فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ١٤، شماره ٤، تابستان ١٤٠٢، ص. ٣٠١٩-٢٩٩٩

مقاله علمی-پژوهشی

طبقه‌بندی تصادفات جاده‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی آزادراه تهران - پردیس)

مسعود میرزایی، فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

مهدی یزدان پناه (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه گرمسار، گرمسار، ایران

E-mail: m.yazdanpanah@fmgarmsar.ac.ir

علی دهقان بنادکی، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

دریافت: ١٤٠٠/٠٨/٢٥ پذیرش: ١٤٠٠/١١/١٦

چکیده

وقوع تصادف در جاده‌ها به لحاظ شدت و خسارات جانی و مادی در شرایط محیطی و هندسی مختلف همواره مورد بررسی و توجه قرار گرفته است. در این تحقیق از مدل پرسپترون چندلایه با معماری‌های مختلف شامل یک و دولایه مخفی با تعداد نورون‌های متفاوت برای تخمین تعداد تصادفات جاده‌ای استفاده شده است. در مدل‌سازی از متغیرهای مستقل (داده‌های ورودی) شامل شعاع قوس افقی، زمان وقوع حادثه، سن راننده مسبب حادثه، جنسیت، داشتن گواهی‌نامه، نوع وسیله نقلیه، شرایط آب‌وهوایی، متوسط ترافیک روزانه، روشنایی محیط، علت وقوع حادثه، نوع و مکان وقوع تصادف استفاده شده است. تعداد تصادفات به عنوان متغیر وابسته به چهار کلاس (کلاس اول برابر با یک تصادف، کلاس دوم برابر با ٢ تصادف، کلاس سوم برابر با ٣ تصادف، کلاس چهارم برابر با ٤ تصادف) تقسیم‌بندی شد. در این راستا از گزارش‌های تصادفات آزادراه تهران - پردیس حدفاصل دی‌ماه ١٣٩٥ الی مردادماه ١٣٩٨ که از شرکت آزادراه تهران - پردیس دریافت شده مورداستفاده قرار گرفته است. تعداد تصادفات رخ‌داده در طول این مدت برابر ٣٦٨ مورد بوده است که از این تعداد ٤٤ مورد گزارش به دلیل نقص اطلاعات ثبت شده خارج و با استفاده از ٣٢٤ مورد گزارش، مدل‌های عصبی ساخته شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی با دولایه پنهان هرکدام با تعداد ١٤ عصب با دقتی برابر ٨٣/٣ درصد برای داده‌های آموزش و دقت کل ٨٣/٣ درصد بهترین عملکرد در تخمین تعداد تصادفات را از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی تعداد تصادفات، طبقه‌بندی تصادفات، شبکه عصبی- مصنوعی، آزادراه تهران - پردیس

۱. مقدمه

همواره چهار عامل اصلی انسان – جاده – وسیله نقلیه و محیط در پیدایش حوادث حمل‌ونقل جاده‌ای نقش اساسی را دارا هستند [Yaghubi., 1379]. یک راه از اجزای مختلف ابنیه فنی شامل پل‌ها، تونل‌ها، دیوارهای حایل، ساختمان‌های مربوط به ادارات راهداری، پلیس و غیره تشکیل شده است. به همین منظور شناخت مشخصات فنی و پارامترهای تأثیرگذار هریک از این اجزا در ایمنی و بهره‌برداری و نگهداری راه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. وقوع تصادف در جاده‌ها به لحاظ شدت و خسارات جانی و مادی باتوجه‌به شرایط محیطی و هندسی آن و سرعت بالای وسایل نقلیه عبوری می‌تواند مورد بررسی و توجه قرار گیرد؛ بنابراین سرمایه‌گذاری به‌منظور افزایش در ایمنی جاده‌ها و طراحی مدلی که بتواند نسبت به پیش‌بینی کلاس‌بندی تعداد تصادف اقدام نماید، ضروری به نظر می‌آید. در این تحقیق سعی بر آن است که با بررسی عوامل تأثیرگذار در وقوع تعداد تصادفات نسبت به ایجاد یک مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات جاده‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی[1] اقدام گردد. در تحقیق حاضر با دریافت کلیه گزارش‌های وقوع تصادفات حدفاصل دی‌ماه ۱۳۹۵ الی مردادماه ۱۳۹۸ آزادراه تهران پردیس نسبت به مشخص نمودن و دسته‌بندی عوامل دخیل در بروز تصادفات اقدام و با بهره‌گیری از نقشه‌های اجرایی آزادراه مشخصات هندسی محل وقوع تصادف در جاده تعیین گردید. سپس با ایجاد یک ماتریس به‌عنوان داده ورودی که شامل مجموعه‌ای از عوامل انسانی (سن راننده مسبب حادثه و نوع جنست و...)، عوامل محیطی (شرایط آب‌وهوایی از قبیل آفتابی و یا برفی بودن و روشن و یا تاریک بودن محیط و.....) و مشخصات هندسی جاده (شعاع قوس افقی) که در بروز حادثه دخالت داشتند و همچنین با ایجاد یک ماتریس خروجی که به‌عنوان داده هدف که همان پیش‌بینی تعداد تصادفات است جهت ورود به نرم‌افزار و تجزیه‌وتحلیل آن و در نهایت ایجاد یک مدل به‌منظور پیش‌بینی کلاس‌بندی تعداد تصادفات اقدام گردید.

۲. پیشینه تحقیق

امروزه پیش‌بینی تعداد تصادفات بر اساس مدل‌های هوشمند موردتوجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [Hébert, 2020; Guido et al., 2020; Huang et al., 2021]. به‌عنوان‌مثال، یک مدل طبقه‌بندی دودویی برای ارزیابی ایمنی در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی نوع روش گروهی مدیریت داده[2] (GMDH) مدل‌سازی شد [Guido et al., 2020]. برای این منظور، ۷۷۵ مورد تصادف از مناطق شهری و روستایی در جنوب ایتالیا به طور دقیق ثبت و ارزیابی شد و برخی پارامترهای قابل‌توجه به‌عنوان داده‌های ورودی شامل نور روز، روز هفته، نوع تصادف، مکان، محدودیت سرعت و سرعت متوسط در نظر گرفته شد و تعداد خودروهای درگیر در تصادف به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد. در این مطالعه، ۵۸۱ مورد به طور تصادفی از مجموعه‌داده‌ها برای آموزش انتخاب شدند و بقیه برای آزمایش مدل باینری توسعه یافته استفاده شدند. یک ماتریس سردرگمی[1] و یک منحنی مشخصه عملیاتی گیرنده برای بررسی عملکرد مدل پیشنهادی استفاده شد. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر دقت مدل پیش‌بینی برای آزمون و آموزش به ترتیب ۸۳/۵ و ۸۵/۷ درصد مشخص شد که نشان‌دهنده قدرت بالای مدل در تخمین تصادفات بود. در تحقیق مشابهی [Viswanath., 2021] روابط متقابل بین تصادفات جاده‌ای، وضعیت جاده و نقش عوامل محیطی در وقوع تصادف را مورد بررسی قرارداد در این تحقیق از تکنیک‌های داده‌کاوی در توسعه یک مدل پیش‌بینی تصادف با استفاده از الگوریتم آپریوری و ماشین‌های بردار پشتیبانی استفاده شد. برای این مطالعه از مجموعه‌داده‌های تصادفات جاده‌ای بنگلور برای سال‌های ۲۰۱٤ تا ۲۰۱۷ موجود در اینترنت استفاده شده است. بهترین مدل پیشنهادی نشان داد

که هر دو الگوریتم آپریوری و ماشین‌های بردار پشتیبانی قابلیت بالایی در تخمین تصادفات جاده‌ای را دارند.

در تحقیق دیگری [Akgüngör and Doğan., 2009] یک مدل شبکه عصبی مصنوعی و یک مدل الگوریتم ژنتیکی برای تخمین تعداد تصادفات، تلفات و جراحات در آنکارا، ترکیه، با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده بین سال‌های ۱۹۸٦ و ۱۹۸٦ مورد بررسی قرار گرفت. برای توسعه مدل، تعداد وسایل نقلیه، تلفات، جراحات، تصادفات و جمعیت به‌عنوان پارامترهای مدل انتخاب شدند. در مدل شبکه عصبی مصنوعی، توابع سیگموئید و خطی به‌عنوان توابع فعال‌سازی با الگوریتم انتشار پیش‌خور به عقب استفاده شد. در رویکرد الگوریتم ژنتیک[۳]، دو شکل از مدل‌های الگوریتم ژنتیک شامل یک شکل خطی و یک شکل نمایی از عبارات ریاضی ایجاد شد. نتایج مدل الگوریتم ژنتیک نشان داد که فرم مدل نمایی برای تخمین تعداد تصادفات و تلفات جانی مناسب است درحالی‌که فرم خطی مناسب‌ترین فرم برای پیش‌بینی تعداد جراحات است. بهترین مدل برازش با کمترین میانگین خطای مطلق[٤] بین مقادیر مشاهده شده و برآورد شده برای تخمین‌های نتایج نشان داد که عملکرد مدل شبکه عصبی مصنوعی بهتر از مدل الگوریتم ژنتیک بود.

حجازی و همکاران در همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین به بررسی و ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات بر اساس خصوصیات هندسی مسیر در محور اندیمشک به پل زال پرداخته‌اند. در این مطالعه پارامترهای هندسی مسیر شامل عرض خط، عرض شانه، شعاع قوس، حجم ترافیک عبوری، پارامترهای شیب عرضی در مسیر مستقیم، شیب طولی مسیر، بربلندی در قوس‌های افقی و تعداد دسترسی‌ها را با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی و برداشت‌های میدانی به مدت ۸ سال بین سال‌های ۱۳۸٤ الی ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق باتوجه‌به داده‌های ورودی واقعی، شبکه‌ای با ضریب همبستگی ۹۱ درصد میان داده‌های خروجی واقعی و پیش‌بینی‌شده توسط مدل به‌دست‌آمده است. این مدل برای نرخ‌های تصادفات پیش‌بینی شده بین ۷۰۰ تا ۱۸۰۰ میزان نرخ تصادفات بسیار مناسبی را ارائه می‌دهد. باتوجه‌به جوابگویی بسیار خوب مدل در صورت داشتن داده‌های تصادفات و هندسه در مسیرهای مشابه از نظر توپوگرافی و ترکیب تردد می‌توان از مدل ارائه شده جهت پیش‌بینی تصادفات و تصمیم‌گیری درباره نحوه اصلاح هندسی و ایمن‌سازی استفاده نمود [Hejazi et al., 1392]. افندی زاده و همکاران به ارائه مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی بادقت بالا برای ساخت مدل پیش‌بینی تصادفات بر اساس نقش عامل انسانی پرداخته‌اند. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات تخلفات ترافیکی رانندگی مربوط به ٤ محور از بزرگراه‌های بین‌شهری استان گیلان حدفاصل سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۳ اقدام به طراحی مدل گردیده است. تخلفات حادثه‌ساز شامل سرعت غیرمجاز، سبقت غیرمجاز، عدم رعایت فاصله طولی، انحراف‌به‌چپ، عدم رعایت حق‌تقدم و عدم استفاده از کمربند ایمنی انتخاب شده‌اند. نتایج پارامترهای شبکه بهینه نشان از دقت بالای شبکه عصبی در ساخت مدل فوق دارد. در این حالت ضریب همبستگی برابر با ۹۰ درصد و میزان میانگین مربعات خطا ۰/۰۰۳۸۱ است [Afandizade et al., 1393]. ابراهیمی با مطالعه و بررسی تصادفات عابرین پیاده در شهر کرمانشاه با استفاده از مدل آماری لوجیت و مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی، به پیش‌بینی شدت تصادفات عابرین پیاده در دو رده جرحی و فوتی پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که مدل لجستیک تصادفات جرحی و فوتی را به ترتیب بادقت ٪۹٦,٤ و ٪۳۳,۳ و دقت کل ٪۸٦,۸ و شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب بادقت ٪۹۷,٦ و٪۳۷,۸ و دقت کل ٪۸۸,۵ برآورد می‌کند که نشان از کارایی مناسب شبکه عصبی در تحلیل اثر عوامل دخیل بر شدت تصادفات داشته است. در این مطالعات متغیر وابسته، شدت تصادفات (جرحی و فوتی) و متغیرهای مستقل، پارامترهایی چون ویژگی‌های راننده و عابر، مشخصات محیطی و مشخصات ترافیکی هستند [Ebrahimi., 1394]. محمدی به مطالعه و بررسی تأثیر پارامترهای هندسی مسیر بر روی تصادفات محور سنندج به کامیاران با استفاده از

روش غیر آماری شبکه عصبی مصنوعی پرداخته است. در این تحقیق شش پارامتر هندسی مسیر شامل شعاع قوس، شیب طولی، فاصله دید قایم، تقاطع، پل و عرض شانه خاکی انتخاب شدند و از داده‌های تصادفات مربوط به سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۲ در محور فوق استفاده گردید. در این پژوهش پس از ایجاد شبکه بهینه، نقشه خطرپذیری برای هر قطعه از مسیر بر مبنای شبکه عصبی بهبودیافته استخراج گردید و با استفاده از آنالیز حساسیت مشخص شد که پارامترهای هندسی پل، شعاع قوس و تقاطع دارای بیشترین حساسیت و تأثیرگذاری در وقوع تصادفات در محور موردمطالعه هستند [Mohamadi., 1395]. فرامرزی به بررسی الگوی تصادفات جاده‌ای استان گلستان با رویکرد ویژه به‌شدت بروز تصادفات پرداخته است. برای این منظور تعداد ۹۰۰ سری داده مربوط به تصادفات جاده‌ای استان گلستان شامل زمان، وضعیت آب هوایی، روز وقوع تصادف، تعطیل بودن یا نبودن، جرحی، فوتی و یا خسارتی بودن، بسته بودن یا نبودن کمربند ایمنی، سن راننده مقصر، نوع محور اصلی، فرعی یا روستایی بودن، نحوه برخورد و نوع برخورد انتخاب گردید. از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس نسخه ۲۲ جهت بررسی تأثیر متغیرهای مستقل معرفی شده بر جرحی، فوتی و خسارتی بودن تصادف استفاده شده است. صحت پیش‌بینی‌ها در مرحله آموزش شبکه، ۹۴,۵٪ است که میانگین صحت نتایج برای تصادفات جرحی و فوتی ۹۷,۷ درصد و برای تصادفات خسارتی ۷۸,۵ درصد است [Faramarzi., 1396]. باباگلی و همکاران در سال ۱۳۹۸ به تحقیق در مورد مدل پیش‌بینی شدت تصادفات وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های تصادفات در محور بابل به گنج افروز پرداخته‌اند. در این پژوهش با به‌کارگیری مدل چندجمله‌ای لوجیت از مجموعه مدل‌های انتخاب برای ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات بهره گرفته شده است. همچنین با استفاده از مدل پیش‌بینی دوتایی از مجموعه الگوریتم‌های داده‌کاوی شامل الگوریتم کارت[5] به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های درخت تصمیم و الگوریتم پرسپترون چند لایه[6] از مجموعه الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده گردید و نتایج موردنیاز استخراج و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. بر اساس مطالعه صورت‌گرفته در این پژوهش نشان‌داده‌شده است که بهترین مدل از نظر درصد درست پیش‌بینی و قابلیت ارائه فرمول پیش‌بینی برای هر سطح، مدل لوجیت چندگانه[7] با ۶۷/۲۱ درصد بوده است. نتایج به‌دست‌آمده در بخش مدل‌های پیش‌بینی نشان می‌دهد فرمول برآورد شده قادر به‌پیش بینی شدت تصادفات در سطوح صفر و یک بادقت کافی هستند [Babagoli et al., 1398]. یاشین کودور و همکاران به ارائه مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تصادفات شبکه بزرگراهی در آرزروم کشور ترکیه پرداخته‌اند. در این پژوهش از داده‌های تصادفات بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۲ استفاده شده است. پارامترهایی شامل درجه قوس قایم و افق، سال وقوع تصادف، طول مقطع بزرگراه، ترافیک متوسط سالیانه، درصد تصادفات وسیله نقلیه و درصد تصادفات رخ‌داده در تابستان مورد بررسی قرار گرفت. طبق مدل ایجاد شده مشخص گردید که مهم‌ترین عامل در وقوع تصادفات درجه قوس قائم است [Yasin codur et al., 2015]. تئوفیلاتوس و همکاران به پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای با رویکرد مدل‌سازی حوادث نادر پرداخته است. این مطالعه تلاش می‌کند با توسعه مدل‌های جدید مانند مدل حوادث نادر برای اولین‌بار به ارزیابی ایمنی سیستم بزرگراه‌ها کمک کند. هدف از این مطالعه ارتباط بین وقوع تصادف با ویژگی‌های ترافیکی با درنظرگرفتن تصادفات به‌عنوان حوادث نادر است. در این تحقیق با جمع‌آوری مجموعه‌ای از داده‌های ترافیکی شامل جریان ساعت اوج، اشغال، میانگین سرعت و درصد کامیون در آتن در یک دوره سه‌ساله بین سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۱ با روش مدل آماری لوجیت به مدل‌سازی پیش‌بینی تصادفات اقدام گردید. نتایج حاصل از مدل‌سازی بیانگر این موضوع است که لگاریتم سرعت متوسط همواره تأثیر منفی در تصادفات را دارا است درصورتی‌که نسبت درصد کامیون در تصادفات اثرگذار نبوده است [Theofilatos et al., 2016]. هارتیکا و همکاران

به بررسی مدل پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای در منطقه سلنگور در کشور مالزی با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی اقدام کرده‌اند. از هر دو مدل برای پیش‌بینی تعداد تصادفات در هرسال استفاده گردید. پارامترهای مورداستفاده در مدل‌ها شامل سرعت وسیله نقلیه، فاصله بین آنها و حجم ترافیک بین سال‌های ۲۰۱۳ الی ۲۰۱۵ است. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از هر دو مدل مشاهده شد که همبستگی بیشتری بین متغیرها در شبکه عصبی مصنوعی است. این همبستگی بیشتر بین متغیرها باعث خطای کمترین مربعات کمتری در شبکه عصبی مصنوعی شده است. همچنین با مقایسه همبستگی و خطای بین دو مدل می‌توان فهمید که شبکه عصبی مصنوعی از عملکرد بهتری در پیش‌بینی تعداد تصادفات برخوردار است [Hartika et al., 2017]. در تحقیق صورت‌گرفته توسط گارسیا دسوتو و همکاران به بررسی پیش‌بینی تصادفات ترافیکی جاده با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در کشور سوئیس اقدام شده است. در این پژوهش داده‌های تصادفات جاده‌های کشور سوئیس بین سال‌های ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۲ را بکار گرفته و پارامترهای ورودی به مدل عبارت‌اند از متوسط ترافیک سالانه، درصد خودروهای سنگین، قوس افقی و شیب. همچنین برای ایجاد مدل ۸۰٪ داده‌ها را برای آموزش و ۲۰٪ را برای تست مدل ایجاد شده استفاده نمودند. برای ایجاد مدل از یک شبکه عصبی چندلایه پیش‌خور با سه‌لایه پنهان با ۱۰ عصب استفاده گردید. عملکرد مدل‌های مختلف ایجاد شده با یکدیگر متفاوت بوده و به نوع تصادف وابسته هستند. بر اساس نتایج مشاهده شده از داده‌های صحت سنجی مربوط به سال ۲۰۰۹ می‌توان فهمید که پیش‌بینی تصادفات با شدت زیاد و فوتی به‌خوبی پیش‌بینی تصادفات با شدت کم نمی‌باشد. با مقایسه نتایج پیش‌بینی حاصل از مدل‌ها برای داده‌های بین سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۲ این نتیجه حاصل می‌شود که مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تصادفات با داده‌های مربوط به تصادفات با شدت زیاد و فوتی بهتر عمل می‌کند [García de Soto et al., 2018]. در تحقیق صورت‌گرفته توسط اسلیمانی و همکاران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی میزان ترافیک در کشور مراکش پرداخته شده است. در این پژوهش سعی شده است به‌منظور مدیریت هر چه‌بهتر جریان ترافیک با مدل‌سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی نسبت به ایجاد روشی جهت پیش‌بینی و مدیریت ترافیک اقدام نمایند. داده‌های مورداستفاده شامل اطلاعات جریان ترافیک در یکی از ایستگاه‌های بزرگراهی مراکش بین سال‌های ۲۰۱۵ الی ۲۰۱۸ که در سه کلاس باتوجه‌به نوع وسیله نقلیه طبقه‌بندی شده‌اند. کلاس ۱ وسایل نقلیه سبک، کلاس ۲ کامیون و کلاس ۳ وسایل نقلیه سه محوره یا بیشتر را شامل می‌شود. داده‌های ورودی به شبکه عصبی شامل ۱۸ مورد است که در ۲ گروه تقسیم‌بندی شده‌اند. گروه یک شامل اطلاعات تقویمی(تعطیلات آخر هفته، تعطیلات ملی، رمضان، تعطیلات مدارس.. ...) و گروه دوم شامل ۱۰ جریان ترافیک روزانه قبلی(ترافیک روز ۳٦٥ ، روز ۲۱، روز ١٤ و.....) و داده خروجی، جریان ترافیک روزانه است. با استفاده از انواع شبکه‌های عصبی و آزمایش روش‌های مختلف با مشاهده نتایج، بهترین شبکه جهت پیش‌بینی جریان ترافیک شبکه‌ای مبتنی بر پرسپترون چندلایه و با خطای کمترین مربعات ۰/۰۰۹۲۷ برای داده‌های آموزش و خطای ۰/۰۱۳۲۱ برای داده‌های تست ایجاد گردید [Slimani et al., 2019]. در مقاله ارائه شده توسط سینگ و همکاران با استفاده از شبکه عصبی عمیق به بررسی مدل پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای پرداخته شده است. هدف از این تحقیق استفاده از مدل شبکه عصبی عمیق برای پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای است. داده‌های مورداستفاده شامل ۲٦٨٠ مورد تصادف، مربوط به ۸ بزرگراه غیرشهری که در برگیرنده ١٦ پارامتر از جمله مشخصات هندسی، ترافیکی و محیطی است گردآوری شد. در نهایت ۲۲۲ مورد داده مربوط به‌تصادف که ١٤٨ مورد برای آموزش شبکه و ٧٤ داده برای تست مدل مورداستفاده قرار گرفت. مدل به‌دست‌آمده از شبکه عصبی عمیق

با مدل‌های ایجاد شده توسط برنامه ژنتیک و دوجمله‌ای منفی تصادفی مورد مقایسه قرار داده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مقدار ضریب همبستگی در شبکه عصبی عمیق ۰/۹٤٥ و خطای کمترین مربعات ۵/۹۰۸ در مقایسه با ضریب همبستگی مدل ژنتیک ۰/۹۱٤ و خطای کمترین مربعات ۷/٤۷٤ و مدل دوجمله‌ای منفی با ضریب همبستگی ۰/۸۹۱ و خطای کمترین مربعات ۸/۸٦۲ عملکرد بهتری برای پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای از خود نشان می‌دهد [Singh et al., 2020].

در جدول ۱ خلاصه نتایج تحقیقات صورت‌گرفته به‌اجمال ارائه شده است. شایان‌ذکر است که مطالعه حال حاضر با بررسی مجموعه‌ای از شرایط محیطی مانند (آفتابی یا برفی و غیره، روشن یا تاریک بودن محیط)، عوامل انسانی (سن و جنسیت راننده مسبب حادثه و ...) و مشخصات هندسی مسیر (شعاع قوس افقی و ...) و تعدادی متغیر دیگر که در ادامه بدان اشاره خواهد شد به‌عنوان داده ورودی به ایجاد مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات جاده‌ای در آزادراه تهران – پردیس خواهد پرداخت.

۳. اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق ایجاد یک مدل برای پیش‌بینی تعداد تصادفات جاده‌ای در آزادراه تهران – پردیس است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هیچ‌گونه مدل هوشمندی برای تخمین تعداد تصادفات در این آزادراه معرفی نشده است. در این راستا و برای حل این مشکل با استفاده از گزارش‌های تصادفات ثبت شده در آزادراه، کلیه عوامل دخیل در وقوع تصادف استخراج می‌شود. در ادامه با ایجاد ماتریس داده‌های ورودی و خروجی یک مدل عصبی جهت پیش‌بینی تعداد تصادفات ساخته شد. ارزیابی صحت مدل در برابر داده‌های جدید مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت یک تابع عصبی برای استفاده کاربران پیشنهاد می‌شود.

٤. روش تحقیق

در این مطالعه از شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار متلب با استفاده از ابزار تشخیص الگو و طبقه‌بندی جهت ایجاد مدل پیش‌بینی کلاس‌بندی استفاده شد. ساختار دقیق شبکه مورد استفاده در قسمت ٤-۳ بیان شده است. جهت آموزش شبکه با استفاده از تابع لونبرگ مارکیوت اقدام شده است. متغیر وابسته (خروجی مدل)، تعداد تصادفات در چهار کلاس (کلاس اول برابر با یک تصادف، کلاس دوم برابر با ۲ تصادف، کلاس سوم برابر با ۳ تصادف، کلاس چهارم برابر با ٤ تصادف) که به ترتیب هر کلاس را با کم‌ریسک، با ریسک، با ریسک بالا و با ریسک خیلی بالا نام‌گذاری شده است. متغیرهای مستقل (داده‌های ورودی)، پارامترهایی از قبیل شعاع قوس افقی، زمان وقوع حادثه، سن راننده مسبب حادثه، شرایط آب‌وهوایی، متوسط ترافیک روزانه و روشن و یا تاریک بودن محیط و.... را شامل می‌شود. در این راستا از گزارش‌های تصادفات آزادراه تهران – پردیس حدفاصل دی‌ماه ۱۳۹۵ الی مردادماه ۱۳۹۸ که از شرکت آزادراه تهران – پردیس دریافت شده استفاده گردیده است. تعداد تصادفات رخ‌داده در طول این مدت ۳٦۸ مورد گزارش را شامل می‌گردد که از این تعداد ٤٤ مورد گزارش به دلیل نقص اطلاعات ثبت شده خارج و با استفاده از ۳۲٤ مورد گزارش باقی‌مانده و پس از استخراج داده‌های موردنیاز نسبت به ایجاد ماتریس ورودی با ابعاد ٤٥×۳۲٤ (۳۲٤ مورد تصادف و ٤٥ پارامتر عامل مورد بررسی در وقوع تصادف) و ماتریس خروجی با ابعاد ٤×۳۲٤ (۳۲٤ مورد تصادف و در ٤ کلاس) استفاده گردیده است.

جدول ۱. خلاصه چندی از تحقیقات صورت‌گرفته پیش‌بینی تصادفات

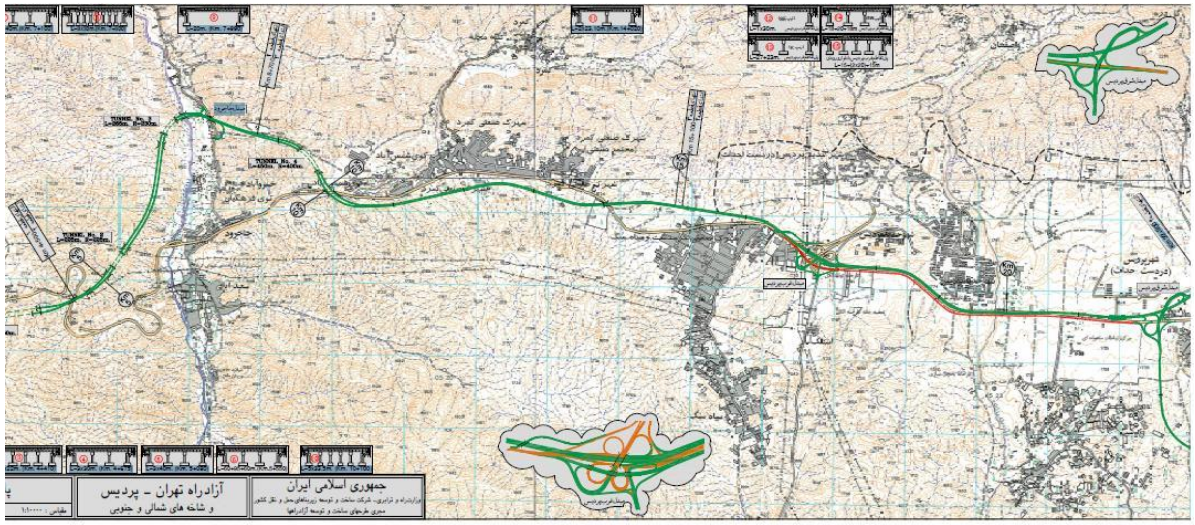
پژوهشگر	متغیرهای مورد بررسی	نتایج
افندی زاده و همکاران (۱۳۹۳)	سرعت غیرمجاز - سبقت غیرمجاز - عدم رعایت فاصله طولی - انحراف‌به‌چپ - عدم رعایت حق‌تقدم - عدم استفاده از کمربند ایمنی	ایجاد مدل پیش‌بینی شدت تصادفات با ضریب همبستگی ۹۰ درصد
ابراهیمی (۱۳۹٤)	ویژگی‌های راننده و عابر - مشخصات محیطی - مشخصات ترافیکی	ایجاد مدل پیش‌بینی شدت تصادفات عابرین پیاده (جرحی و فوتی) بادقت ۹۷/٦ درصد جرحی و ۳۷/۸ درصد فوتی و دقت کل ۸۸/۵ درصد
محمدی (۱۳۹۵)	شعاع قوس - شیب طولی - فاصله دید قایم - تقاطع - پل - عرض شانه خاکی	بررسی میزان تأثیر پارامترهای هندسی بر روی تصادفات و مشخص‌شدن تأثیر بیشتر پارامترهای هندسی پل، شعاع قوس و تقاطع در وقوع تصادفات
فرامرزی (۱۳۹٦)	زمان - وضعیت آب‌وهوا - بسته بودن یا نبودن کمربند ایمنی - سن راننده مقصر - نوع محور اصلی، فرعی و یا روستایی - نحوه برخورد - نوع برخورد	بررسی تأثیر متغیرهای اشاره شده بر روی جرحی، فوتی و خسارتی بودن تصادفات و ایجاد مدل پیش‌بینی بادقت کل ۹٤/۵ درصد
صنایعی و همکاران (۱٤۰۰)	داده‌های سری زمانی سوانح ترافیکی آزادراه کرج — قزوین بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲	برتری شبکه‌های عصبی مصنوعی بر روش‌های سری زمانی
یاشین کودور و همکاران (۲۰۱۵)	درجه قوس قایم و افق - سال وقوع تصادف - طول مقطع بزرگراه - ترافیک متوسط سالیانه - درصد تصادف وسیله نقلیه - درصد تصادف رخ‌داده در تابستان	ایجاد مدل پیش‌بینی تصادفات و تعیین متغیر درجه قوس قایم به‌عنوان مهم‌ترین متغیر در ایجاد حادثه تصادف
تئوفیلاس و همکاران (۲۰۱٦)	مجموعه‌ای از داده‌های ترافیکی شامل جریان ساعت اوج، اشغال، میانگین سرعت و درصد کامیون	استفاده از روش آماری مدل لوجیت به‌منظور پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای، لگاریتم سرعت متوسط همواره تأثیر منفی در تصادفات را دارا است درصورتی‌که نسبت درصد کامیون در تصادفات اثرگذار نبوده است.
هارتیکا و همکاران (۲۰۱۷)	سرعت وسیله نقلیه - فاصله بین آنها - حجم ترافیک	ایجاد مدل پیش‌بینی تصادفات با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی و مشخص نمودن عملکرد بهتر شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تصادفات
اسلیمانی و همکاران (۲۰۱۹)	داده‌های مستقل شامل سه کلاس، کلاس ۱ وسایل نقلیه سبک، کلاس ۲ کامیون و کلاس ۳ وسایل نقلیه سه محوره یا بیشتر و داده‌های وابسته شامل اطلاعات تقویمی (تعطیلات آخر هفته، تعطیلات ملی، رمضان، تعطیلات مدارس ...) و جربان ترافیک روزانه	نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل ایجاد شده جریان ترافیک را با خطای کمترین مربعات ۰/۰۰۹۲۷ برای داده‌های آموزش و خطای ۰/۰۱۳۲۱ برای داده‌های تست می‌تواند پیش‌بینی کند.

پژوهشگر	متغیرهای مورد بررسی	نتایج
تحقیق حال حاضر	داده‌های ورودی شامل شرایط محیطی مانند (آفتابی یا برفی و غیره، روشن یا تاریک بودن محیط)، عوامل انسانی (سن و جنسیت راننده مسبب حادثه و ...) و مشخصات هندسی مسیر (شعاع قوس افقی و ...)	رجوع شود به قسمت نتایج.

در ادامه با استفاده از ۳۰۰ مورد از داده‌های تصادفات و با ورود به نرم‌افزار به ایجاد شبکه و آموزش پرداخته شده است. ٢٤ داده دیگر را به‌منظور تست و کنترل شبکه ایجاد شده مورداستفاده قرار خواهیم داد به همین علت از این داده‌ها برای تشکیل و آموزش شبکه استفاده نمی‌کنیم.

٤-١ مشخصات محل موردمطالعه

آزادراه تهران - پردیس جز محورهای تازه‌تأسیس در منطقه شمال شرق استان تهران است. این آزادراه جزء حلقه‌های ارتباطی شرق تهران به استان‌های شمالی و شمال شرقی ایران است که دارای پل‌ها و تونل‌های متعددی است. این مسیر از بزرگراه شهید بابایی در شمال شرق تهران آغاز و به پردیس و دماوند ختم می‌شود. این آزادراه در مسیر خود با جاده دماوند نیز در نقاط متعددی تلاقی دارد. محور تهران - پردیس (بومهن)- رودهن، حلقه ارتباطی استان مازندران، بخشی از شهرهای استان خراسان شمالی و همچنین شهرهای اقماری تهران از جمله پردیس است. این آزادراه چهارخطه (دو خط در مسیر تهران به پردیس و دو خط در مسیر بالعکس) با پیش‌بینی خط کندرو در سربالایی‌ها با عرض پلتفرم ۲۸ متر و به طول ۲۲/۹ کیلومتر و شامل ٤ دستگاه تونل به‌صورت دوقلو و مجموع طول رفت‌وبرگشت ٥٤٧٧ متر با احتساب گالری‌ها، ۷ دستگاه تقاطع غیرهمسطح، ۱۳ دستگاه پل بزرگ با جداکننده وسط از نوع گاردریل، حداقل شعاع قوس افقی ۷۰۰ متر (یک مورد ٤٥٠ متر) و حداکثر شیب طولی ٦ درصد احداث شده است. شکل ۱ آزادراه تهران به پردیس را نشان می‌دهد.



شکل ۱. آزادراه تهران به پردیس

٤-٢ اطلاعات جمع‌آوری‌شده و چگونگی کدگذاری متغیرها

به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها برای استفاده در این تحقیق از طریق دو مرجع که مسئول جمع‌آوری و ضبط تصادفات در آزادراه هستند (شرکت آزادراه تهران - پردیس و پلیس‌راه شرق استان

تهران) اقدام گردید. دراین‌رابطه مجموعه‌ای از اطلاعات محور موردمطالعه شامل مشخصات قوس افقی تونل‌ها، میزان تردد وسایل نقلیه و گزارش‌های تصادفات حدفاصل دی‌ماه ۱۳۹۵ الی مردادماه ۱۳۹۸ دریافت شده است. پس از بررسی گزارش‌های تصادفات ثبت شده و استخراج داده‌های موردنیاز و باتوجه‌به اینکه داده‌های استخراج شده از گزارش‌های تصادفات به‌صورت کمی و کیفی بیان شده بودند، داده‌ها به‌صورت صفر و یک کدگذاری شد. در جدول شماره ۳ نحوه کدگذاری ماتریس داده‌های ورودی نشان‌داده‌شده است. داده‌های کمی نیز شامل شعاع قوس افقی، سن راننده، زمان وقوع حادثه و متوسط ترافیک روزانه که دارای مقادیر عددی و داده‌های کیفی مانند جنسیت، داشتن و یا نداشتن گواهینامه، نوع وسایل نقلیه و غیره هستند.

برای بیان شعاع قوس افقی و کدگذاری مقادیر آن، شعاع در چهار بازه تعریف و در جدول شماره ۳ ارائه شده است. به طور مثال اگر رویداد تصادف در یک قوس افقی با شعاع به طول ۷۵۰ متر اتفاق افتاده باشد مقدار عدد ۱ برای بازه‌ای که این شعاع در آن قرار دارد در نظر گرفته می‌شود و برای بقیه بازه‌ها مقدار صفر قرار داده خواهد شد. به‌منظور کدگذاری زمان وقوع حادثه، ۲٤ ساعت شبانه‌روز به ٦ بازه زمانی ٤ ساعتی تقسیم گردید. در ادامه برای سن راننده مسبب حادثه در ۵ بازه که هر بازه معادل ۱۰ سال است نیز دسته‌بندی گردید و سن راننده مسبب حادثه که در هر بازه‌ای قرار گیرد مقدار آن بازه در ماتریس برابر ۱ و دیگر بازه‌ها عدد صفر را به خود اختصاص می‌دهند. باتوجه‌به اینکه مقدار عددی متوسط ترافیک روزانه به‌عنوان داده‌ای بزرگ است به همین منظور برای تعریف مقادیر متوسط ترافیک روزانه در ماتریس ورودی مدل نیز کدگذاری گردید. این مقادیر در ٤ بازه مطابق با جدول شماره ۳ ارائه شده است. مقادیر کیفی نیز به‌صورت صفر و یک نشان داده می‌شود. این بدان معناست که اگر در وقوع یک حادثه تصادف متغیری دخیل باشد مقدار آن عدد ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر برای آن در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان‌مثال هرگاه راننده مسبب حادثه مرد باشد مقدار ۱ و برای راننده زن مسبب حادثه مقدار صفر جای‌گذاری می گردد.

لازم به ذکر است که مانند تمامی مدل‌های هوش مصنوعی مبتنی بر داده، نوع داده‌های انتخابی و نحوه انتخاب بازه‌های داده که باتوجه‌به نوع ثبت داده‌ها در گزارش‌های تصادفات انتخاب شد از جمله محدودیت‌های این تحقیق است.

ماتریس خروجی نیز همان‌طور که شرح داده شده است در چهارطبقه یا کلاس نوشته می‌شود. به طور مثال وقتی یک واقعه تصادف روی می‌دهد بدان معنی است که مجموعه عواملی که منجر به یک رویداد تصادف می‌شوند در کلاس یک یا کم‌ریسک قرار می‌گیرد. کلاس‌بندی هر تصادف بر مبنای تعداد تصادف رخ‌داده در جدول شماره ۲ نشان‌داده‌شده است.

جدول شماره ٤ قسمتی از ماتریس ورودی و خروجی که آماده ورود به نرم‌افزار است را نشان می‌دهد. به طور مثال در نمونه شماره یک، تصادف رخ‌داده در حدفاصل ساعت ۲۰:۰۱ الی ۲٤ و سن راننده در بازه ۳٦ الی ٤۵ سال و جنسیت راننده مسبب حادثه مرد است که به‌جای مقادیر آن در ماتریس عدد ۱ قرار داده شده است.

همان‌طور که قبلاً شرح داده شد با کدگذاری مقادیر کمی و کیفی متغیرها و قراردادن اعداد صفر و یک به‌جای مقادیر متغیرها، ماتریس داده‌های ورودی و خروجی جهت ورود به نرم‌افزار و ایجاد و آموزش شبکه آماده گردید. در جدول شماره ٤ قسمتی از ماتریس ورودی و خروجی که آماده ورود به نرم‌افزار است نشان‌داده‌شده است. به طور مثال در نمونه شماره یک تصادف رویداد در حدفاصل ساعت ۲۰:۰۱ الی ۲٤ و سن راننده در بازه ۳٦ الی ٤۵ سال و جنسیت راننده مسبب حادثه مردمی باشد که به‌جای مقادیر آن در ماتریس عدد ۱ قرار داده شده است.

جدول ۲. کلاس‌بندی تصادفات

کلاس	تعداد تصادف	تعریف کلاس
C1	۱	کم‌ریسک
C2	۲	با ریسک

کلاس	تعداد تصادف	تعریف کلاس
C3	۳	ریسک بالا
C4	٤	ریسک خیلی بالا

جدول ۳. چگونگی کدگذاری متغیرهای توصیفی (مستقل)

نوع متغیر ورودی	بازه تعریف شده
شعاع قوس افقی	شعاع کمتر از ۵۰۰ متر
	شعاع از ۵۰۱ متر الی ۱۰۰۰ متر
	شعاع از ۱۰۰۱ الی ٤۰۰۰ متر
	شعاع از ٤۰۰۱ متر و بیشتر
زمان وقوع تصادف	از ۰ الی ٤ بامداد
	از ٤ الی ۸
	از ۸ الی ۱۲
	از ۱۲ الی ۱٦
	از ۱٦ الی ۲۰
	از ۲۰ الی ۲٤
سن راننده مسبب حادثه	از ۱۵ الی ۲۵ سال
	از ۲٦ الی ۳۵ سال
	از ۳٦ الی ٤۵ سال
	از ٤٦ الی ۵۵ سال
	از ۵٦ الی ٦۵ سال
جنسیت	مرد=۱ زن=۰
گواهینامه	گواهینامه دارد=۱ ندارد=۰
نوع وسیله نقلیه	سواری=۱ وانت=۰
شرایط آب‌وهوایی	آفتابی
	ابری
	بارانی

نوع متغیر ورودی	بازه تعریف شده
	برفی
	مه‌آلود
	مهتابی
متوسط ترافیک روزانه	تعداد تردد از ۱۸۰۰۰ الی ۲٤۰۰۰
	از ۲٤۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰
	از ۳۰۰۰۱ الی ۳٦۰۰۰
	از ۳٦۰۰۱ الی ٤۲۰۰۰
روشنایی محیط	روشن=۱ تاریک =۰
نوع متغیر ورودی	بازه تعریف شده
علت وقوع حادثه	عدم توجه به جلو
	خستگی و خواب‌آلودگی
	توقف در محل غیرمجاز
	تخطی از سرعت
	عدم توانایی در کنترل
	تغییر مسیر ناگهانی
	ورود و خروج غیرمجاز از محور
	عدم رعایت فاصله عرضی
	نقص فنی خودرو
	سایر علل
شدت تصادف	خسارتی
	جرحی
	فوتی
مکان وقوع تصادف	پل
	تونل
	بدنه اصلی آزادراه

جدول ٤. قسمتی از ماتریس ورودی و خروجی

متغیر		شماره نمونه	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
X1	شعاع قوس افقی	شعاع از ۵۰ الی ۵۰۰ متر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X2		شعاع از ۵۰۱ متر الی ۱۰۰۰ متر	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

متغیر		شماره نمونه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
X3		شعاع از ۱۰۰۱ الی ٤۰۰۰ متر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X4		شعاع از ٤۰۰۱ متر و بیشتر	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
X5	زمان وقوع حادثه	از ۰ الی ٤ بامداد	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X6		از ٤:۱ الی ۸	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
X7		از ۸:۱ الی ۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X8		از ۱۲:۱ الی ۱٦	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
X9		از ۱٦:۱ الی ۲۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱
X10		از ۲۰:۱ الی ۲٤	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X11	سن راننده مسبب حادثه	از ۱۵ الی ۲۵ سال	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
X12		از ۲٦ الی ۳۵ سال	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰
X13		از ۳٦ الی ٤۵ سال	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
X14		از ٤٦ الی ۵۵ سال	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
X15		از ۵٦ الی ٦۵ سال	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X16	جنسیت	مرد=۱ زن= ۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
X17	گواهینامه	دارد=۱ ندارد= ۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
X18	نوع وسیله	سواری=۱ وانت=۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱
X19	شرایط آب‌وهوایی	آفتابی	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
X20		ابری	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X21		بارانی	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X22		برفی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X23		مه‌آلود	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X24		مهتابی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱
X25	متوسط ترافیک روزانه	از ۱۸۰۰۰ الی ۲٤۰۰۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
X26		از ۲٤۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X27		از ۳۰۰۰۱ الی ۳٦۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X28		از ۳٦۰۰۱ الی ٤۲۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X29	روشنایی	روشن=۱ تاریک =۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
X30	علت وقوع حادثه	عدم توجه به جلو	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X31		خستگی و خواب‌آلودگی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X32		توقف در محل غیرمجاز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X33		تخطی از سرعت	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱

متغیر		شماره نمونه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
X34		عدم توانایی در کنترل	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
X35		تغییر مسیر ناگهانی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
X36		ورود و خروج غیرمجاز از محور	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X37		عدم رعایت فاصله عرضی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
X38		نقص فنی خودرو	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X39		سایر علل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X40	نوع تصادف	خسارتی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
X41		جرحی	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X42		فوتی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X43	مکان وقوع تصادف	پل	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X44		تونل	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
X45		بدنه اصلی آزادراه	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Y		تعداد تصادف	۱	۱	۱	٤	۳	۳	۱	۱	۱	۲	۱	۲
C1	ماتریس خروجی	(کلاس تصادف)	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰
C2			۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
C3			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C4			۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

٤-۳ ساختار شبکه عصبی ایجاد شده

شکل ۲ نمودار فراوانی تعداد گزارشات تصادفات (۳۰۰ نمونه) را نشان می‌دهد. بعد از آماده‌سازی ماتریس داده‌های ورودی و خروجی در نرم‌افزار متلب (۲۰۱۹) به‌منظور ایجاد و آموزش شبکه با ۷۰ درصد داده ها که تعداد ۲۱۰ مورد نمونه یا گزارش تصادفات می‌باشد استفاده شد. برای ساخت مدل عصبی از تابع patternnet مطابق زیر استفاده شد.

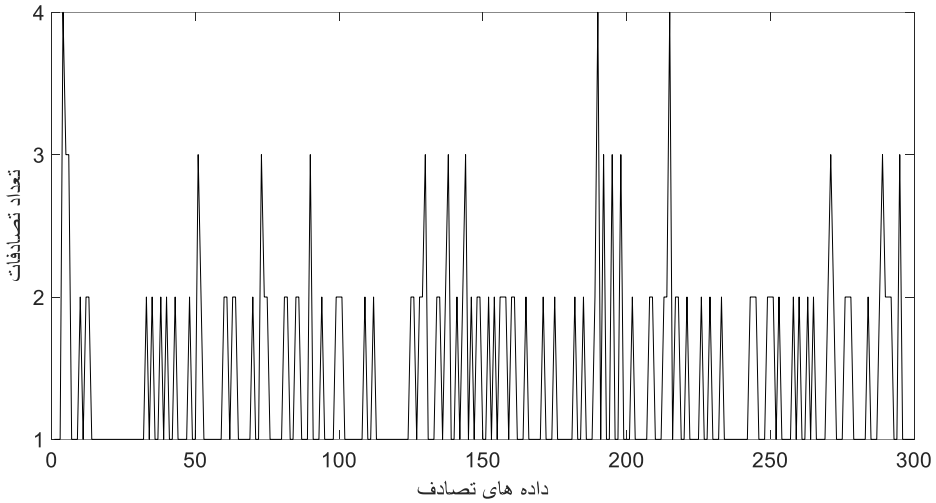
```
trainFcn = 'trainscg';  % Scaled conjugate gradient backpropagation.
% Create a Pattern Recognition Network
hiddenLayerSize = 10;
net = patternnet(hiddenLayerSize, trainFcn)
```

برای به‌دست‌آوردن بهترین معماری شبکه؛ مدل‌های با لایه‌های مخفی مختلف ساخته شد و با آموزش‌های بسیاری بهترین مدل با کمترین میزان خطا انتخاب شد. به‌عنوان پیشنهاد اولیه نرم‌افزار متلب (عملکرد قابل‌قبول بر روی داده‌های ثبت شده در نرم‌افزار) تابع trainscg به‌عنوان تابع آموزش انتخاب شد.

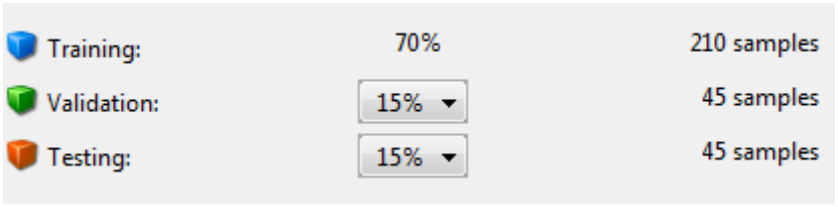
برای داده‌های آموزش، ۱۵ درصد از داده‌ها معادل ٤٥ نمونه برای صحت سنجی و ۱۵ درصد از داده‌ها برابر با ٤٥ نمونه برای تست شبکه در نظر گرفته شد (شکل ۳). برای تخمین تصادفات مدل‌های مختلفی با معماری‌های متنوع ساخته شد. توابع پیوسته از لحاظ مدل‌سازی با یک‌لایه مخفی و تعداد کافی عصب قابل تخمین زدن هستند [متلب ۲۰۱۹] اما در مورد توابع غیرپیوسته (این تحقیق) برای مقایسه و به‌دست‌آوردن جواب‌های احتمالی بهتر است از لایه دوم در مدل عصبی نیز استفاده شود؛ بنابراین

برای به‌دست‌آوردن بهترین مدل و تعداد عصب بهینه، به‌صورت سعی و خطا، هر مدل ۵۰ بار آموزش داده شد و بهترین مدل با درنظرگرفتن کمترین توابع خطا انتخاب شد [Dehghanbanadaki et al., 2019].

پارامتر های مورد استفاده برای ساخت مدل بر مبنای داده های در دسترس گزارش‌های تصادفات انتخاب شده‌اند. در این راستا و بی شک پارامترهای مؤثری مانند پهنای باند، کمبود بربلندی، روشنایی، فاصله دید، قوس پیوندی یا کلوتوئید، قوس قائم و از همه مهم‌تر درهم‌تنیدگی قوس قائم بر روی قوس افقی می‌توانند به‌عنوان پارامترهای ورودی در نظر گرفته شوند.



شکل ۲. نمودار فراوانی تعداد گزارش‌های (نمونه) و تعداد تصادفات



شکل ۳. تعداد داده‌های آموزش، صحت سنجی و تست

۵. نتایج

در این بخش، پس از خروجی‌های به‌دست‌آمده، نتایج نهایی با چندی از تحقیقات گذشته مقایسه می‌شود. پس از تنظیمات صورت‌گرفته در مرحله قبل و ساخت مدل‌های مختلفی با معماری‌های متفاوت، شبکه با دولایه پنهان هرکدام با تعداد ١٤ عصب بهترین عملکرد را برای توابع خطا از خود نشان داد. بررسی خروجی‌های مدل پیش‌بینی کلاس‌بندی تعداد تصادفات نشان می‌دهد که بهترین مدل شبکه عصبی مدلی بادقت کل ۸۳/۳ درصد توانایی قابل قبولی در زمینه پیش‌بینی کلاس‌بندی تعداد تصادفات را دارد. همچنین میزان دقت شبکه برای داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی به ترتیب برابر با ۸۳/۸ درصد، ۸۰ درصد و ٨٤/٤ درصد است. نتایج محققین قبلی نشان داد که اضافه‌کردن لایه میانی می‌تواند پارامترهای خطا را تا حد قبل قبولی کاهش دهد [Keshtkarbanaeemoghadam et al., 2018]. مطابق با خروجی به‌دست‌آمده از شبکه عصبی آموزش‌داده‌شده، شبکه دارای خطا برابر ٠/١٤٦ است. باتوجه‌به شکل ٦، شبکه ایجاد شده پس از ۱۹ بار تکرار در ششمین مرحله صحت سنجی به بیشترین دقت خود رسیده است. با بررسی ماتریس‌های خروجی مربوط به داده‌های آموزش، آزمون،

اعتبارسنجی میزان دقت شبکه ایجاد شده به ترتیب برابر با ۸۳/۸ درصد، ۸۰ درصد و ۸٤/٤ درصد و در نهایت بادقت کل ۸۳/۳ درصد نسبت به آموزش دادها و پیش‌بینی کلاس هر نمونه اقدام شده است. در مقایسه با نتایج مدل‌سازی دیگر محققان، می‌توان اشاره کرد که با توجه با اینکه تصادفات یک پدیده کاملاً غیرخطی است، نتایج مختلفی در زمینه مدل‌سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی بیان شده است. به‌عنوان‌مثال، در پژوهش صورت‌گرفته توسط باباگلی و همکاران (۱۳۹۸) متغیرهای وابسته شامل تعداد تصادفات جرحی، فوتی و خسارتی و متغیرهای مستقل شامل تعداد انواع وسیله نقلیه، علت وقوع حادثه، زمان تصادف، جنسیت راننده مقصر و غیر مقصر در نظر گرفته شد. نتایج آنها نشان داد که بهترین مدل به‌دست‌آمده از شبکه عصبی دارای دقتی برابر با ٦۸/۲ درصد است. همچنین در تحقیق صورت‌گرفته توسط گارسیادسوتو و همکاران پارامترهای ورودی متوسط ترافیک سالانه – درصد خودروهای سنگین – قوس افقی و شیب به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد. مدل پیش‌بینی شدت تصادفات ایجاد شده توسط شبکه عصبی مصنوعی به‌پیش بینی تصادفات با شدت زیاد و فوتی با کمترین مربعات ۳۲/۷ درصد و ۳۰/٦ درصد و تصادفات با شدت کم ۱۷/۵ درصد اقدام شده است. در تحقیق مشابه دیگری سینگ با درنظرگرفتن پارامترهای مشخصات هندسی – ترافیکی و محیطی یک مدل پیش‌بینی تصادفات با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. بهترین مدل آنها با ضریب همبستگی ۰/۹٤۵ توانایی بالایی را برای تخمین تعداد تصادفات از خود نشان داد. حجازی و همکاران نیز با درنظرگرفتن متغیرهای مستقل عرض خط – عرض شانه – شعاع قوس – حجم ترافیک عبوری – شیب عرضی و طولی – تعداد دسترسی‌ها توانستند یک مدل پیش‌بینی تصادفات با متغیرهای ذکر شده با ضریب همبستگی ۹۱ درصد پیشنهاد دهند.

همچنین در پژوهش صورت‌گرفته توسط محمدی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و انجام آنالیز حساسیت بر روی داده‌ها تأثیرگذاری بیشتر پارامترهای هندسی پل، شعاع قوس افقی و تقاطع مشخص گردید و عملکرد بهتر شبکه عصبی جهت مدل‌سازی بر روی پارامترهای گسسته نشان‌داده‌شده است [Mohamadi., 1395(in Persian)]. هارتیکا و همکاران به بررسی مدل پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی اقدام کرده‌اند. با مقایسه همبستگی و خطای بین دو مدل (R=۰/۵۱۳ و MSE=۳۹۷۷۰/۸٦ در مدل رگرسیون R=۰/۹۳۵ و MSE=۸٦۷/۳۰۹ در مدل شبکه عصبی) می‌توان فهمید که شبکه عصبی مصنوعی از عملکرد بهتری در پیش‌بینی تعداد تصادفات برخوردار است [Hartika et al., 2017]. در تحقیق صورت‌گرفته توسط اسلیمانی و همکاران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی میزان ترافیک در کشور مراکش پرداخته شده است. شبکه‌ای مبتنی بر پرسپترون چندلایه و با خطای کمترین مربعات ۰/۰۰۹۲۷ برای داده‌های آموزش و خطای ۰/۰۱۳۲۱ برای داده‌های تست ایجاد گردید [Slimani et al., 2019].

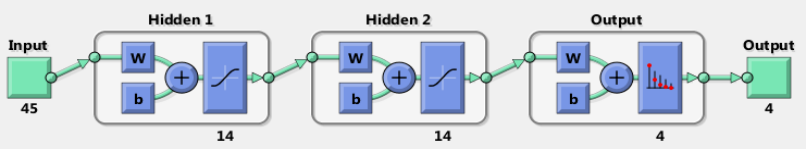
با مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر پژوهش‌های انجام‌گرفته که توسط شبکه عصبی مصنوعی تحلیل و آنالیز شده‌اند می‌توان به این نتیجه رسید که باتوجه‌به زیاد بودن تعداد پارامترهای مستقل این تحقیق (پارامتر ٤۵) میزان توابع خطایی این تحقیق در حد مناسبی است.

در ضمن یک تابع برای استفاده بر مبنای ساختار زیر به جود آمده است.

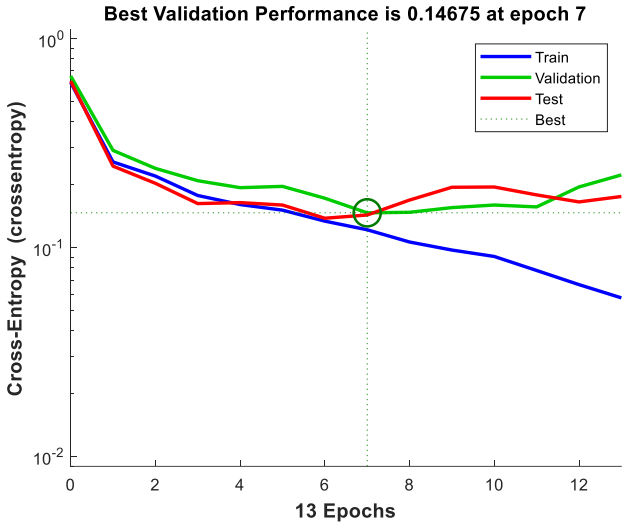
```
    % Generate MATLAB function for neural network for application
    % deployment in MATLAB scripts or with MATLAB Compiler and Builder
    % tools, or simply to examine the calculations your trained neural
```

```
    % network performs.
genFunction(net,'myNeuralNetwor
kFunction');
    y =
myNeuralNetworkFunction(x);
end
```

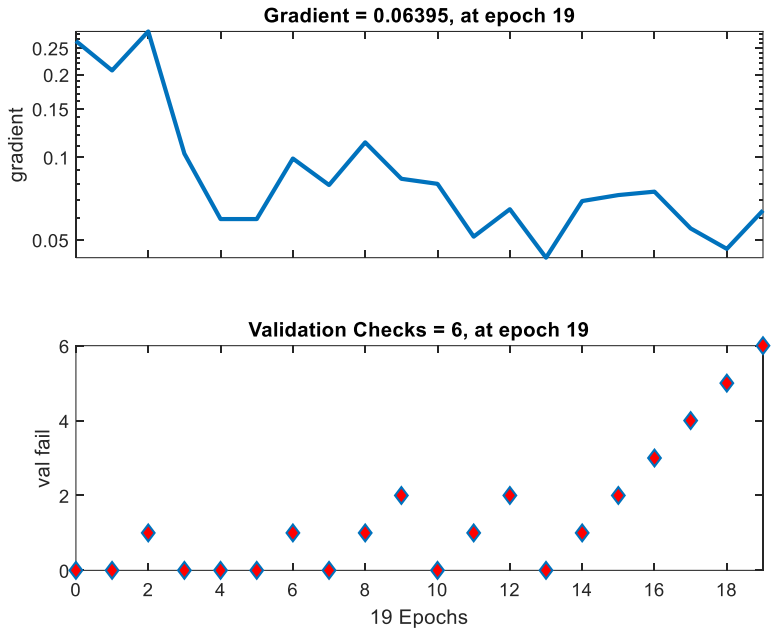
ساختار شبکه ایجاد شده و بررسی عملکرد شبکه عصبی حین فرایند آموزش در شکل‌های ٤ تا ٦ نشان‌داده‌شده است. شکل ٧ ماتریس درهم‌ریختگی[٨] شبکه عصبی آموزش‌داده‌شده برای داده‌های آموزش، آزمون، اعتبارسنجی و کلیه داده‌ها را نشان می دهد. بررسی بر روی داده‌ها نشان داد که ١٣ تصادف در گروه ٣ (٣,٩٪) و ٤ تصادف در گروه ٤ (١٪) وجود داشتند. بررسی ماتریس ورودی این داده‌ها در هر ٣ کلاس نشان داد که اختلاف زیادی بین آنها وجود ندارد؛ بنابراین همان‌طور که مشاهده می شود ١٣ تصادف در گروه ٣، ١٠ تصادف در گروه ٢ و ٣ تصادف در گروه ١ به‌اشتباه و به‌عنوان خطای مدل، تقسیم‌بندی‌شده‌اند. شکل ٨ نمودارهای ROC مقایسه کلاس واقعی داده‌ها با مقدار پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد.



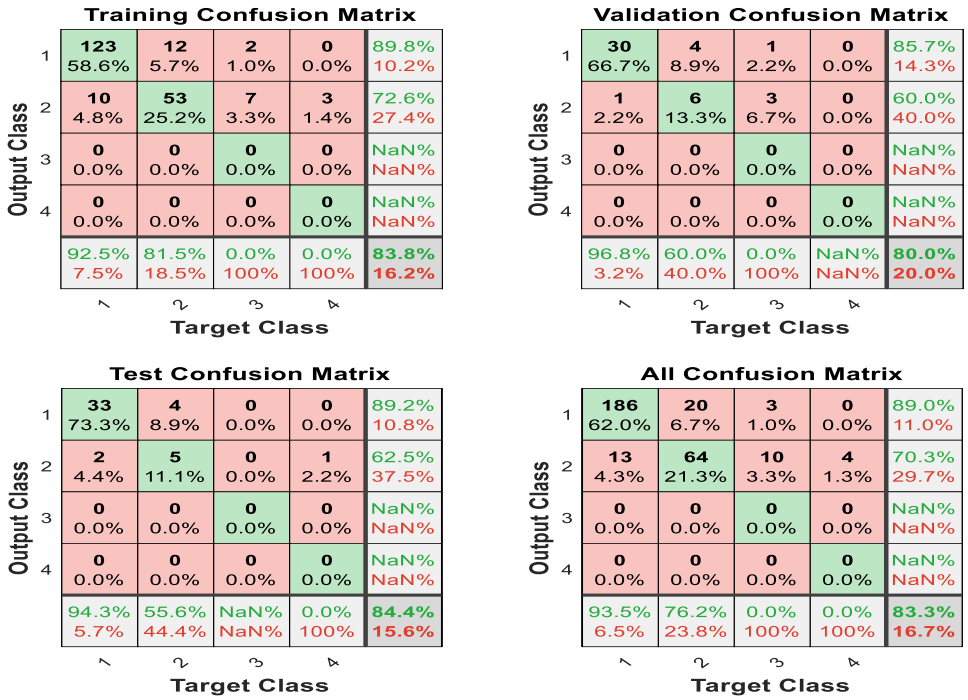
شکل ٤. ساختار شبکه ایجاد شده



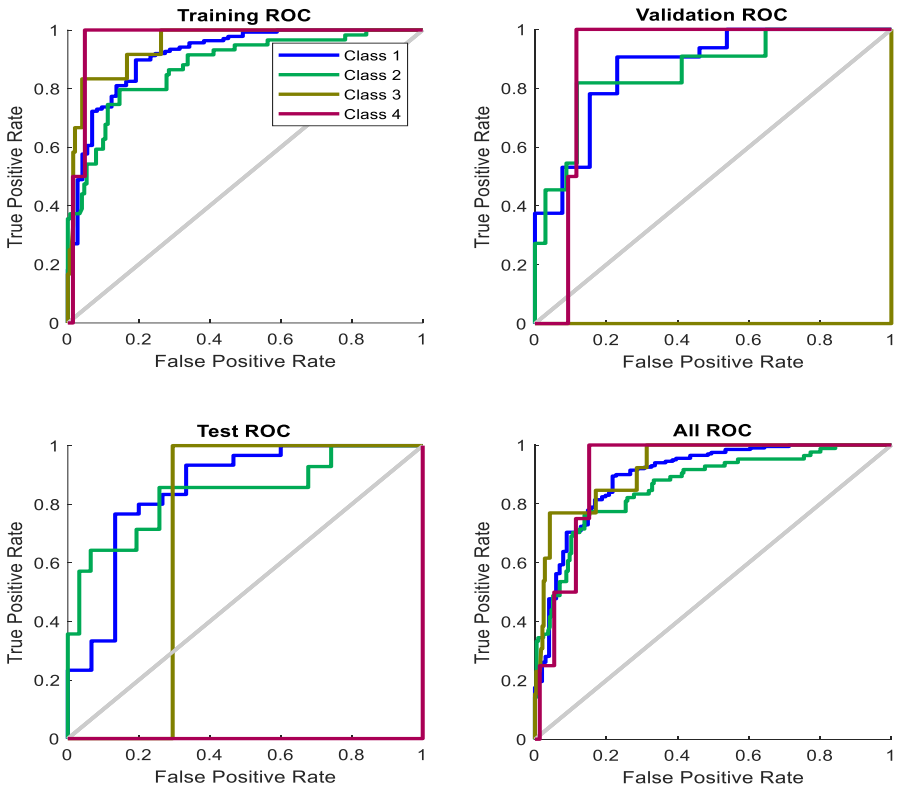
شکل ٥. نمودار بررسی عملکرد شبکه عصبی حین فرایند آموزش



شکل ٦. روند تکرار برای رسیدن به بهترین عملکرد در شبکه



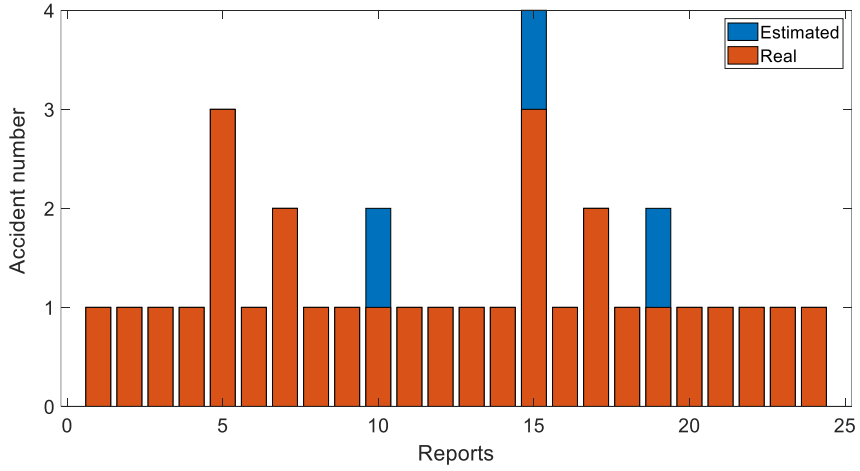
شکل ۷. ماتریس شبکه عصبی آموزش‌داده‌شده برای داده‌های آموزش، آزمون، اعتبارسنجی و کلی شبکه



شکل ۸. نمودارهای مقایسه کلاس واقعی داده‌ها با مقدار پیش‌بینی‌شده

۵-۱ بررسی قدرت تعمیم شبکه با داده‌های جدید

در این تحقیق به علت تعداد کم تصادفاتی که با ٤ برخورد (کلاس ٤) روی داده است لذا شبکه ایجاد شده کلاس ٤ را با دقت پایین‌تری پیش‌بینی کرده است که این مورد از محدودیت‌های تحقیق صورت‌گرفته می‌باشد. در ادامه برای تست عملکرد شبکه تعداد ٢٤ نمونه از داده‌ها را که در مرحله آموزش و ایجاد شبکه از به کارگیری آنها خودداری شده بود وارد شبکه کرده و نتایج پیش‌بینی‌شده کلاس ٢٤ نمونه را با مقدار واقعی کلاس آنها مورد بررسی قرار دادیم. همان‌طور که از خروجی شبکه و شکل ۹ مشاهده می‌گردد شبکه عصبی ایجاد شده به خوبی کلاس نمونه‌ها را پیش‌بینی کرده است.



شکل ۹. بررسی و مقایسه کلاس واقعی نمونه‌ها با مقدار پیش‌بینی‌شده

٦. نتیجه‌گیری

در تحقیق صورت‌گرفته با استفاده از گزارش‌های تصادفات ثبت شده در آزادراه تهران به پردیس و استخراج داده‌ها از این گزارش‌ها که مجموعه‌ای از داده‌های مربوط به مشخصات هندسی، شرایط آب‌وهوایی، علل وقوع حادثه و... را شامل می شود و باتوجه‌به ماهیت روش تحقیق که داده‌ای ورودی و خروجی باید به‌صورت ماتریس باشند نسبت به ایجاد ماتریس داده‌ها اقدام و جهت تجزیه‌وتحلیل برای ورود به نرم‌افزار مورداستفاده قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از ابزار تشخیص الگو و طبقه‌بندی جهت ایجاد مدل پیش‌بینی کلاس‌بندی تعداد تصادفات در شبکه عصبی مصنوعی، به‌منظور آموزش شبکه با استفاده از تابع لونبرگ مارکیوت اقدام شد. متغیر وابسته (خروجی مدل)، تعداد تصادفات در چهار کلاس که به ترتیب هر کلاس را با کم‌ریسک، با ریسک، با ریسک بالا و با ریسک خیلی بالا نام‌گذاری گردید. متغیرهای مستقل (داده‌های ورودی)، پارامترهایی از قبیل شعاع قوس افقی، زمان وقوع حادثه، سن راننده مسبب حادثه، شرایط آب‌وهوایی، متوسط ترافیک روزانه و روشن و یا تاریک بودن و.... را شامل می‌شود.

از جمله ویژگی‌های این تحقیق نسبت به دیگر پژوهش‌های انجام‌گرفته می‌توان به تعداد متغیرهای ورودی بیشتر (٤٥ متغیر) اشاره نمود که باتوجه‌به اینکه داده‌های استخراج شده داده‌های واقعی از شرایط محل و علل وقوع تصادف است، خود می‌تواند آموزش شبکه را دشوارتر کند. بررسی خروجی‌های مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات نشان می‌دهد که بهترین مدل شبکه عصبی، مدلی بادقت کل ۸۳/۳ درصد توانایی قابل قبولی در زمینه پیش‌بینی تعداد تصادفات را دارد. همچنین میزان دقت شبکه برای داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی به ترتیب برابر با ۸۳/۸ درصد، ۸۰ درصد و ۸٤/٤ درصد است. در همین راستا پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی متغیرهای دیگری از جمله پهنای باند، فاصله دید، قوس پیوندی یا کلوتوئید، قوس قائم و درهم‌تنیدگی قوس قائم بر روی قوس افقی به‌عنوان پارامترهای ورودی در نظر گرفته شوند تا تأثیر این متغیرها نیز در مدل‌سازی پیش‌بینی تعداد تصادفات مورد بررسی قرار گیرد.

۷. سپاسگزاری

از شرکت آزادراه تهران – پردیس و پلیس‌راه شرق استان تهران به دلیل کمک بی‌دریغشان به‌منظور در اختیار دادن داده‌های این تحقیق سپاسگزاری به عمل می‌آید.

۸. پی‌نوشت‌ها

1- Artificial Neural Network
2- Group Method of Data Handling
3- Genetic Algorithm
4- Mean Absolute Error
5- Classification And Regression Tree
6- Multi Layer Perceptron
7- Multinomial Logit Model
8- Confusion Matrix

۹. مراجع

– ابراهیمی، آرمان (١٣٩٤) "بررسی شدت تصادفات عابرین پیاده به کمک مدل آماری لوجیت و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش راه‌وترابری، دانشگاه رازی.

– افندی زاده، شهریار و نبی زادهر، مهدی و جوادی درخانه، نازنین (١٣٩٣) "مدل‌سازی نقش عامل انسانی در تصادفات با استفاده از شبکه عصبی. فصلنامه علمی ترویجی مهندسی ترافیک"، شماره ٥٧، ص. ١٢ تا ٢٢.

– باباگل، رضوان، عاملی، علیرضا، غلامرضا، تبار و پایدار، علی (١٣٩٨) "ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های تصادف (مطالعه موردی محور بابل – گنج افروز)"، فصل‌نامه علمی پژوهش‌نامه حمل‌ونقل، سال شانزدهم، دوره چهارم، شماره ٦١، ص. ١٤–١.

- حجازی، سید جعفر، رادکیا، سیروس و شیرزادی ده کهنه، محمد (۱۳۹۲) "ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات بر اساس خصوصیات هندسی مسیر (مطالعه موردی محور اندیمشک - پل زال)"، همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین، ایران.

- صنایعی, رضا, وفائی نژاد, علیرضا, کرمی, جلال, آقامحمدی زنجیرآباد, حسین. (١٤٠٠). "بهبود سری زمانی سوانح ترافیکی زمانمند با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی، مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی مطالعه موردی آزادراه کرج – قزوین"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره دوازدهم، شماره ۳، ص. ٦٢٧-٦٠٩.

- فرامرزی، محمدعلی (١٣٩٦) "بررسی تصادفات جاده‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی محورهای برون‌شهری استان گلستان)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش راه‌وترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.

- محمدی، رضا (١٣٩٥) "تحلیل مکانی تصادفات جاده‌ای بر اساس خصوصیات هندسی مسیر (مطالعه موردی محور سنندج - کامیاران)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

- منهاج، م. ب. (١٣٧٩) "مبانی شبکه‌های عصبی"، جلد اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

- یعقوبی، حمید (١٣٧٩) "بررسی نقش عوامل انسانی در بروز تصادفات رانندگی در ایران". مجله روانپزشکی و روانشناسی بالینی ایران, شماره ٦، ص. ٦٠-٥٢.

- Akgüngör AP, Doğan E (2009) “An artificial intelligent approach to traffic accident estimation: Model development and application”,. Transport, Vol. 24, No. 2, pp. 135-142.

- Dehghanbanadaki, A., Khari, M., Arefnia, A., Ahmad, K., & Motamedi, S. (2019) “A study on UCS of stabilized peat with natural filler: a computational estimation approach ” KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 1560-1572.

- García de Soto B, Bumbacher A, Deublein M and Adey BT. (2018) “Predicting road traffic accidents using artificial neural network models”, Infrastructure Asset Management Vol. 5, No. 4, pp. 132–144.

- Guido G, Haghshenas, SS, Haghshenas SS, Vitale A, Gallelli V, Astarita V (2020) “Development of a binary classification model to assess safety in transportation systems using GMDH-type neural network algorithm”,. Sustainability, Vol. 12, No. 17, pp. 6735.

- Haikal Aiman Hartika, Mohd Zakwan Ramli, Muhamad Zaihafiz Zainal Abidin, Mohd Hafiz Zawawi. (2017) “Study of Road Accident Prediction Model at Accident Blackspot Area: A Case Study at Selangor”, International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 3. No. 5.

- Hébert A. (2020) “Estimation of Road Accident Risk with Machine Learning”, Doctoral dissertation, Concordia University.

- Huang T, Wang S, Sharma A (2020) “Highway crash detection and risk estimation using deep learning”,. Accident Analysis & Prevention, Vol. 135, pp. 105392.

-Keshtkarbanaeemoghadam, A., Dehghanbanadaki, A., & Kaboli, M. H. (2018)

"Estimation and optimization of heating energy demand of a mountain shelter by soft computing techniques" Sustainable cities and society, Vol. 41, pp. 728-748.

-Singh, G. Pal, M. Yadav, Y. et al (2020) "Deep neural network-based predictive modeling of road accidents", Neural Computing and Applications, pp. 1-10.

- Slimani N, Slimani I, Sbiti N, Amghar, M. (2019) "Traffic forecasting in Morocco using artificial neural networks", Procedia Computer Science, Vol. 151, pp. 471-476.

- Theofilatos, A., Yannis, G., Kopelias, P., & Papadimitriou, F. (2016) "Predicting road accidents: a rare-events modeling approach", Transportation research procedia, Vol. 14, pp. 3399-3405.

- Viswanath D, Preethi K, Nandini R, Bhuvaneshwari R (2021) A Road Accident Prediction Model Using Data Mining Techniques. In 2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), pp. 1618-1623. IEEE.

- Yasin Çodur, M., & Tortum, A. (2015) "An artificial neural network model for highway accident prediction: A case study of Erzurum, Turkey", PROMET-Traffic&Transportation, Vol. 27, No. 3, pp. 217-225.

مسعود میرزائی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران-نقشه‌برداری را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-راه و ترابری را در سال ۱۳۹۹ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان سیستم‌های حمل‌و نقل هوشمند، شبکه عصبی مصنوعی، مدلسازی تصادفات سفر پیش‌بینی تصادفات است.

مهدی یزدان‌پناه، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب اخذ نمود. در سال ۱۳۹۵ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌سازی رفتاری در حمل و نقل، تحلیل تقاضای حمل و نقل، مدل‌سازی تصادفات ترافیکی و شبیه‌سازی در حمل و نقل بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه دولتی گرمسار است.

علی دهقان بنادکی، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز در سال های ۱۳۸۰ و۱۳۸۲ اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک از دانشگاه صنعتی مالزی گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان کاربرد هوش مصنوعی و بهینه سازی در مهندسی ژئوتکنیک بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند است.