

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی در

محیط GIS (مطالعه موردی: شهر مشهد)

غلامرضا شیران (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
مریم حسن‌پور، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

روزبه شاد، استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

ابوالفضل محمدزاده مقدم، استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

E-mail: gholan_shiran@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۷ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۰۴

چکیده

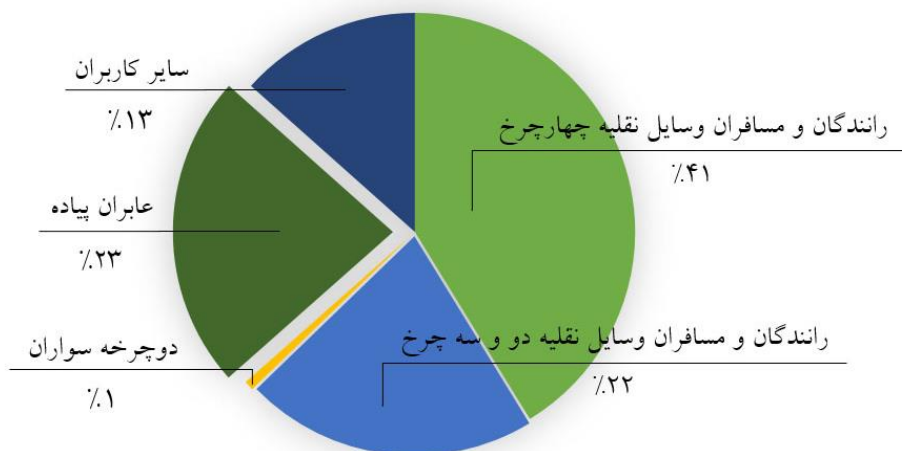
در این مقاله با در نظر گرفتن ۲۳ پارامتر مؤثر بر تصادفات جرحی عابر پیاده شهر مشهد (در چهار گروه) در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ و آماده‌سازی لایه‌های رستری لازم در محیط GIS، تأثیر هر یک از آن‌ها در قالب ارزیابی عملکرد شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، اولویت‌بندی گردید. در اغلب تحقیقات انجام‌شده، مدل‌سازی بردار مبنا مدنظر قرار گرفته و به انعطاف‌پذیری و دقت پیش‌بینی رستر مبنای تصادفات در راستای تعیین تأثیر مکانی پارامترها توجهی نشده است. در مقاله پیش رو علاوه بر در نظر گرفتن متغیرهای رایج، متغیرهای فرم شهری و جمعیتی-اجتماعی نیز لحاظ شدند و ۳۸ متغیر مستقل از چهار حوزه مختلف به‌طور همزمان ارزیابی گردیدند. به این ترتیب که با انجام پردازش‌های مکانی-آماری، ابتدا داده‌های رستری ورودی با ابعاد ۲۰*۲۰ متر در یک پایگاه داده مکانی آماده‌سازی و به‌منظور پیاده‌سازی مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، در محیط برنامه‌نویسی MATLAB فراخوانی شدند. در ادامه، مجموعه داده‌های رستری شامل ۱۱۱۵۳۷ پیکسل تحلیل شده و با تغییر تعداد نورون‌ها، تعداد لایه‌ها، توابع انتقال، توابع آموزش و ترکیب‌های متفاوت آموزشی و آزمون، ۲۵ طرح مختلف شبکه عصبی به کمک پارامترهای MSE و R^2 ارزیابی گردیدند. نتایج حاکی از آن است که بهترین مدل با $R^2 = 0/95$ و $MSE = 0/0020$ در بیان ارتباط تعداد تصادفات جرحی عابر پیاده درون شهری و پارامترهای مرتبط با آن بسیار کارآمد و دقیق عمل نموده است. با پیاده‌سازی مدل مذکور در محدوده مطالعاتی شهر مشهد، مشخص گردید که پارامترهای تراکم خالص مسکونی در نواحی شهرداری، بافت ارگانیک شهری و طبقه اول منزلت اجتماعی به ترتیب دارای بیشترین تأثیر و پارامترهای عرض پیاده‌روی بالای ۱۰ متر، معابر شریانی درجه دو اصلی و طبقه سوم منزلت اجتماعی به ترتیب دارای کمترین تأثیر در تصادفات عابر پیاده هستند.

واژه‌های کلیدی: تابع چگالی تصادفات، تصادفات جرحی عابر پیاده، سیستم اطلاعات مکانی، مدل پرسپترون چند لایه

۱. مقدمه

یکی از پرکاربردترین روش‌ها، شبکه عصبی مصنوعی است که به‌عنوان یک روش جعبه سیاه (Black-Box) قادر است ارتباطات پیچیده بین مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها را شبیه‌سازی کند. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل مزایایی مانند عدم نیاز به در نظر گرفتن فرضیات اساسی در مدل‌سازی، کارایی بالای تحلیلی در مواجهه با محدوده وسیعی از داده‌ها و سرعت عمل بالا در حل مسائل بزرگ مورد توجه قرار گرفته‌اند. Chang در سال ۲۰۰۵ نشان داد که برخلاف روش‌های تحلیل چندمتغیره به‌ویژه مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی، تعریف ارتباط‌های (از پیش تعریف‌شده) متغیرهای مستقل و وابسته در شبکه عصبی ضرورتی نداشته و کارایی آن در مقایسه با روش‌های تحلیل چندمتغیره غیرقابل انکار است. هر چند این تحقیق در اثبات کارایی مدل شبکه عصبی ارزشمند است، اما وسعت دید آن به پدیده تصادفات محدود است. دلیل این موضوع آن است که تحقیق Chang به کمک فرمت برداری، معابر مختلف را به قطعات مساوی تقسیم نموده و بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های پیرامون راه، فاکتورهای نظیر طول قطعه، حجم ترافیک، شیب عرضی و تعداد تصادفات در هر مقطع را به مدل‌سازی وارد می‌کند [Chang, 2005]. همچنین در برخی تحقیقات دیگر اثر پارامترهای مکانی در نظر گرفته نشده، به‌طوری‌که تنها متغیرهای مربوط به سانحه از قبیل رفتار و سن راننده، شدت سانحه و نوع وسایل نقلیه درگیر به مدل موردنظر معرفی شده‌اند [Chiou, 2006].

به طور کلی هر ساله حدود ۱۸ هزار نفر در ایران به دلیل تصادفات ترافیکی جان خود را از دست می‌دهند. در این میان، کاربران آسیب‌پذیر راه از جمله عابرین پیاده، دوچرخه‌سواران و رانندگان موتورسیکلت سهم بالایی از خسارات تصادفات رانندگی را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طوری‌که سهم جهانی عابر پیاده از مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات ۲۲ درصد بوده و مطابق با سومین گزارش ایمنی راه‌ها که توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۵ انتشار یافت، این عدد در ایران معادل با ۲۳/۲ درصد افزایش یافته است (شکل ۱) [WHO, 2013, 2015]. از این رو فرآیند شناسایی عوامل مؤثر و دخیل بر وقوع تصادفات عابران پیاده با استفاده از تکنیک‌های مختلف (جهت ارائه راهکارهای مناسب و بهینه ارتقای ایمنی رانندگی و برآورد سهم عوامل مختلف دخیل در وقوع تصادفات عابران پیاده)، موردتوجه محققین قرار گرفته است [Hashimoto, 2005; Prato, Gitelman, and Bekhor, 2012; Y. Wang and K. M. Kockelman, 2013]. در اکثر تحقیقات انجام‌شده در رابطه با تصادفات عابرین پیاده مدل قابل فهم و در عین حال در برگیرنده پارامترهای توصیفی جامع برای طبقه‌بندی عوامل اثرگذار بر تصادفات در نظر گرفته نشده و تنها از دیدگاه‌هایی خاص، با توجه به محدوده مطالعاتی و به کمک روش‌های مرسوم فرآیند شبیه‌سازی اجرا گردیده است [Liu and Yang, 2002; Nie, Li, and Yang, 2015].



شکل ۱. تلفات تصادفات رانندگی ایران به تفکیک انواع کاربران راه [WHO, 2015]

مدلسازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

- ارزیابی ۲۵ طرح مختلف شبکه مبنای پرسیترون چندلایه به منظور پیش‌بینی تصادفات در محیط GIS و تعیین بهترین طرح با توجه به دقت و سرعت عمل
- تحلیل حساسیت نتایج پیش‌بینی و اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر با توجه به محدوده مطالعاتی شهر مشهد

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

مدل‌های پیش‌بینی تصادفات در تلاش اند که از طریق جمع‌آوری یک پایگاه داده، رابطه میان تعداد تصادفات و پارامترهای اثرگذار بر آن را شناسایی نموده و پس از شکل‌گیری مدل مورد نظر، تعداد تصادفات مورد انتظار را از طریق متغیرهای ورودی تخمین بزنند. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد همواره از مدل‌های آماری برای پیش‌بینی تصادفات استفاده شده است. در مدل‌های رگرسیون خطی به عنوان نمونه‌ای از مدل‌های آماری، فرض بر آن است که تعداد تصادفات از یک توزیع نرمال پیروی می‌کند. از این‌رو زمانی که داده‌های تصادفات دارای واریانس متغیر باشند، روش‌های رگرسیون خطی برای مدل‌سازی تعداد تصادفات نامعتبرند [Miaou, Lu and Lum, 1996]. بنابراین با توجه به ناکارآمدی مدل‌های خطی در پیش‌بینی پدیده‌های تصادفی گسسته، نامنفی، پراکنده و با توزیع نامتقارن، روش‌های GLM (General Linear Models) ارائه گردیدند [Miaou and Lum, 1993]. به این ترتیب مدل‌های مختلفی از قبیل رگرسیون پواسون، دو جمله‌ای منفی و رگرسیون گاما توسط محققین مختلف اجرا شدند [Chin and Quddus, 2003; Miaou, 1994; Oh, Washington, and Nam, 2006]. عموماً زمانی که واریانس نمونه به طور قابل ملاحظه‌ای از میانگین بزرگ‌تر باشد، مدل دو جمله‌ای منفی به جای مدل پواسون به کار گرفته می‌شود. علاوه بر این، زمانی که داده‌ها دارای پراکندگی کمی هستند، مدل‌های گاما توصیه می‌شوند. اخیراً نیز مدل‌های چندمتغیره خطی ترکیبی بیزین و مدل رگرسیون چند متغیره پواسون برای پیش‌بینی تصادفات ترافیکی ارائه شده‌اند [Song, Ghosh, Miaou and Mallick, 2006].

لازم به ذکر است که مدل‌های مبتنی بر رگرسیون امکان نمایش واضحی از اثرات هر پارامتر را بر تعداد تصادفات ندارند.

در برخی دیگر نیز پارامترهای مکانی به صورت محدود در نظر گرفته شده و تأثیر آن به طور کامل در مسأله تصادفات در نظر گرفته نشده است [Polat and Durduran, 2011]. علاوه بر این، مشکل عدم جامعیت پارامترها نیز حائز اهمیت است، به طوری که مطالعات اندکی در هر چهار حوزه شامل مشخصات ترافیکی، پارامترهای طرح هندسی، ساختار شهری و مشخصه‌های جمعیتی - اجتماعی، انجام شده‌اند. همچنین، برخی اقدامات انجام‌شده جهت افزایش ایمنی و در راستای اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر، بر روند گذشته تکیه داشته و دارای عدم قطعیت هستند [Santosh, Srivastava, Rao, Ghosh, and Kushwaha, 2007; Xie, Lord, and Zhang, 2007].

با بررسی مطالعات انجام‌شده در زمینه پیش‌بینی تصادفات مشخص می‌گردد که نقطه ضعف اساسی اکثر تحقیقات، عدم توجه به پارامترهای مکانی پیرامون محل حادثه بوده، به طوری که به مسأله تغییرات مکانی و تأثیر پارامترهای جامع در فرآیند پیش‌بینی توجهی نشده است [Siddiqui, Abdel-Aty, and Huang, 2012]. علاوه بر این در پژوهش‌هایی که مسأله مکان‌مبنا بودن پارامترها در نظر گرفته شده، به علت محدودیت‌های استفاده از فرمت برداری (مانند دشواری نمایش پیوسته از معیارها، محدودیت در اعمال تأثیرات عوامل خارج محدوده مکانی معبر و پیچیدگی مدل‌سازی ریاضی)، نتایج پیش‌بینی دارای انعطاف‌پذیری و صحت بالایی نیستند [Xie, Lord and Zhang, 2007]. به عنوان مثال هر عارضه معبر با طول و مشخصات معین به صورت یک المان واحد در مسأله پیش‌بینی در نظر گرفته شده و تغییرات در طول، عرض و پیرامون آن نادیده انگاشته می‌شوند.

بنابراین، با توجه به اهمیت پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده در حفظ سلامت عمومی جامعه، در این مقاله یک مدل رستری مکان‌مبنای جامع و قابل انطباق با ساختارهای مختلف به منظور رفع چالش‌های پیش رو با قابلیت‌های زیر ارائه می‌گردد.

- ارائه طرح مفهومی جامع به منظور طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر تصادفات عابر پیاده بر مبنای ۲۳ پارامتر اصلی، ۴ طبقه و ۳۸ زیر پارامتر کمی و کیفی

با این وجود، وقوع مشکل *over-fitting* حتی با معرفی حجم بالایی از داده‌ها نیز در شبکه عصبی امکان‌پذیر است [Menhaj, 2013]. برای حل این مشکل راهکارهای مختلفی توسط محققین ارائه شده است [Huang, Zeng, Pei, Wong and Xu, 2016].

محققین بسیاری کارآیی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی را به عنوان یک سیستم هوشمند تصادفات در مقایسه با مدل‌های دو جمله‌ای منفی، رگرسیون خطی و غیرخطی به اثبات رسانده‌اند [Akgüngör and Doğan, 2009]. علاوه بر این روش‌های تلفیقی شبکه عصبی مانند سیستم استنتاج تطبیقی نروفازی (ANFIS) نیز دارای توانایی بالایی در پیش‌بینی تصادفات هستند [Abdel-Aty and Abdelwahab, 2004; Hosseinpour, Yahaya, Ghadiri, and Prasetijo, 2013; Huang et al. 2016; Mahmoudabadi, 2010]. مربوط به مقایسه عملکرد روش‌های مذکور با شبکه عصبی، روش شبکه عصبی به ویژه MLP از صحت و سرعت عمل بالاتری در پیش‌بینی تصادفات برخوردار بوده است [Abdel-Aty and Abdelwahab, 2004; Broujerdian, Dehqani, and Fetanat, 2016]. می‌دهد که انتخاب طرح مناسب شبکه عصبی شامل تعداد نورون‌ها، تعداد لایه‌ها، توابع فعال‌سازی و مجموعه‌های منتخب آموزشی و آزمون نقش قابل توجهی را در عملکرد کارآمد آن در مدل‌سازی مکان‌های مستعد وقوع تصادف ایفا می‌کند [Moghaddam, Afandizadeh and Ziyari, 2011]. در این رابطه کاربردهایی مانند پیش‌بینی و تحلیل فاکتورهای اثرگذار بر تصادفات، با معرفی طرحی مناسب از شبکه عصبی و با دقت بالایی پیاده‌سازی شده‌اند [Huang et al. 2016; Ramli, 2011]. اما لازم به ذکر است که در کاربردهای مذکور، مسأله مکان‌منا بودن تصادفات و ایجاد نگرشی جامع در رابطه با فاکتورهای اثرگذار آن (مخصوصاً تصادفات عابر پیاده) مدنظر قرار نگرفته است [Aidoo, Amoh-Gyimah, and Ackaah, 2013]. در همین راستا برخی تحقیقات از ابزارهای تحلیلی سیستم اطلاعات مکانی (GIS) از جمله بافر، نزدیک‌ترین همسایگی و تابع چگالی به‌منظور تعیین تراکم و نمایش نحوه توزیع مکانی تصادفات در سطح شبکه‌های حمل‌ونقل استفاده نمودند [FHWA, 2005]. به عنوان مثال

با این وجود، تمامی آن‌ها دارای یک مشخصه مشترک هستند. به این صورت که به‌منظور ایجاد ارتباط بین متغیر وابسته (تعداد تصادفات) و متغیرهای مستقل، تعریف تابع اولیه برای همگی آن‌ها ضرورت دارد. از طرفی دیگر خصوصیات شکل تابع به‌طور قابل توجهی بر میزان انطباق مدل رگرسیون تأثیرگذار است. این درحالی است که شکل تابع معمولاً به کمک فرآیند آزمون و خطا و بر اساس تجارب ایمنی در حمل‌ونقل تخمین زده شده و به‌ندرت به‌طور کامل بهینه می‌گردد [Xie, Lord and Zhang, 2007].

در چارچوب تکنیک‌های هوش مصنوعی، نیازی به تعریف شکل تابع نیست. اساساً چنین مدل‌هایی (شامل شبکه عصبی) به صورت یک جعبه سیاه کار می‌کنند. مطابق با تئوری تقریب، مدل‌های شبکه عصبی قادرند که با توجه به پایگاه داده جمع‌آوری شده، رابطه بین تعداد تصادفات و پارامترهای اثرگذار بر آن را با صحتی مطلوب و از طریق ایجاد تعدادی گره شبیه‌سازی کنند. در مقایسه با روش‌های آماری، عملکرد مدل‌های شبکه عصبی برای تخمین و پیش‌بینی تصادفات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. دلیل اولیه این موضوع پیچیدگی فرآیند تخمین در مدل‌های مذکور است. سایر چالش‌هایی که مانع از به‌کارگیری این مدل‌ها در مسأله پیش‌بینی تصادفات می‌گردد، به شرح زیر هستند [Vogt and Bared, 1998].

- مشکل بیش‌برازش (*over-fitting*) در زمانی که حجم نمونه کوچک باشد.
- عملکرد جعبه سیاه (*black-box*) در شبکه‌های عصبی و فقدان روابط معلوم و قابل تفسیر (برخلاف روش‌های رگرسیون).

در مدل‌های رگرسیونی نیز مشکل بیش‌برازش مشابه با مدل‌های شبکه عصبی وجود دارد [Marzban and Witt, 2001]. علاوه بر این رویکرد آنالیز حساسیت برای بررسی ارتباط و نحوه اثر هر یک از متغیرهای ورودی بر خروجی توسط محققین ارائه شده است [Fish and Blodgett, 2003]. لازم به ذکر است که شبکه عصبی در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی دارای مزایای قابل ملاحظه‌ای است. به این ترتیب که شبکه عصبی به تعریف شکل تابع نیازی نداشته و هر تابع غیرخطی و پیچیده‌ای را با توجه به دقت مورد نیاز تقریب می‌زند [Hornik, Stinchcombe and White, 1989].

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی ...

پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده از جمله چالش‌های مهم است. بنابراین در این مقاله با استفاده از تابع چگالی کرنل در محیط GIS و قابلیت‌های شبکه عصبی الگویی جامع و دقیق به منظور پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده ارائه می‌گردد.

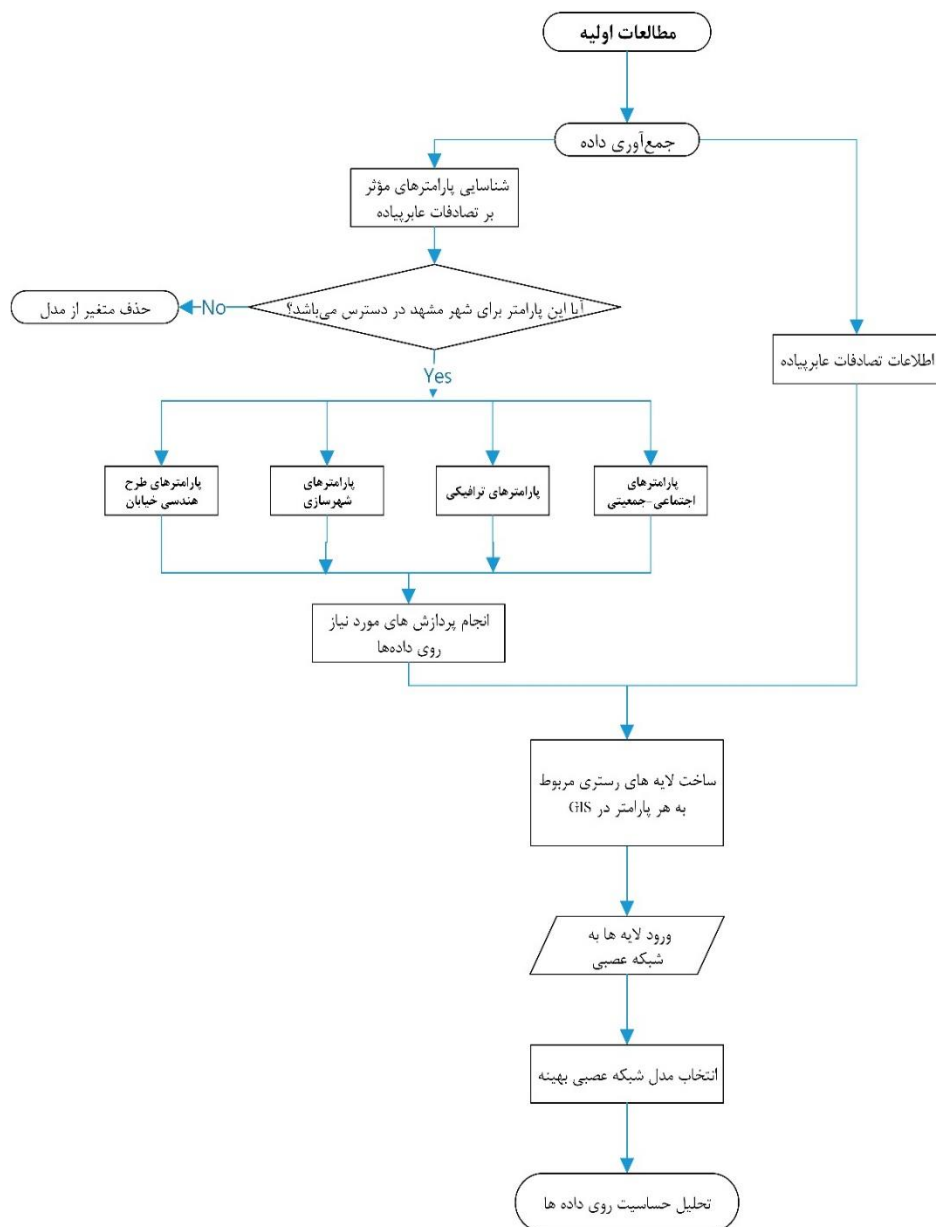
۳. روش تحقیق

رویکرد کلی این تحقیق، تلفیق تحلیل‌های مکانی و هوش مصنوعی جهت تحلیل تصادفات جرحی عابر پیاده و تفسیر فاکتورهای مؤثر بر تراکم و تمرکز تصادفات در راه‌های درون‌شهری است. به این منظور ابتدا، عوامل ورودی مؤثر بر تصادفات جرحی عابر پیاده شناسایی شده و به همراه آمار تصادفات جرحی عابر پیاده در محیط سیستم اطلاعات مکانی ذخیره‌سازی می‌گردند. در ادامه، یک روش مبتنی بر چگالی کرنل ارائه شده و تراکم تصادفات در شهر مشهد بر اساس تعداد رخداد پدیده تصادف عابر پیاده در هر واحد مربعی ۲۰×۲۰ متری محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که در چگالی کرنل از تابع توزیع احتمال به منظور تعیین تراکم پدیده تصادف استفاده می‌شود. در گام بعدی، پردازش‌های مکانی مرتبط با عوامل مختلف اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده شامل ساختار شهری، مشخصات ترافیکی، طرح هندسی خیابان‌ها و پارامترهای جمعیتی-اجتماعی اجرا شده و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بر اساس ۲۵ طرح مختلف پیاده‌سازی می‌گردد. طرح‌های مختلف شبکه عصبی بر مبنای تعداد نورون‌ها، ترکیب‌های مختلف از نمونه‌های آموزشی و توابع گوناگون فعال‌سازی در محیط برنامه‌نویسی متلب اجرا می‌شوند. هر طرح شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به عنوان یک روش طبقه‌بندی نظارت‌شده قادر است که پردازشی توزیع‌شده را بر روی ورودی‌های مختلف اجرا نموده و به ازای هر نورون یک خروجی تولید نماید. در نهایت مدل بهینه به کمک پارامترهای اعتبارسنجی شناسایی شده و میزان تأثیر متغیرهای توصیفی چهارگانه بر رخداد تصادفات در هر مکان معین می‌شود (شکل ۲).

روش‌های مد [Braddock et al. 1994]، مد فازی [Pulugurtha, Krishnakumar and Nambisan, 2007] K-means [Anderson, 2009] و تابع چگالی نقطه‌ای-خطی [Yu, Liu, Chen and Wang, 2014] به منظور آماده‌سازی داده‌های مکانی مورد نیاز برای تخمین نقاط حادثه‌خیز، در محیط GIS به کار گرفته شدند. روش‌های مذکور دارای معایبی شامل: الف) در روش Mode هر نقطه تصادف به صورت یک مختصات یکتا مبنای تحلیل قرار می‌گیرد، ب) روش Fuzzy Mode منطقه‌هایی با شعاع تأثیر مشخص را مبنای تحلیل تصادفات قرار داده و یک حادثه را در چندین منطقه محاسبه می‌کند، ج) روش K-means تصادفات را بر مبنای فاصله از میانگین طبقه‌بندی نموده و امکان دارد تعداد طبقات را کمتر یا بیشتر از حد واقعی در نظر گیرد و د) روش چگالی خطی و نقطه‌ای توزیع تصادفات در واحد سطح را به صورت نقطه‌ای و خطی محاسبه نموده، ولی تغییرات تدریجی آن را به درستی منظور نمی‌نماید، هستند. بنابراین از میان روش‌های مذکور، تابع چگالی کرنل با اختصاص بالاترین ارزش به هر نقطه تصادف و کاهش منحنی وار آن (همراه با افزایش فاصله)، قادر است که سطحی نرم و منحنی شکل به منظور تحلیل تصادف در اطراف محدوده اثر آن ارائه دهد. این روش که در مقاله پیش رو به کار گرفته شده، یک مدل پیوسته واقع‌گرایانه از الگوهای تصادفات عابر پیاده را با استفاده از تغییرات چگالی به نمایش می‌گذارد [Erdogan, Yilmaz, Baybura and Gullu, 2008].

در تحقیقات مرتبط با عابر پیاده علاوه بر اینکه از تابع تغییرات چگالی کرنل به ندرت استفاده شده است، مشکلاتی شامل عدم جامعیت متغیرهای مورد بررسی [Cottrill and Thakuria, 2010]، محدود بودن متغیرهای مربوط به محیط حادثه (در دو وضعیت کلی درون‌شهری و برون‌شهری) [Aidoo, Amoh-Gyimah, and Ackaah, 2013] و عدم استفاده از روش‌های مدل‌سازی جدید و ابتکاری [Yiyi Wang and Kara M Kockelman, 2013] نیز وجود دارد.

با در نظر گرفتن نتایج سایر محققین مشخص می‌گردد که ارائه طرحی جامع و دقیق به منظور بررسی تأثیر عوامل مؤثر در



شکل ۲. فلوچارت کلی مراحل انجام تحقیق

است [Medical Jurisprudence Department, 2015]. همچنین، سالیانه حدود ۳۰ تا ۳۵ میلیون نفر از شهر مشهد به عنوان یک شهر زیارتی-توریستی بازدید می‌کنند. بنابراین حجم تردد مسافر و بار در شبکه حمل‌ونقلی مشهد بسیار بالا بوده و منجر به افزایش نرخ رشد تصادفات عابر پیاده می‌شود. علاوه بر این با بررسی کلی شبکه معابر شهر مشهد مشخص می‌گردد که عواملی مانند ساختار شهری، طرح هندسی، مشخصات ترافیکی و پارامترهای جمعیتی-اجتماعی بر وقوع تصادفات عابر پیاده اثرگذار هستند.

۳-۱ محدود مطالعه‌ای و داده‌های مورد استفاده

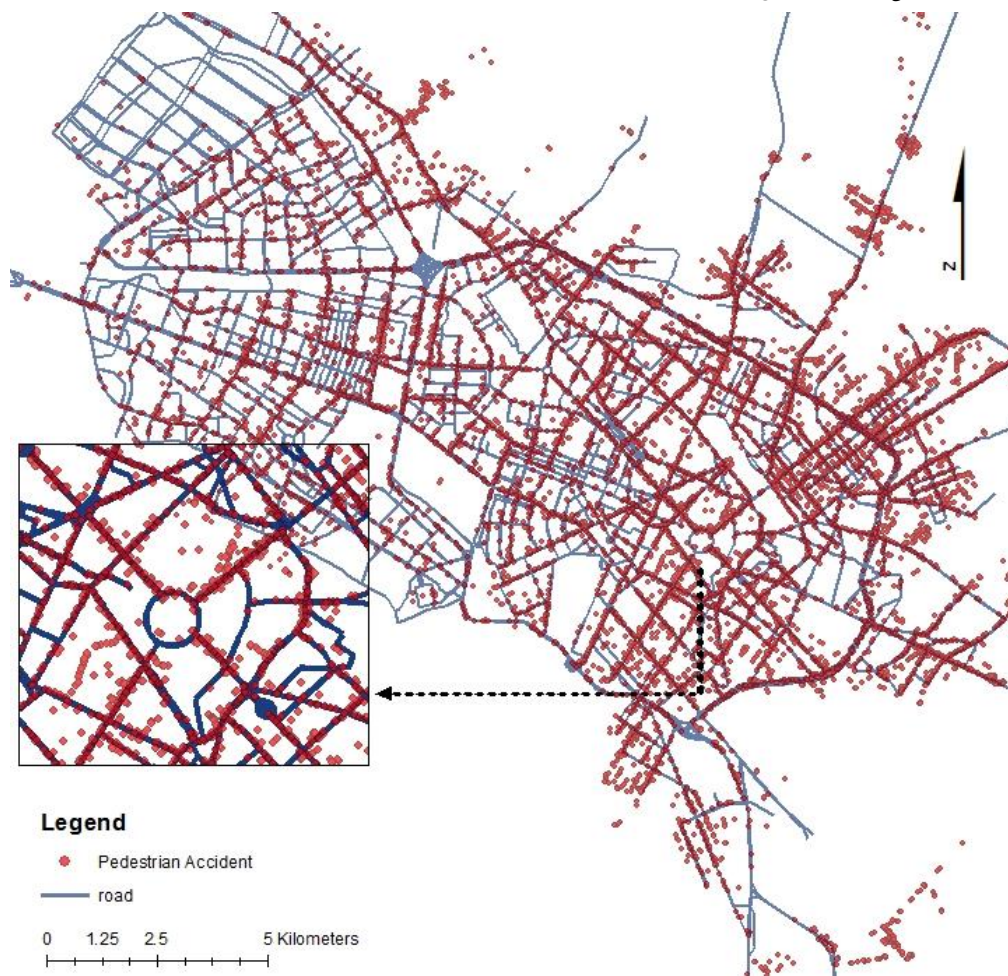
در این مقاله، شهر مشهد به عنوان مرکز استان خراسان رضوی و دومین کلان‌شهر ایران برای پیش‌بینی و تخمین تصادفات عابر پیاده مد نظر قرار گرفته است (شکل ۳) [Mashhad Traffic and Transportation Organization, 2015]. لازم به ذکر است که استان خراسان رضوی بالاترین تعداد مجروحین حوادث رانندگی (۸۵۴۰۵ در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳) را بعد از تهران (۱۰۸۴۳۳ در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳) دارا

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

در تقاطع‌ها و خیابان‌های شهری وجود دارد. از این رو هریک از المان‌های شبکه نیازمند یک مدل اختصاصی برای برآورد و پیش‌بینی تصادفات مربوط به خود هستند [Chiou, 2006]. با توجه به اینکه تعداد قابل ملاحظه‌ای از تصادفات عابر پیاده در کمان‌های شبکه شهری اتفاق افتاده و بررسی تصادفات در تقاطع‌ها مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای طرح هندسی (به همراه سیستم کنترل ترافیک) است، در این مقاله تصادفات مرتبط با کمان‌های شبکه شهری تحلیل شده و متغیرهای آن استخراج گردیدند.

بنابراین داده‌های تصادفات عابر پیاده مربوط به سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در شهر مشهد از طریق سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری این شهر تهیه شدند. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود، اگرچه تعداد کل تصادفات در طول سه دوره زمانی مذکور روندی کاهشی داشته است، با این وجود تعداد تصادفات عابر پیاده افزایش یافته است.

لازم به ذکر است تصادفات عابر پیاده در دو گروه کلی شامل تصادفاتی که در حریم تقاطع یا در حریم خیابان به وقوع پیوسته‌اند، دسته‌بندی می‌گردند. در مطالعات پیشین به اثبات رسیده است که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین الگوی تصادفات



شکل ۳. موقعیت شهر مشهد در کشور ایران

سیستم ارگانیک (آشفته) که طرح و تنظیم آن توسط اندیشه انسان‌ها انجام نشده است، تکوین شهر به طور اتفاقی توسعه یافته و راه‌ها، خیابان‌ها و کوچه‌های تنگ آن با پیچ‌وخم‌هایی در یکدیگر تنیده می‌شوند [Farid, 2015]. به منظور بررسی متغیر مذکور در شهر مشهد، بافت شهر با توجه به مشخصات هر یک از ساختارهای شهری و چیدمان پلاک‌ها، بلوک‌ها و معابر، به دو گروه تقسیم گردید.

پارامتر منزلت اجتماعی شهر مشهد نیز بر مبنای خصوصیات منزلتی سه‌گانه شامل «حیثیت شغلی، درآمد و تحصیل» به ۵ گروه منزلتی براساس مطالعات یوسفی در خصوص شهر مشهد، تقسیم گردید [Yousefi, 2010]. به این ترتیب لایه رستری منزلت اجتماعی شهر مشهد در محیط GIS تهیه گردید.

به‌منظور تعیین اثر حمل‌ونقل همگانی و روگذر و زیرگذر عابر پیاده بر تصادفات، کمترین فاصله اقلیدسی هر پیکسل نسبت به هر یک از ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی و روگذرها و زیرگذرهای عابر پیاده محاسبه شد.

سایر عوامل نظیر بعد خانوار (متوسط بعد خانوار در هر ناحیه شهری)، تراکم جمعیت (متوسط تعداد افراد در یک هکتار)، تراکم خالص مسکونی (متوسط تعداد افراد در مساحت اشغال‌شده صرفاً جهت سکونت)، نرخ بیکاری (نسبت جمعیت بیکار به جمعیت فعال ده‌ساله و بیشتر)، میان سن (میان سن افراد ساکن در ناحیه)، ضریب جنسی (نسبت جمعیت مردان به زنان)، نرخ فعالیت (نسبت شاغلین ده سال به بالا به جمعیت ده سال به بالای ناحیه)، وضعیت سرپرست خانوار (نسبت خانوار معمولی به کل خانوارهای گروهی، معمولی و موسسه‌ای)، حجم ترافیک (نسبت حجم متوسط روزانه در سال به ظرفیت معبر)، جهت ترافیک (یک‌طرفه یا دوطرفه بودن معبر)، سرعت (سرعت عملکردی یا ۸۵ درصدی) و طبقه‌بندی معبر (شامل جاده اصلی، بزرگراه، شریانی درجه یک اصلی، شریانی درجه یک فرعی، شریانی درجه دو اصلی، شریانی درجه دو فرعی، جمع‌وپخش‌کننده و در گروه آخر خیابان‌های دسترسی) نیز مشابه سایر متغیرهای مستقل در محیط GIS آماده‌سازی گردیدند.

جدول ۱. روند تغییرات تعداد تصادفات جرحی شهر مشهد در

سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ [Mashhad Traffic and Transportation Organization, 2014]

سال	تصادفات کل		
	تصادفات عابر پیاده	تقاطع	خیابان
۱۳۹۱	۳۰۶۳۷	۶۷۲۹	۵۶۱۹
۱۳۹۲	۲۶۰۷۲	۷۲۷۴	۵۸۶۵
۱۳۹۳	۲۷۷۰۴	۷۷۰۶	۴۸۱۳

۳-۲ آماده‌سازی داده‌ها

در این مرحله، مطابق با جدول ۲ چهار گروه کلی از پارامترهای اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده شامل وضعیت طرح هندسی خیابان‌ها، عوامل ترافیکی، مشخصه‌های جمعیتی-اجتماعی نواحی و ساختار شهری مربوط به سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ با استفاده از نرم‌افزار ARC/INFO GIS به داده‌های شبکه‌ای تبدیل شدند.

لایه بلوک شهری که ابتدایی‌ترین واحد بافت شهری محسوب می‌گردد، بیان‌کننده مساحت اشغال‌شده توسط ساختمان‌های شهری است [Behzadfar, 2015].

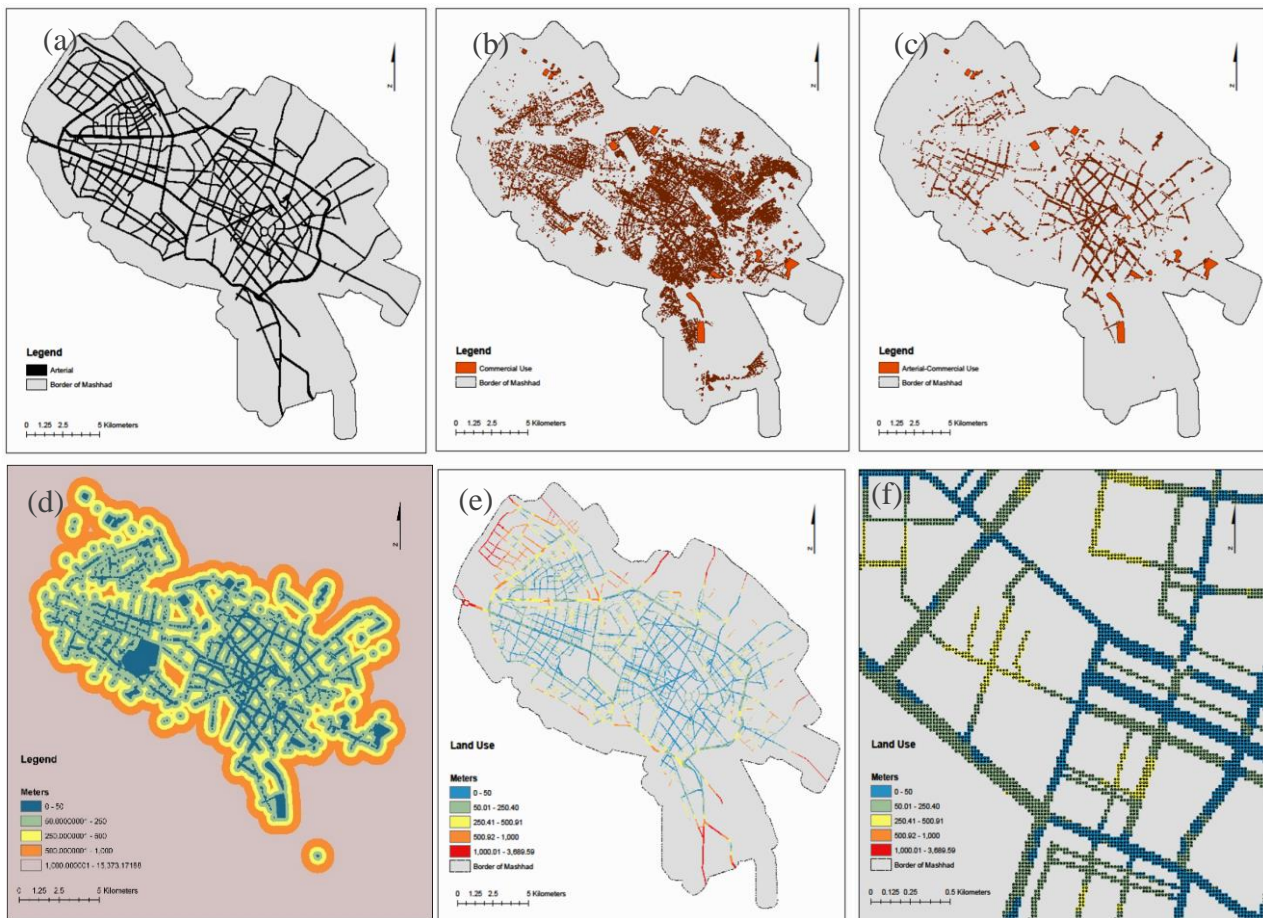
متغیر کاربری‌های تجاری در طول خیابان‌های شریانی نیز با توجه به نقش مهمی آن‌ها در افزایش ایمنی، به عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفته شد [Dumbaugh and Rae, 2009]. مطابق شکل ۴ (a) خیابان‌های شریانی انتخاب شدند. سپس در بخش (b) پلاک‌هایی با کاربری زمین تجاری مشخص گردیدند. در مرحله بعد (c) هر ملک با کاربری تجاری که در مجاورت راه شریانی واقع شده بود، انتخاب گردید. طبق آخرین اطلاعات گردآوری‌شده، تعداد ۵۳۳۷۷ پلاک تجاری در شهر مشهد موجود است که از این میان ۱۶۹۰۲ عدد در مجاورت راه‌های شریانی قرار دارند. سپس، کوتاه‌ترین فاصله تا پلاک‌های مذکور برای هر پیکسل محاسبه گردید (d) و کوتاه‌ترین فاصله‌ها در ۵ گروه طبقه‌بندی شدند (e). در انتها (f) به‌منظور درک ساختار شبکه‌ای (رستری) لایه مذکور، بخشی از نقشه بزرگ شده است.

عامل بافت شهری نیز حاصل ترکیب دو فرم ساختاری ارگانیک و شطرنجی است. شبکه شطرنجی سیستمی غیرمرکزی است که در آن تعداد زیادی گره (نقطه تقاطع) وجود دارند. در

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

جدول ۲. متغیرهای توصیفی (مستقل)

کد متغیر	نام متغیر	توصیف متغیر	
X1	جهت ترافیک	یک‌طرفه=۱ دو طرفه=۰	
X2	بافت شهری	شطرنجی=۰ ارگانیک=۱	
X3	نرخ بیکاری	نسبت جمعیت بیکار به جمعیت فعال ضربدر صد	
X4	بلوک شهری	مساحت هر بلوک (مترمربع)	
X5	کاربری تجاری	فاصله تا کاربری‌های تجاری مجاور راه‌های اصلی (متر)	
X6	بعد خانوار	نسبت جمعیت به تعداد خانوار	
X7	حمل‌ونقل همگانی	فاصله تا ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی (اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو و قطار شهری) (متر)	
X8	ضریب جنسی	نسبت تعداد مردان به تعداد زنان ضربدر صد	
X9	خانوار معمولی	نسبت تعداد خانوار معمولی به کل خانوارها ضربدر صد	
X10	حجم ترافیک	نسبت ترافیک متوسط روزانه در سال به ظرفیت معبر	
X11_1		طبقه اول=۱ سایر=۰	
X11_2		طبقه دوم=۱ سایر=۰	
X11_3	X11 منزلت اجتماعی: ترکیبی از حیثیت شغلی، درآمد (مالکیت) و تحصیلات	طبقه سوم=۱ سایر=۰	
X11_4		طبقه چهارم=۱ سایر=۰	
X11_5		طبقه پنجم=۱ سایر=۰	
X12	رفوژ میانی	عرض میانه (متر)	
X13_1		فاقد پیاده‌رو هر دو جهت=۱ سایر=۰	
X13_2		فقط یک جهت دارای پیاده‌رو=۱ سایر=۰	
X13_3	X13 عرض پیاده‌رو	کوچک‌تر از ۴ متر=۱ سایر=۰	
X13_4		۴ تا ۱۰ متر=۱ سایر=۰	
X13_5		بزرگ‌تر از ۱۰ متر=۱ سایر=۰	
X14	روگذر و زیرگذر عابر پیاده	فاصله اقلیدسی تا روگذر و زیرگذر عابر پیاده (متر)	
X15	سرنه مالکیت خودرو	تعداد خودروی شخصی به ازای جمعیت	
X16	میانه سن	سنی که جمعیت از نظر تعداد به دو گروه مساوی تقسیم شود، در هر ناحیه شهری	
X17	میانگین سن	متوسط سن افراد در هر ناحیه شهری	
X18	نرخ فعالیت	تعداد شاغلین ده سال به بالا در هر ناحیه به جمعیت ده سال به بالای همان ناحیه ضربدر صد	
X19	سرعت	سرعت ۸۵ درصدی یا سرعت عملکردی معبر	
X20	تراکم خالص	نسبت جمعیت بر مساحت زمین اشغال‌شده صرفاً جهت سکونت (نفر بر هکتار)	
X21	تراکم ناخالص	نسبت جمعیت بر مساحت زمین اشغال‌شده (نفر بر هکتار)	
X22_1		دسترسی=۱ سایر=۰	
X22_2		جمع و پخش کننده=۱ سایر=۰	
X22_3	X22 نوع معبر	شریانی درجه دو فرعی=۱ سایر=۰	
X22_4		شریانی درجه دو اصلی=۱ سایر=۰	
X22_5		شریانی درجه یک فرعی=۱ سایر=۰	
X22_6		شریانی درجه یک اصلی=۱ سایر=۰	
X22_7		بزرگراه=۱ سایر=۰	
X22_8		جاده اصلی=۱ سایر=۰	
X23		تعداد خط	تعداد خطوط مسیرهای عبوری



شکل ۴. مراحل تهیه نقشه رستری مربوط به کوتاهترین فاصله تا کاربری تجاری مجاور راه شریانی

بر اساس یک رابطه مشخص در سطح یک ناحیه اطراف محل تصادف با شعاع دلخواه، شاخص مربوط به هر تصادف مشخص می‌گردد. در نهایت با محاسبه مقادیر نقاط یک سطح پیوسته از برآورد چگالی هسته‌ای بدست می‌آید. [Fotheringham, Brunson and Charlton, 2000]

در تابع چگالی کرنل (رابطه ۱) $f_n(x)$ تخمین چگالی در واحد مکانی x ، شعاع جستجوی تعریف شده، n تعداد تصادفات در همسایگی x داخل شعاع جستجوی h ، k تابع چگالی کرنل به منظور محاسبه اثر فاصله و d_i مسافت مابین مکان تصادف x و i امین تصادف است. به اثبات رسیده است که انتخاب نوع تابع تأثیر قابل توجهی بر نتایج نخواهد داشت [Chen et al. 1989; Loo, Yao and Wu, 2011]. در این مقاله، تابع درجه چهارم برای تخمین چگالی هر واحد مکانی مورد استفاده قرار گرفته است (رابطه ۲) [Loo, Yao and Wu, 2011].

۳-۳ اجرای تابع چگالی کرنل بر روی تصادفات

روش برآورد چگالی (Density estimation) از جهات مختلفی نسبت به دیگر روش‌های شناسایی نقاط حادثه‌خیز برتری دارد. مهم‌ترین برتری این روش نسبت به سایر روش‌ها توزیع ریسک تصادف است. توزیع ریسک از طریق پخش کردن احتمال وقوع تصادف در یک شعاع معین اطراف محل وقوع (با توجه به وجود ارتباط مکانی) تعریف می‌گردد. مدل چگالی هسته‌ای یک ناحیه متقارن در اطراف هر نقطه تشکیل داده (شکل ۵ (b)) و به ازای هر موقعیت درون ناحیه مورد نظر ارزشی را بر اساس فاصله آن تا نقطه مبدأ (یا نقاط مبدأ در صورت قرار داشتن در محدوده چندین نقطه) و تابع توزیع احتمال مربوطه ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر این روش معادل با قرار دادن یک سهمی گون در محل هر تصادف و محاسبه ارزش مربوط به هر نقطه با جمع کردن مقادیر جزئی ناشی از هر سهمی گون در آن نقطه است (شکل ۵ (a)). به این ترتیب

۳-۴ مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

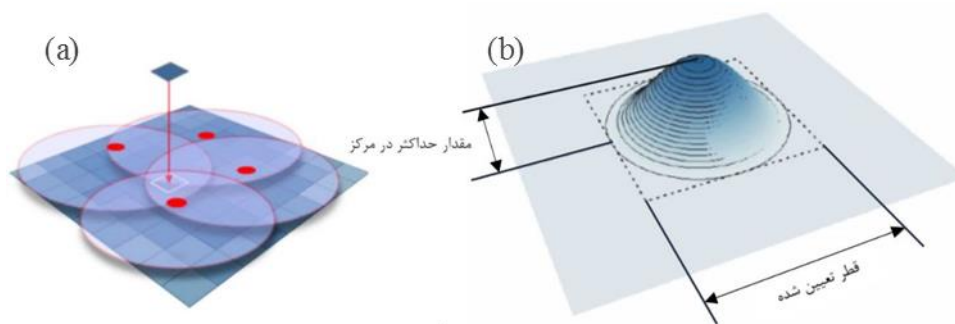
شبکه عصبی یک سیستم پویا و غیرخطی است که از تعداد زیادی واحد پردازش (نورون) و اتصالات بین واحدهای پردازش تشکیل می‌شود. مدل کلی یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه که شبکه عصبی پیش‌خور (Feed-Forward) نیز نامیده می‌شود، روش آموزش این نوع شبکه‌های عصبی، آموزش پس انتشار نام دارد که شامل دو مرحله است. مرحله اول که حرکت به جلو نامیده می‌شود، الگوهای ورودی به شبکه عصبی اعمال می‌شوند تا خروجی شبکه عصبی بدست آید. در مرحله دوم که حرکت به عقب نامیده می‌شود، خروجی بدست آمده از شبکه عصبی با خروجی هدف مقایسه می‌شود. سپس با استفاده از اختلاف این دو خروجی و طی حرکت از لایه خروجی به سمت لایه پنهان و سپس لایه ورودی، وزن‌ها طوری تنظیم می‌شوند که خروجی شبکه عصبی به خروجی هدف نزدیک شود و این روند این قدر ادامه می‌یابد تا میانگین مربع خطای (MSE) بدست آمده از خروجی‌های شبکه عصبی آموزش‌دیده و خروجی مطلوب، به یک مقدار مینیمم برسد (شکل ۷) [Menhaj, 2013].

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k \left(\frac{d_i}{h} \right) \quad (1)$$

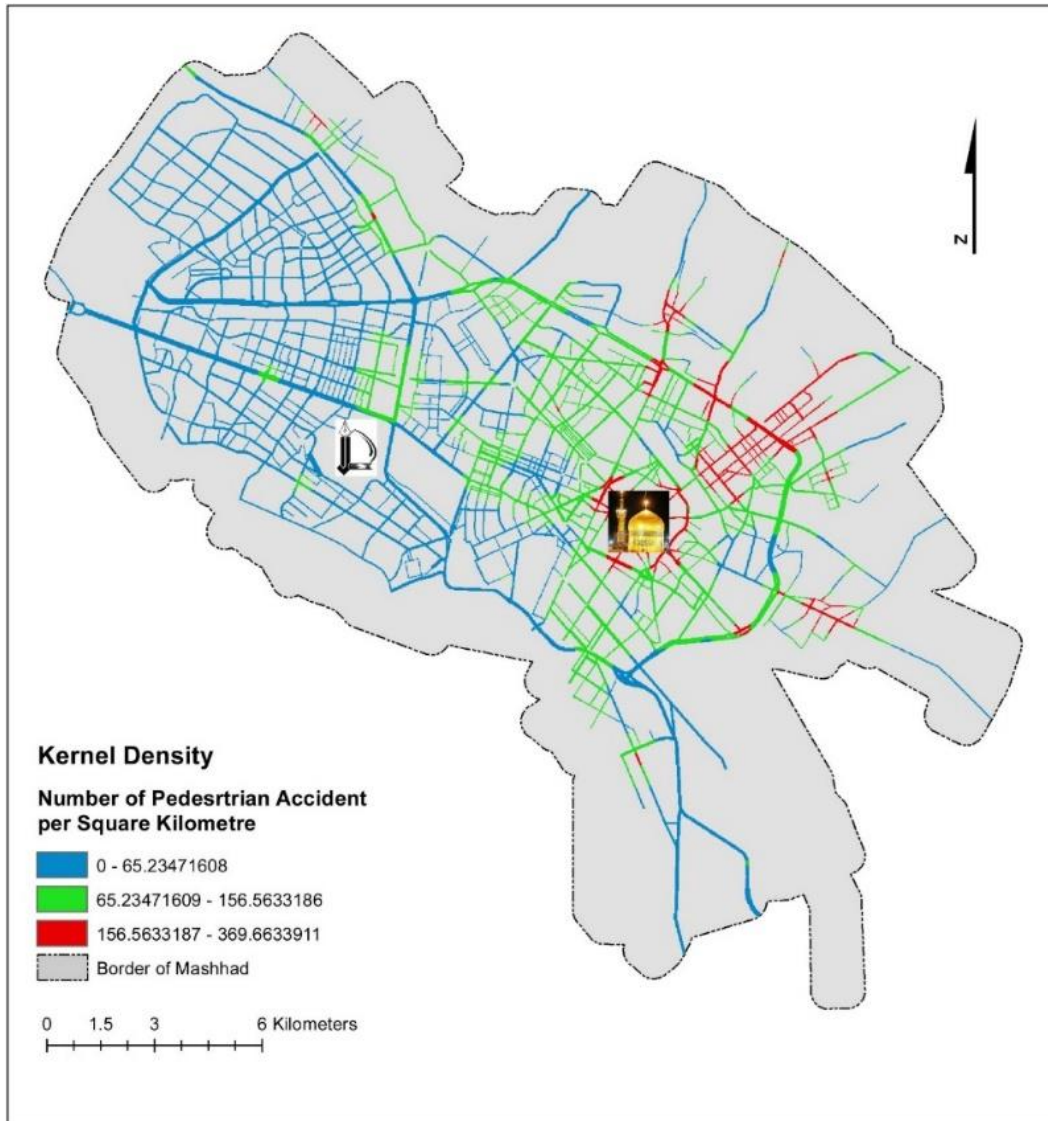
$$f_n(x) = \begin{cases} \frac{15}{16nh} \sum_{i=0}^n \left(1 - \frac{d_i^2}{h^2} \right) & 0 \leq \frac{d_i^2}{h^2} \leq 1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

انتخاب مقدار شعاع جستجو تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان بر نتایج تحلیل کرنل دارد [O'Sullivan and Wong, 2007; Xie and Yan, 2008]. شعاع جستجوی بهینه می‌تواند از طریق حداقل کردن میانگین مربعات خطای تخمین چگالی بدست بیاید. پژوهش‌های پیشین شعاع جستجوی بهینه را متناسب با $n^{-1/5}$ برای تابع درجه چهار بیان نموده‌اند [Chen et al. 1989].

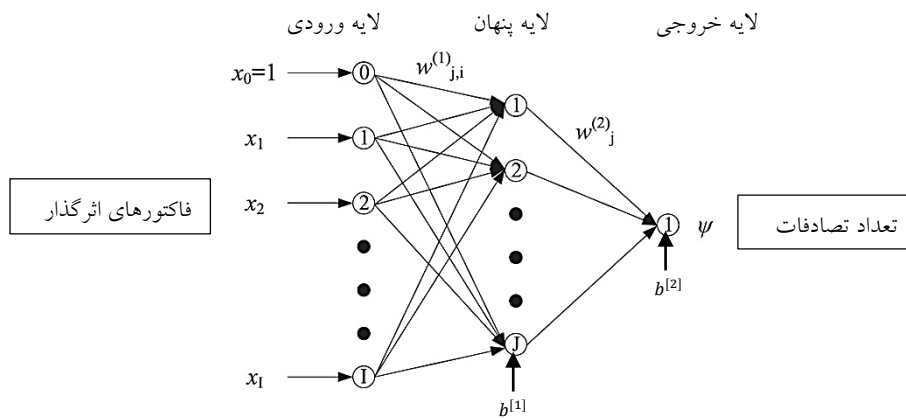
تصادفات عابر پیاده در طول ۳ سال با استفاده از نرم‌افزار GIS ترکیب گردید و سپس آن دسته از تصادفاتی که خارج از مرز محدوده شهری مشهود قرار می‌گرفتند، حذف شدند و در آخر تعداد ۱۵۹۷۰ تصادف عابر پیاده وارد مدل‌سازی گردید. اندازه پیکسل‌ها همانند سایر متغیرها $20 * 20$ مترمربع انتخاب گردید و شعاع جستجو با استفاده از فرمول شماره ۳ بهینه گردید و نقشه خروجی به سه گروه بر اساس میانگین تقسیم شد به طوری که گروه اول شامل پیکسل‌هایی که چگالی آن از مقدار میانگین کمتر و گروه دوم را پیکسل‌هایی تشکیل می‌دهد از مقداری بالاتر از میانگین دارند (شکل ۶).



شکل ۵. نحوه محاسبه چگالی هسته‌ای



شکل ۶. نقشه چگالی تصادفات عابر پیاده شهر مشهد



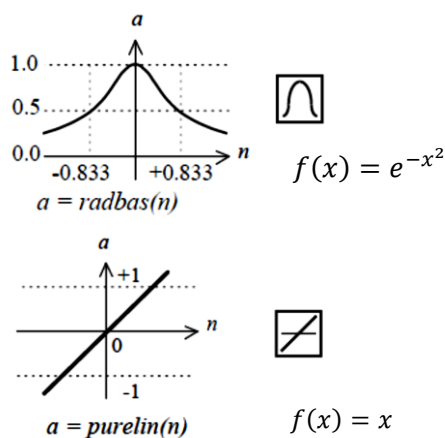
شکل ۷. ساختار شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

۳-۵ نتایج

جلوگیری از پیچیدگی غیرضروری شبکه عصبی شده است. از این‌رو مدل شماره ۲۴ با تابع آموزش Levenberg_Marquardt، تابع انتقال radbas و تابع خطا MSE با سه لایه، یک لایه ورودی با ۳۶ نورون، یک لایه نهان با ۷۰ نورون و یک لایه خروجی با یک نورون (رابطه ۴) به عنوان نماینده مدل‌های ۲۵ گانه در تحلیل حساسیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\varphi = \sum_{j=1}^{70} \text{purelin} \left(\frac{w_j^{(2)} \text{radbas}}{\left(\sum_{i=0}^{35} w_{ji}^{(1)} * x_i + b^{(1)} \right) + b^{(2)}} \right) \quad (4)$$



شکل ۸. تابع انتقال لایه خروجی (خطی) و تابع انتقال لایه پنهان (پایه شعاعی)

۴. بحث و بررسی

در این بخش، پس از ارزیابی و تفسیر صحت و دقت خروجی‌های بدست آمده، نتایج نهایی با سایر تحقیقات و مطالعات انجام شده در این زمینه مقایسه می‌شوند. در اولین مرحله از فرآیند ارزیابی، تحلیل حساسیت به منظور کشف اثر متغیرهای اثرگذار بر تصادفات صورت گرفت. به این صورت که میانگین هر پارامتر ورودی بعلاوه منهای ضریب معینی از انحراف معیار در بازه قابل قبول تعیین گردید. این روش متناسب با درجه اطمینان (Confidence interval) می‌تواند اثر هر متغیر را در خروجی مدل شبکه عصبی آشکار سازد [Delen, Sharda, and Bessonov, 2006; Xie, Lord, and Zhang, 2007]. در این مقاله اهمیت تمامی متغیرها در مدل بهینه با استفاده از آنالیز حساسیت مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل ۱۰، نتایج تحلیل حساسیت مربوط به دو

رویکرد اصلی در این پژوهش، تلفیق تحلیل‌های آماری-مکانی و هوش مصنوعی جهت پیش‌بینی تصادفات جرحی عابر پیاده و شناسایی فاکتورهای مؤثر بر تراکم و تمرکز تصادفات در راه‌های درون‌شهری بوده است. در این راستا با تکیه بر اطلاعات تصادفات مربوط به سه سال (۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳) در محدوده مطالعاتی شهر مشهد واقع در استان خراسان رضوی، یک روش محاسبه چگالی بر پایه کرنل ارائه و با بکارگیری این روش، تعداد تصادفات در واحد سطح محاسبه گردید. سپس چندین مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به منظور بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات ارزیابی گردید (جدول ۳).

برای مقایسه شبکه‌های عصبی مختلف و انتخاب یک شبکه بهینه از آماره R^2 یعنی ضریب همبستگی استفاده شد. زیرا این ضریب یکی از معیارها برای مقایسه اعتبار نتایج الگوهای مختلف است [Peckand Montgomery, 2004]. شایان ذکر است به دلیل اختلاف تعداد متغیرهای ورودی، به منظور مقایسه مدل‌ها از شاخص R^2 اصلاح شده به جای R^2 استفاده گردیده است [Frost, 2013]. در این معادله N بیانگر حجم نمونه و p نماینده تعداد متغیرهای ورودی است.

$$R^2 \text{ adjusted} = 1 - \frac{(1-R^2)(N-1)}{N-p-1} \quad (3)$$

با توجه به مقایسه شبکه‌های عصبی مختلف بر اساس آماره R^2 اصلاح شده مدل‌های شماره ۲۴، ۱۲، ۱۰، ۷ و ۵ دارای بالاترین میزان این شاخص‌اند. با این حال مدل ۱۰ همان‌طور که در شکل ۹ مشخص شده است، به دلیل استفاده از تابع آموزش Bayesian Regularization فاقد بخش اعتبارسنجی است. از این‌رو اولویت با سایر مدل‌ها خواهد بود. همچنین مدل ۵ نیز به دلیل بالا بودن میزان خطا نسبت به سایر مدل‌ها، واجد صلاحیت برای انتخاب به عنوان مدل بهینه نیستند. شایان ذکر است به دلیل وجود ۵ متغیر از جنس رتبه‌ای، فرآیند تبدیل آن‌ها به متغیر کمی باعث افزایش تعداد پارامترهای ورودی از ۲۳ عدد به ۳۸ عدد گردیده است. از میان سه مدل باقی‌مانده، مدل ۲۴ به دلیل پایین بودن تعداد نورون‌ها و تعداد ورودی نسبت به دو مدل دیگر، صلاحیت بالاتری جهت انتخاب به عنوان مدل بهینه دارد. زیرا با حذف دو متغیر و همچنین ۸ نورون بی‌تأثیر بر تصادفات عابر پیاده باعث

غلامرضا شیران، مریم حسن پور، روزبه شاد، ابوالفضل محمدزاده مقدم

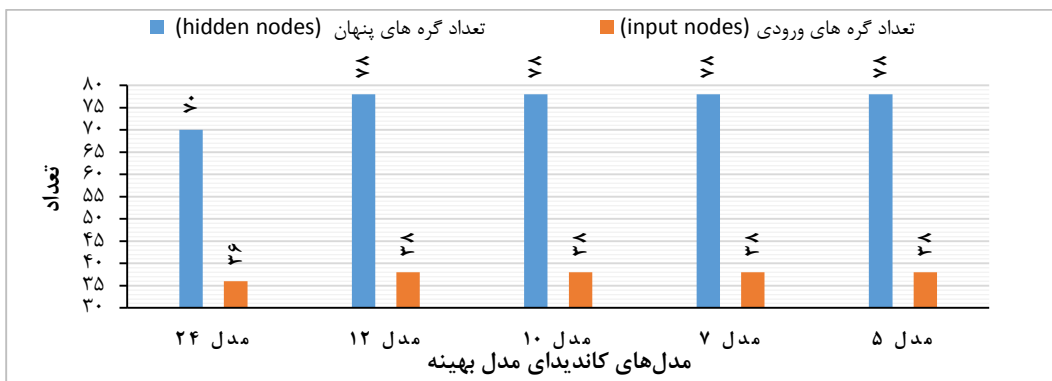
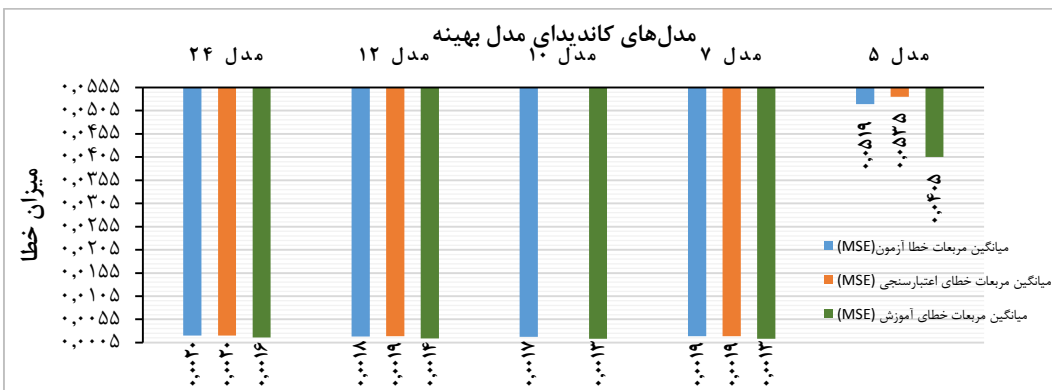
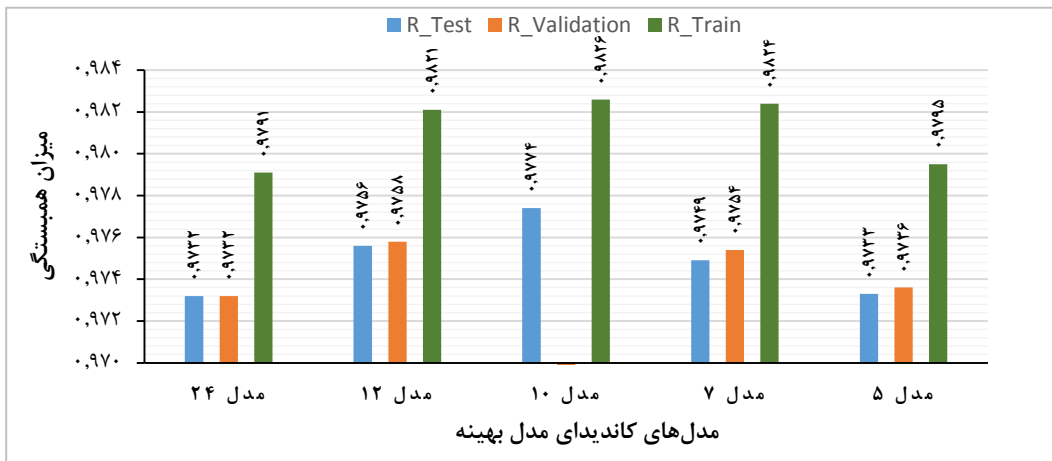
انحراف معیار ۰/۰۰۵ ادامه می‌یابد. این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش تراکم مسکونی با تعداد تصادفات عابر پیاده رابطه‌ای مستقیم دارد. در تحقیق Hashimoto نیز که در سال ۲۰۰۵ بر روی تصادفات عابر پیاده انجام شده بود، متغیر چگالی کاربری مسکونی تاثیر قابل توجه و مستقیمی بر تعداد تصادفات داشته است

متغیر با بالاترین اهمیت بر خروجی مدل، نمایش داده شده است. در نمودارهای تراکم خالص مسکونی و بافت شهری محور افقی انحراف معیار متغیر مورد نظر از میانگین و محور عمودی چگالی تصادفات می‌باشند که به منظور نمایش واضح تر اعداد محور عمودی در ۱۰۰۰۰ ضرب شده است. در تراکم خالص مسکونی به عنوان مهم ترین پارامتر ورودی شبکه عصبی پیاده سازی شده، با افزایش فاصله از میانگین، تعداد تصادفات افزایش می‌یابد. روند افزایش مذکور تا حد بالای ۰/۰۳۸۸۶ در

جدول ۳. نتایج مدل‌های مختلف با استفاده از شبکه عصبی

نام	R_train	R_validation	R_test	MSE_train	MSE_validation	MSE_test	P	R ² _{dj}
مدل ۱	0/9471	0/9386	0/9403	361/1627	411/8362	412/7452	38	0/88
مدل ۲	0/9576	0/9499	0/9490	291/3135	351/4118	342/2675	38	0/90
مدل ۳	0/97991	0/97297	0/97187	0/0010	0/0014	0/0014	38	0/94
مدل ۴	0/9653	0/9597	0/9618	0/0017	0/0020	0/0020	29	0/92
مدل ۵	0/9795	0/9736	0/9733	0/0405	0/0535	0/0519	38	0/95
مدل ۶	0/9608	0/9560	0/9579	0/0764	0/0861	0/0841	29	0/92
مدل ۷	0/9824	0/9754	0/9749	0/0013	0/0019	0/0019	38	0/95
مدل ۸	0/9628	0/9577	0/9589	0/0028	0/0032	0/0032	29	0/92
مدل ۹	0/9163	0/9161	0/9144	0/0062	0/0062	0/0064	29	0/84
مدل ۱۰	0/9826	-	0/9774	0/0013	-	0/0017	38	0/95
مدل ۱۱	0/9413	0/9389	0/9368	0/0044	0/0047	0/0046	38	0/88
مدل ۱۲	0/9821	0/9758	0/9756	0/0014	0/0019	0/0018	38	0/95
مدل ۱۳	0/9782	0/9726	0/9700	0/0017	0/0021	0/0023	34	0/94
مدل ۱۴	0/9729	0/9668	0/9681	0/002	0/0024	0/0024	32	0/94
مدل ۱۵	0/9780	0/9707	0/9718	0/0017	0/0022	0/0022	36	0/94
مدل ۱۶	0/9747	0/9690	0/9686	0/0049	0/0060	0/0061	34	0/94
مدل ۱۷	0/9768	0/9719	0/9707	0/0011	0/0014	0/0015	34	0/94
مدل ۱۸	0/9636	0/9599	0/9596	0/0018	0/0020	0/0020	34	0/92
مدل ۱۹	0/9668	0/9615	0/9614	0/0025	0/0029	0/0029	36	0/92
مدل ۲۰	0/9389	0/9374	0/9361	0/0045	0/0047	0/0048	36	0/88
مدل ۲۱	0/9755	0/9699	0/9690	0/0019	0/0022	0/0023	36	0/94
مدل ۲۲	0/9749	0/9703	0/9688	0/0019	0/0023	0/0024	36	0/94
مدل ۲۳	0/9764	0/9697	0/9690	0/0018	0/0023	0/0023	36	0/94
مدل ۲۴	0/9791	0/9732	0/9732	0/0016	0/0020	0/0020	36	0/95
مدل ۲۵	0/9750	0/9668	0/9697	0/0012	0/0016	0/0015	36	0/94

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

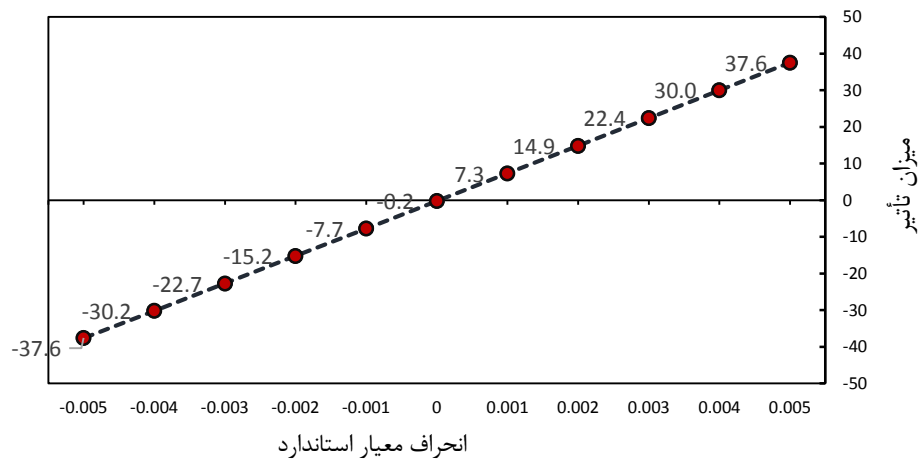


شکل ۹. مقایسه پارامترهای مختلف پنج مدل بهینه

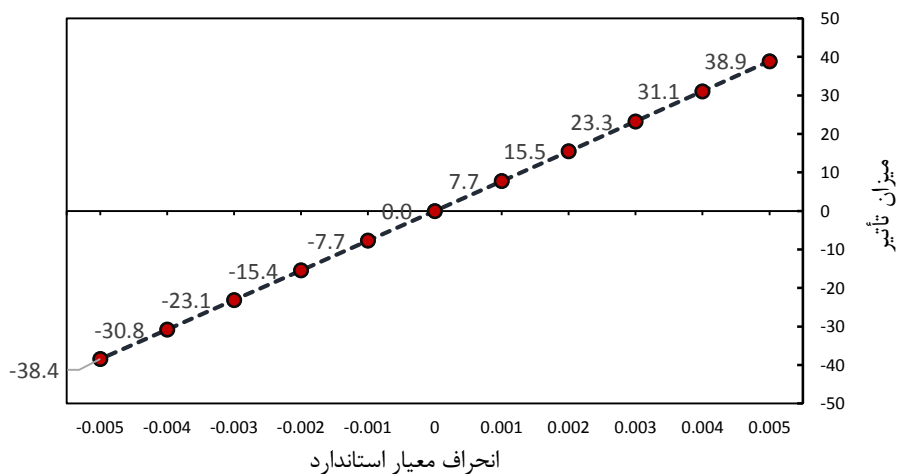
به نسبت بافت شطرنجی تصادفات جرحی عابر پیاده افزایش می‌یابند. سایر متغیرها نیز با همین روش ارزیابی شده و مشخص گردید که هر یک از متغیرها چه میزان بر افزایش و یا کاهش تصادفات جرحی عابر پیاده اثرگذاراند. (جدول ۴).

[Hashimoto, 2005]. بافت شهری نیز به عنوان دومین متغیر اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده شناسایی شده است. این پارامتر تا میزان ۰/۰۰۳۷۶ در انحراف معیار ۰/۰۰۵ تصادفات را افزایش می‌دهد. این موضوع بدان معناست که در بافت ارگانیک

بافت شهری (۲)



تراکم خالص مسکونی (۱)



شکل ۱۰. تحلیل حساسیت دو متغیر با بالاترین اهمیت

۵. نتیجه گیری و پیشنهاد

همان‌طور که ذکر گردید ساخت مدل‌های شبکه عصبی برخلاف مدل‌های آماری نیازمند تعریف تابع مشخصی نبوده و با کمک تعدادی نمونه و داده، آموزش دیده و فرا گرفته می‌شوند. بنابراین از این جهت مدل‌سازی با این رویکرد راحت‌تر است. مقایسه نتایج مدل‌های شبکه عصبی نشان می‌دهد که جواب‌های مدل در تمام طرح‌ها قابل قبول بوده است. با این حال نتیجه کلیدی این تحقیق که هدف از ارائه آن نیز بوده پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده در خیابان‌ها با احتمال ۹۵ درصد با میانگین مجذور خطای ۰/۰۰۲ به وسیله مدل شبکه عصبی

پرسپترون چندلایه است. بر اساس پژوهش صورت گرفته با اهمیت‌ترین متغیرهای اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده مربوط به پارامترهای شهرسازی می‌باشند و این در حالی است که کم‌ترین توجه همواره به این مشخصه‌ها شده است. مهم‌ترین متغیر اثرگذار بر افزایش تصادفات، تراکم خالص مسکونی است. این افزایش تا میزان ۰/۰۳۸۸۶ در انحراف معیار ۰/۰۰۵ می‌رسد و این به معنای آن است که افزایش تراکم مسکونی با تعداد تصادفات عابر پیاده رابطه مستقیم دارد. بافت شهری دومین متغیر اثرگذار بر تصادفات شناسایی شده است که تا میزان ۰/۰۳۷۶ در انحراف معیار ۰/۰۰۵ تصادفات را افزایش می‌دهد

مدل‌سازی شبکه مبنای تصادفات جرحی عابر پیاده به کمک شبکه عصبی

برخی وابسته به فاصله مکانی (فاصله تا روگذر و زیرگذر عابر پیاده) بوده است. از این رو تبدیل همه این اطلاعات به فرمت برداری مقدور نبوده و باعث از بین رفتن قسمت‌های ارزشمندی از اطلاعات می‌گردید. همچنین از آنجایی که رویکردهای تصادفات در دامنه مکان به ندرت اتفاقی رخ می‌دهد و در واقع خوشه‌هایی را تشکیل می‌دهند که محل‌های تمرکز تصادفات در فضای جغرافیایی است. استفاده از یک مدل پیوسته برای الگوهای تصادفات به کمک تعیین تغییرات چگالی (و نه پردازش منفرد نقاط) به عنوان متغیر وابسته، ساختار واقع‌گرایانه‌ای را به مدل‌سازی القا نمود. با بررسی نقشه تراکم تصادفات بر پایه تابع چگالی کرنل، چهار قطاع اطراف حرم مطهر در زمره نواحی حادثه‌خیز عابر پیاده قرار گرفتند. با این حال به دلیل عدم دستیابی به مشخصه‌ها و خصوصیات مسافری و زائرین که اغلب به صورت پیاده تردد می‌کنند، تحلیلی در این خصوص صورت نپذیرفت. از این رو در صورت دستیابی به اطلاعات مربوطه، توصیه می‌گردد نقش مسافری در تصادفات عابر پیاده در نواحی پیرامون حرم مطهر به صورت مجزا مورد بررسی قرار گیرد.

منزلت اجتماعی به عنوان یکی از مشخصه‌های اصلی اثرگذار بر تصادفات عابر پیاده شهر مشهد شناسایی گردید. با این حال این مشخصه برای زائرین و مسافری تعریف نشده و در حقیقت مربوط به ساکنین شهر مقدس مشهد بوده است. از این رو در صورت تعریف منزلت اجتماعی برای زائرین حرم مطهر رضوی، شناسایی میزان اهمیت آن بر تعداد تصادفات عابر پیاده از طریق مدل‌سازی توصیه می‌گردد.

و این بدان معناست که بافت ارگانیک باعث افزایش تصادفات عابر پیاده می‌گردد.

چهارمین متغیر مهم در رابطه با تصادفات عابر پیاده، عرض پیاده‌رو شناسایی شده است. این متغیر نیز در پنج گروه مورد ارزیابی قرار گرفت. دو گروه (پیاده‌روهای با عرض ۴ تا ۱۰ متر و پیاده‌روهای بالاتر از ده متر) باعث ایجاد روند کاهش و سه گروه (فاقد پیاده‌رو در دو طرف، فاقد پیاده‌رو در یک جهت و پیاده‌روهای کمتر از ۴ متر) روند افزایشی را برای تصادفات عابر پیاده به دنبال داشته‌اند. با این حال در میان دو گروه کاهنده، پیاده‌روهای با عرض ۴ تا ۱۰ متر قدرت بسیار بالاتری در کاهش تصادفات عابر پیاده داشته، به طوری که با تغییر آن تا ۰/۰۰۵ انحراف معیار میزان تصادفات ۰/۰۰۲۰۵ کاهش می‌یابد. از این رو نقش عرض پیاده‌رو بر تصادفات عابر پیاده شایان توجه است. با استفاده از فرمت رستری (برای اولین بار در مدل‌سازی تصادفات عابر پیاده) بدان علت که اندازه تمام سلول‌ها یکسان و همچنین مطابق با محدوده مورد مطالعه تعیین گردید، قابلیت و دقت مدل‌سازی چندین برابر افزایش یافت. به طور مثال در تحقیق Chang به دلیل استفاده از فرمت برداری، یک خیابان تنها یک خصوصیت را انتقال می‌دهد. از این رو دید محدودی به پدیده تصادفات دارد [Chang, 2005]. در حالی که همان خیابان در این روش به تعداد دلخواه پیکسل تبدیل و به هر یک ارزشی متفاوت متناسب با نوع تحلیل، الحاق شد. علاوه بر موارد ذکر شده، لایه‌های مختلف با ساختارهای متفاوت به این فرمت تبدیل گردیدند. برای مثال برخی از اطلاعات بکار رفته در این پژوهش برای هر معبر، برخی مربوط به هر ناحیه شهری (بافت شهری) و همچنین

غلامرضا شیران، مریم حسن پور، روزبه شاد، ابوالفضل محمدزاده مقدم

جدول ۴. نتایج تحلیل حساسیت بر روی مدل بهینه

درجه اطمینان		انحراف معیار	میانگین	نام متغیر	کد متغیر	درجه اهمیت
CI97.5%	CI2.5%					
0/002552	-0/00255	0/43478	0/000	تراکم خالص	x20	۱
-0/00046	-0/00891	0/71971	-0/0047	بافت شهری	x2	۲
0/004231	-0/00423	0/72096	0/000	منزلت اجتماعی	x111	۳
0/004241	-0/00423	0/72151	0/000	عرض پیاده‌رو	x134	۴
0/004479	-0/00447	0/76228	0/000	عرض پیاده‌رو	x133	۵
-0/00121	-0/0041	0/24686	-0/0027	جهت ترافیک	x1	۶
0/002086	-0/0021	0/35665	0/000	میان‌سن	x16	۷
0/002016	-0/00202	0/34361	0/000	عرض پیاده‌رو	x131	۸
0/002321	-0/00295	0/44905	-0/0003	نوع معبر	x222	۹
0/002817	-0/00282	0/48060	0/000	نوع معبر	x227	۱۰
0/00163	-0/00163	0/27768	0/000	مالکیت خودرو	x15	۱۱
0/002164	-0/00086	0/25734	0/0007	تعداد خط عبور	x23	۱۲
0/002421	4/04E-05	0/20282	0/0012	نوع معبر	x226	۱۳
0/000946	-0/00139	0/19943	-0/0002	نوع معبر	x221	۱۴
0/001275	-0/00127	0/21699	0/000	نرخ فعالیت	x18	۱۵
0/00397	-0/00132	0/450486	0/0013	نوع معبر	x225	۱۶
0/000649	-0/00065	0/110861	0/000	کاربری تجاری	x5	۱۷
0/001726	-0/00173	0/29415	0/000	سرعت عملکردی	x19	۱۸
0/000863	-0/00086	0/14706	0/000	زیرگذر و روگذر	x14	۱۹
0/000469	-0/00047	0/08003	0/000	ضریب جنسی	x8	۲۰
0/001029	-0/00103	0/17536	0/000	عرض رفوژ میانی	x12	۲۱
0/002045	-0/00204	0/34839	0/000	منزلت اجتماعی	x114	۲۲
0/001834	-0/00183	0/31249	0/000	تراکم ناخالص	x21	۲۳
0/001343	-0/00135	0/229238	0/000	عرض پیاده‌رو	x132	۲۴
0/000918	-0/00098	0/161731	0/000	منزلت اجتماعی	x115	۲۵
0/001565	-0/00094	0/21334	0/0003	نرخ بیکاری	x3	۲۶
0/001296	-0/0013	0/22110	0/000	حجم ترافیک	x10	۲۷
0/004335	0/002968	0/11644	0/0037	نوع معبر	x228	۲۸
0/001048	-0/00105	0/17857	0/000	بلوک شهری	x4	۲۹
0/002814	-0/00281	0/4796	0/000	منزلت اجتماعی	x113	۳۰
0/001013	-0/00102	0/173228	0/000	بعد خانوار	x6	۳۱
0/000594	-0/00035	0/08009	0/0001	خانوار معمولی	x9	۳۲
0/00041	-0/00041	0/06993	0/000	حمل و نقل همگانی	x7	۳۳
0/003919	-0/00392	0/66776	0/000	منزلت اجتماعی	x112	۳۴
0/001062	-0/00475	0/495401	-0/0018	نوع معبر	x224	۳۵
0/002107	-0/00211	0/35922	0/000	عرض پیاده‌رو	x135	۳۶

regression versus artificial neural network", *Safety Science*, Vol. 43, No. 8, pp. 541-557.

-Chen, X., Fang, Z., Li, G. and Tao, B. (1989) "Non-parametric statistics", Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, pp. 284-292.

-Chin, H. C. and Quddus, M. A. (2003) "Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 2, pp. 253-259.

-Chiou, Y.-C. (2006) "An artificial neural network-based expert system for the appraisal of two-car crash accidents", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 4, pp. 777-785.

-Cottrill, C. D. and Thakuria, P. V. (2010) "Evaluating pedestrian crashes in areas with high low-income or minority populations", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 6, pp. 1718-1728.

-Delen, D., Sharda, R. and Bessonov, M. (2006) "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 3, pp. 434-444.

-Dumbaugh, E. and Rae, R. (2009) "Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 75, No. 3, pp. 309-329.

-Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T. and Gullu, M. (2008) "Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar". *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, No. 1, pp. 174-181.

-FHWA (2006) "Draft 2005 New Orleans Metropolitan Bicycle and Pedestrian Plan", Regional Planning Commission (Ed.).

-Fish, K. E. and Blodgett, J. G. (2003) "A visual method for determining variable importance in an artificial neural network model: an empirical benchmark study", *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, Vol. 11, No. 3, pp. 244-254.

-Fotheringham, A. S., Brunson, C. and Charlton, M. (2000) "Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis", Sage Publications.

۶. سپاسگزاری

از سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد به دلیل کمک‌های بی‌دریغشان به منظور در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات مربوطه، سپاسگزاری به عمل می‌آید.

۷. مراجع

-Abdel-Aty, M. A. and Abdelwahab, H. T. (2004) "Predicting injury severity levels in traffic crashes: a modeling comparison", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 130, No. 2, pp. 204-210.

-Abdel-Aty, M. A. and Radwan, A. E. (2000) "Modeling traffic accident occurrence and involvement", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, No. 5, pp. 633-642.

-Aidoo, E. N. Amoh-Gyimah, R., and Ackaah, W. (2013) "The effect of road and environmental characteristics on pedestrian hit-and-run accidents in Ghana", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 53, No. 1, pp. 23-27.

-Akgüngör, A. P. and Doğan, E. (2009) "An application of modified Smeed, adapted Andreassen and artificial neural network accident models to three metropolitan cities of Turkey", *Scientific Research and Essays*, Vol. 4, No. 9, pp. 906-913.

-Anderson, T. K. (2009) "Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 41, No. 3, pp. 359-364.

-Braddock, M., Lapidus, G., Cromley, E., Cromley, R., Burke, G. and Banco, L. (1994) "Using a geographic information system to understand child pedestrian injury", *American Journal of Public Health*, Vol. 84, No. 7, pp. 1158-1161.

-Broujerdian, A. M., Dehqani, S. P. and Fetanat, M. (2016) "Estimation Model of Two-Lane Rural Roads Safety Index According to Characteristics of the Road and Drivers' Behavior", *International Journal of Transportation Engineering*, Vol. 3, No. 1, pp. 17-29.

-Chang, L.-Y. (2005) "Analysis of freeway accident frequencies: negative binomial

- Miaou, S. P., Lu, A. and Lum, H. (1996) "Pitfalls of using R² to evaluate goodness of fit of accident prediction models", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1542, pp. 6-13.
- Miaou, S.-P. and Lum, H. (1993) "Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 25, No. 6, pp. 689-709.
- Moghaddam, F. R., Afandizadeh, S. and Ziyadi, M. (2011) "Prediction of accident severity using artificial neural networks", *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 9, No. 1, pp. 41.
- Nie, J., Li, G. and Yang, J. (2015) "A study of fatality risk and head dynamic response of cyclist and pedestrian based on passenger car accident data analysis and simulations", *Traffic Injury Prevention*, Vol. 16, No. 1, pp. 76-83.
- O'Sullivan, D. and Wong, D. W. (2007) "A surface-based approach to measuring spatial segregation", *Geographical Analysis*, Vol. 39, No. 2, pp. 147-168.
- Oh, J., Washington, S. P. and Nam, D. (2006) "Accident prediction model for railway-highway interfaces", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 2, pp. 346-356.
- Polat, K. and Durduran, S. S. (2011) "Subtractive clustering attribute weighting (SCAW) to discriminate the traffic accidents on Konya-Afyonkarahisar highway in Turkey with the help of GIS", *Advances in Engineering Software*, Vol. 42, No. 7, pp. 491-500.
- Prato, C. G., Gitelman, V. and Bekhor, S. (2012) "Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 44, No. 1, pp. 56-62.
- Pulugurtha, S. S., Krishnakumar, V. K. and Nambisan, S. S. (2007) "New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: An illustration", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 4, pp. 800-811.
- Ramli, M. Z. (2011) "Development of accident prediction model by using artificial neural network (ANN)", *Doctoral dissertation, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*.
- Santosh, T., Srivastava, A., Rao, V. S., Ghosh, A., and Kushwaha, H. (2009) "Diagnostic
- Frost, J. (2013) "Multiple regression analysis: Use adjusted R-squared and predicted R-squared to include the correct number of variables", *Minitab Blog*.
- Hashimoto, T. (2005) "Spatial analysis of pedestrian accidents", *Graduate Thesis and Dissertations. Department of Environmental Science and Policy College of Arts and Science University of South Florida*.
- Hornik, K., Stinchcombe, M. and White, H. (1989) "Multilayer feedforward networks are universal approximators", *Neural Networks*, Vol. 2, No. 5, pp. 359-366.
- Hosseinpour, M., Yahaya, A. S., Ghadiri, S. M. and Prasetijo, J. (2013) "Application of adaptive neuro-fuzzy inference system for road accident prediction", *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 17, No. 7, pp. 1761-1772.
- Huang, H., Zeng, Q., Pei, X., Wong, S. C. and Xu, P. (2016) "Predicting crash frequency using an optimised radial basis function neural network model", *Transportmetrica A: Transport Science*, Vol. 12, No. 4, pp. 330-345.
- Liu, X. and Yang, J. (2002) "Development of child pedestrian mathematical models and evaluation with accident reconstruction", *Traffic Injury Prevention*, Vol. 3, No. 4, pp. 321-329.
- Loo, B. P., Yao, S. and Wu, J. (2011) "Spatial point analysis of road crashes in Shanghai: A GIS-based network kernel density method", *Paper presented at the Geoinformatics, 2011 19th. International Conference on*.
- Mahmoudabadi, A. (2010) "Comparison of weighted and simple linear regression and artificial neural network models in freeway accidents prediction", *Paper presented at the Computer and Network Technology (ICCNT), Second International Conference*.
- Marzban, C. and Witt, A. (2001) "A Bayesian neural network for severe-hail size prediction", *Weather and Forecasting*, Vol. 16, No. 5, pp. 600-610.
- Miaou, S. P. (1994) "The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial regressions", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, No. 4, pp. 471-482.

-Yu, H., Liu, P., Chen, J., and Wang, H. (2014) "Comparative analysis of the spatial analysis methods for hotspot identification", *Accid Anal Prev*, Vol. 66, pp. 80-88.

-بهزادفر، مصطفی (۱۳۹۴) "محیط های پاسخده"، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

-داگلاس، مونتگمری و الیزابت، پک (۱۳۸۲) "مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون خطی"، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

-سازمان پزشکی قانونی کشور (۱۳۹۴) "مقایسه آمار متوفیات و مصدومین حوادث رانندگی" تهران: سازمان نظام پزشکی

-سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد (۱۳۹۳) "تصادفات جرحی عابر پیاده شهر مشهد، مشهد: سازمان حمل و نقل و ترافیک

-فرید، یدالله (۱۳۹۴) "جغرافیا و شهرشناسی"، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

-معاونت مطالعات و برنامه ریزی، سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد (۱۳۹۴) "یازدهمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد".

-منهاج، محمد باقر (۱۳۹۲) "مبانی شبکه های عصبی (جلد اول)"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.

-یوسفی، علی (۱۳۸۹) "تأملی بر مرزبندی اجتماعی فضای شهری مشهد: طبقه بندی منزلتی نواحی شهر"، *مجله علوم اجتماعی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد*، ص. ۶۱-۹۱.

system for identification of accident scenarios in nuclear power plants using artificial neural networks", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 94, No. 3, pp. 759-762.

-Siddiqui, C., Abdel-Aty, M., and Huang, H. (2012) "Aggregate nonparametric safety analysis of traffic zones", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, pp. 317-325.

-Song, J. J., Ghosh, M., Miaou, S., and Mallick, B. (2006) "Bayesian multivariate spatial models for roadway traffic crash mapping", *Journal of multivariate analysis*, Vol. 97, No. 1, pp. 246-273.

-Vogt, A., and Bared, J. (1998) "Accident models for two-lane rural segments and intersections", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1635, pp. 18-29.

-Wang, Y., and Kockelman, K. M. (2013) "A Poisson-lognormal conditional-autoregressive model for multivariate spatial analysis of pedestrian crash counts across neighborhoods", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 60, pp. 71-84.

-WHO. (2013) "World Health Organization, global status report on road safety: supporting a decade of action".

-WHO. (2015) "World Health Organization, Global status report on road safety"

-Xie, Y., Lord, D., and Zhang, Y. (2007) "Predicting motor vehicle collisions using Bayesian neural network models: An empirical analysis", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 5, pp. 922-933.

-Xie, Z., and Yan, J. (2008) "Kernel density estimation of traffic accidents in a network space", *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 32, No. 5, pp. 396-406.

غلامرضا شیران، مریم حسن پور، روزبه شاد، ابوالفضل محمدزاده مقدم

غلامرضا شیران، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را از دانشگاه ویرجینیای غربی (آمریکا) و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی حمل و نقل و ترافیک را از دانشگاه جورج واشنگتن اخذ نمود. در سال ۱۳۷۹ موفق به کسب درجه دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل و ترافیک از دانشگاه نیوساوت ویلز، سیدنی استرالیا گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل سازی و ارزیابی، مدیریت و کنترل تأثیرهای زیست محیطی، ارزیابی، مدیریت و کنترل تأثیرهای اجتماعی- اقتصادی- انسانی ناشی از حمل و نقل و ترافیک، ارزیابی تأثیرهای ترافیکی- ایمنی ساخت وسازه های تجاری، مسکونی، صنعتی و توسعه شهرها قبل از اجرا، شیوه های گوناگون مدیریت ترافیک، حمل و نقل و توسعه پایدار، حمل و نقل پایدار، حمل و نقل غیر موتوری، حمل و نقل همگانی- حمل و نقل یکپارچه بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه اصفهان است.



مریم حسن پور، درجه کارشناسی در رشته مهندسی شهرسازی را در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه فردوسی مشهد و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه اصفهان اخذ نمود. زمینه پژوهشی مورد علاقه وی ایمنی ترافیک است.



ابوالفضل محمدزاده مقدم، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران-عمران را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-راه و ترابری را در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه فردوسی مشهد اخذ نمود. در سال ۱۳۹۲ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-راه و ترابری از دانشگاه فردوسی مشهد گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان ایمنی ترافیک و مدل سازی تقاضا در حمل و نقل بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه فردوسی مشهد است.



روزبه شاد، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه تهران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-GIS را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ نمود. در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ موفق به کسب درجات دکتری و پسادکتری در رشته های مهندسی عمران شاخه GIS و مهندسی کامپیوتر- شاخه علوم مکانی از دانشگاه های ایالتی بوستون آمریکا و دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان کاربرد GIS هوشمند و سنجش از دور در حل مسایل مهندسی حمل و نقل و ترافیک بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیاری در دانشگاه فردوسی مشهد است.

