تحلیل مکانمند تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌های درون‌شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی (منطقه مورد مطالعه: شهر رشت)

مقاله علمی – پژوهشی

میثم عفتی*، دانشیار، گروه مهندسی عمران (راه‌وترابری)، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
ایرج قنبری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی عمران (راه‌وترابری)، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:Meysameffati@guilan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۴– پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵
صفحه ۲۷۸-۲۵۹

چکیده

تقاطع‌ها به‌عنوان گره‌های ترافیکی معابر درون‌شهری، یکی از مهم‌ترین موقعیت‌های هندسی تداخل عابرین پیاده و وسایل نقلیه بوده که هرساله تعداد زیادی از تصادفات عابرین پیاده در این مکان‌ها اتفاق می‌افتد. لذا هدف اصلی این پژوهش تحلیل عوامل مؤثر در تصادفات عابرین پیاده بر اساس رکوردهای تصادفات پیشین و بررسی میزان تأثیر هرکدام بر تعداد تصادفات عابرین در تقاطع‌ها با استفاده از تحلیل‌های آماری رگرسیون پواسون و رگرسیون چندمتغیره است. از اهداف دیگر این پژوهش ارائه رویکردی GIS مبنا به‌منظور شناسایی و توزیع مکانی تقاطع‌های پرتصادف در معابر کلان‌شهر رشت است. در این تحقیق چهارده فاکتور مستقل حاصل از گزارش‌های پلیس و بازدید میدانی به سه گروه کلی عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی-هندسی تقسیم‌بندی شد. بر این اساس از رگرسیون پواسون جهت تحلیل تأثیر مستقیم این فاکتورها بر تعداد تصادفات عابرین درتقاطع‌ها و از رگرسیون چندمتغیره جهت تحلیل تأثیر سه دسته کلی صدرالاشاره بر روی تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان شد که فاکتورهای سن راننده با ۱۱ درصد، آب‌وهوای بارانی با ۷ درصد و نبود چراغ راهنمایی با ۴۰ درصد بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد تصادفات عابرین در تقاطع‌ها داشته‌اند. همچنین بیشترین فراوانی تقاطع‌ها دارای تصادف عابر، در مناطق دو و چهار شهری اتفاق افتاده و تقاطع‌های میدان توشیبا، چهارراه حشمت و میدان گاز پرتصادف‌ترین تقاطع‌های شهر رشت شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تقاطع‌های درون‌شهری، تصادفات عابر پیاده، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، رگرسیون پواسون، رگرسیون چندمتغیره

۱- مقدمه

تقاطع‌های هم‌سطح به‌عنوان محل تلاقی دو یا چند محور، بخش مهمی از شبکه معابر شهری را تشکیل می‌دهد. چراکه معمولاً ظرفیت تقاطع‌های اصلی، کنترل‌کننده‌ی حجم عبور وسایل نقلیه در کل شبکه است و پیش‌گیری از هرگونه اختلالی در تردد خودروها بخصوص تصادفات در تقاطع‌ها لازم به نظر می‌رسد. علاوه بر حجم ترافیک و شرایط جوی (Effati and Atrchian, ۲۰۲۳) یکی از اصلی‌ترین عوامل در اختلال تردد خودروها در تقاطع‌ها، عبور عابرین پیاده از عرض خیابان است. از طرفی آسیب‌پذیرترین قشر استفاده‌کننده از شبکه راه‌ها عابرین پیاده هستند که بیشترین خطرات جانی ناشی از تصادفات مربوط به این قشر است. بنابراین عابرین پیاده جزء جدایی‌ناپذیر و بسیار مهم سیستم‌های حمل‌ونقل هر شهر

محسوب می‌شوند (ثقفی اصل، آ ۱۳۸۸). بسیاری از تحلیل‌های مهندسی ترافیک و آماری راه‌های برون‌شهری (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۸) و یا معابر درون‌شهری اعم از تقاطع‌های هم‌سطح و غیر هم‌سطح، خط‌کشی‌های عرضی عابر پیاده، وضعیت روشنایی محل، هندسه تقاطع و غیره بر مبنای مشخصات عابر پیاده طراحی یا کنترل می‌شود. تقاطع‌ها نیز به دلیل عبور عرضی عابران پیاده نقش مهمی را در شبکه حمل‌ونقل ایفا می‌کند. عوامل و فاکتورهای بسیاری در تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌ها تأثیر دارند که به‌صورت کلی به دو گروه عوامل ترافیکی و عوامل انسانی می‌توان تقسیم‌بندی نمود. از فاکتورهای انسانی می‌توان به سن و جنسیت و از فاکتورهای ترافیکی به هندسه محل، وضعیت روشنایی، نوع راه، حجم ترافیک و غیره اشاره کرد. بر اساس آمارهای انجمن ایمنی بزرگراه‌های آمریکا (NHTSA) که در سال ۲۰۱۷ منتشر گردید میزان مرگ‌ومیر عابرین پیاده در سال ۲۰۱۵ ناشی از تصادفات، ۵۳۷۶ نفر و تعداد آسیب دیدگان هفتاد هزار نفر برآورد شده بود که این آمار از ۹/۵ درصد در سال ۲۰۰۶ به ۱۵ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین این سازمان اعلام کرد که از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵، تلفات عابرین پیاده در تصادفات ٤ درصد افزایش‌یافته است و در قسمت دیگری از این گزارش آمده که به‌طور متوسط در سال ۲۰۱۵ در هر ۱/٦ ساعت یک عابر کشته می‌شود و همچنین در هر ۷/۵ دقیقه به‌طور متوسط یک عابر آسیب می‌بیند (national highway traffic safety administration, 2017). برابر تحقیقات انجام شده بخصوص در حوزه تحلیل مکانی تصادفات در تقاطع ها با به کارگیری روش‌های خود همبستگی مکانی و برآورد تراکم کرنل، عابر پیاده در تصادفات جاده‌ای در برابر مرگ‌ومیر و آسیب‌دیدگی شدید، آسیب‌پذیر است (زینلی، و همکاران،۱۳۹٤). عدم رعایت قوانین چراغ راهنمایی یکی از اصلی‌ترین دلایل تصادفات عابرین در تقاطع‌های چراغ‌دار است که در آن میزان درگیری تصادف عابران پیاده زیاد است. بنابراین، شناسایی عواملی که بر روی عدم رعایت قوانین راهنمایی از جانب عابر پیاده تأثیر می‌گذارند، مهم است (Zhu et al., 2021). از مهم‌ترین نیازهای عابرین پیاده، ایمنی در مسیرهای پیاده‌روی هست که هدف اصلی تأمین ایمنی عابرین پیاده، کاهش تصادفات عابرین پیاده و وسایل نقلیه است. لذا هدف اصلی این پژوهش تحلیل و بررسی عوامل مؤثر بر تعداد تصادفات فوتی و جرحی عابرین پیاده در جهت افزایش ایمنی آن‌ها در تقاطع‌های شهری است. محاسبه میزان تأثیر سه دسته کلی عوامل انسانی، شرایط جوی و عواملی ترافیکی – هندسی معبر، بر تعداد تصادفات عابرین در تقاطع‌ها و مقایسه نتایج به‌دست آمده و همچنین بررسی فراوانی تصادفات عابرین پیاده در کلیه تقاطع‌های موجود و تحلیل مکانی تقاطع‌های پرتصادف در گزارش پلیس و شناسایی ویژگی‌های هندسی و ترافیکی تقاطع‌های خطرناک برای عابرین پیاده از دیگر اهداف این پژوهش است. در پژوهش‌های پیشین انجام‌شده روی تصادفات عابرین پیاده، مطالعات و تحلیل‌ها بیشتر روی شدت تصادفات عابرین پیاده بوده است و همچنین تحلیل‌ها بیشتر به‌صورت تحلیل تأثیر مستقیم فاکتور مستقل بر فاکتور وابسته انجام شده و عوامل کلی مؤثر در تصادفات عابرین پیاده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این پژوهش با تلفیق روش‌های رگرسیونی و مکانمند عوامل مؤثر در تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌ها به‌صورت تأثیر مستقیم فاکتورها بر متغیر وابسته، تأثیر گروهی فاکتورها بر متغیر وابسته و تحلیل مکانمند مورد تحلیل قرار گرفته است. در این تحقیق پس از بررسی رکورد تصادفات عابرین پیاده رخ‌داده در تقاطع‌ها در منطقه موردمطالعه از سال ۱۳۹٤ تا ۱۳۹۷، تقاطع‌های پرتصادف شناسایی شدند و با استفاده از تحلیل‌های موقعیت مکانی و پراکنش فضایی آن‌ها در سطح شهر تحلیل شد. همچنین تأثیر و یا عدم تأثیر فاکتورهای مؤثر مستخرجه از گزارش پلیس و بازدید میدانی بر تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با روش رگرسیون پواسون مورد تحلیل قرار گرفته است. در ادامه فاکتورهای ذکرشده به سه گروه کلی عوامل انسانی، شرایط آب و هوایی و عوامل ترافیکی و هندسی تقسیم شده و میزان تأثیر هرکدام از گروه‌ها بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با روش رگرسیون چندمتغیره موردبررسی قرار گرفته است. در مراحل بعدی، پس از بررسی پیشینه‌ی تحقیق و کارهای انجام‌شده، روش تحقیق، منطقه موردمطالعه و جمع‌آوری و دسته‌بندی فاکتورهای تأثیرگذار بررسی شده است. در ادامه به پیاده‌سازی روش پیشنهادی تحقیق پرداخته و نتایج هرکدام از روش‌های پیشنهادی به‌صورت کاربردی تحلیل می‌گردد.

۲- پیشینه تحقیق

آیتی و قاسمی (۱۳۸۸) در تحقیقات خود با استفاده از رگرسیون دوجمله‌ای منفی جهت پیش‌بینی فراوانی تصادفات جرحی و تشخیص عوامل اثرگذار بر فراوانی تصادفات جرحی در تقاطع‌های چراغ‌دار، ٦ متغیر مهم را بر ایمنی تقاطع‌ها مؤثر دانستند که عبارت‌اند از: تعداد خطوط عبوری، وجود میانه، حجم ترافیک در شاخه تقاطع، تعداد فازها به ازای هر سیکل، نوع سیستم کنترل تقاطع و دوربین‌های نظارتی (آیتی و قاسمی ۱۳۸۸). Josua و همکاران (۲۰۲۰) با روش تحلیل فضایی و مکانمند نشان داد که هندسه تقاطع بر ایمنی عابر پیاده تأثیر دارد. هندسه محل یک ویژگی مسافتی است که عابران پیاده برای عبور از تقاطع باید طی کنند. هرچه فاصله عبور بیشتر باشد، عابر پیاده مدت بیشتری را در تقاطع می‌گذراند. درنتیجه وقوع احتمال تصادف را افزایش می‌دهد. با اضافه شدن یک لاین، صدمات عابر پیاده ۱۳٪ افزایش می‌یابد. همچنین وجود پیاده‌روها در اطراف تقاطع میزان تصادف را ٢٤٪ کاهش می‌دهد(Stipancic et al., 2020).

Dipanjan و همکاران (۲۰۱۹) با روش رگرسیون لجستیک باینری نشان داد که شدت تصادفات مرگبار عابر پیاده در یک تقاطع چراغ‌دار با نقض قواعد چراغ راهنمایی توسط عابران پیاده ارتباط دارد. یافته‌های حاصل از همبستگی همچنین نشان می‌دهد که تمایل به نقض سیگنال عابران پیاده با "زمان انتظار طولانی‌تر" قبل از عبور افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده شد سرعت متوسط وسیله نقلیه و متوسط عرض راه در تقاطع‌های کنترل نشده ازنظر آماری و به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از تقاطع‌های کنترل‌شده است. همچنین چندین عامل دیگر در ارتباط با ویژگی‌های اقتصادی- اقتصادی و اجتماعی- جمعیتی عابران پیاده، هدف سفر و وضعیت سفر، نحوه حمل‌ونقل و حجم عابر پیاده ازنظر آماری در تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات نقش داشتند(Mukherjee & Mitra, 2019). Lee و همکاران (۲۰۱۹) با مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی دریافتند که شرایط بهتر روسازی در اطراف تقاطع دسترسی بیشتری را برای پیاده‌روی عابر پیاده فراهم می‌کند. شرایط روسازی یکی از عوامل مهم پیاده‌روی است. بنابراین ممکن است بر خواسته‌های عابران پیاده اثر بگذارد. اگر عرض پیاده‌رو بیشتر باشد عابران پیاده بیشتر در حال عبور از تقاطع هستند. این مدل نشان داد که عرض زیاد پیاده‌رو را می‌توان به فعالیت بیشتر عابر پیاده در تقاطع نسبت داد. همچنین ایستگاه‌های اتوبوس نزدیک تقاطع باعث افزایش حجم عابر پیاده در نزدیکی تقاطع و درنتیجه تصادف بیشتر عابران می‌شود(Lee et al., 2019). Xie و همکاران (۲۰۱۸) با مدل استنباط بیزی دریافتندکه شش متغیر، ارتباط معنی‌داری با فرکانس تصادفات عابر پیاده در تقاطع‌های چراغ‌دار دارند. تعداد عابران پیاده، حجم ترافیک، وجود پارکینگ حاشیه‌ای و وجود مغازه‌های همکف ارتباط مثبتی با تعداد تصادف عابر پیاده در تقاطع‌ها داشتند. درحالی‌که وجود زمین‌های بازی در مجاورت تقاطع‌ها تأثیر منفی بر وقوع تصادف عابر پیاده داشته است. وجود طرح‌های کنترل ترافیک عابر پیاده برای همه گذرگاه‌ها می‌تواند خطر تصادفات عابر پیاده را تا ٤٣٪ کاهش دهد(Xie et al., 2018).Brendan و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند که میزان تصادف عابر پیاده در هر تقاطع با افزایش ترافیک خودرو افزایش می‌یابد. مشخص شد به دلیل احتیاط رانندگان وقتی حجم عابر پیاده در تقاطعات بیشتر است، تقاطع‌هایی که حجم عابر بالایی دارند نسبت به تقاطعات دارای حجم عابر پایین تصادفات عابر کمتری داشته‌اند و همچنین مشخص شد که اتومبیل‌های انفرادی در تقاطع‌هایی با تردد بیشتر اتومبیل در معرض خطر کمتری برای برخورد با عابر پیاده قرار دارند(Murphy et al., 2017). هم‌چنین در مطالعه‌ای که Li و همکاران در بریتانیا در سال ۲۰۱۷ با استفاده از یک مدل طبقه‌بندی و درخت رگرسیون انجام دادند دریافتند که این مدل‌ها در پیش‌بینی شدت تصادفات در شرایط مطلوب آب‌وهوایی از مدل‌هایی که شامل پارامترهایی همچون محدودیت‌های سرعت، سن عابرین پیاده، شرایط نور و قدرت مانور وسیله‌ی نقلیه هستند پیروی می‌کند و در شرایط نامساعد جوی، پیش‌بینی‌ها به طرز قابل‌توجهی وابسته به سن عابر پیاده، قدرت مانور وسیله نقلیه و محدودیت سرعت هست. همچنین دریافتند که عابرین پیاده سالمند متحمل آسیب‌های بیشتری در تصادفات می‌شوند و افزایش سرعت وسایل نقلیه موجب تشدید صدمات عابرین پیاده می‌گردد(Li et al., 2017). ویژگی‌های تقاطعات شامل: کاربری زمین‌های اطراف تقاطع، دستگاه‌های کنترل ترافیک و ویژگی‌های اجتماعی محله‌های اطراف تقاطع‌ها بوده که بر تصادفات عابرین پیاده تأثیرگذار هستند و در سال ۲۰۱٦ توسط کیم با استفاده از مدل رگرسیونی دوجمله‌ای منفی موردبررسی قرار گرفت و دریافت که گسترش پیاده‌روها و افزایش تعداد

چراغ‌های خیابانی، افزایش مساحت پیاده‌روها و ایجاد تقاطع‌های غیر هم‌سطح برای افزایش ایمنی عابرین پیاده در تقاطع‌های شهری ضروری است(Kim, 2016). تحقیقات Jang و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش رگرسیون پروبیت بر روی تصادفات عابرین در سان‌فرانسیسکو و کالیفرنیا نشان داد که استفاده از مشروبات الکلی، استفاده از تلفن همراه هنگام عبور از خیابان و فاکتور سن (کمتر از ۱۵ سال و بیشتر از ٦٥ سال) از عوامل مهم تصادفات عابرین است که عامل تصادف خود عابر است. همچنین از عوامل محیطی که در تصادفات نقش مهمی داشتند می‌توان به شب، تعطیلات آخر هفته و آب‌وهوای بارانی اشاره کرد(Jang et al., 2013). Oh و همکاران در سال ۲۰۰٤ برای ایجاد مدل‌های پیش‌بینی تصادفات جرحی و غیرجرحی در تقاطع‌های چراغ‌دار سه و چهار شاخه واشنگتن، از رگرسیون پواسونی و دوجمله‌ای منفی استفاده کردند. برای مدل‌های پیش‌بینی تعداد کل تصادفات در تقاطع‌های چراغ‌دار، افزایش حجم ترافیک هم در راه اصلی و هم فرعی، سرعت حرکت اعلام‌شده روی راه اصلی و راه‌های نزدیک به تقاطع، سبب تصادفات بیشتر می‌شود. و همچنین بیشتر بودن متوسط درجه انحنا در تقاطع و روشنایی در محل تقاطع باعث کاهش تصادفات می‌شود (Oh et al., 2004).

جدول ۱. پیشینه پژوهش

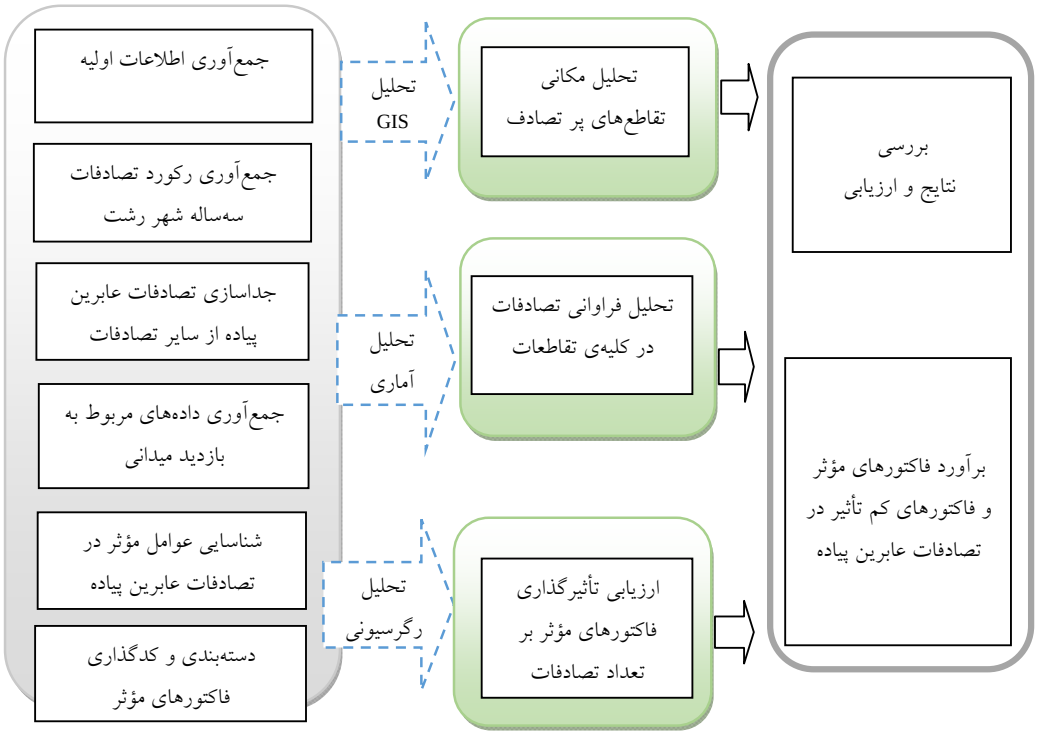
ردیف	نام نویسنده	عنوان	سال	نتایج
۱	آیتی و قاسمی	پیش بینی فراوانی تصادف‌های جرحی در تقاطع‌های چهارشاخه چراغ دار	۱۳۸۸	تعداد خطوط عبوری، وجود میانه و حجم ترافیک در تصادفات مهم بوده‌اند.
۲	Josua و همکاران	ایمنی عابران پیاده در تقاطع های چراغدار	۲۰۲۰	هندسه تقاطع بر ایمنی عابر پیاده تأثیر دارد
۳	Dipanjan و همکاران	مطالعه مقایسه ای از تقاطع های سیگنال دار ایمن و ناامن از دیدگاه رفتار و ادراک عابر پیاده	۲۰۱۹	نقض قواعد چراغ راهنمایی توسط عابران پیاده باعث افزایش تصادفات می‌شود.
٤	Lee و همکاران	ارزیابی اقدامات جانشین برای سفرهای عابر پیاده در تقاطع ها و مدل سازی تصادف	۲۰۱۹	شرایط بهتر روسازی در اطراف تقاطع دسترسی بیشتری را برای پیاده‌روی عابر پیاده فراهم می‌کند.
٥	Xie و همکاران	رویکرد بیزی برای تصادفات عابر پیاده در تقاطع‌های سیگنال دار	۲۰۱۸	تعداد عابران پیاده، حجم ترافیک، وجود پارکینگ حاشیه‌ای در تصادفات تاثیر مثبت داشتند.
٦	Brendan و همکاران	ارزیابی میزان اثر ایمنی برای عابران پیاده در تقاطع‌های شهری	۲۰۱۷	میزان تصادف عابر پیاده در هر تقاطع با افزایش ترافیک خودرو افزایش می‌یابد.
۷	Li و همکاران	تجزیه و تحلیل شدت آسیب تصادف عابر پیاده در شرایط مختلف آب و هوایی	۲۰۱۷	محدودیت‌های سرعت، سن عابرین پیاده، شرایط نور در اب و هوای مناسب تاثیر مثبت در تصادفات دارند.
۸	Kim و همکاران	تأثیر ویژگی های راههای تقاطع در تداخل عابر پیاده و وسایل نقلیه	۲۰۱٦	کاربری زمین‌های اطراف تقاطع، دستگاه‌های کنترل ترافیک بر تصادفات عابرین پیاده تأثیرگذار هستند.
۹	Jang و همکاران	ارزیابی ایمنی عابر پیاده: شناسایی جغرافیایی نقاط برخورد تصادفات عابر پیاده	۲۰۱۳	استفاده از مشروبات الکلی و تلفن همراه هنگام عبور از خیابان از عوامل مهم تصادفات عابرین است.
۱۰	Oh و همکاران	پیش‌بینی تصادفات جرحی و غیرجرحی در تقاطع‌های چراغ‌دار	۲۰۰٤	افزایش حجم ترافیک و سرعت حرکت اعلام‌شده ، سبب تصادفات بیشتر می‌شود.

اگرچه پژوهش‌های مختلف تفاوت‌های اندکی در روش تحقیق شامل وزن دهی به پارامترها و ... دارند، شاید بتوان مهم‌ترین عاملی که تحقیقات پیشین (جدول ۱) را از یکدیگر و از پژوهش حاضر متمایز می‌سازد، متغیرهای انتخابی جهت

تحلیل و عدم توجه به ماهیت مکان‌مند تصادفات در تصادفات پیشین دانست.

۳- روش تحقیق

بررسی‌های انجام‌شده درزمینه ارتقا ایمنی عابرین در کشورهای موفق جهان این موضوع را آشکار می‌سازد که می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های علمی و اهمیت دادن به مکان و علل تصادفات عابر در معابر درون‌شهری، بخش قابل‌توجهی از تصادفات را کاهش داد. در علم ایمنی ترافیکی، یکی از موضوعات مهم، بررسی تاثیر عوامل موثر در کاهش یا افزایش ایمنی قشرهای مختلف استفاده کننده از شبکه راه‌ها است که یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های مورد استفاده در تحلیل و بررسی عوامل مختلف در تصادفات ترافیکی که منجر به کاهش ایمنی افراد می‌شود روش‌های آماری است. ازاین‌رو ضروری است که عوامل مؤثر در تصادفات تحلیل شده و میزان تأثیر عوامل مختلف در بروز تصادفات به‌صورت دقیق ارزیابی شود. بنابراین شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات عابرین پیاده که آسیب‌پذیرترین عامل در تصادفات ترافیکی می‌باشند ضروری است. تقاطعات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گره‌های ترافیکی در شبکه راه‌های شهری همواره بیشترین تصادفات وسایل نقلیه و عابرین پیاده را شامل می‌شود. که با تحلیل و بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات می‌توان از میزان و شدت تصادفات کاست. بااین‌وجود نظر به آنکه متدولوژی هر تحقیق بر پایه اهداف آن بنا شده است، در این مطالعه هدف تحلیل مکانی وقوع و بررسی عوامل مؤثر در تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات و میزان تأثیر عوامل مؤثر است. لذا، پس از جمع‌آوری و جداسازی رکوردهای موجود در گزارش سه‌ساله پلیس‌راهور رشت و همچنین بازدیدهای میدانی در منطقه موردمطالعه، چهارده فاکتور (مؤلفه) مهم و تأثیرگذار در تصادفات عابرین پیاده شناسایی و به سه دسته کلی فاکتورهای انسانی (جنسیت عابر، جنسیت راننده، سن عابر و سن راننده)، شرایط جوی (وضعیت آب‌وهوا و وضعیت سطح راه) و فاکتورهای هندسی و ترافیکی (هندسه محل، وضعیت روشنایی محل، نوع راه، ایام هفته، زمان تصادف، میانه، تعداد لاین و چراغ) تقسیم شدند. همچنین، پس از ژئوکدینگ و جانمایی آدرس مبنای تصادفات بر روی معابر در محیط GIS، به‌منظور یافتن تأثیر چهارده متغیر مستقل بر متغیر وابسته (تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات) از مدل آماری رگرسیون پواسون و به‌منظور یافتن تأثیر سه گروه کلی تقسیم شده (عوامل انسانی، شرایط جوی، عوامل ترافیکی- هندسی) بر متغیر وابسته از رگرسیون چندمتغیره استفاده شده است.

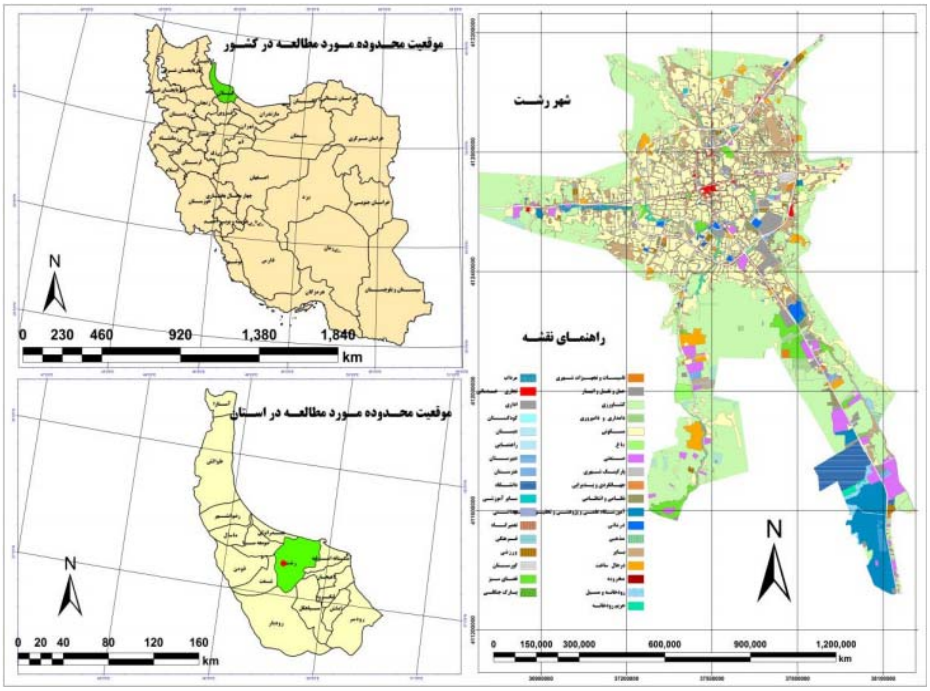


شکل ۱. روش پیشنهادی تحقیق

در واقع با استفاده از مدل‌های نام‌برده شده در تحلیل آماری می‌توان ارزیابی نمود که در هر یک از مدل‌ها، کدام متغیرها در رخداد تصادفات مؤثر و کدام نقش چندانی در رخداد تصادفات ندارند. همچنین با برازش مدل‌ها می‌توان کارایی آن‌ها را در ارزیابی تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات مقایسه نمود. از طرفی تحلیل‌های مکانی کمک می‌کند تا مناطقی که نیاز به توجه ویژه دارند، مشخص گردند. شناسایی این تقاطعات با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS سبب می‌شود تا اطلاعات مهمی درزمینه اینکه عموماً تصادفات در کدام تقاطع‌ها و با چه پراکنش و توزیع فضایی نسبت به معابر رخ می‌دهند به‌منظور تحلیل دلایل وقوع آن‌ها در اختیار قرار گیرد.

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر رشت یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان گیلان در شمال کشور است. از دیدگاه جغرافیایی شهر رشت در مرکز استان گیلان قرار دارد و مختصات آن در محدود بین ٤٩ درجه ۳۵ دقیقه و ٤٥ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ١٦ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن حدود ۱۰۲٤۰ هکتار است (حسن‌پور و همکاران ۱۳۹۰). در طی دهه‌های گذشته، شهر رشت نقش مرکزیت خود را در این منطقه نگه داشته است، به‌طوری‌که بخش زیادی از امکانات، خدمات و تسهیلات رفاهی را در خود جای‌داده است و مبتلا به نوعی رشد بزرگ‌سری گردیده که این امر می‌تواند ناشی از مهاجرت گسترده افراد به این شهر و عدم کارایی روستاها و شهرهای کوچک اطراف در نگهداری و جذب جمعیت و برقراری خدمات مناسب به ساکنان آن باشد (موسی‌کاظمی و همکاران ۱۳۹۱). همچنین شهر رشت به دلیل آب‌وهوای مناسب و مناظر طبیعی خوب علاوه بر جمعیت زیاد خود شهر، هرساله میزبان مردم سایر استان‌های کشور نیز هست که این شهر را به یکی از پرترافیک‌ترین شهرهای کشور تبدیل کرده است، به‌گونه‌ای که با گسترش شبکه ارتباطی، میزان رفت‌وآمد در منطقه زیاد شده است. در این راستا با افزایش رفت‌وآمد، هرساله تصادفات زیادی روی می‌دهد که بسیاری از این تصادفات منجر به مرگ می‌شود. این تصادفات به قشر و گروه خاص اختصاص ندارد بلکه قربانیان خود را از تمامی اقشار اهالی منطقه اعم از زن و مرد، راننده حرفه‌ای و معمولی و ... می‌گیرد.



شکل۲. منطقه مورد مطالعه

۳-۲- جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه از اطلاعات تصادفات عابرین پیاده شهر رشت، طبق گزارش سه‌ساله پلیس‌راه رشت (طی سال‌های ۱۳۹٤ تا ۱۳۹۷) استفاده شده است. در این پژوهش از میان داده‌های کل تصادف رخ‌داده در منطقه موردمطالعه، تعداد ٤٥٩ داده از تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات و فاکتورهای دخیل در آن جداشده و دسته‌بندی گردید. داده‌های جمع‌آوری‌شده مربوط به ١٦٧ تقاطع شهر رشت است. با توجه به گزارش پلیس راهنمایی رانندگی شهر رشت، یازده فاکتور مهم و تأثیرگذار در تصادفات عابرین پیاده مشخص شد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از بازدید میدانی سه فاکتور وجود یا عدم وجود چراغ راهنمایی، تعداد لاین و وجود یا عدم وجود میانه، شناسایی و کدگذاری شدند. براین اساس سه متغیر به‌عنوان متغیر مستقل و یک متغیر به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. متغیر وابسته عبارت است از تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات و متغیرهای مستقل نیز عبارت‌اند از: عوامل انسانی(سن عابر، سن راننده، جنسیت عابر و جنسیت راننده)، شرایط جوی (وضعیت اب‌و هوا، وضعیت سطح راه) و عوامل هندسی- ترافیکی (هندسه محل، وضعیت روشنایی، نوع راه، ایام هفته، زمان تصادف، میانه، تعداد لاین و چراغ راهنمایی). متغیرهای مورداستفاده تحقیق و خصوصیات آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲. متغیرهای مستقل و وابسته تحقیق

نام متغیر/ مؤلفه‌ها	مقادیر متغیرها	نوع متغیر	روش اخذ
تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات	شمارش تعداد تصادفات	وابسته	گزارش پلیس
عوامل انسانی			
جنسیت عابر	۱- مرد ۲-زن		گزارش پلیس
جنسیت راننده	۱- مرد ۲- زن	مستقل	گزارش پلیس
سن عابر	۱- کودک ۲-جوان ۳- میان‌سال ٤- پیر		گزارش پلیس
سن راننده	۱- جوان ۲- میان‌سال ۳- پیر		گزارش پلیس
شرایط جوی			
وضعیت آب‌وهوا	۱- صاف ۲- بارانی ۳- ابری	مستقل	گزارش پلیس
وضعیت سطح راه	۱- خشک ۲- خیس		گزارش پلیس
عوامل هندسی و ترافیکی			
هندسه محل	۱- سه‌راه ۲- چهارراه ۳- میدان		گزارش پلیس
وضعیت روشنایی محل	۱- روز ۲- شب روشن ۳- شب تاریک		گزارش پلیس
نوع راه	۱- اصلی ۲- فرعی		گزارش پلیس
ایام هفته	۱- یکشنبه ۲- دوشنبه ۳- سه‌شنبه ٤- چهارشنبه ۵- پنجشنبه ٦- جمعه ۷- شنبه	مستقل	گزارش پلیس
زمان تصادف	٢٤ ساعت شبانه‌روز		گزارش پلیس
میانه	۱- دارد ۲- ندارد		بازدید میدانی
لاین	۱-دوخطه ۲- چهارخطه ۳-شش خطه		بازدید میدانی
چراغ	۱-دارد ۲- ندارد		بازدید میدانی

٤- یافته‌های تحقیق

در این بخش از تحقیق پس از مطالعات داده‌ها و منطقه موردنظر و تقسیم‌بندی و نرمالیزه و پیش‌پردازش داده‌ها، تحلیل‌های فراوانی روی تعداد تصادفات در تقاطع‌های موردبررسی، انجام گرفت. با توجه به تراکم زیاد تعداد تصادفات در چندین تقاطع، طبق جدول۱۰ تقاطع‌های مهمی که بیشترین تصادفات در آن‌ها رخ داده بود، جداشده و درصد

تصادف هرکدام محاسبه شد. همچنین لایه منطقه موردمطالعه و شبکه راه‌های شهر رشت وارد GIS شده و اطلاعات مکانی و مختصات تقاطعات پرتصادف نیز با دستگاه سیستم مکان یابی جهانی ثبت‌شده و بر روی معابر ژئوکد و جانمایی شد. در ادامه داده‌هایی که بر اساس گزارش سه‌ساله پلیس‌راه رشت و بازدیدهای میدانی جمع‌آوری‌شده بود، در بخش آمار استنباطی با تحلیل رگرسیون پواسون و رگرسیون چندمتغیره، میزان تأثیر هریک از فاکتورهای شناسایی‌شده بر تصادفات عابرین پیاده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در ادامه تحلیل‌های انجام‌شده به‌تفصیل تشریح شده است.

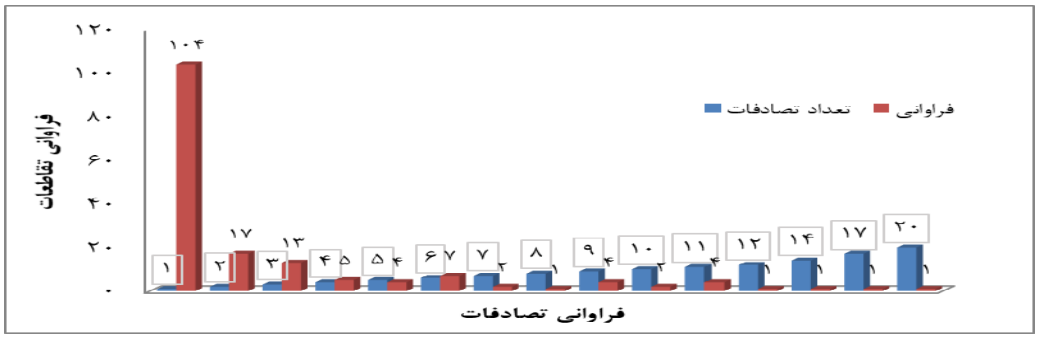
٤-١- تحلیل توصیفی داده‌ها

جهت تجزیه‌وتحلیل بهتر داده‌های موردبررسی لازم است که این داده‌ها ابتدا به لحاظ شاخص‌های آماری مورد تحلیل قرار بگیرند. در این مطالعه اطلاعات مربوط به تصادفات سال‌های ١٣٩٤ تا ١٣٩٧ عابرین پیاده در تقاطعات شهر رشت که با بازدید میدانی، GPS و رکوردهای موجود در گزارش سه‌ساله پلیس‌راهور رشت جمع‌آوری شد، تعداد ٤٥٩ رکورد برآورد شد که مربوط به ١٦٧ تقاطع شهر رشت است. در این راستا داده‌های گردآوری‌شده پردازش و دسته‌بندی شده و نتایج مربوط به تصادفات عابرین پیاده و فاکتورهای شناسایی‌شده مؤثر در تصادفات (عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی و هندسی معبر) به شرح زیر محاسبه شدند.

همان‌طور که از جدول ٢ قابل‌رؤیت است از ٤٥٩ تصادف عابر پیاده در ١٦٧ تقاطع موردبررسی، به‌طور متوسط، میانگین ٣/٢٢٨ است. این یافته نشان می‌دهد که در طی سال‌های موردمطالعه این تحقیق، بیشتر تقاطعات شهر رشت دارای یک یا دو تصادف بوده‌اند. شکل ٣ درک بهتری از رابطه فراوانی تقاطعات و فراوانی تصادفات را نشان می‌دهد.

جدول ٢. آمار توصیفی تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌ها

شاخص	تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات
میانگین	٣/٢٢٨
انحراف معیار	٢/٣٧٢
واریانس	٥/٦٣١
ماکزیمم	٢٠
مینیمم	١
تعداد	٤٥٩



طبق شکل ٣، تعداد ١٠٤ تقاطع دارای یک تصادف بوده‌اند و تنها یک تقاطع دارای ٢٠ تصادف بوده است. همچنین ٢٨ تقاطع از ١٦٧ تقاطع، بیش از ٥ تصادف داشته‌اند. لذا توجه بیشتر به ایمنی هندسه و علل تصادفات رخداده در این تقاطعات یکی از اقدامات مناسب در جهت افزایش ایمنی عابرین پیاده خواهد بود.

٤-٢-رگرسیون پواسون

مدل رگرسیون پواسون زیرمجموعه‌ای از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته است. در رگرسیون پواسون، متغیر وابسته عددی یا شمارشی، دارای توزیع پواسون است. رگرسیون پواسون نوعی از تحلیل و بررسی رگرسیونی است که برای مدل‌سازی داده‌های شمارشی با فراوانی کم کاربرد دارد، ازاین‌رو توزیع پواسون به دلیل شمارشی بودن متغیر وابسته، یک توزیع گسسته است. بدین ترتیب مدل‌های خطی کلاسیک برای بررسی متغیرهای مستقلی که متغیر وابسته آن‌ها شمارشی بوده و دارای فراوانی کم است مناسب نبوده و برای آنالیز آن‌ها از مدل‌های خطی- لگاریتمی و توزیع پواسون استفاده می‌شود(Kaps & Lamberson, 2004). بر این اساس علت انتخاب این مدل برای تحقیق به نوع متغیر وابسته موردمطالعه یعنی تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات برمی‌گردد.

٤-٢-١- بررسی معناداری متغیرهای مؤثر کلی بر تعداد تصادفات رخ‌داده در تقاطعات

مدل بندی آماری، تغییرات مشاهده‌شده در داده‌ها را از طریق معادلات ریاضی تبیین می‌نماید. در این راستا هنگامی‌که متغیر وابسته (تعداد تصادفات در تحقیق حاضر) گسسته باشد مدل رگرسیون پواسون مورداستفاده قرار می‌گیرد. براین اساس نتایج حاصل از ارزیابی رگرسیون پواسون با برقراری پیش‌فرض‌های استفاده از این رگرسیون به شرح زیر است.

جدول ۳. معناداری متغیرهای مؤثر بر تصادفات

نوع متغیر	سطح معناداری	نسبت درست نمایی کای اسکوئر
عوامل انسانی	۰/۰٤٦	۹۸/۸۲۷
شرایط جوی	۰/۰٤۱۹	۱۱۱/۳٤۱
عوامل ترافیکی و هندسی	۰/۰۰۰	۱۰۱/٦٤٥

با توجه به نتایج آزمون میزان برازش مدل در جدول۳ سطح معناداری مقدار کای اسکوئر برای متغیر عوامل انسانی با مؤلفه‌های مورد بررسی (جنسیت عابر، جنسیت راننده، سن عابر و سن راننده) ۰/۰٤٦ به دست آمد(P<۰/۰۵). آماره لگاریتم درست نمایی به‌عنوان معیار نکویی برازش مدل استفاده می‌شود. مقدار لگاریتم درست نمایی برای مؤلفه‌های مورد ارزیابی ۹۸/۸۲۷ به‌دست‌آمده است، لذا مدل مورداستفاده مناسب است. متغیر شرایط جوی از دو مؤلفه (وضعیت آب‌وهوا و وضعیت سطح راه) تشکیل شده است. سطح معناداری مقدار کای اسکوئر آزمون میزان برازش مدل برای متغیر شرایط جوی با مؤلفه‌های (وضعیت آب‌وهوا و وضعیت سطح راه) ۰/۰٤۱۹ به دست آمد (P<۰/۰۵). آماره لگاریتم درست نمایی نیز ۱۱۱/۳٤۱ برآورد شده است. نتایج آزمون میزان برازش مدل سطح معناداری مقدار کای اسکوئر برای متغیر مربوط به جریان ترافیک با مؤلفه‌های (هندسه محل، وضعیت روشنایی محل، نوع راه، ایام هفته، زمان تصادف، میانه، لاین و چراغ) ۰/۰۰۰ به دست آمد. همچنین آماره لگاریتم درست نمایی برای مؤلفه‌های مورد سنجش ۱۰۱/٦٤٥ به دست آمد.

٤-٣- رگرسیون چند متغیره

با توجه به تأثیر مؤلفه‌های شناسایی‌شده بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با استفاده از رگرسیون پواسون، با استفاده از رگرسیون چند متغیره سعی می‌شود تأثیر متغیرهای عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات سنجیده شود و با استفاده از ضریب تعیین (R^2) ارزیابی گردد که متغیرهای مورد مطالعه چقدر از تغییرات تصادفات را تبیین نموده‌اند. براین اساس با توجه به آنکه عوامل انسانی از چهار مؤلفه، شرایط جوی از دو مؤلفه و عوامل ترافیکی از هشت مؤلفه تشکیل‌شده‌اند، با استفاده از

مقیاس سازی داده‌های گردآوری‌شده که شامل جنسیت عابر، جنسیت راننده، سن عابر، سن راننده، وضعیت آب‌وهوا، وضعیت سطح راه، هندسه محل، وضعیت روشنایی محل، نوع راه، ایام هفته، زمان تصادف، میانه، لاین و چراغ هستند، نمرات این مؤلفه‌ها ترکیب شده و به‌صورت مقیاس عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی برآورد شده است.

٤-٣-١- برازش هم خطی در رگرسیون چندمتغیره

در این مرحله جدول ضرایب، جهت بررسی همخطی متغیرهای مستقل بررسی شد. در جدول٤ نتایج ستون آماره تحمل یا تولرانس نشان‌دهنده میزان همخطی متغیرهای مستقل است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده میزان آماره تحمل در بین سه متغیر مستقل بیشتر از ٤٠٪ است و هم خطی بین متغیرها وجود ندارد. با توجه به جدول فوق میزان آماره تحمل در متغیر عوامل انسانی برابر با ۰/۷۸٦است بدین معناست که حدود ۷۹٪ درصد از واریانس متغیر عوامل انسانی توسط دیگر متغیرهای مستقل(شرایط جوی و عوامل ترافیکی) تبیین نشده است. میزان آماره تحمل در متغیر شرایط جوی برابر با ۰/۷۹۲ است. از این‌رو حدود ۷۹٪ درصد از واریانس متغیر شرایط جوی توسط دیگر متغیرهای مستقل (عوامل انسانی و عوامل ترافیکی) تبیین نشده است. همچنین در متغیر عوامل ترافیکی- هندسی نیز آماره تحمل ۰/٦۹۹ برآورد شده است. براین اساس حدود ۷۰٪ از واریانس متغیر عوامل ترافیکی- هندسی توسط دیگر متغیرهای مستقل (عوامل انسانی و شرایط جوی) تبیین نشده است.

جدول ٤. برازش همخطی بین متغیرهای مستقل

مدل	ضریب غیراستاندارد	خطای استاندارد	ضریب استاندارد شده	آماره t	سطح معناداری	آماره تحمل (تولرانس)
عرض از مبدا	۳/٥۹۸	۱/۱۲۷	–	۳/۱۹٤	۰/۰۰۲	–
عوامل انسانی	۰/۱۰۱	۰/۰۸۸	۰/٥٤	۲/۱٤۷	۰/۰۲٥	۰/۷۸٦
شرایط جوی	۰/۱٤۷	۰/۱٤۸	۰/٤۷	۲/۹۹۳	۰/۰۳۲	۰/۷۹۲
متغیرهای ترافیکی-هندسی معبر	۰/٥۳	۰/۰٥٥	۰/٤٥	۲/۹٥۷	۰/۰۳۳	۰/٦۹۹

٤-٤- تحلیل فراوانی و پراکندگی مکانی تقاطعات پر تصادف

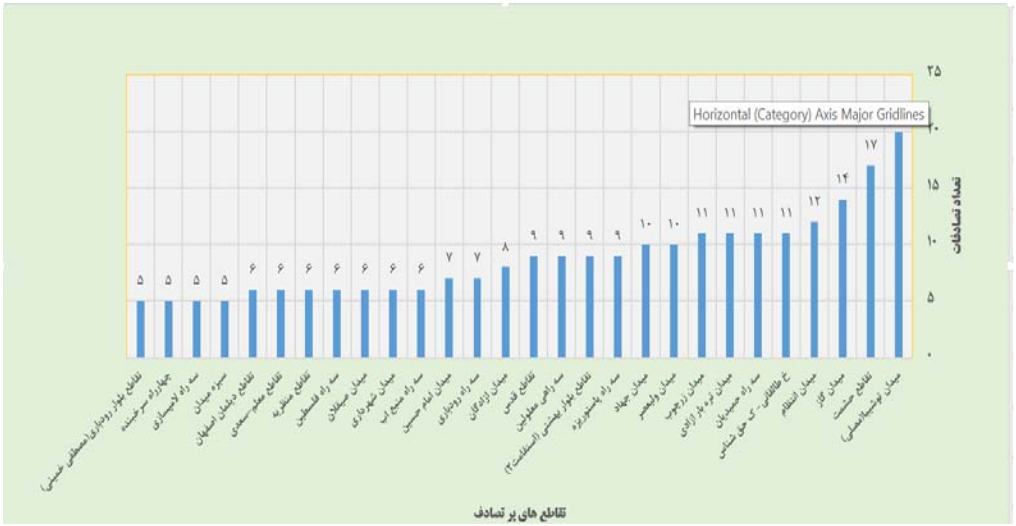
با توجه به نمودار فراوانی تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات که طبق شکل ۳ مشخص شد، بیش از نصف تصادفات عابرین پیاده در ۲۸ تقاطع اتفاق افتاده که می‌توان این تقاطعات را مهم‌ترین و پرخطرترین تقاطعات شهر رشت معرفی کرد. جدول ٥ به‌صورت دقیق‌تری این موضوع را تشریح می‌کند.

جدول ٥. تقاطعات مهم با بیشترین تصادفات

تقاطع	تعداد تصادف	درصد	تقاطع	تعداد تصادف	درصد
میدان توشیبا (مصلی)	۲۰	٤,۳	میدان آزادگان	۸	۱,۷
تقاطع حشمت	۱۷	۳,۷	سه‌راه رودباری	۷	۱,٥
میدان گاز	۱٤	۳	میدان امام حسین	۷	۱,٥
میدان انتظام	۱۲	۲,٦	سه‌راه منبع آب	٦	۱,۳
خ طالقانی- ک حق‌شناس	۱۱	۲,٤	میدان شهرداری	٦	۱,۳

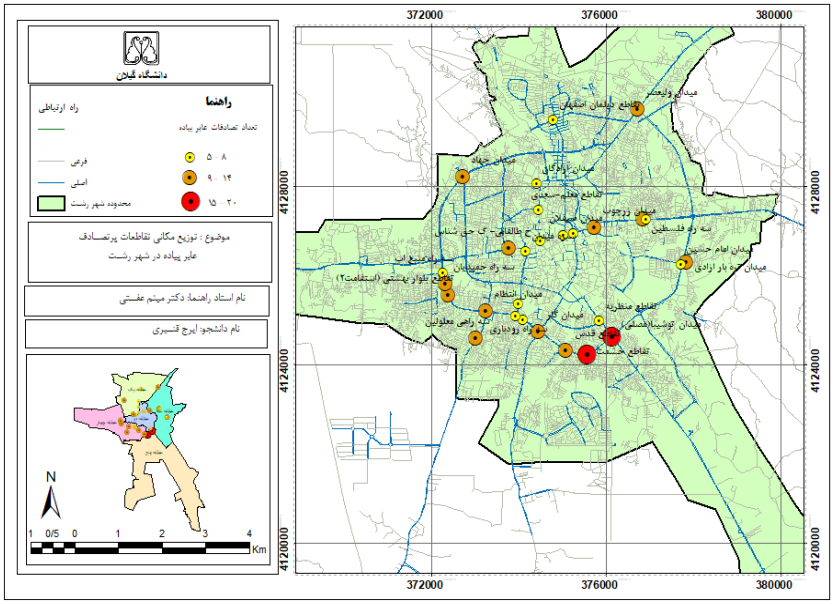
سه‌راه حمیدیان	۱۱	۲,٤	میدان صیقلان	٦	۱,۳
میدان تره‌بار آزادی	۱۱	۲,٤	سه‌راه فلسطین	٦	۱,۳
میدان زرچوب	۱۱	۲,٤	تقاطع منظریه	٦	۱,۳
میدان ولیعصر	۱۰	۲,۲	تقاطع معلم–سعدی	٦	۱,۳
میدان جهاد	۱۰	۲,۲	تقاطع دیلمان اصفهان	٦	۱,۳
سه‌راه پاستوریزه	۹	۲	سبزه‌میدان	۵	۱
تقاطع بلوار بهشتی (استقامت۲)	۹	۲	سه‌راه لامپ سازی	۵	۱
سه‌راهی معلولین	۹	۲	چهارراه سرخبنده	۵	۱
تقاطع قدس	۹	۲	تقاطع بلوار رودباری(مصطفی خمینی)	۵	۱

با توجه به جدول ٦، تقاطع‌های میدان توشیبا با ۲۰ تصادف (٤/۳٪)، چهارراه حشمت با ۱۷ تصادف (۳/۷٪)، میدان گاز با ۱٤ تصادف (۳٪)، میدان انتظام با ۱۲ تصادف (۲/٦٪)، تقاطعات طالقانی– حق‌شناس، حمیدیان، تره‌بار آزادی و میدان زرچوب با ۱۱ تصادف(۲/٤٪) و میدان ولیعصر و میدان جهاد با ۱۰ تصادف (۲/۲٪) پرخطرترین تقاطعات شهر رشت برای عابرین پیاده شناخته شدند. تعداد ۲۸ تقاطع پرخطر از ۱٦۷ تقاطع مورد بررسی که در کل ٥٤ درصد کل تصادفات را شامل می‌شدند، طبق شکل٤ جدا شده و موقعیت مکانی هرکدام تحلیل شد.

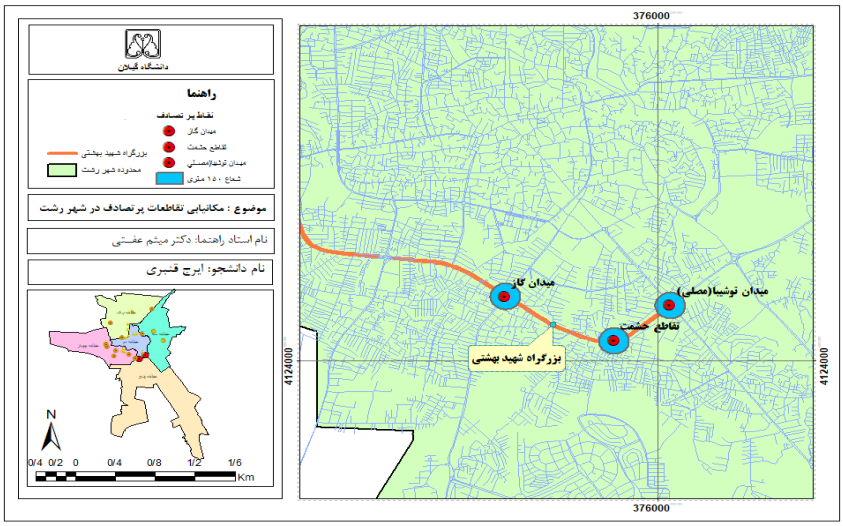


شکل٤. فراوانی تصادف در تقاطعات پرتصادف

توزیع مکانی تقاطعات پرتصادف با استفاده از GIS تجزیه‌وتحلیل شد، به‌طوری‌که لایه‌ی مرزی و لایه شبکه راه‌های شهر رشت تهیه شده و سپس مختصات هرکدام از تقاطعاتی که بیشتر از ۵ تصادف عابر پیاده داشتند طی بازدید میدانی توسط دستگاه GPS ثبت گردید و در محیط GIS بر روی لایه راه‌ها جانمایی شد. سپس با استفاده از تحلیل‌های نمادگذاری و آماری، GIS نقشه تجمع مکانی تصادفات در تقاطع‌ها مطابق شکل ۵ ایجاد گردید. در این راستا استفاده از تحلیل‌های مکانی به دلیل امکان دسترسی به بهره‌برداری و هم‌پوشانی مناسب از کلیه اطلاعات مکانی و توصیفی و امکان هرگونه فعالیت بازنگری اطلاعات و وارد نمودن اصلاحات و برروزسانی آتی تصادفات رخ‌داده در تقاطعات دارای اهمیت است. همان‌طور که از شکل ۵ قابل‌رؤیت است، میدان توشیبا، تقاطع حشمت و میدان گاز به ترتیب بالاترین میزان تصادفات عابرین پیاده را در بازه سال‌های ۱۳۹٤ تا ۱۳۹۷ را در شهر رشت داشته‌اند و پرریسک‌ترین تقاطعات برای عابرین پیاده شناخته شدند. همچنین از منظر منطقه‌ای، مناطق ۲ و ٤ شهر رشت بیشترین تقاطعات دارای تصادف را داشته‌اند.



شکل ۵. پراکندگی تقاطعات پرتصادف



شکل ٦. موقعیت مکانی سه تقاطع پر تصادف

طبق شکل ٦، سه تقاطع خروجی (میدان توشیبا، تقاطع حشمت و میدان گاز) شهر رشت که بیشترین تصادفات عابرین پیاده را شامل می‌شدند در بزرگراه شهید بهشتی واقع شده‌اند. ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت این بزرگراه در تصادفات عابرین پیاده تأثیر بسزایی داشته است. بر این اساس هرگونه اقدامی درجهت افزایش ایمنی هندسی و ترافیکی بزرگراه شهید بهشتی، مانند احداث پل‌های عبور عابر پیاده، ایجاد سرعت‌گیر و ... می‌تواند تصادفات عابرین پیاده در این سه تقاطع را تا میزان زیادی کاهش دهد. همچنین با توجه به موقعیت مکانی تقاطعات پرتصادف می‌توان دریافت که کاربری‌های اطراف همچون مجتمع مسکونی، بانک‌ها، بازرگانی و اداری، مراکز تجاری و مراکز آموزشی بر افزایش تصادفات عابر در تقاطعات مؤثر هستند. جدول ۷ ویژگی کاربری‌های اطراف سه تقاطع پرتصادف را نشان می‌دهد.

جدول ٦. مشخصات مکانی سه تقاطع پرتصادف

نام تقاطع	هندسه تقاطع	کاربری‌های مهم اطراف (به شعاع ۱۵۰ متر)	پل روگذر عابر	موقعیت مکانی در سطح شهر
توشیبا	میدان	مسجد، بانک، مغازه‌های تجاری زیاد، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، دفتر اداری کارخانه	ندارد	X 376126 56 Y 4124630 01
حشمت	چهارراه	بیمارستان، بانک، مغازه‌های تجاری زیاد، مجتمع ورزشی، ساختمان‌های اداری	دارد	X 375802 62 Y 4124388 20
گاز	میدان	بانک، مراکز آموزشی، مراکز تجاری زیاد، کلینیک، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	دارد	X 374452 99 Y 4124747 35

طبق جدول ٦ می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر کاربری‌های اطراف هر سه تقاطع مراکز تجاری و بانک‌ها و ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی بوده است. این یافته نشان می‌دهد که کاربری‌های تجاری و عمومی اطراف تقاطعات با تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات در ارتباط است. این نتایج با تحقیقات Karl و همکاران نیز همسو است (Kim et al., 2010). همچنین رتبه یک و دو تقاطعات پرتصادف، در اطرافشان پل روگذر عابر پیاده وجود نداشته که می‌توان نتیجه گرفت این موضوع با افزایش تصادفات عابرین در تقاطعات و اطراف آن‌ها در ارتباط است.

٤-٥- نتایج و پیشنهادات تحقیق

نتایج حاصل از اثرات مؤلفه‌های مدل رگرسیون پواسون نشان داد که جنسیت راننده، سن راننده و سن عابر ازنظر آماری معنادار است ($P < 5\%$) و جنسیت عابر ازنظر آماری معنادار نیست ($P > 5\%$). بدین ترتیب نتایج تأثیر کلی مؤلفه‌ها به شرح جدول۷ است.

جدول۷. نتایج برازش رگرسیون پواسون تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با استفاده از مؤلفه‌های عوامل انسانی

مؤلفه‌ها	مقادیر مؤلفه‌ها	برآورد	نسبت خطر EXP($\hat{\beta}$)	فاصله اطمینان نسبت خطر EXP($\hat{\beta}$)	خطای استاندارد	سطح معناداری
جنسیت عابر	زن	–	–	–	–	–
	مرد	–	–	–	–	–
جنسیت راننده	زن	۰/۰٤۳	۱/۱۲۳	(۱/۱۱۲ ،۱/٤۱)	۰/۲۰۹۲	۰/۰۲٤
	مرد	۰/۰۹	۱/۰۹٤	(۰/۹۳٤ ،۱/۲۸۲)	۰/۰۸۰۹	۰/۰۲٦
سن عابر		۰/۰٦	۰/۹٤۹	(۰/۸۹٤ ،۰/۹۸۸)	۰/۰۲٥٦	۰/۰۱٥
سن راننده		۰/۱۱	۱/۰۱۱	(۰/۹٤٤۱ ،۱/۰۸۳)	۰/۰۳٥۱	۰/۰٤۷
Intercept		۱/۲۲۱	۳/۳۹۱	(۲/٦٤٦ ،٤/۳٤٦)	۱/۲٦٦	۰/۰۰۰
AIC	۱۹۸۱/۳۳۳					
BIC	۲۰۰۱/۹۷۸					

AIC: معیار ارزیابی اطلاعات آیکاکه

BIC: معیار ارزیابی اطلاعات بیزی

نتایج حاصل از برازش رگرسیون پواسون نشان داد که جنسیت راننده، سن عابر و سن راننده بر تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات تأثیرگذار است (سطح معناداری مؤلفه‌های مورد ارزیابی کمتر از ۵٪ برآورد شده است). در این راستا راننده زن٤/۳٪ و راننده مرد ۹٪ تصادفات را افزایش داده‌اند. سن عابر و سن راننده نیز به ترتیب با ٦٪ و ۱۱٪ تصادفات را افزایش داده‌اند. علت این امر می‌تواند ناشی از اعتمادبه‌نفس زیاد آقایان و بی‌احتیاطی آن‌ها در رانندگی باشد. همچنین با توجه به سطح معناداری مقدار کای اسکوئر برای متغیر شرایط جوی در جدول ۸، نتایج اثرات مؤلفه‌ها در مدل، معنادار بودن وضعیت آب‌وهوا و وضعیت سطح راه را نشان داد.

جدول ۸. نتایج برازش رگرسیون پواسون تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با استفاده از مؤلفه‌های شرایط جوی

مؤلفه‌ها	مقادیر مؤلفه‌ها	برآورد	نسبت خطر EXP($\hat{\beta}$)	فاصله اطمینان نسبت خطر EXP($\hat{\beta}$)	خطای استاندارد	سطح معناداری
وضعیت آب‌وهوا	صاف	۰/۰۳٥	۱/۰۳۳	(۱/۲٤۷ ،۰/۸٥٥)	۰/۰۹٦۳	۰/۰٤۳
	بارانی	۰/۰۷۱	۰/۹۳۲	(۱/۲٦۰ ،۰/٦۸۹)	۰/۱٥٤	۰/۰٤٤
	ابری	-۰/۰۲۷	۱/۱۰٥	(۱/٥۷۰ ،۰/٤٤۰)	۰/۰۸٥٤	۰/۰۰٤
وضعیت سطح راه		-۰/۰۱۱	۱/۰۱۱	(۱/۳۳٦ ،۰/۷٦٦)	۱/٤۱۹	۰/۰۳۹
Intercept		۱/۱٤۲	۳/۱۳۳	(۲/۱٦۳ ،٤/٥۳۹)	۰/۱۸۹	۰/۰۰۰
AIC	۱۹۸٦/۸۱۸					
BIC	۲۰۰۳/۳۳٤					

یافته‌های جدول ۹ حاکی از آن است که در هوای ابری، تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات ۳٪ کاهش داشته است، لذا کاهش لگاریتم مورد انتظار تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات ۰/۰۲۷- است. بنابراین هوای ابری تأثیر منفی بر تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات دارد. اما هوای صاف و بارانی ٤٪ و ۷٪ تصادفات را افزایش داده‌اند. همچنین وضعیت سطح راه با تأثیر کاهنده ۱٪ بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات اثرگذار است. بر اساس سطح معناداری و نسبت درست نمایی کای اسکوئر برای متغیر عوامل ترافیکی، نتایج زیر به دست آمد.

جدول ۹. نتایج برازش رگرسیون پواسون تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات با استفاده از مؤلفه‌های عوامل ترافیکی

مؤلفه‌ها	مقادیر مؤلفه‌ها	برآورد	نسبت خطر $EXP(\hat{\beta})$	فاصله اطمینان نسبت خطر $EXP(\hat{\beta})$	خطای استاندارد	سطح معناداری
هندسه محل	سه‌راه	۰/۱۲٦	۰/۸۸۱	(۱/۰۱۵ ،۰/۷٦۵)	۰/۰۷۲	۰/۰۳۰
	چهارراه	۰/۱۹۵	۰/۸۲٤	(۰/۹٤۷ ،۰/۷۱۷)	۰/۰۷۱	۰/۰۰٦
	میدان	۰/۱۷۲	۰/۸۳٤	(۰/۹۱۹ ،۰/۷۳۰)	۰/۰۷۸	۰/۰۳۱
وضعیت روشنایی محل	روز	۰/۱٤۷	۰/۸٦۳	(۱/۱٤۰ ،۰/٦۵۳)	۰/۱٤۲	۰/۰۱۳
	شب روشن	۰/۲۱۹	۰/۸۰٤	(۱/۰٦۸ ،۰/٦۰۵)	۰/۱٤٤	۰/۰٤۲
	شب تاریک	۰/۱۸۱	۰/۷۵۹	(۱/۰۳۷ ،۰/۵۸۲)	۰/۱٤۱	۰/۰۰٤
نوع راه	اصلی	۰/۲٦۹	۱/۳۰۹	(۱/۷۸٤ ،۰/۹٦۰)	۰/۱۵۸	۰/۰٤۸
	فرعی	۰/۱۱۰	۱/۱۰۵	(۰/۹٤۲ ،۰/۸٤۵)	۰/۱۲۱	۰/۰۰۱
میانه	دارد	۰/۰۳۸	۰/۹۷۳	(۱/۱۲۲ ،۰/۸٤۳)	۰/۰۷۲	۰/۰۰٦
	ندارد	۰/۰۲۱	۰/۸۸۷	(۱/۰۲۲ ،۰/۸۳٤)	۰/۰۷۳	۰/۰۳۵
لاین	دوخطه	۰/۰۹	۰/۹۰٦	(۱/۱۳۰ ،۰/۷۲٦)	۱/۱۲۸	۰/۰۳۸
	چهارخطه	۰/۲٦۳	۰/۷٦۹	(۰/۸۷۸ ،۰/٦۷۳)	۰/۰٦۸	۰/۰۰۰
	شش خطه	۰/۲۹۵	۰/۸۰۳	(۰/۸٦۸ ،۰/۷۲۲)	۰/۰۷۱	۰/۰۰۱
چراغ	دارد	۰/۳۷۵	۱/٤۵۵	(۱/٦۵۸ ،۱/۲۷۸)	۰/۰٦٦	۰/۰۰۰
	ندارد	۰/۳۹۵	۰/۸۵٤	(۱/۰۱۳ ،۰/۸٤٦)	۰/٦۷۵	۰/۰۰۱
ایام هفته		۰/۰۲	۱/۰۰۲	(۱/۰۲۸ ،۰/۹۷٦)	۰/۰۱۳	۰/۰۲۱
زمان تصادف		۰/۰۵	۰/۹٤٦	(۱/۰۵۳ ،۰/۸٤۹)	۰/۰۵۵	۰/۰۳۱
Intercept		۱/۱٤۰	۳/۱۲٦	(۵/۰۱٤ ،۱/۹٤۹)	۰/۲٤۱	۰/۰۰۰
		۱۹۰۲/۵۱٤				
		۱۹۵۲/۰٦۳				

یافته‌های جدول فوق حاکی از آن است که تعداد تصادفات عابران پیاده در تقاطعات در سه‌راه ۰/۸۸۱، در چهارراه ۰/۸۲٤ و در میدان ۰/۸۳٤ برابر بیشتر شده است. سه‌راه ۱۳٪، چهارراه ۲۰٪ و میدان ۱۷٪ بر تصادفات تأثیرگذار بوده‌اند. در این راستا چهارراه سهم تصادفات بالاتری را به خود اختصاص داده است. همچنین نتایج روشنایی محل نشان داد که میزان تأثیر مثبت روز، شب روشن و شب تاریک بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات ۰/۱٤۷، ۰/۲۱۹ و ۰/۱۸۱ واحد بوده است که نشان می‌دهد به ازای یک واحد تغییر در وضعیت روشنایی راه تعداد تصادفات در روز ۱۵٪، در شب روشن ۲۲٪ و در شب تاریک ۱۸٪ افزایش یافته است. همچنین راه اصلی ۲۷٪ و راه فرعی ۱۱٪ تعداد تصادفات را افزایش داده‌اند. وجود میانه ۳٪ و عدم وجود میانه ۲٪ بر تصادفات تأثیرگذار بوده‌اند. با افزایش تعداد لاین میزان تصادفات افزایش داشته است، به‌طوری‌که یافته‌ها نشان می‌دهد راه‌های شش لاینه ۳۰٪ بر تصادفات تأثیر داشته‌اند. نبود چراغ در تقاطعات بیشترین تأثیر را بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات دارد، به‌گونه‌ای که نبود چراغ ٤۰٪ بر میزان تصادفات افزوده است. ایام هفته و زمان تصادف با تأثیر ۲٪ و ۵٪ اثر مثبتی بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات داشته‌اند. نتایج حاصله از تخمین نهایی رگرسیون چندمتغیره که در

جداول زیر ارائه شده است نشان می‌دهد که ضرایب تمام متغیرهای تخمین نهایی الگو در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار بوده‌اند. با توجه به جدول۱۰ مقدار ضریب همبستگی چندگانه (R) برابر است با ۰/۷۱۰ و اشاره به همبستگی قوی بین متغیرهای (عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی) با تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات دارد. ضریب تعیین (R^2) بیانگر آن است که متغیرهای مستقل می‌توانند ۵۵٪ از تغییرات متغیر وابسته را تبیین کنند. بدین ترتیب نتایج حاصل از تأثیر عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی بر تعداد تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات به شرح جدول ۱۱ است.

جدول ۱۰. خلاصه مدل تخمین رگرسیون چندمتغیره

مدل	ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	خطای استاندارد تخمین
۱	۰/۷۱۰	۰/۵۵۲	۰/۵۱٤	۲/٦۳۷

جدول۱۱. برازش همخطی بین متغیرهای مستقل

مدل	ضریب غیراستاندارد	خطای استاندارد	ضریب استانداردشده	آماره t	سطح معناداری	آماره تحمل (تولرانس)
عرض از مبدأ	۳/۵۹۸	۱/۱۲۷	-	۳/۱۹٤	۰/۰۰۲	-
عوامل انسانی	۰/۱۰۱	۰/۰۸۸	۰/۵٤	۲/۱٤۷	۰/۰۲۵	۰/۷۸٦
شرایط جوی	۰/۱٤۷	۰/۱٤۸	۰/٤۷	۲/۹۹۳	۰/۰۳۲	۰/۷۹۲
متغیرهای مکانی و هندسه معبر	۰/۵۳	۰/۰۵۵	۰/٤۵	۲/۹۵۷	۰/۰۳۳	۰/٦۹۹

بر اساس جدول ۱۱ اگر سطح معناداری (Sig) کمتر از ۰/۰۵ و قدر مطلق t بیشتر از ۱/۹٦ باشد نشان می‌دهد که متغیرهای پیش‌بین بر متغیر ملاک تأثیر معناداری دارند. همان‌گونه که از جدول ۱۲ مشخص است هر سه عامل عوامل انسانی، شرایط جوی و عوامل ترافیکی–هندسی سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ داشته و معنادار شده‌اند. همچنین عوامل انسانی با ٥٤٪ بیشترین تأثیر را نسبت به شرایط جوی با ٤۷٪ و عوامل ترافیکی با ٤۵٪ بر تصادفات داشته است. بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان راهکارهایی در جهت کاهش تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات ارائه کرد. ازآنجاکه تصادفات عابران پیاده در ساعات اوج با افزایش تعداد تصادف عابر پیاده همراه است، توصیه می‌شود که هندسه تقاطعات که تأثیر زیادی در تصادفات عابرین داشته و همچنین در ترافیک ساعات اوج نیز مؤثر است در حد توان مطابق با استانداردها ساخت و یا تعمیر شده و بهترین فازبندی چراغ راهنمایی رانندگی در تقاطعات انتخاب شود. همچنین با توجه به نتایج تحلیل مکانی تقاطعات، تمرکز و اهمیت دادن سازمان‌ها و مسئولان مربوطه شهر رشت به ۲۸ تقاطع پرتصادف ذکرشده بخصوص تقاطعات میدان توشیبا، چهارراه حشمت و میدان گاز، می‌تواند تصادفات عابرین پیاده را در تقاطعات تا حد زیادی کاهش دهد. علاوه بر این، قرار دادن خطوط عبور عابر پیاده‌ی استاندارد در تقاطع‌های بی‌چراغ و همچنین احداث پل‌های عبور عابر پیاده در راه‌های اصلی و راه‌های با تعداد لاین بالا توصیه می‌شود زیرا براساس نتایج این تحقیق بیشتر تصادفات عابرین در راه‌های اصلی و تعداد لاین بالا صورت گرفته است.

ازآنجایی‌که خطای عابرین پیاده با آسیب شدید عابر پیاده ناشی از تصادف در ارتباط است، توصیه می‌شود که کمپین‌های آگاهی‌رسانی و آموزش ایمنی مدنظر قرار گیرد تا هر دو عابر پیاده و رانندگان طبق قوانین عمل کنند. نمونه‌هایی از برنامه‌های آموزشی می‌تواند شامل افزایش آگاهی عمومی در مورد ایمنی عابرین پیاده از طریق رسانه‌ها، برجسته کردن امکانات مربوط به ایمنی عابر پیاده در هنگام نصب زیرساخت‌های جدید، انجام جلسات داخلی درون سازمان برای بهبود پشتیبانی کارمندان برای برنامه‌های ایمنی عابر پیاده و توسعه روابط کاری با آژانس‌های دولتی و ذینفعان در ایمنی عابر پیاده می‌تواند باشد. ازآنجایی‌که عابر پیاده‌های بسیار مسن بیشترین تصادفات را در

هر دو تقاطع چراغ‌دار و بی چراغ قرار داشتند، جمعیت مسن می‌تواند یکی از مهم‌ترین گروه‌های هدف در برنامه‌های آموزشی باشد.

۵-نتیجه‌گیری

یکی از اهداف اصلی متولیان ایمنی معابر درون‌شهری کاهش تصادفات است. تقاطع‌ها یکی از مهم‌ترین موقعیت‌های هندسی شبکه راه‌های درون‌شهری محسوب می‌شوند که بخشی از تصادفات عابرین پیاده در آن‌ها رخ می‌دهد. برای مثال در منطقه موردمطالعه این تحقیق در بازه زمانی سه سال، از ۲۰۲۹ رکورد تصادفات عابر رخ داده، تعداد ٤٥٩ رویداد (٢٢/٦ درصد کل تصادفات عابر) در تقاطع‌ها رخ داده است. در این پژوهش ضمن تحلیل عوامل مؤثر در تصادفات عابرین پیاده بر اساس رکوردهای تصادفات پیشین و بررسی میزان تأثیر هرکدام بر تعداد تصادفات عابرین در تقاطع‌ها با استفاده از تحلیل‌های آماری رگرسیون پواسون و رگرسیون چندمتغیره، از رویکردی GIS مبنا به‌منظور شناسایی و جانمایی تقاطع‌های پرتصادف در معابر کلان‌شهر رشت استفاده نمود. نتایج تحقیق نشان داد که:

- نبود چراغ راهنمایی با ٤٠٪ بیشترین تأثیر را در تصادفات عابرین در تقاطع‌ها داشته است.
- وجود معابر شش خطه، ٢٩/٥٪ در تصادفات نقش داشته است.
- راه‌های اصلی، ٢٧٪ در تصادفات نقش داشته است.
- تاریکی شب، ٢٢٪ در تصادفات نقش داشته است.
- چهارراه‌ها، ١٩/٥٪ در تصادفات نقش داشته است.
- سن راننده، ١١٪ در تصادفات نقش داشته است.

با توجه به تحلیل‌های انجام شده، موارد اشاره شده بیشترین تأثیر را در تصادفات عابرین پیاده در تقاطع‌ها داشته‌اند. نتایج این مطالعه می‌تواند به اقدامات اجرایی مناسب برای کاهش تعداد تصادفات و افزایش ایمنی عابران پیاده کمک کند. بر این اساس سازمان‌های مربوطه می‌توانند به‌منظور اصلاح مشخصات ترافیکی و هندسی تقاطع‌های پرتصادف و همچنین اعمال قوانین بازدارنده اقدام نمایند تا خسارت‌های جانی و مالی عابرین و وسایل نقلیه در تقاطع‌ها کاهش یابد. لازم به ذکر است که اگرچه این مطالعه چندین عامل مهم دخیل در تعداد تصادف عابر پیاده در تقاطع‌ها را شناسایی کرد، بااین‌حال برخی از عوامل هندسی، ترافیکی و بخصوص رفتارهای رانندگان و عابرین را نمی‌توان به‌صورت دقیق مدل‌سازی و تحلیل کرد، چراکه بعضاً داده‌های دقیق و جامعی از این فاکتورهای مؤثر در دسترس نیستند.

٦- مراجع

-آیتی، ا. و قاسمی، م. (۱۳۸۸). پیش‌بینی فراوانی تصادف‌های جرحی در تقاطع‌های چهار شاخه چراغ‌دار. *پژوهشنامه حمل و نقل*.

-ثقفی اصل، آ. (۱۳۸۸). اهمیت و نقش پیاده راه در شبکه حمل‌ونقل شهر پایدار. *نهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران*.

-حسن‌پور لسکوکلایه، ر. و حیدرزاده، م. (۱۳۹۰). تحلیل بر تغییرات شبکه و نظام شهری شهرستان رشت در سه دهه گذشته. علمی-ترویجی (وزارت علوم).

- بهبهانی، ح. عفتی، م و مرتضایی، س. (۱۳۹۸). داده‌کاوی تصادفات برون شهری با رویکرد آماری و تحلیل عاملی، (مورد مطالعه: آزادراه و محور قدیم قزوین- لوشان). فصلنامه علمی پژوهشی جاده، دوره ۲۷، شماره ۹۹، ٤٦-۳۵.

- زینلی، س. حسینعلی، ف. صادقی نیارکی، ا. کاظمی بیدختی، م. و عفتی، م. (١٣٩٤). تحلیل مکانی تصادفات در تقاطع‌های برون شهری با به کارگیری روش های خود همبستگی مکانی و برآورد تراکم کرنل. نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دوره ۳، شماره ۳، ٤٢-۲۱.

موسی کاظمی، م. حسینی ، س. و باقری هره دشت، م. (۱۳۹۱). تحلیل عوامل مؤثر بر افزایش جمعیت شهر رشت و پیامدهای آن بر نظام اکولوژی شهر. *فصلنامه جمعیت*، ۸۰، ۱۰۰-۸۳.

-Effati, M., and Atrchian, C. (2023). Examining Seasonal Changes in Light-Vehicle Traffic Volume on Freeways Under Extreme Weather Conditions: A Combination of Temporal Statistical and Data Mining Non-Parametric Techniques. Transportation Research Record, 0(0). **doi.org/10.1177/03611981231203217**

-Jang, K., Park, S. H., Kang, S., Song, K. H. and Chung, S. (2013). Evaluation of pedestrian safety: geographical identification of pedestrian crash hotspots and evaluating risk

–Murphy, B., Levinson, D. M. and Owen, A. (2017). Evaluating the safety in numbers effect for pedestrians at urban intersections. *Accident Analysis & Prevention,* 106, 181-190.

-National highway traffic safety administration. (2017).

–Oh, J., Washington, S. and Choi, K. (2004). Development of accident prediction models for rural highway intersections. *Transportation Research Record,* 1897(1), 18-27.

–Stipancic, J., Miranda-Moreno, L., Strauss, J. and Labbe, A. (2020). Pedestrian safety at signalized intersection: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network. *Accident Analysis & Prevention,* 134, 105265.

–Xie, S., Dong, N., Wong, S., Huang, H. and Xu, P. (2018). Bayesian approach to model pedestrian crashes at signalized intersections with measurement errors in exposure. *Accident Analysis & Prevention,* 121: 285-294.

–Zhu, D., Sze, N. and Bai, L. (2021). Roles of personal and environmental factors in the red light running propensity of pedestrian: Case study at the urban crosswalks. Transportation research part F: *Traffic Psychology And Behaviour*, 76, 47-58.

factors for injury severity. Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.

–Kaps, M., & Lamberson, W. (2004). Change-over designs Biostatistics for animal science, 294-312.

–Kim, J. Y. (2016). The influences of intersection roadway characteristics on pedestrian-vehicle collisions. *University of California,* Los Angeles.

–Kim, K., Pant, P. and Yamashita, E. (2010). Accidents and accessibility: Measuring influences of demographic and land use variables in Honolulu, Hawaii. *Transportation Research Record,* 2147(1): 9-17.

–Lee, J., Abdel-Aty, M. and Shah, I. (2019). Evaluation of surrogate measures for pedestrian trips at intersections and crash modeling. *Accident Analysis & Prevention*. 130: 91-98.

–Li, D., Ranjitkar, P., Zhao, Y., Yi, H. and Rashidi, S. (2017). Analyzing pedestrian crash injury severity under different weather conditions. *Traffic Injury Prevention,* 18(4), 427-430.

–Mukherjee, D. and Mitra, S. (2019). A comparative study of safe and unsafe signalized intersections from the view point of pedestrian behavior and perception. *Accident Analysis & Prevention,* 132: 105218.

Spatial Analysis of Pedestrian Crashes at Intersections Using Geospatial Information Systems (GIS) (Case Study: Rasht City)

Meysam Effati, Associate Professor, Department of Civil Engineering (Road and Transportation), Faculty of Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran.

Iraj Ghanbari, Department of Civil Engineering (Road and Transportation), Faculty of Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran.

E-mail: meysameffati@yahoo.com

Received: February 2024- Accepted: June 2024

ABSTRACT

Intersections as traffic junctions of inner-city thoroughfares are one of the most important geometric locations of pedestrian and vehicle interference, where a large number of pedestrian accidents occur every year. Therefore, the main purpose of this study is to analyze the effective factors in pedestrian accidents based on previous accident records and to investigate the impact of each factor on the number of pedestrian accidents at intersections using Poisson regression and Multivariate regression statistical analysis. Another purpose of this study is to present a GIS-based approach in order to identify and spatial distribution of high-traffic intersections in Rasht metropolitan areas. In this study, fourteen independent factors obtained from police reports and fieldworks were divided into three general groups: human factors, weather conditions, and traffic-geometric factors. Accordingly, Poisson regression was used to analyze the direct effect of these factors on the number of pedestrian accidents at intersections, and multivariate regression was used to analyze the effect of three general categories of pedestrian crossings on pedestrian accidents at intersections. The results of the study showed that the factors of driver age 11%, rainy weather conditions 7%, and lack of traffic lights 40% had the greatest impact on increasing the number of pedestrian accidents at intersections. Also, the highest frequency of intersections with pedestrian accidents occurred in the second and fourth urban areas and the intersections of Toshiba Square, Heshmat Crossroads, and Gas Square were recognized as the most accident-prone intersections in Rasht.

Keywords: Intercity Intersections, Pedestrian Accidents, Geospatial Information Systems (GIS), Poisson Regression, Multivariate Regression