقادیر پیش بینی شده برون نمونه ای برای استان‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

گام	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم	MAPE
مصدومان حوادث ترافیکی همدان	۴۲۸	۵۱۲	۶۵۹	۴۲۴	۴۷۱	۶۴۳	۴۷۲	۵۰۱	۸۰۷	۷۲۲	۷۱۱	۶۱۲	۰.۰۸۱



شکل ۳. مکانیزم تکرارهای صورت گرفته برای رسیدن به دقت بهینه

استفاده گردید. سنجش دقت روش شبکه عصبی مصنوعی چند لایه نشان داد که این روش دارای دقت ۹۰ درصد در پیش بینی تعداد مصدومین ارجاعی به پزشکی قانونی استان همدان است، که این نشان دهنده اعتبار بالای این روش جهت برآورد و تخمین روند در

پیش بینی مصدومین حوادث ترافیکی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه یکی از راه های مناسب جهت ترسیم روند و آینده مصدومین حوادث ترافیکی است که در این تحقیق از آن

بحث

تصادفات، رعایت قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی و پرهیز از ارتکاب تخلفات رانندگی است، چرا که مقدمه هر تصادفی، یقیناً ارتکاب تخلف است و تخلف رانندگی زمانی رخ می‌دهد که قوانین و مقررات رانندگی نادیده گرفته شود، از مصادیق رعایت قوانین و مقررات رانندگی بستن کمربند ایمنی هنگام رانندگی است، اگر چه بستن کمربند ایمنی در ابتدا برای بعضی از افراد آزار دهنده است اما نقش بسیار مهم و حیاتی در کاهش تصادفات جاده‌ای، بویژه کاهش تلفات انسانی ایفا می‌کند. بستن کمربند نه تنها برای رانندگان، بلکه سرنشینان و مسافران اعم از بزرگسال و کودکان بویژه در راه‌های بیرون شهری باید جدی گرفته شود تا در تصادفات احتمالی از خطرات جانی در امان باشند، الزامی بودن بستن کمربند ایمنی از نگاه قانونی با همین هدف وضع و اجراء می‌شود. یکی دیگر از بهترین روش‌های موثر در کاهش تصادفات، رانندگی تدافعی است، این بدان معنا نیست که راننده قادر به کنترل بی‌مبالاتی رانندگان دیگر باشید. راننده تدافعی می‌تواند سوانح جاده‌ای متحمل را پیش‌بینی کند و بهترین روش و عکس‌العمل را برای جلوگیری از وقوع تصادفات، بکار ببندد. یکی از دلایل وقوع تصادفات، بی‌دقتی و حواس‌پرتی رانندگان حین رانندگی است که پلیس باید با تذکر و آموزش بیشتر به رانندگان توسط رسانه‌ها و آموزشگاه‌های رانندگان را متوجه خطرات حواس‌پرتی حین رانندگی بکند. از نقاط قوت این تحقیق استفاده از روش بسیار پیشرفته شبکه عصبی مصنوعی در موضوع حوادث ترافیکی و سیستم‌های سلامت است که کمتر از این روش در پیش‌بینی و تخمین روند داده‌های سری زمانی مربوط به سیستم‌های سلامت استفاده می‌گردد، یکی از محدودیت‌های این تحقیق دسترسی به اطلاعات حوادث ترافیکی بود که با توجه به اینکه این آمار از پزشکی قانونی گرفته شده است گاهی دارای کم‌شماری است.

حوزه سیستم‌های سلامت است، نتایج این بخش تحقیق با مطالعه بهادری منفرد و همکاران به بررسی میزان سوانح ترافیکی پرداخته بودند همخوانی دارد (۱۲). در تحقیقی که برای سنجش میزان تروما حوادث ترافیکی از روش‌های مختلف پیش‌بینی استفاده گردیده بود، شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها بود (۱۳). مقادیر پیش‌بینی شده برای سال آینده در استان همدان نشان داد که میزان تصادفات در این استان وارد روند کاهش خواهد شد، که این نشان دهنده قرار گرفتن روند تصادفات در مسیر مناسب و اثر بخشی اقدامات انجام گرفته جهت کاهش تصادفات در استان همدان در سالهای اخیر است. در پژوهشی که روند کلی میزان سوانح ترافیکی در کشور ایران در سال‌های اخیر را مورد مطالعه قرار داده بود میزان حوادث ترافیکی در اکثر استان‌های کشور را کاهش اعلام کرده بود (۱۲)، همچنین روند کاهش برای استان زنجان با استفاده از مدل‌های آماری پیش‌بینی نیز کاهش به دست آمد (۱۴). برخلاف روند کاهش تصادفات در ایران مطالعه پیش‌بینی تصادفات در کشور نیجریه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه نشان داد که میزان تصادفات در کشور نیجریه روند افزایشی در آینده خواهد داشت (۱۵). با توجه به آنکه پیش‌بینی تصویر از آینده به مدیران جهت اخذ تصمیمات تاکتیکی و استراتژیک می‌دهد لذا پیشنهاد می‌شود که کارشناسان جهت پیش‌بینی و اخذ تصمیم از روش‌ها ارائه شده در این تحقیق استفاده نمایند پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با استفاده از روش‌های پیش‌بینی متفاوت تر در سنجش میزان تصادفات دقت آن‌ها در پیش‌بینی مورد مطالعه قرار گیرد. کاهش تعداد مصدومین در استان همدان نشان دهنده موثر بودن اقدامات پلیس راهنمایی و رانندگی در این استان می‌باشد. مقادیر تلفات و تعداد تصادفات را می‌توان با آموزش و وضع قوانین و کنترل کاهش داد، مهمترین نکته برای جلوگیری از وقوع

References

1. Kurakina E, Evtiukov S, Rajczyk J. Forecasting of road accident in the DVRE system. *Transportation Research Procedia*. 2018;36:380-5.
2. Fountas G, Anastasopoulos PC, Mannering FL. Analysis of vehicle accident-injury severities: A comparison of segment- versus accident-based latent class ordered probit models with class-probability functions. *Analytic Methods in Accident Research*. 2018;18:15-32.
3. Omidi N, Omidi MR. Estimating Accident-Related Traumatic Injury Rate by Future Studies Models in Semnan Province, Iran. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*. 2018;3(4):191-8.
4. Grant E, Salmon PM, Stevens NJ, Goode N, Read GJ. Back to the future: What do accident causation models tell us about accident prediction? *Safety Science*. 2018;104:99-109.
5. Asgari H, Omidi MR, Omidi N. Use of econometric techniques to estimate the traumatic trend of road accidents. *Safety Promotion and Injury Prevention*.

2019 Oct 8;6(4):173-82.

6. Fountas G, Anastasopoulos PC. Analysis of accident injury-severity outcomes: The zero-inflated hierarchical ordered probit model with correlated disturbances. *Analytic Methods in Accident Research*. 2018;20:30-45.

7. Omidi MR, Jafari Eskandari M, Raissi S, Shojaei AA. Providing an Appropriate Prediction Model for Traffic Accidents: A Case Study on Accidents in Golestan, Mazandaran, Guilan, and Ardebil Provinces. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*. 2019;4(3):165-72.

8. Mannering F. Temporal instability and the analysis of highway accident data. *Analytic Methods in Accident Research*. 2018;17:1-13.

9. Mehdizadeh M, Shariat-Mohaymany A, Nordfjaern T. Accident involvement among Iranian lorry drivers: Direct and indirect effects of background variables and aberrant driving behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2018;58:39-55.

10. Mohammadzadeh Moghaddam A, Tabibi Z, Sadeghi A, Ayati E, Ghotbi Ravandi A. Screening out accident-prone Iranian drivers: Are their at-fault accidents related to driving behavior? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2017;46:451-61.

11. Naderi M, Khamsehchi E, Karimi B. Novel statistical forecasting models for crude oil price, gas price, and interest rate based on meta-heuristic bat algorithm. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2019;172:13-22.

12. Bahadori Monfared A, Soori H, Mehrabi Y, Rahmati Roudsar M, Esmaili A, Salehi M, et al. A model for prediction of on the rate of mortality due to road traffic accidents in Iran. *Research-in-Medicine*. 2013;36(5):7-11.

13. Omidi N, Omidi MR. Estimating accident-related traumatic injury rate by future studies models in Semnan Province, Iran. *Health in Emergencies and Disasters*. 2018;3(4):191-8.

14. Omidi N, Asgari H, Omidi MR, Jafari Eskandari M. The study of traffic accidents in Zanjan Province between March 2009 and February 2016 and comparing the mathematical method to predict traffic injuries referred to the Forensic Medicine between 2017 and 2020. *iau-tmuj*. 2017;27(3):201-8.

15. Ihueze CC, Onwurah UO. Road traffic accidents prediction modelling: An analysis of Anambra State, Nigeria. *Accident Analysis & Prevention*. 2018;112:21-9. [[Pubmed](#)]