

تهیه نقشه فراگستر پهنه‌بندی خطر تصادفات جاده‌ای (مطالعه موردی: محور تبریز - مرنند)

ندا کفاش چرن‌دابی^{۱*}، امیر غلامی^۲

^۱ استادیار گروه نقشه‌برداری - دانشکده فنی مهندسی مرنند - دانشگاه تبریز
n_kaffash@tabrizu.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی مهندسی نقشه‌برداری - دانشکده فنی مهندسی مرنند - دانشگاه تبریز
amirp5576@gmail.com

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۸، تاریخ تصویب خرداد ۱۳۹۹)

چکیده

تهیه نقشه پهنه‌بندی تصادفات جاده‌ای با هدف شناسایی مناطق پر خطر، گام بسیار مؤثری جهت کاهش تلفات جانی و مالی ناشی از آن می‌باشد. به دلیل ماهیت پویای بسیاری از عوامل مؤثر در شناسایی این مناطق، تهیه نقشه پهنه‌بندی به صورت سنتی، کارآمد به نظر نمی‌رسد. در حیطه مدلسازی فراگستر در بستر سیستم اطلاعات مکانی می‌توان در هر مکان، هر زمان، برای هر کاربر و تحت هر شرایطی نقشه‌ی مجزایی تولید نمود که تطابق بیشتری با شرایط فردی و محیطی متغیر وی داشته باشد. در این تحقیق در یک چارچوب ترکیبی از روش‌های داده‌کاوی برپایه ۲۲ زمینه محیطی و فردی مؤثر در وقوع تصادف، احتمال خطر تصادف برای هر کاربر محاسبه شد. بدین ترتیب که با اخذ داده‌های تصادف ثبت شده در سال ۱۳۹۷ در محور تبریز مرنند، پیش‌پردازش‌های مورد نیاز بر پایه آماره T^2 و روش PCA انجام شد. سپس با GRNN و به کمک داده‌های جمع‌آوری شده، شبکه بهینه آموزش داده شد و بر پایه داده‌های آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین ۸ سناریو مختلف برای محور مذکور طراحی شد و در ۳۰۰۸ نقطه از این محور میزان خطر تصادف برای هر سناریو پیش‌بینی شد. نتایج ارزیابی حاکی از دقت کل ۹۹،۳۷ درصد و صحت ۹۰،۷۴ درصدی برای مدل ارائه شده در این تحقیق می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده از سناریوهای مختلف، محدوده ۵ کیلومتری گمرک و ۳ کیلومتری شهرستان صوفیان دارای بیشترین خطر در این محور می‌باشد که ثبت ۵۰ تصادف در این محدوده در بازه زمانی مذکور می‌تواند مؤید صحت آن می‌باشد.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات مکانی فراگستر، تصادفات، پهنه‌بندی، GRNN، زمینه‌آگاهی

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مشکلات کشور در حیطه حمل و نقل جاده‌ای، تصادفات می‌باشد که تلفات جانی و مالی زیادی را به وجود می‌آورد. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی با کشته شدن بیش از ۱ میلیون و جراحت ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر در هر سال، تصادفات جاده‌ای به عنوان یکی از عوامل اصلی مرگ و میر در دنیا شناخته شده است [۱، ۲]. آمار فوت و جرح در اثر تصادفات در کشور ما نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مطابق آمار ارائه شده توسط درگاه ملی آمار سالانه بیش از ۱۰۰۰۰ فوت و ۱۲۰۰۰۰ مجروح در اثر تصادفات برون شهری در استان-های مختلف وجود داشته است [۲].

در بروز تصادفات جاده‌ای عوامل انسانی، محیطی و پارامترهای مربوط به وسائل نقلیه به ترتیب بیش‌ترین سهم را بخود اختصاص داده‌اند. بررسی عوامل محیطی، انسانی و فنی در کنار موقعیت زمانی و مکانی وقوع تصادفات، منجر به کشف نواحی پر خطر جاده‌ها و استخراج الگوهای تصادفات می‌گردد [۱، ۲]. سیستم اطلاعات مکانی با قابلیت تحلیل و مدلسازی داده‌های مکانی، ابزار قدرتمندی در حیطه مطالعات مربوط به بررسی تصادفات می‌باشد که توجه محققان زیادی را در سالهای اخیر به خود جلب نموده است.

پیشرفت علم و فناوری در بخش‌های گوناگون منجر به توسعه‌ی ابزارهای مطالعاتی بشر شده است. ابزارهای تحلیلی داده‌های مکانی نیز از این امر مستثنی نبوده و در سالهای اخیر گسترش فراوانی پیدا کرده‌اند. سیستم اطلاعات مکانی فراگستر (UbiGIS)^۱ نام انتخابی برای سیستم‌های جدید ارائه شده در حیطه بهره‌گیری از محاسبات فراگستر در مسائل و کاربردهای مرتبط با داده-های مکانمند می‌باشد [۳، ۴].

مارک وایزر در سال ۱۹۸۸ اصطلاح محاسبات فراگستر را برای نخستین بار مطرح نمود. بر مبنای نظریه‌ی وایزر، فناوری‌های نوین به سمت ادغام در محیط و اشیا پیرامون بشر پیش می‌روند تا افراد بدون دغدغه بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن، از مزایای آنها در فعالیتهای روزمره خویش بهره گیرند [۵]. در بستر UbiGIS در هر مکان، در

هر زمان، با هر ابزاری، تحت هر شبکه‌ای، هر سرویسی برای هر کاربر ارائه می‌گردد. در UbiGIS کاربر و محیط پیرامون او اهمیت پیدا می‌کنند. به بیان دیگر، UbiGIS نسل چهارم سیستم‌های اطلاعات مکانی می‌باشد که با اضافه شدن زمینه آگاهی^۲ و سادگی در استفاده^۳ به نسل اطلاعات مکانی همراه و تحت اینترنت، به وجود آمده است [۳، ۴]. محققان مختلف تعاریف گوناگونی برای "زمینه" ارائه کرده‌اند [۶]. از بین مفاهیم مختلف، Dey و Abowd تعریف جامع‌تری از زمینه ارائه کرده‌اند. در تحقیق ایشان زمینه معادل هرگونه اطلاعاتی است که بتوان از آن برای مشخص کردن وضعیت یک هستنده استفاده کرد. یک هستنده؛ یک شخص، مکان یا شیء است که در تعامل میان کاربر و برنامه کاربردی است و می‌تواند شامل خود کاربر و یا برنامه کاربردی باشد [۷].

مزایا و قابلیت‌های فراوان سیستم‌های فراگستر، بهره‌گیری از چنین بسترهای توانمندی را در حیطه‌های کاربردی مختلف به ویژه مسائل مرتبط با جان انسان‌ها، ضروری می‌نماید [۸]. لذا در پدیده تصادف به لحاظ وجود زمینه‌های ثابت و متغیر از یک سو و تاثیر عوامل انسانی، محیطی و فنی متعدد از سوی دیگر، مدلسازی فراگستر تصادفات جاده‌ای ضروری بنظر می‌رسد. بنابراین در مقاله حاضر، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع تصادفات در بستر UbiGIS مورد توجه قرار گرفت.

در سالهای اخیر مطالعات فراوانی در حیطه شناسایی عوامل موثر بر وقوع تصادفات شهری و جاده‌ای و مدلسازی خطر آنها صورت گرفته است. Shafabakhsh و همکاران به بررسی وقوع تصادفات و انجام تحلیل‌های مکانی-آماري جهت شناسایی نواحی پر خطر جاده‌ای پرداختند. این کار برپایه آنالیز شبکه و تحلیل‌های چگالی مبنا انجام شد [۹]. Le و همکاران مطالعه‌ای جهت شناسایی نواحی پر خطر و خوشه‌بندی تصادفات به تفکیک فصول مختلف و بازه‌های زمانی گوناگون انجام دادند [۱۰]. Ha و Thill به بررسی اثر مکان و عوامل مکانی در بروز تصادفات شهری پرداختند [۱۱]. Delmelle و همکاران به بررسی پارامترهای موثر بر تصادفات دوچرخه و عابرین در نواحی شهری پرداختند [۱۲]. اثر کاربری‌های شهری و تراکم آنها

^۲ Context awareness^۳ Ease of Use^۱ Ubiquitous Geospatial Information System

۲- مبانی نظری

این بخش به بیان مفاهیم دو روش مورد استفاده در این تحقیق، روش PCA و شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته^۳ می‌پردازد.

۲-۱- آنالیز مولفه‌های اصلی

روش آنالیز مولفه‌های اصلی یکی از روشهای انتخاب ویژگی^۴ می‌باشد که به منظور کاهش پیچیدگی داده‌ها استفاده می‌شود. در PCA داده‌ها از فضایی با ابعاد بالا به فضایی با ابعاد پائین نگاشت می‌گردد. به بیان ساده‌تر در این روش بردار ویژگی‌ها h بعدی به بردار ویژگی‌های d بعدی (که h از d بزرگتر است) تبدیل می‌شود. این تبدیل به منظور کاهش حجم داده‌ها بدون از دست دادن اطلاعات با ارزش انجام می‌گردد به نحوی که بیشینه اطلاعات ممکن حفظ شده و خطای مربع میانگین کمینه گردد [۱۵]. نحوه تبدیل بردار ویژگی‌ها از فضای دو بعدی به فضای یک بعدی در شکل ۱ نشان داده شده است. مراحل روش PCA در سه مرحله اجرا می‌شود [۱۶، ۱۵]:

اول: نرمال سازی ویژگی‌ها بر مبنای میانگین و واریانس آنها

دوم: محاسبه ماتریس کواریانس یا همبستگی تمام ویژگی‌ها

سوم: تخمین ضرایب اهمیت در تبدیل به دست آمده جهت استخراج مولفه‌های اصلی و تفسیر نتایج

لازم به ذکر است، پس از اعمال PCA، ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی کارایی آن انتخاب گردید. ضریب همبستگی پیرسون مقدار همبستگی خطی بین دو ورودی را می‌سنجد. مقدار این ضریب بین یک تا منفی یک تغییر می‌کند که یک به معنای همبستگی مثبت کامل، صفر به معنی نبود همبستگی و منفی یک به معنی همبستگی منفی کامل است [۱۷].

بر وقوع تصادفات توسط Steenberghen و همکاران مورد توجه قرار گرفت [۱۳]. Sun به کمک تحلیل‌های مکانی-زمانی به بررسی اثر نوع بزرگراه، خصوصیات هندسی راه، نوع تصادفات و شرایط محیطی بر تصادفات جاده‌ای پرداختند [۱۴]. عفتی و همکاران در بستر GIS عوامل مکانی موثر بر تصادفات راه‌های برون شهری را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق ایشان عواملی نظیر مکان تصادف، شدت تصادف، سن راننده، کاربری، عوارض اطراف راه، ترافیک، هندسه راه، زمان و نوع تصادف مورد توجه قرار گرفت. این کار به کمک روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی بر پایه K-Mean انجام گردید [۲].

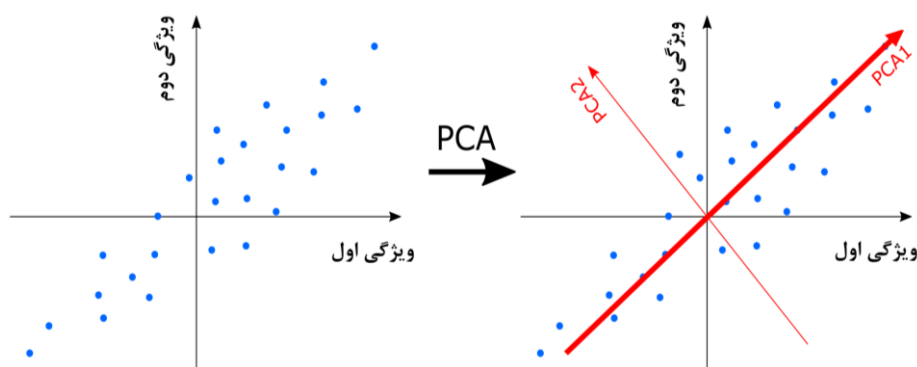
در تحقیقات صورت گرفته به زمینه‌های متغیر نظیر سن و جنسیت راننده، شرایط آب و هوایی و نوع وسیله نقلیه کمتر توجه شده است. همچنین در بیشتر تحقیقات صورت گرفته، نقشه پهنه‌بندی ثابتی برای مسیر مورد بررسی تهیه شده و کانون‌های خطر آن شناسایی شده است. حال آنکه احتمال خطر برای همه افراد در شرایط مختلف یکسان نیست. بنابراین در تحقیق حاضر، تهیه نقشه فراگستر پهنه‌بندی برای خطر تصادف مورد توجه قرار گرفت. برای این امر ۲۲ زمینه ثابت و پویا که ماهیت محیطی و انسانی دارند، مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مربوط به فاصله از مبدأ، ارتفاع، روز هفته، جنسیت، ساعت، سن، نوع وسیله نقلیه، آب و هوا، روز یا شب، شیب، انحناء، فاصله از دوربین، فاصله از نقاط تصادف، فاصله از نقاط دور برگردان، فاصله از مراکز خرید، فاصله از پل عابر پیاده، فاصله از روگذر و زیرگذر، فاصله از عدم وجود شانه خاکی، فاصله از میدان، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از خرابی جاده و فاصله از قوس جاده برای محور تبریز- مرند جمع‌آوری شد. به کمک آماره T^2 هتلینگ^۱ و آنالیز مولفه‌های اصلی^۲ پیش‌پردازش بر روی داده‌ها انجام شد. سپس به کمک شبکه عصبی و بر پایه داده‌های تصادف یک ساله اخذ شده از این محور، آموزش انجام و شبکه بهینه ساخته شد. سپس بر پایه این شبکه بهینه، برای سناریوهای مختلف با تغییر زمینه‌های پویا، نقشه‌های پهنه‌بندی متناسب تهیه گردید. برای اجرای آماره T^2 ، روش PCA و شبکه عصبی از کدنویسی در محیط برنامه‌نویسی Matlab R2019 استفاده شد.

^۳ Generalized regression neural network (GRNN)

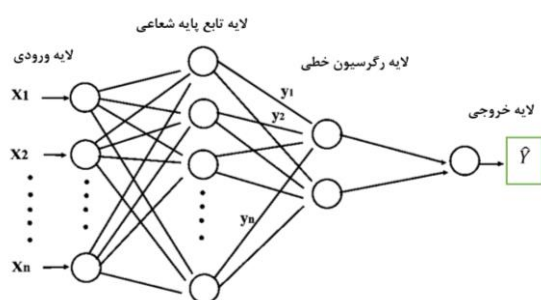
^۴ Feature Selection

^۱ Hotelling's T^2

^۲ Principal Component Analysis (PCA)



شکل ۱- نحوه کار روش PCA در فضای ویژگی دو بعدی



شکل ۲- شمای کلی GRNN

مقدار پارامتر هموارساز که به ضریب انتشار^۳ نیز معروف است، تاثیر فراوانی بر نتایج پیش‌بینی دارد. مقدار بزرگ پارامتر σ منجر به برازش تابع هموارتر شده، لیکن مقدار خطا نیز افزایش می‌یابد. لذا شبکه ساخته شده به نوروهای بیشتری نیاز داشته و محاسبات آن افزایش می‌یابد. مقدار کوچک آن منجر به برازش تابع دقیق‌تری می‌گردد اما بایستی توجه نمود تا این مقدار کم سبب بیش‌برازش^۴ مدل نشود. لذا تنظیم دقیق این پارامتر نقش کلیدی در صحت و دقت GRNN دارد [۱۹، ۲۰].

۳- پیاده‌سازی

جهت بررسی زمینه‌های موثر در وقوع تصادفات و تهیه نقشه فراگستر پهنه‌بندی خطر وقوع تصادف، محور تبریز- مرند انتخاب گردید. محور تبریز- مرند بخشی از جاده ابریشم و راه دسترسی به مرز بازرگان و منطقه آزاد ارس می‌باشد که سالانه گردشگران زیادی از این مسیر تردد می‌کنند. همچنین قرارگیری شهرک‌های صنعتی و سرمایه‌گذاری در این محور و وجود دانشگاه‌های متعدد در منطقه آزاد ارس و شهر مرند نظیر دانشکده فنی مهندسی

۲-۲- شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته

شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته نوعی از شبکه‌های عصبی پیش‌خور^۱ و تابع پایه شعاعی^۲ می‌باشند که برای نخستین بار توسط Specht در سال ۱۹۹۳ معرفی شدند [۱۸]. این شبکه در طبقه‌بندی و پیش‌بینی مسائل موجود در حوزه‌های مختلف مهندسی، محیط زیست، بهداشت و غیره با موفقیت به کار گرفته شده‌اند. از ویژگی‌های مهم این شبکه به قابلیت پیش‌بینی مسائل خطی و غیرخطی با صحت بالا بر پایه آموزش در زمان کوتاه و داده محدود اشاره کرد. الگوریتم GRNN در چهار بخش لایه ورودی، لایه شعاع مینا، لایه رگرسیون (خطی یا غیرخطی) و لایه خروجی تعریف می‌گردد. تعداد نوروهای لایه شعاع مینا بر پایه تعداد داده‌های ورودی تنظیم شده و توابع انتقال هر لایه با توجه به داده‌های مسئله تعیین می‌شود [۱۹، ۱۸]. شمای کلی GRNN به فرم شکل ۲ می‌باشد.

در این شبکه، پس از تقسیم داده‌های ورودی به داده-های آموزش و آزمون و بعد از آموزش شبکه، برپایه رابطه (۱) و (۲) خروجی شبکه محاسبه می‌گردد [۱۹].

$$D_i = (X - X_i)^T (X - X_i) \quad (1)$$

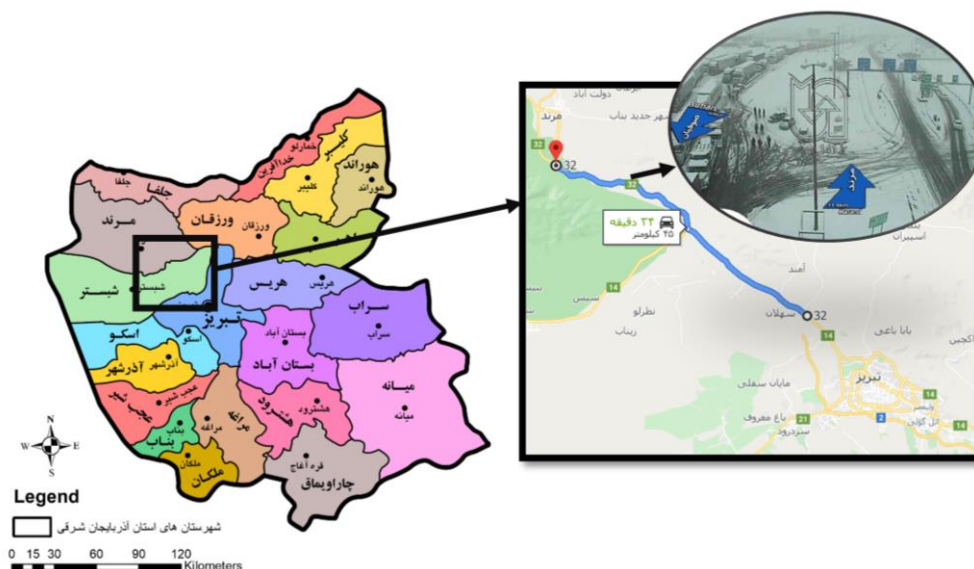
$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i e^{-D_i/2\sigma^2}}{\sum_{i=1}^N e^{-D_i/2\sigma^2}} \quad (2)$$

که در آن X داده ورودی، Y خروجی، $\hat{Y}$ خروجی محاسبه شده، D_i فاصله اقلیدسی بین ورودی‌ها و σ پارامتر هموارسازی می‌باشد [۱۹].

^۳ Spread
^۴ Overfitting

^۱ Feed Forward
^۲ Radial Basic Function (RBF)

بانده تبریز - مرند، حد فاصل پاسگاه پلیس راه تبریز و مرند با طول ۴۵ کیلومتر در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۳ موقعیت منطقه مطالعاتی، طول محور و شرایط آب و هوایی آن در زمان بارش برف نشان داده شده است.



شکل ۳- موقعیت آزادراه تبریز - مرند و شرایط اقلیمی آن در فصل زمستان

کمی و کیفی متفاوتی بوده و بازه‌های عددی متفاوتی را شامل می‌شوند.

داده‌های ثبت شده به دلیل داشتن ماهیت کمی و کیفی مختلف و واقع شدن در بازه‌های مختلف، باید استاندارد گردند، اینکار با کمی سازی داده‌های کیفی و نرمال سازی در بازه صفر تا یک انجام گردید.

سپس با توجه به ثبت ناقص تعداد کمی از داده‌ها، رکوردهای ناقص از جدول داده‌های ورودی حذف شده و به کمک آماره T^2 داده‌های پرت شناسایی و حذف شد. آماره T^2 آماره‌ای انعطاف پذیر در کنترل کیفیت مسائل چند متغیره می‌باشد و کارایی بالایی در کشف نقاط خارج از کیفیت دارد. این آماره بر روی انواع داده‌ها با پارامترهای جامعه معلوم یا نامعلوم قابل اجرا می‌باشد [۲۱]. پارامترهای جامعه در این تحقیق نامعلوم بود و به کمک میانگین و واریانس نمونه جمع‌آوری شده و برپایه تحلیل مربوط به این آماره داده‌های پرت شناسایی و حذف شد. با توجه به اینکه وجود داده‌های پرت، سبب برهم زدن همبستگی داده‌ها می‌گردد، لذا قبل از اعمال PCA، آماره T^2 اجرا شد و تعداد رکوردها به ۱۴۰ کاهش یافت.

مرند، پردیس دانشگاه تهران و تبریز، دانشگاه پیام نور و آزاد مرند و جلفا سبب تردد متعدد اساتید، مدیران، کارکنان و دانشجویان در این محور می‌گردد. همچنین به لحاظ شرایط ارتفاعی و اقلیمی در فصول سرد سال شرایط تردد در این منطقه بسیار حائز توجه می‌گردد. آزادراه دو

در گام نخست، داده‌های مورد نیاز تحقیق جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به فاصله از مبدأ، روز هفته، جنسیت، ساعت، سن، نوع وسیله نقلیه، آب و هوا، روز یا شب، نوع تصادف، نوع تلفات (جرح، فوت و خسارت) مربوط به تصادفات ثبت شده از فروردین سال ۱۳۹۷ تا فروردین سال ۱۳۹۸ از نیروی انتظامی استان آذربایجان شرقی اخذ شد که در قالب ۱۵۹ رکورد جمع شده بودند. سپس داده‌های مربوط به ارتفاع، شیب و انحنای از روی مدل رقومی ارتفاعی منطقه استخراج شد. داده‌های مربوط به محل دوربین‌های ترافیکی، نقاط دوربرگردان، مراکز خرید، پل‌های عابر پیاده، روگذر و زیرگذر، مناطق مسکونی، نواحی فاقد شانه خاکی، خرابی‌های جاده و قوس جاده از طریق مشاهدات میدانی ثبت و فاصله از آنها در نرم‌افزار ArcGIS[®] 10.6 به دست آمد. اطلاعات کلی در مورد اسامی ۲۲ زمینه ورودی، نوع، دسته‌بندی و مقدار آنها در جدول ۱ آمده است. زمینه‌های ثبت شده به لحاظ ماهیت در چهار دسته محیطی - ثابت، محیطی - پویا، انسانی - ثابت و انسانی - پویا قرار می‌گیرند. به لحاظ مقدار به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم می‌گردند و دارای ماهیت

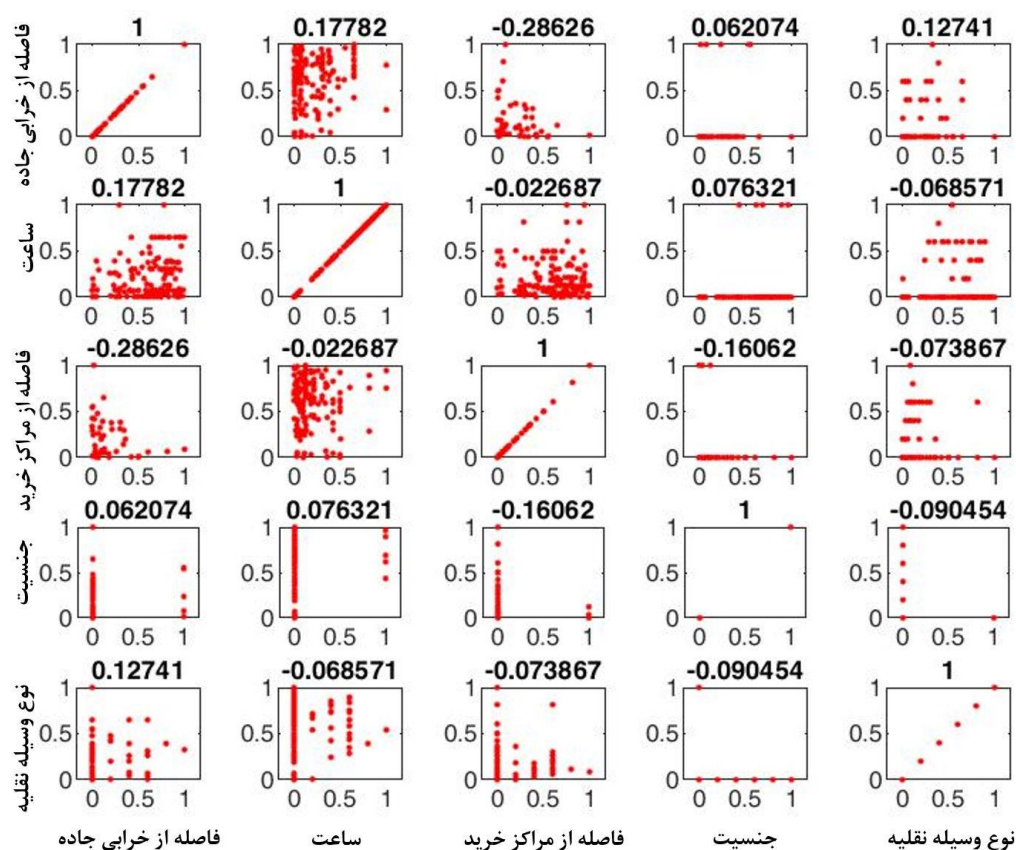
جدول ۱، دسته‌بندی ماهیت و مقادیر زمینه‌های ورودی در تحقیق

اسامی زمینه‌ها	دسته‌بندی زمینه	نوع زمینه	مقدار زمینه
فاصله از مبدأ	محیطی - ثابت	پیوسته	۴۵۰۰۰ تا ۰ متر
ارتفاع	محیطی - ثابت	پیوسته	۱۳۳۹ تا ۱۸۱۰ متر
روز هفته	انسانی - پویا	گسسته	شنبه (۱) تا جمعه (۷)
جنسیت	انسانی - پویا	گسسته	زن (۲) - مرد (۱)
ساعت	انسانی - پویا	پیوسته	۰ تا ۲۴
سن	انسانی - پویا	گسسته	۱۱ تا ۸۸
نوع وسیله نقلیه	انسانی - پویا	گسسته	سواری (۱) - کامیون (۲) - موتور (۳) - وانت (۴) - تراکتور (۵) - اتوبوس و مینی بوس (۶)
آب و هوا	محیطی - پویا	گسسته	صاف (۱) - ابری (۲) - بارانی (۳) - برف و کولاک (۴)
شیب	محیطی - ثابت	پیوسته	۳۶,۱۷۳۴ تا ۰,۲۲۹۰ درصد
انحنای	محیطی - ثابت	پیوسته	۰,۹۹۸۷ تا ۱,۴۳۲۶ -
فاصله از دوربین	محیطی - ثابت	پیوسته	۵,۳۷۲۷ - ۹۷۶۵,۷۲۹۴ متر
فاصله از نقاط تصادف	محیطی - ثابت	پیوسته	۰,۱۲۲ تا ۹۷۳,۹۹۳۰ متر
فاصله از نقاط دور برگردان	محیطی - ثابت	پیوسته	۱۰۰۸۱,۶۲۲۰ تا ۱۲,۵۵۹۳ متر
فاصله از مراکز خرید	محیطی - ثابت	پیوسته	۰,۴۲۱۱ تا ۵۷۷۵,۱۱۰۳ متر
فاصله از پل عابر پیاده	محیطی - ثابت	پیوسته	۱۱۶۵۲,۹۹۸۰ تا ۶,۳۳۸۲ متر
فاصله از روگذر و زیرگذر	محیطی - ثابت	پیوسته	۱۱۰۷۷,۳۱۷۳ تا ۱۴,۹۲۹۳ متر
فاصله از عدم وجود شانه خاکی	محیطی - ثابت	پیوسته	۵۸۵۵,۳۰۹۰ تا ۳,۹۳۴۵ متر
فاصله از میدان	محیطی - ثابت	پیوسته	۲۲۴۲۳,۵۴۶۸ تا ۵۱,۶۹۴۰ متر
فاصله از مناطق مسکونی	محیطی - ثابت	پیوسته	۵۳۸۸,۶۳۷۲ تا ۱۹۷,۰۹۲۲ متر
فاصله از خرابی جاده	محیطی - ثابت	پیوسته	۱۸۵۶,۲۸۰۰ تا ۰,۲۱۹۰ متر
فاصله از قوس جاده	محیطی - ثابت	پیوسته	۳۷۴۵,۰۴۷۶ تا ۱,۱۲۸۴ متر
روز یا شب	انسانی - پویا	گسسته	شب (۰) - روز (۱)

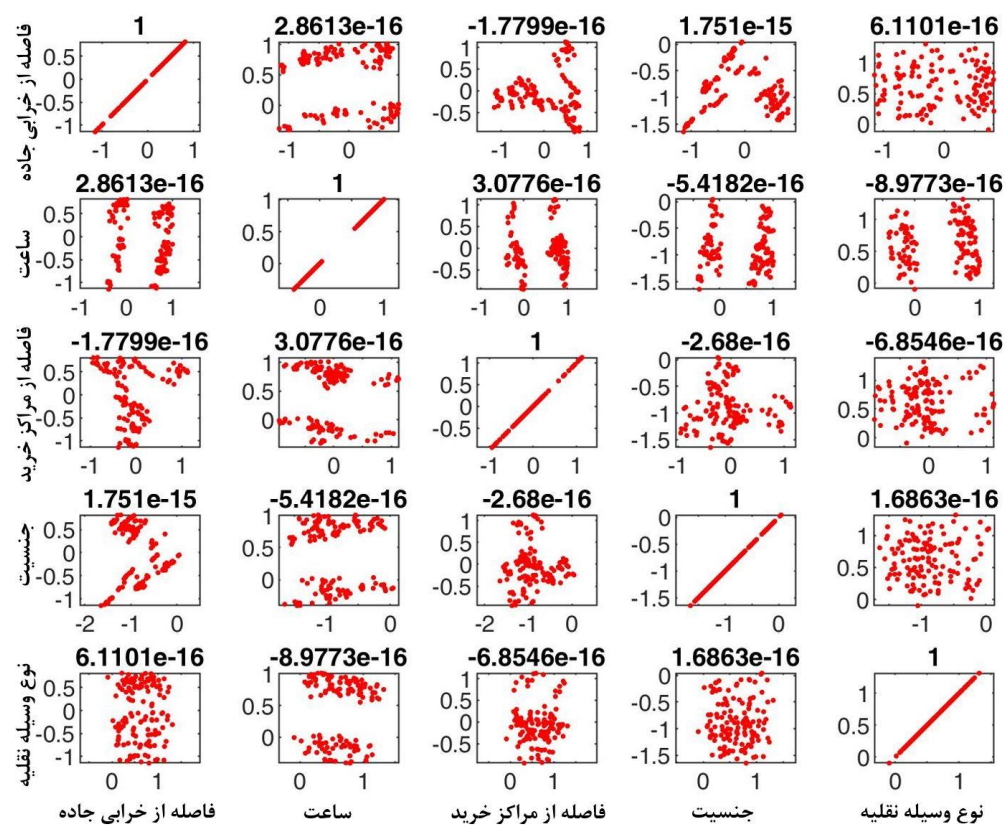
نظر به وجود ۱۴۰ رکورد ثبت شده و ۲۲ ویژگی مورد بررسی در این تحقیق، ۳۰۸۰ داده در این تحقیق وجود دارد که پیچیدگی بالایی را ایجاد می‌نماید. لذا بایستی به کمک الگوریتم‌های کاهش بعد، همبستگی داده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. اینکار به کمک الگوریتم PCA در این تحقیق صورت گرفت و داده‌های ورودی از ۲۲ بعد به ۱۱ بعد کاهش پیدا کرد. کاهش بعد لزوماً به معنای حذف داده نمی‌باشد، بلکه اینکار می‌تواند با ترکیب و تلفیق ویژگی‌های مختلف، انجام گیرد.

برای درک بهتر این مرحله، ضریب همبستگی پیرسون قبل و بعد از اعمال PCA برای دو به دو ویژگی‌ها نسبت بهم محاسبه شد. به دلیل محدودیت نمایش در مقاله برای ۲۲ ویژگی، بطور نمونه همبستگی دو به دو ۵ زمینه، فاصله از خرابی جاده، ساعت، فاصله از مراکز خرید،

جنسیت و نوع وسیله نقلیه قبل از اعمال PCA (شکل ۴) و بعد از اعمال آن (شکل ۵) نشان داده شده است. همانگونه که در بخش‌های پیشین مطرح شد، مقادیر داده‌های ورودی بین صفر تا یک نرمال شده بود و برای دو به دو معیارها، ضریب پیرسون محاسبه گردید. نزدیک شدن همبستگی داده‌ها و چارک‌ها به صفر حاکی از آن است که بعد از اعمال PCA همبستگی ویژگی‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته است.

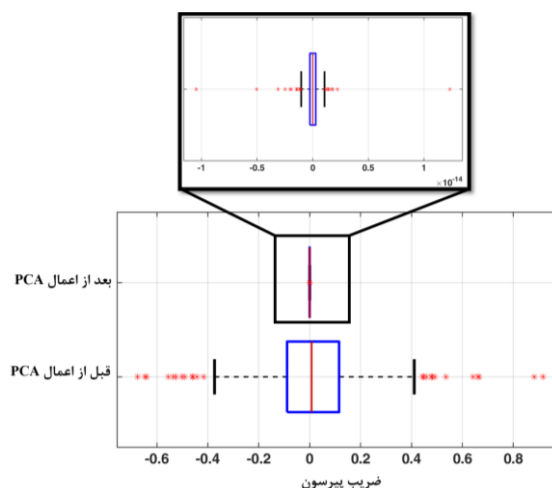


شکل ۴- مقایسه دو به دو ۵ زمینه انتخابی قبل از اعمال PCA



شکل ۵- مقایسه دو به دو ۵ زمینه انتخابی بعد از اعمال PCA

با اعمال روش PCA برای ۲۲ ویژگی ورودی این تحقیق و محاسبه دو به دو آنها میانگین، چارک بالا و پایین و انحراف معیار تعیین و نتایج در قالب نمودار جعبه-ای در شکل ۶ نشان داده شد.



شکل ۶- نمودار جعبه‌ای ضریب پیرسون مقایسه ۲۲ زمینه ورودی قبل و بعد از اعمال PCA

ضریب پیرسون برای داده‌های ورودی به ترتیب با مقدار کمینه و بیشینه -0.7748 و $+0.8032$ و داده‌های خروجی از PCA به ترتیب با مقادیر -1.10×10^{-14} و $+1.9 \times 10^{-14}$ نشان دهنده عملکرد مناسب این روش در کاهش همبستگی ویژگی‌های ورودی به آن می‌باشد.

۱۴۰ داده ورودی با ویژگی‌های بیان شده، به عنوان داده آموزش وارد شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته می‌گردند. برای شروع این مرحله نیاز به تعریف تارگت و جداسازی داده‌های آموزش و آزمون وجود دارد. با توجه به اینکه داده‌های مربوط به تعداد مجروحان، تعداد فوت، موقعیت تصادف و نوع تصادف برای نقاط تصادف موجود بوده و به عنوان لایه-های ورودی استفاده نشد، به کمک درخت تصمیم‌گیری آماری، میزان خطر تصادف برپایه آنها به عنوان تارگت تعریف

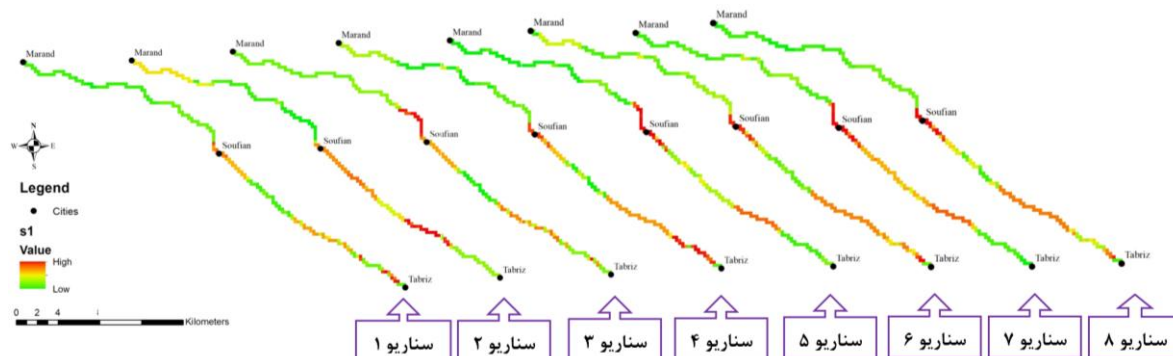
گردید. سپس هفتاد درصد داده‌ها بطور تصادفی به عنوان داده آموزش و سی درصد به عنوان داده آزمون انتخاب شد. با اجرای GRNN در حالات مختلف و مقایسه دقت آنها، شبکه بهینه با ۹۸ نورون و تابع انتقال radbas در لایه اول و یک نورون و تابع انتقال purelin برای لایه دوم ساخته شد. علت انتخاب ۹۸ نورون در GRNN تعداد داده‌های ورودی است که معادل هفتاد درصد ۱۴۰ داده انتخاب شده است. شبکه بهینه با خطای ۰.۳۶ درصد برای داده‌های آموزش، خطای ۱.۲ درصد برای داده‌های آزمون و خطای کل ۰.۶۳ درصد دارای توان مناسبی برای پیش-بینی خطر تصادف در محور مورد بررسی بوده است.

پس از ساخت شبکه بهینه نوبت به تهیه نقشه پهنه-بندی فراگستر خطر تصادف می‌رسد. شبکه ساخته شده قادر است با دریافت ورودی‌های مختلف، نقشه پهنه‌بندی متناسب با آنها را تهیه نماید. با توجه به اینکه با تغییر زمینه‌های متغیر، نقشه‌های متعددی در هر زمان، در هر مکان، تحت هر شرایط و برای هر کاربر قابل طراحی می-باشد، بطور نمونه، ۸ سناریو مختلف برای اساتید گروه نقشه‌برداری دانشکده فنی مهندسی مرند طراحی و نقشه پهنه‌بندی برای هریک تهیه گردید. اطلاعات مربوط به سناریوهای طراحی شده در جدول ۲ و نقشه‌های پهنه-بندی به دست آمده در شکل ۷ نشان داده شده است.

نقشه به دست آمده برای ۳۰۰۸ نقطه مختلف از محور تبریز- مرند در ۸ سناریو متفاوت بوده است. همانگونه که از نتایج شکل ۷ قابل استنتاج است که در شرایط و اماکن گوناگون خطر تصادف برای افراد مختلف، متفاوت خواهد بود. همچنین لازم به ذکر است وسیله نقلیه برای افراد مورد بررسی سواری بوده است که قطعاً برای موتور، تراکتور، وانت و اتوبوس نتایج متفاوتی به دست خواهد آمد.

جدول ۲- هشت سناریو طراحی شده برای تهیه نقشه پهنه‌بندی فراگستر خطر تصادف

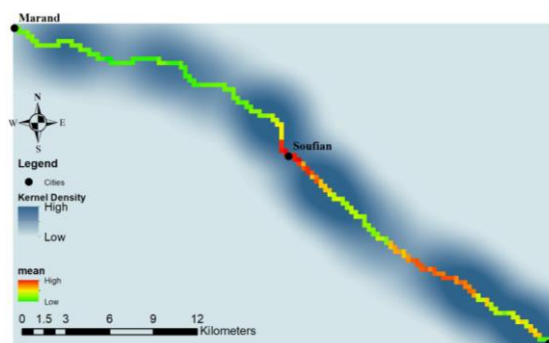
سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	سناریو ۶	سناریو ۷	سناریو ۸	
۴۶	۴۲	۴۲	۳۹	۴۲	۴۱	۳۹	۳۲	سن
مرد	مرد	مرد	مرد	مرد	مرد	مرد	زن	جنسیت
برف و کولاک	ابری	ابری	صاف	صاف	بارانی	برف و کولاک	بارانی	آب و هوا
سواری	سواری	سواری	سواری	سواری	سواری	سواری	سواری	نوع وسیله نقلیه
روز	شب	روز	شب	روز	روز	شب	روز	روز یا شب
چهارشنبه	جمعه	چهارشنبه	پنج شنبه	سه شنبه	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	روز هفته
۷	۱۸	۱۰	۲۰	۷	۱۴	۱۹	۷	زمان



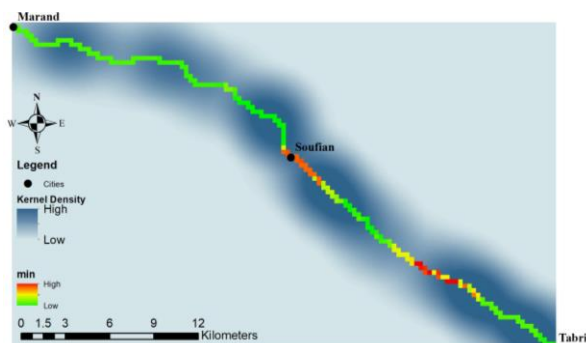
شکل ۷- نقشه‌های پهنه‌بندی خطر تصادف برای ۸ سناریو طراحی شده

با توجه به داده‌های اخذ شده از پلیس راه، در این محور، در بازه زمانی مورد بررسی، بیشترین تراکم وقوع تصادف برای یک محل ۱۲ و کمینه آن صفر می‌باشد. خروجی عملگر بیشینه با توجه به نقشه تراکم تصادفات، برای نواحی با تراکم بالا (شامل تراکم ۱۲-۱۰-۹ و ۸ تصادف) دارای ۱۰۰ درصد انطباق بوده است. این درصد انطباق برای نواحی به ترتیب با ۷، ۵، ۴ و ۳ تصادف برابر ۷۷، ۷۸، ۶۷، ۶۶، ۶۸، ۷۵ و ۶۳، ۱۵ درصد بوده است. به طور متوسط انطباق عملگر بیشینه برای این محور با توجه به سناریوهای بررسی شده برابر ۹۰، ۷۴ درصد بوده است که صحت قابل توجهی بوده و بیانگر بهینه بودن ساختار مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد.

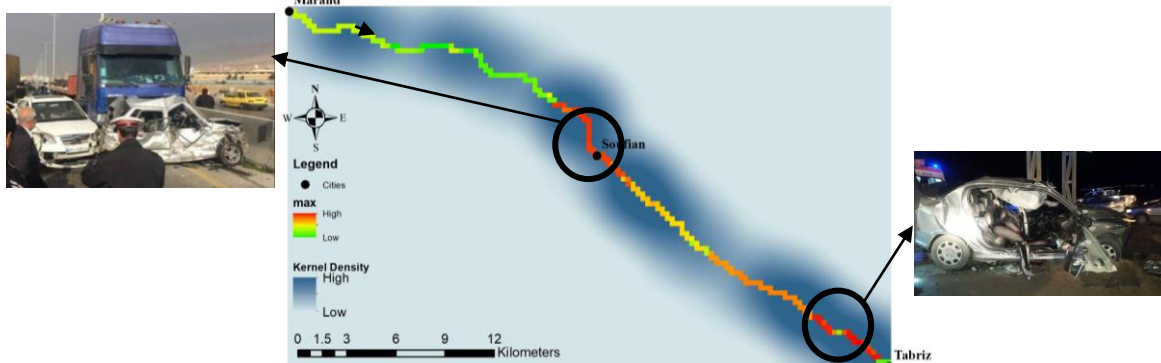
با توجه به اینکه در برخی از نواحی برای تمامی سناریوها احتمال خطر تصادف وجود داشته است، می‌توان با اجرای سناریوهای متعدد نواحی مستعد خطر برای شرایط گوناگون را شناسایی نمود. در این تحقیق ۳۰ سناریو متفاوت تعریف گردید، سپس بر روی نقشه‌های به دست آمده عملگر کمینه، بیشینه و میانگین اعمال گردید. برای سنجش صحت این سه رستر خروجی، با توجه به تعداد وقوع تصادف در هر نقطه، نقشه تراکم تصادفات به کمک آنالیز Kernel density در نرم افزار ArcGIS® 10.6 تولید گردید و با همپوشانی نقشه تراکم تصادفات و رسترهای کمینه، بیشینه و میانگین سناریوهای تعریف شده نتایج شکل ۸ حاصل گردید. نتایج حاکی از آن است که عملگر بیشینه انطباق بیشتری با واقعیت داشته است.



ب) نتایج عملگر میانگین



الف) نتایج عملگر کمینه

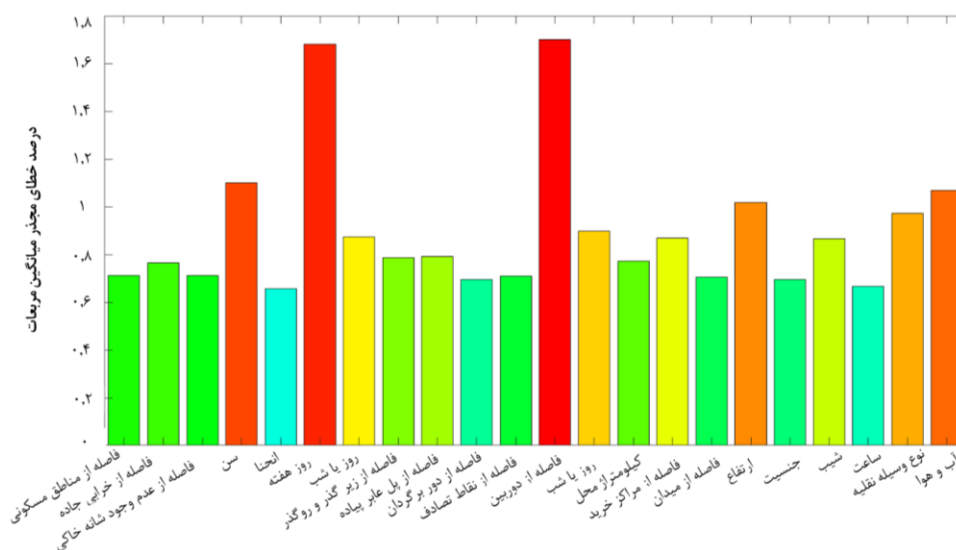


ج) نتایج عملگر بیشینه

شکل ۸- نتایج ادغام ۳۰ سناریو مطرح شده

در گام نهایی تحقیق حاضر، اهمیت زمینه‌های ورودی برای شبکه بهینه ارائه شده، بر پایه آنالیز حساسیت مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که هریک از ۲۲ زمینه مذکور، به ترتیب حذف شد و با ۲۱ زمینه، خطای مجذور میانگین مربعات محاسبه گردید و نتایج در شکل ۹ ارائه شد. بدیهی است با حذف زمینه پر اهمیت، خطای مدل پیشنهادی به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. لذا طبق یافته‌های این تحقیق، زمینه‌های پراهمیت برای

پیش‌بینی خطر تصادف به ترتیب فاصله از دوربین‌های کنترل ترافیک، روز هفته، سن، آب و هوا، ارتفاع، نوع وسیله نقلیه، فاصله از مبدأ، روز یا شب، فاصله از مراکز خرید، شیب، فاصله از پل عابر پیاده، فاصله از روگذر و زیرگذر، فاصله از قوس جاده، فاصله از خرابی جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از عدم وجود شانه خاکی، فاصله از نقاط تصادف، فاصله از میدان، جنسیت، فاصله از نقاط دور برگردان، ساعت و انحنای جاده است.



شکل ۹- نتایج تحلیل حساسیت برای زمینه‌های ورودی تحقیق

۴- نتیجه‌گیری

تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر تصادفات از دیرباز در تحقیقات گوناگون مورد توجه قرار گرفته است. لیکن تولید نقشه خطر ثابت برای تمامی افراد در تمامی شرایط مطابقت کمتری با واقعیت دارد. تهیه نقشه فراگستر پهنه‌بندی خطر تصادف این امکان را فراهم می‌کند تا برای هر کاربر با هر مشخصاتی، تحت هر شرایطی و در هر زمان و مکانی بتوان میزان خطر تصادف را برآورد نمود. هدف مقاله حاضر توسعه مدل ترکیبی بر پایه روش PCA و GRNN برای پیش‌بینی فراگستر خطر تصادف در محور تبریز- مرند می‌باشد. مدل ترکیبی ارائه شده در این مقاله در سناریوهای مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفت که دستیابی به دقت ۹۸٫۸ درصد برای داده‌های آزمون و صحت متوسط ۹۰٫۷۴ درصدی حاکی از بهینگی مدل پیشنهادی می‌باشد. همچنین برپایه نتایج به دست آمده از ادغام بدبینانه (عملگر بیشینه) خروجی سناریوهای مختلف، محدوده ۵ کیلومتری گمرک و ۳ کیلومتری

شهرستان صوفیان دارای بیشینه خطر در این محور می‌باشد. از ۲۲ زمینه مورد بررسی در این تحقیق، فاصله از دوربین‌های کنترل ترافیکی از بین زمینه‌های ثابت و روز هفته از بین زمینه‌های پویا دارای بیشترین تاثیر بر دقت پیش‌بینی بوده‌اند.

صرف نظر از نوآوری و مزایای این پژوهش، تحقیق حاضر نظیر تمامی مطالعات علمی با محدودیت‌هایی همراه بوده است. در دسترس نبودن تمام داده‌های موثر نظیر ترافیک و تاریخچه نوع و تراکم تصادفات هر کاربر از جمله این موارد هستند. با در دست بودن موقعیت و نوع تصادفات پیشین هر کاربر، استنتاج دقیق‌تری از خطرهای ممکن می‌توان انجام داد. همچنین پیشنهاد می‌شود برای ادامه کار در این حیطه، سایر روشهای توانمند پیش‌بینی در حیطه هوش جمعی و سایر مدل‌های ارائه شده در شبکه عصبی پیاده شده و با نتایج مدل ارائه شده در این تحقیق مقایسه گردد. همچنین با گسترش مدل حاضر برای کلیه محورهای ارتباطی کشور و توسعه برنامه کاربردی در بستر

عوامل پراثر می‌توانند تمهیدات لازم جهت کاهش تصادفات هر محور را اتخاذ نمایند.

تلفن‌های هوشمند کاربران می‌توانند با وارد کردن اطلاعات خود، از نواحی با احتمال خطر بالا آگاه شوند. همچنین پاسگاه‌های پلیس راه هر محور با شناسایی مناطق پرخطر و

مراجع

- [1] World Health Organization (WHO). (2015) "Global status report on road safety". WHO Press. Geneva, Switzerland.
- [2] Effati, M., Rajabi, M. A., Hakimpour, F., and Shabani, Sh. (2014). "Analysis of Spatial Factors Contributing on Concentration of Highway Corridors Crashes Using GIS and Data Mining". JGST. Vol. 4, No. 2, PP. 87-102, (in Persian)
- [3] Ki-Joune, L. (2007). "Ubiquitous GIS, Part I: Basic Concepts of Ubiquitous GIS". Lecture Slides, Pusan National University.
- [4] Malek, M. (2013). "Context-aware geoinformation and ubiquitous computing", K.N.Toosi University of Technology Press, First Edition, (in Persian).
- [5] Weiser, M. (1991). "The computer for the 21st century". Scientific American. Vol.265, No.3, PP. 94-104.
- [6] Mcheick, H., Ajami, H., and Elkhalel, Z. (2016). "Survey of Health Care Context Models and Prototyping of Healthcare Context Framework". Proceeding SCSC '16 Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference, Article No. 60, Canada.
- [7] Dey, A. and Abowd, G. (2000). "Towards a better understanding of context and context-awareness". The What ,Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness.
- [8] Kaffash charandabi N, and Alesheikh A A. (2017) "An Improved SVM Based Method for Asthmatic Patient Monitoring in Ubiquitous Health GIS". JGST. Vol. 7, N. 1. Pp.41-54. (in Persian)
- [9] Shafabakhsh, G.A., Famili, A., and Bahadori, M. S. (2017). "GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran". Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). Vol. 4, No. 3. PP. 290-299.
- [10] Le, Kh. G., Liu, P., and Lin, L-T. (2019). "Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam". Geo-spatial Information Science. Published Online: 02 Dec 2019.
- [11] Ha, H.H. and Thill, J.C. (2011) "Analysis of traffic hazard intensity: A spatial epidemiology case study of urban pedestrians" Computers. Environment and Urban Systems, Vol.35, pp. 230-240.
- [12] Delmelle, E.C., Thill, J.C. and Ha, H.H. (2012) "Spatial epidemiologic analysis of relative crash risk factors among urban bicyclists and pedestrians" Transportation, Vol.39, No.2, pp. 433-448.
- [13] Steenberghen, T., Dufays, T., Thomas, I. and Flahaut, B. (2004) "Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgian Case". International Journal of Geographic Information Science, Vol. 18, No.2, pp.169-181.
- [14] Sun, X. (2003) "Identifying highway safety Patterns and trends with a crash data analysis program" the International Forum on Traffic Records and Highway Information Systems, Denver CO.
- [15] Smith., L. I. (2002) "A tutorial on principal component analysis", February 26, Department science, University of California, San Diego, December 10.
- [16] Shanmugam, R., and Johnson, Ch. (2007) "At a crossroad of data envelopment and principal component analyses", Omega, Vol. 35. PP. 351- 364.
- [17] Pearson, K. (1895) "Notes on regression and inheritance in the case of two parents," Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 58. PP.240-242.
- [18] Specht, D.E. (1993) "The general regression neural network-re-discovered". Neural Net-work, Vol. 6, No. 7, PP. 1033-1034.
- [19] Al-Mahasneh, A. J., Anavatti, S. G., and Garratt, M. A. (2018) "Review of Applications of Generalized Regression Neural Networks in Identification and Control of Dynamic Systems". arXiv preprint arXiv:1805.11236.
- [20] Ghrilahre, H.K., and Prasad, R.K. (2018) "Investigation of thermal performance of unidi-rectional flow porous bed solar air heater using MLP, GRNN, and RBF models of ANN technique". Therm. Sci. Eng. Prog, Vol. 6. PP. 226-235.
- [21] Hotelling, H. (1931). "The generalization of Student's ratio". Annals of Mathematical Statistics, Vol. 2. PP. 360-378.