تحلیل فضایی تصادفات موتورسیکلت‌سواران (موردمطالعه: منطقه (6) شهرداری تهران)

محمدصادق شاه‌قلی[1]، ابوالحسن ملکی[2]

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی
سال ششم، شماره بیست و چهارم، زمستان 1397

از صفحه 133 تا 160

تاریخ دریافت: 1397/05/07
تاریخ پذیرش: 1397/08/12

چکیده

افزایش روزافزون وسایل نقلیه باعث شده تا در کلان‌شهر تهران گرایش به استفاده از موتورسیکلت به‌شدت رواج یابد. به همراه رشد استفاده از این وسیله نقلیه، تصادفات و تلفات ناشی از آن نیز افزایش‌یافته و امروزه رانندگان موتورسیکلت از جمله آسیب‌پذیرترین کاربران ترافیک به شمار می‌آیند. در این پژوهش سعی شده تا با شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات موتورسیکلت‌سواران، گامی مؤثر در کاهش تصادفات این دسته از کاربران ترافیک برداشته شود. به همین منظور، ابتدا نقاط وقوع تصادفات موتورسیکلت‌سواران در سال (1394) در سطح منطقه (6) شهر تهران از کروکی‌های پلیس راهور تهران استخراج و در یک بانک اطلاعاتی جمع‌بندی شد که در مجموع (1298) مورد تصادف در این منطقه ثبت شده‌است. از این میان تعداد (314) مورد تصادفات خسارتی و (984) مورد نیز تصادفات جرحی و فوتی بوده است. برای بررسی فراوانی و شدت تصادفات و اولویت‌بندی آن‌ها از تابع تراکم کرنل، شاخص نزدیک‌ترین همسایه، شاخص موران و ضریب گری (آمارهٔ عمومی G) استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد نواحی میدان انقلاب، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان (16) آذر، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان فلسطین، تقاطع (16) آذر به سمت خیابان پورسینا، تقاطع کریمخان-حافظ، خیابان رودسر، تقاطع زرتشت-ولیعصر، تقاطع مفتح-طالقانی، تقاطع مفتح-سمیه، میدان هفت‌تیر، تقاطع میرزای شیرازی-بهشتی و تقاطع خالد اسلامبولی-بهشتی، هم از حیث فراوانی تصادفات موتورسیکلت و هم شدت تصادفات منجر به فوت و جرح، در ردیف حادثه‌خیزترین مناطق پرخطر با تراکم خیلی زیاد در منطقه (6) هستند.

کلید واژه‌ها: نقاط حادثه‌خیز، موتورسیکلت، تصادف، مکان‌یابی و GIS.

1- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، (نویسنده مسئول)، Ms_shahgholi@yahoo.com.

2- دانشجوی دکتری مدیریت و ایمنی ترافیک، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران.

بیان مسئله

امروزه حوادث جاده‌ای و تصادفات رانندگی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ‌ومیر و صدمات جانی در کشورهای درحال‌توسعه شناخته می‌شوند، به‌طوری‌که به گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال (2018) در این کشورها سالیانه تعداد یک‌میلیون و (350) هزار نفر جان خود را در سوانح جاده‌ای از دست می‌دهند. در ادامه این گزارش، به نرخ تلفات جاده‌ای بر مبنای جمعیت اشاره‌شده است که در این میان، کشور ما به ازای هر (100) هزار نفر، تلفات (32/30) نفر را به خود اختصاص داده است؛ درحالی‌که در کشورهایی چون سوئد و هلند این آمار به کمتر از (3) نفر می‌رسد. به استناد این گزارش، عابران پیاده، دوچرخه‌سواران، موتورسیکلت‌سواران و مسافرانی که از این طریق جابه‌جا می‌شوند، نیمی از تلفات جاده‌ای دنیا را در کشورهای با درآمد سرانه پایین به خود اختصاص داده و عنوان آسیب‌پذیران جاده‌ای را می‌گیرند (سازمان بهداشت جهانی[1]، 2018).

وضعیت موجود در شهر تهران بیانگر این واقعیت است که استفاده از موتورسیکلت پر اولویت‌ترین شیوه حمل‌ونقل شهری است و این موضوع باعث شده است که گرایش به استفاده از این شیوه به‌شدت در این کلان‌شهر رواج پیدا کند. ارزان بودن موتورسیکلت (به‌خصوص نسبت به خودروی شخصی)، پایین بودن هزینه‌های استفاده (مصرف سوخت، بیمه و غیره) و شرایط پارک (عدم پرداخت هزینه، امکان پارک در تقریباً هر جا و غیره)، از عواملی است که منجر به تمایل بیشتر افراد برای استفاده از موتورسیکلت می‌شود. از طرفی با اینکه بر اساس مقررات، موتورسیکلت نیز همانند خودروی شخصی ملزم به رعایت تمام قوانین می‌باشد، اما در عمل وضعیت کاملاً متفاوت است. به‌طوری‌که امروزه موتورسیکلت‌ها به‌راحتی تمام مقررات را زیر پا می‌گذارند و نظارت دقیقی بر آن‌ها وجود ندارد. این موضوع نیز باعث شده است تا سرعت حرکت این شیوهٔ حمل‌ونقلی بالا باشد و گرایش به آن افزایش یابد (خاکساری، 1393).

1- www.who.int

بر این اساس، گسترش استفاده از این وسیله نقلیه پیامدهایی نیز به همراه داشته که عدم توجه به حقوق دیگر کاربران ترافیکی -به‌ویژه عابران پیاده- از جمله آن‌هاست و این موضوع باعث ایجاد نارضایتی و در بسیاری از مواقع پایه‌گذار تصادفات دل‌خراشی بوده که به‌عنوان مهم‌ترین پیامد و مسئله اصلی در این پژوهش، موردمطالعه قرارگرفته است.

شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌ها و معابر پرحادثه به‌منظور بینش و درک درست از علت و معلول‌های ناشی از تصادفات موتورسیکلت و تخصیص بهینه منابع جهت بهبود وضعیت ایمنی در سامانه حمل‌ونقل حائز اهمیت است. در این راستا با بهره‌گیری از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] که ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل و نمایش اطلاعات به‌منظور کشف الگوهای معتبر و ناشناخته در بین انبوهی از داده‌ها می‌باشد، سعی بر استفاده مناسب از اطلاعات این نوع تصادفات شده است.

این روش سال‌ها است در کشورهای توسعه‌یافته نظیر ایالات‌متحده آمریکا، اروپای غربی و برخی از کشورهایی آسیایی مانند چین و هند در حوزه ایمنی راه‌ها برای مدیریت ترافیک شهری به کار گرفته می‌شود (چن[2]، 2012: 608)؛ اما بهره‌گیری از این سامانه به‌عنوان ابزاری کارآمد، تاکنون نتوانسته است جایگاه واقعی خود را در مدیریت ترافیک کشور ما به دست آورد.

پیشینهٔ پژوهش

در زمینه شناسایی و مکان‌یابی نقاط حادثه‌خیز تصادفات، در راستای افزایش ایمنی راه‌ها و کاهش تصادفات و تلفات جانی تحقیقاتی انجام‌شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

در بین پژوهشگران غیر ایرانی ساندهو[3] و همکاران در سال (2016) پژوهشی تحت عنوان «شناسایی نقاط پر تصادف در بزرگراه با استفاده از روش چگالی هسته‌ای[4]» را ارائه نموده‌اند. در این پژوهش تلاش شده با توجه به تصادفات اتفاق افتاده در هند و تلفات ناشی از آن از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش چگالی هسته‌ای نقاط

1- Geography Information System
2- Chen
3- Sandhu
4- Kernel Density

حادثه‌خیز بزرگراه بین‌المللی گورگان-جایپور (NH-8) با استفاده از اطلاعات سوانح جاده‌ای مربوط به سال‌های (2010) تا (2012) شناسایی شود.

ومولاپالی[1] و همکاران نیز در سال (2017) پژوهشی را تحت عنوان «تجزیه‌وتحلیل زمانی و مکانی تصادفات سالمندان بر مبنای GIS (موردمطالعه: سه بخش از ایالت فلوریدا)» ارائه نمودند. در این پژوهش به بررسی الگوهای مکانی و زمانی تصادفات سالمندان در سه بخش از ایالت فلوریدا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌شده است. نتایج این پژوهش که از روش چگالی هسته‌ای نقاط حادثه‌خیز را شناسایی نموده، بیانگر آن است که الگوهای مکانی و زمانی حوادث جاده‌ای سالمندان با دیگر گروه‌های سنی متفاوت بوده است و باید در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های شهری به این گروه سنی توجه بیشتری شود.

همچنین، تاکالی[2] و همکاران در سال (2015) پژوهشی را تحت عنوان «شناسایی نقاط پر تصادف با استفاده از روش چگالی هسته‌ای و کیریجینگ[3]» ارائه نموده‌اند. این مطالعه با هدف شناسایی نقاط پر تصادف و مقایسه نتایج دو روش زمین‌آماری مبتنی بر، چگالی هسته‌ای و کریجینگ، در بخش هن‌پین در ایالت مینه‌سوتای ایالات‌متحده و با استفاده از آمار تصادفات سال‌های (2003) تا (2007) انجام‌شده است. مقایسه بین این دو روش در چهار شرایط متفاوت زمانی صورت گرفت و در نتیجه روش کیریجینگ در شناسایی نقاط عملکرد بهتری داشت.

پراساناکومار[4] و همکاران در سال (2011) پژوهشی تحت عنوان «خوشه‌بندی مکانی-زمانی تصادفات جاده‌ای بر مبنای تجزیه‌وتحلیل GIS» را در یکی از شهرستان‌های جنوب هند ارائه نمودند. این پژوهش برای اولین بار در نوع خود، به بررسی و مقایسه انواع تصادفات از نظر جنبه‌های مکانی و زمانی در شهرستان تریواندروم پرداخته است. نتایج آمار مکانی و تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای بیانگر تغییرات و دگرگونی‌های زمانی و مکانیِ نقاط حادثه‌خیز و نقاط کم حادثهٔ این منطقه بوده است.

1- Vemulapalli
2- Thakali
3- Kriging
4- Prasannakumar

علاوه بر این‌ها، اندرسون[1] در سال (2009) پژوهشی را تحت عنوان «برآورد چگالی هسته‌ای و خوشه‌بندی به روش میانگین (K)[2] برای توصیف نقاط حادثه‌خیز تصادفات جاده‌ای» ارائه نموده است. در این پژوهش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و برآورد چگالی هسته‌ای تصادفات، به مطالعه الگوی مکانی آسیب‌های سوانح جاده‌ای شهر لندن در انگلستان پرداخته‌شده است.

عفتی و همکاران در سال (1393) پژوهشی را تحت عنوان «تحلیل عوامل مکانی مؤثر بر تمرکز تصادفات در راه‌های برون‌شهری با استفاده از GIS و داده‌کاوی» ارائه نموده‌اند که در آن با یک راهبرد تلفیقی به بررسی انواع تصادفات و عوامل مکانی مؤثر بر تمرکز تصادفات در راه‌های دوخطهٔ دوطرفهٔ برون‌شهری با استفاده از تحلیل‌های مکانی و روش خوشه‌بندی تجمعی سلسله مراتبی بر پایه K-Mean پرداخته‌شده است.

رحیم‌اف و عباسی نیز در سال (1393) نیز پژوهشی تحت عنوان «سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در راستای کمک به سامانه تجزیه‌وتحلیل تصادفات ترافیکی، موردمطالعه: منطقه (15) تهران، بزرگراه امام رضا (ع)» را در سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی ارائه نموده‌اند. در این پژوهش نقاط پرحادثه در بزرگراه‌ها با دو روش مختلف آنالیز چگالی کانونی و تحلیل تکرارپذیری شناسایی و سپس شرایط تصادف در این نقاط پرحادثه موردبررسی قرارگرفته است.

همچنین، وزیری و زنگی‌آبادی در سال (1392) پژوهشی تحت عنوان «تحلیل تصادفات و شناسایی نقاط حادثه‌خیز در شهر تهران بر مبنای GIS» را در سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ارائه نموده‌اند. آنچه در این پژوهش موردبررسی قرارگرفته است، قسمتی از این پروژه وسیع شامل تجمیع، مکان‌دار نمودن و تحلیل اطلاعات تصادفات می‌باشد که طی سال‌های اخیر توسط پلیس و پزشکی قانونی گردآوری‌شده است.

قبادی و اکبری آلاشتی در سال (1392) پژوهشی تحت عنوان «شناسایی نقاط حادثه‌خیز با تحلیل سلسله مراتبی در تقاطع‌های بین‌شهری» را ارائه نموده‌اند. در این

1- Anderson
2- K-means

پژوهش در مرحله اول به مقایسه خروجی روش‌های تجربی (مبتنی بر مشاهدات) و روش‌های علمی (مبتنی بر آمار دقیق) برای تعیین نقاط حادثه‌خیز پرداخته‌شده و سپس با استفاده از روش سلسله‌مراتب تحلیلی، یک خروجی از اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز ارائه‌شده است. در مرحله دوم نیز، میزان کاهش تصادفات به علت نصب سامانه‌های روشنایی در این نقاط محاسبه‌شده است.

اصغری زمانی و همکاران نیز در سال (1391) پژوهشی تحت عنوان «بررسی تحلیل فضایی تصادفات درون‌شهری و عوامل مؤثر انسانی در آن با استفاده از مدل ویکور و GIS (موردمطالعه: شهر زنجان)» را در دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ارائه داده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل انسانی مؤثر در تصادفات درون‌شهری سبقت‌های غیرمجاز، نبستن کمربند ایمنی، خستگی مفرط، مسائل روحی و روانی، نبود تمرکز ذهنی و مصرف مشروبات الکلی، نقض دید، تجربه ناکافی و تشخیص نادرست فاصله و سرعت می‌باشند. همچنین در این پژوهش با استفاده از مدل ویکور نقاط حادثه‌خیز این شهر نیز معین شده است.

قیاسی در سال (1390) پایان‌نامه‌ای تحت عنوان «مکان‌یابی نقاط حادثه‌خیز تصادفات عابران پیاده در شبکه‌های درون‌شهری با استفاده از GIS» را در دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی به انجام رسانده است. در این پایان‌نامه تلاش شده است تا در گام نخست تأثیر مشخصات مختلف شبکه‌های حمل‌ونقل درون‌شهری بر روی تصادفات عابران پیاده در دو شهر تهران و لندن بررسی و با یکدیگر مقایسه شود. در گام بعدی مناطق پر تصادف عابران پیاده با استفاده از تحلیل‌های مکانی و روش‌های GIS شناسایی شده است. در پایان نیز با بهره‌گیری از مدل توزیع احتمال پواسون، حادثه‌خیزترین مناطق پرتصادف بر اساس احتمال وقوع شناسایی و طبقه‌بندی‌شده‌اند.

در میان مطالعات انجام‌شده در حوزه تصادفات، مقاله‌های اندکی، تنها به آسیب‌شناسی تصادفات موتورسیکلت‌سواران پرداخته‌اند که از آن‌ها می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود:

رضایی مقدم و همکاران در سال (1388) مقاله‌ای تحت عنوان «مدل‌های پیش‌بینی شدت تصادف‌های موتورسیکلت در بزرگراه‌های شهری با استفاده از رگرسیون

لوجستیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی» را ارائه نموده‌اند. در این مقاله با ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادف موتورسیکلت‌ها، به بررسی عوامل مؤثر در این امر پرداخته‌شده تا بتوان با شناسایی عوامل مؤثر و با اتخاذ سیاست‌های عملکردی مناسب، شدت این تصادف‌ها را تا حد مطلوبی کاهش داد. بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نشان‌دهنده رابطه بین شدت تصادف‌های موتورسیکلت در بزرگراه‌های شهری و متغیرهای ترافیکی شامل حجم ترافیک و سرعت جریان ترافیک، مشخصات هندسی، عوامل انسانی، جاده، وسیله نقلیه و عوامل جوی می‌باشند.

همچنین، در سال (1385) مقاله‌ای تحت عنوان «مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران» توسط احمدی‌نژاد و همکاران ارائه‌شده است. در این مقاله، نتایج اطلاعات گردآوری‌شده در مورد وقوع تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران با هدف دستیابی به مدلی که قادر به پیش‌بینی شدت این تصادفات باشد، ارائه‌شده است. روش مدل‌سازی مورداستفاده در این پژوهش نیز، روش رگرسیون لاجستیک و یا جایگزین‌های آن شامل پرابیت و لاجیت دوگانه بوده است.

شاهی و همکاران نیز در سال (1384) در مقاله‌ای تحت عنوان «مدل پیش‌بینی تصادفات موتورسیکلت در تقاطع‌های شهر تهران» ارائه نموده‌اند. در این مقاله، با بهره‌گیری از ایجاد ارتباط بین بانک اطلاعات تصادفات تهران و مدل جامع حمل‌ونقل و ترافیک این شهر، پایگاه اطلاعاتی جامعی شکل گرفت. این پایگاه شامل کلیه اطلاعات تردد، طرح هندسی، مشخصه‌های افراد و مشخصه‌های وسایل نقلیه درگیر در تصادفات در مورد (241) تقاطع شهر تهران بوده و با استفاده از آن مدل‌هایی در زمینه پیش‌بینی تعداد تصادفات موتورسیکلت‌ها در تقاطع‌ها و همچنین برآورد احتمال درگیر بودن موتورسیکلت در تصادفات تقاطع‌های شهر تهران ارائه‌شده است.

با مروری بر مطالعات پیشین ملاحظه می‌شود، در حال حاضر اغلب تجزیه‌وتحلیل‌های صورت گرفته پیرامون سوانح ترافیکی تنها به آنالیز داده‌های آماری به‌دست‌آمده از تصادفات محدودشده است. این در حالی است که تحلیل‌های انجام‌شده بر مبنای داده‌های آماری توان نمایش و تحلیل کلیه متغیرهای دخیل در تصادفات را نداشته و ازاین‌رو قادر به شناسایی الگوی فضایی توزیع تصادفات و تبیین ارتباط مابین تصادفات به وقوع پیوسته و عوامل محیطی نیست. درصورتی‌که در سال‌های اخیر

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته به‌سرعت گسترش‌یافته و در زمینهٔ ایمنی ترافیک به‌طور قابل‌توجهی مورداستفاده قرارگرفته است.

مبانی نظری پژوهش

تحلیل مکانی داده‌های تصادف برای به دست آوردن اطلاعات کاربردی‌تر به‌عنوان اولین و مهم‌ترین قدم در شناسایی نقاط حادثه‌خیز شناخته می‌شود که استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای می‌تواند کمک شایانی در تحلیل و دسته‌بندی این اطلاعات بنماید.

برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز روش‌های گوناگونی وجود دارد. به‌طورمعمول در پژوهش‌های از روش‌های آماری کلاسیک و کنترل کیفیت نرخی بیشتر استفاده می‌شود و دلیل آن نیز ساده بودن و دقیق بودن آن‌ها است؛ و از طرفی امکان مقایسه بین نقاط مختلف را نیز می‌دهند و همچنین نیاز به آمارهای کمتری نسبت به دیگر روش‌های آماری موجود دارند. در مجموع هیچ روش واحدی برای تعیین نقاط حادثه‌خیز به‌طور کمی وجود ندارد. بهترین راه برای یک تحلیل‌گر انتخاب یک روش خاص برای یک تحلیل خاص است. یا هنگامی‌که منابع اطلاعاتی و مالی در دسترس باشد استفاده از چندین روش برای یک مطالعه بزرگ پیشنهاد می‌شود. مؤسسات کوچک‌تر که دارای منابع مالی و اطلاعاتی محدودی می‌باشند روش‌هایی مانند تعداد تصادفات یا نرخ تصادفات را انتخاب می‌کنند. در هر دو روش امکان خطای جدی وجود دارد. از روش تعداد تصادفات، در شهرهایی که دارای حجم بالای ترافیک است استفاده می‌شود. از نتایج نرخ تصادفات و شدت تصادفات در خیابان‌های معمولی و یا حومه شهرها استفاده می‌شود. استفاده توأم از روش‌های فوق به تعدیل و تخفیف انحراف‌ها کمک می‌کند. اگر بتوان نتایج روش‌های فوق را باهم تلفیق کرد می‌تواند به کاهش خطای موجود در هر یک از روش‌های فوق کمک کند (قبادی و اکبری آلاشتی، 1392: 14 - 15).

در بحث تجزیه‌وتحلیل و شناسایی موقعیت تصادفات سه مؤلفهٔ زیر از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند:

- تعداد
- شدت

- نرخ

تعداد به تکرار وقوع تصادفات و شدت به میزان تلفات، جراحات و خسارات وارده به استفاده‌کنندگان و وسایل نقلیه برمی‌گردد. نرخ تصادفات شامل نرخ تعداد یا نرخ شدت بوده و عبارت است از نسبت تعداد و یا شدت به پارامترهای مختلفی نظیر جمعیت، وسیلهٔ نقلیه عبوری، وسیله نقلیه، کیلومتر پیموده شده، طول راه و غیره (بهبهانی و شعبانی، 1383).

بر اساس مؤلفه‌های ذکرشده روش‌های متعدد شناسایی نقاط حادثه‌خیز وجود دارد که برخی از این روش‌ها عبارت‌اند از: روش تعداد تصادف، روش تراکم تصادف، روش نرخ تصادف، روش تعداد، روش تراکم- نرخ، روش کنترل کیفیت و روش‌های مبتنی بر شدت.

علاوه بر روش‌های آماری که پیش‌تر بیان شد در سال‌های اخیر گرایش زیادی به یافتن رابطه بین عوامل مکانی و تمرکز تصادفات به وجود آمده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این گرایش این حقیقت است که در عمل عوامل مکانی از قبیل کاربری، تراکم جمعیت، توزیع جمعیت، عوامل اقتصادی/ اجتماعی و عوامل محیطی تأثیر بسزایی در وقوع تصادفات دارند.

در همین راستا تعدادی از پژوهشگران به کاربرد برخی از ابزارهای تحلیلی نرم‌افزارهای GIS از جمله بافر، نزدیک‌ترین همسایگی، چگالی ساده و چگالی هسته‌ای به‌منظور تعیین تراکم و نشان دادن توزیع مکانی تصادفات در سطح شبکه‌های حمل‌ونقل پرداخته‌اند. برخی از پرکاربردترین روش‌های GIS محور در زمینه مکان‌یابی نقاط حادثه‌خیز عبارت‌اند از: روش مُد[1]، روش فازی مُد[2]، روش میانگین K، روش نزدیک‌ترین همسایگی[3]، روش چگالی ساده[4]، روش چگالی هسته‌ای[5]، روش کریجینگ[6] و روش تحلیل لکه‌های داغ[7].

1- Mode
2- Fuzzy Mode
3- Nearest Neighborhood
4- Simple Density
5- Kernel Density
6- Kiriging
7- Hot Spot Analysis

افزون بر اینکه هیچ‌یک از روش‌های آماری، قابلیت نشان دادن عینی نقاط حادثه‌خیز و ارائه خروجی‌های تصویری را ندارد، عدم وجود پایگاهِ داده‌های GIS محور در بسیاری از سازمان‌ها نیز موجب شده است که امکان انجام تحلیل‌های مبتنی بر GIS از پژوهشگران سلب شود. درحالی‌که تحلیل‌های GIS محور، از قابلیت روی‌هم‌گذاری نتایج این تحلیل‌ها با لایه‌های مختلفِ مشخصات شبکه‌های حمل‌ونقل برخوردار است و امکان بررسی ارتباط بین تراکم تصادفات با هر یک از مشخصات را برای محققین میسر می‌سازد.

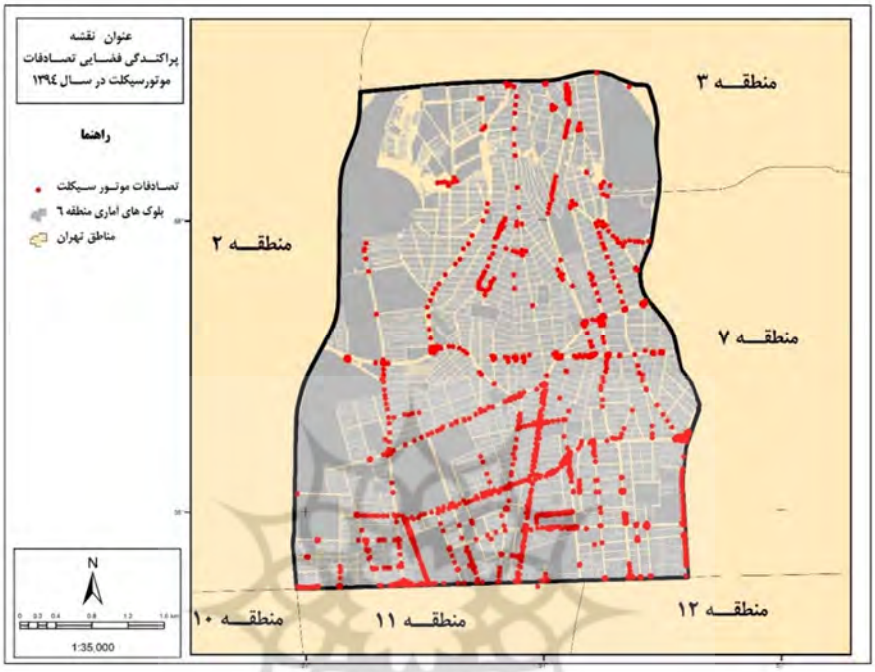
روش پژوهش

این پژوهش از نظر روش، توصیفی- تحلیلی و از لحاظ ماهیت از نوع پژوهش‌های کاربردی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این آن از طریق بررسی کروکی‌های مربوط به تصادفات موتورسیکلت‌سواران در سال (1394) در منطقه (6) تهران به‌دست‌آمده است. به‌منظور درک الگوی مکانی، توزیع فضایی و شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات موتورسیکلت‌سواران در منطقه (6) پس از تحلیل عوامل مؤثر در تصادفات با روش شاخص آمار فضایی میانگین مرکزی، مرکز ثقل تصادفات در سطح منطقه شناسایی، سپس از طریق بیضی انحراف معیار، جهت‌دار بودن الگوی تصادفات موردبررسی قرارگرفته است. در ادامه برای بررسی فراوانی و شدت تصادفات و اولویت‌بندی آن‌ها از تابع تراکم کرنل و در انتها نیز برای واکاوی الگوی فضایی تصادفات به وقوع پیوسته، از شاخص نزدیک‌ترین همسایه، شاخص موران و ضریب گری (آماره عمومی G) استفاده‌شده است. جامعه آماری موردمطالعه در این پژوهش عبارت است از تعداد (1298) فقره تصادفات موتورسیکلت‌سواران منطقه (6) شهر تهران (اعم از تصادفاتی که موتورسیکلت‌سواران در آن مقصر و یا غیر مقصر بوده‌اند) در سال (1394) می‌باشد که از این تعداد تصادف (314) مورد تصادف خسارتی و (984) مورد نیز تصادف جرحی و فوتی بوده است.

یافته‌های پژوهش

با مشخص شدن نقاط وقوع تصادفات بر روی نقشه شماره (1) مشاهده می‌شود که بیشترین تعداد تصادفات در جنوب منطقه (6) به وقوع پیوسته است و با توجه به نوع

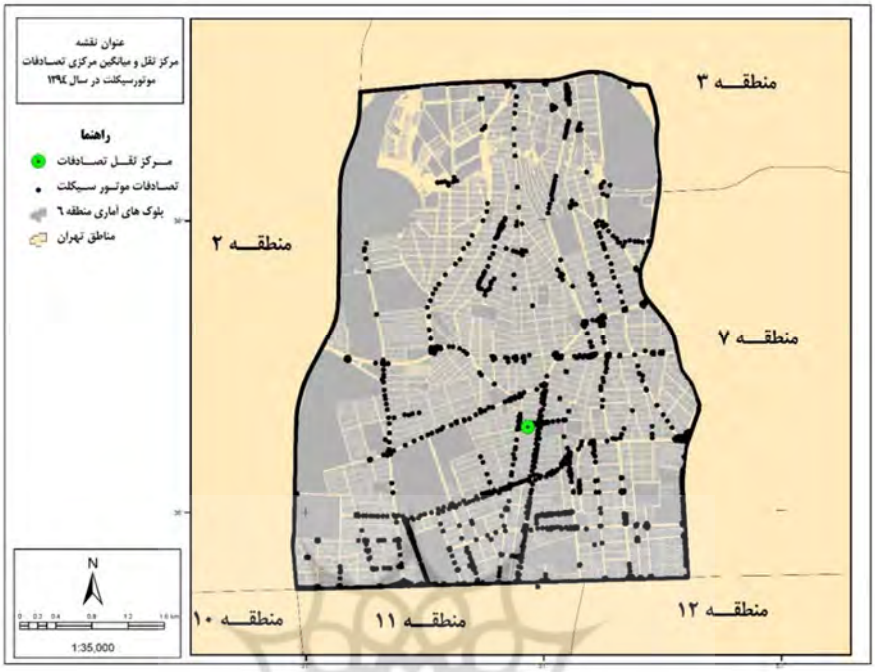
پراکنش تصادفات در این منطقه، در ادامه به تحلیل فضایی الگوی پراکنش نقاط تصادف پرداخته‌شده است.



نقشه شماره (1). توزیع فضایی تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

شاخص آمار فضایی میانگین مرکزی

ابتدا با استفاده از روش میانگین مرکزی که ساده‌ترین تحلیل در آمار فضایی است، مرکز جغرافیایی یا مرکز ثقل نقاط وقوع تصادفات شناسایی شد. بر این اساس، نتایج بیان می‌دارد که خیابان زرتشت حدفاصل خیابان ولیعصر و فلسطین مرکز ثقل تصادفات در منطقه (6) تهران می‌باشد. (نقشه شماره 2)

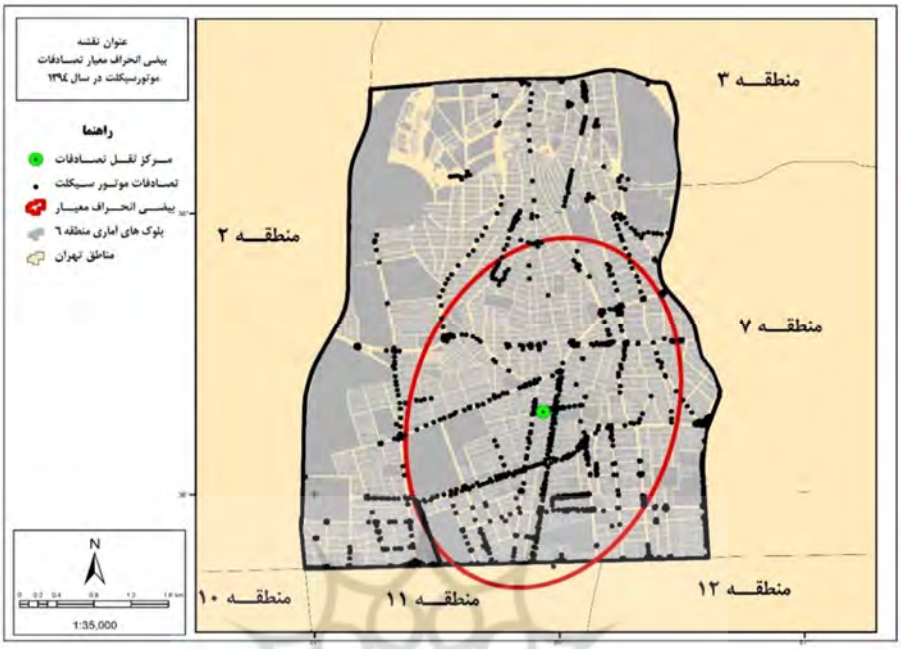


نقشه شماره (2). مرکز ثقل و میانگین مرکزی تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

شاخص آمار فضایی توزیع بیضی انحراف معیار

در این مرحله برای شناسایی الگوی جهت‌دار تصادفات از بیضی انحراف معیار استفاده شد. این بیضی که از آن به‌عنوان بیضی انحراف استاندارد نیز نام‌برده می‌شود، به ما این امکان را می‌دهد که اگر توزیع تصادفات موتورسیکلت در فضا از الگوی جهت‌داری برخوردار باشد، آن را به‌طور دقیق و با استفاده از محاسبات آماری شناسایی نماییم (بلیانی و حکیم دوست، 1393: 135).

مطابق نقشه شماره (3)، نتایج به‌دست‌آمده از این روش نشان می‌دهد که کشیدگی بیضی متمرکز در مرکز و جنوب منطقه (6) بوده و در جنوب نیز به دلیل فراوانی تصادفات در خیابان انقلاب، از منطقه (6) نیز خارج‌شده است. علاوه بر این، الگوی به‌دست‌آمده جهت رفتار تصادفات در منطقه را نیز نشان می‌دهد که جهتی شمالی- جنوبی با تمایل به سمت شمال شرقی- جنوب غربی است.

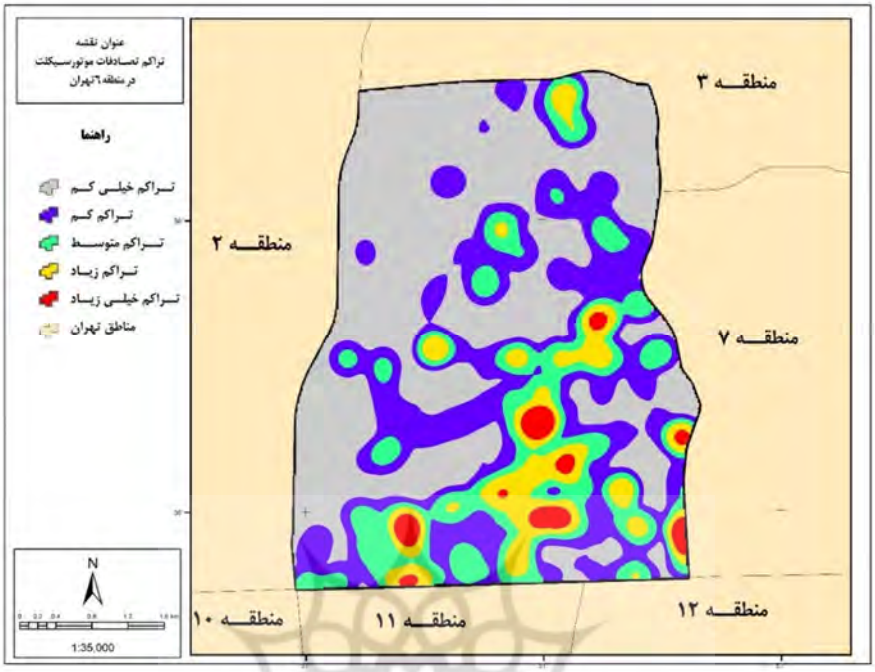


نقشه شماره (3). بیضی انحراف معیار تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

تابع تراکم کرنل[1]

یکی از توابع تحلیل فضایی بسیار مهم جهت تخمین و برآورد تراکم، تابع کرنل است. این تابع روش مناسبی برای به تصویر کشیدن داده‌های نقطه‌ای به‌صورت پیوسته است (بلیانی و حکیم دوست، 1393: 192 - 193). با استفاده از این روش، نقشه تراکم تصادفات موتورسیکلت در سال (1394) و پراکنش آن در واحد سطح (هکتار) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد؛ بنابراین نقشه شماره (4) تراکم نقاط حادثه‌خیز تصادفات موتورسیکلت در منطقه را به تصویر می‌کشد.

1- Kernel Density

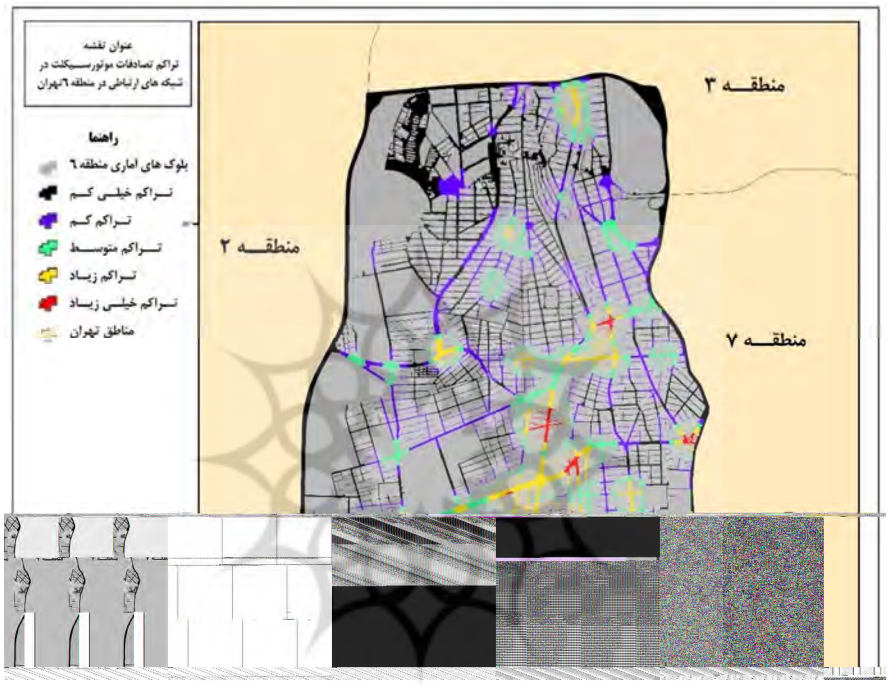


نقشه شماره (4). تراکم تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

از طرفی با تلفیق نقشه شبکه‌های شهری و نقشه تخمین تراکم کرنل در منطقه **(6)** تهران، امکان تحلیل بصری شبکه‌های حادثه‌خیز فراهم می‌شود. در این رابطه، تحلیل‌های شبکه ارتباطی در منطقه **(6)** تهران نشان می‌دهد که نواحی میدان انقلاب، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان (16) آذر و خیابان کارگر، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان فلسطین، تقاطع (16) آذر به سمت خیابان پورسینا، خیابان رودسر، تقاطع کارگر-نصرت، خیابان طالقانی به سمت حافظ و ولیعصر، تقاطع کریمخان-حافظ، تقاطع زرتشت-ولیعصر، تقاطع مفتح-طالقانی، تقاطع مفتح-سمیه، میدان هفت‌تیر و تقاطع میرزای شیرازی-بهشتی و تقاطع خالد اسلامبولی-بهشتی، بیشترین شبکه‌های حادثه‌خیز در منطقه **(6)** شهر تهران بوده و تراکم تصادفات در آن‌ها با سطح خیلی زیاد مشاهده می‌شود.

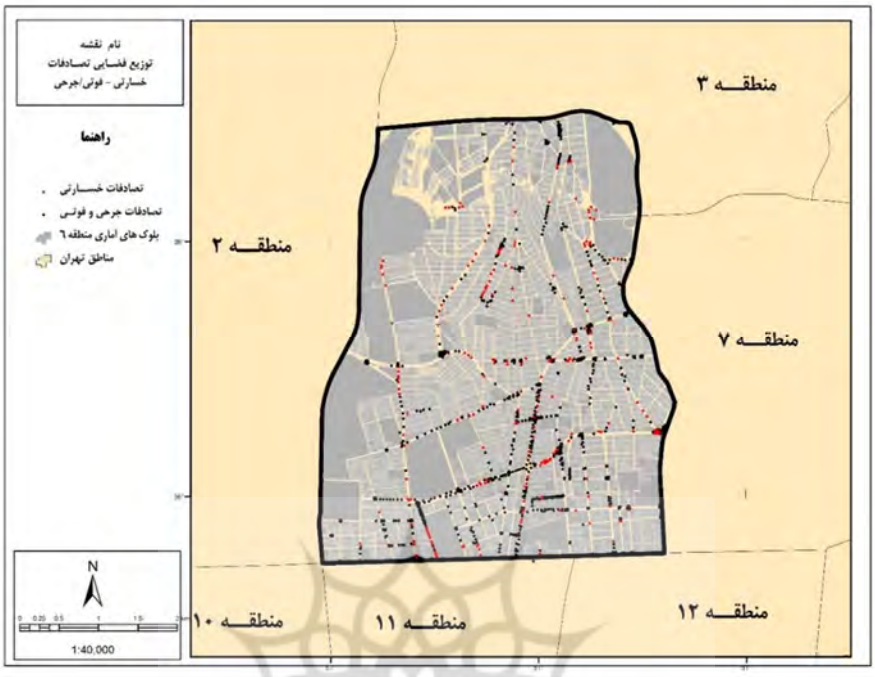
همچنین نواحی میدان ولیعصر، خیابان ولیعصر (از میدان ولیعصر به سمت چهارراه ولیعصر)، خیابان انقلاب، خیابان طالقانی، بلوار کشاورز، تقاطع حجاب-کشاورز، تقاطع

مطهری-میرزای شیرازی، تقاطع گمنام-کردستان، خیابان جهان‌آرا، تقاطع ولیعصر-مطهری، یوسف‌آباد، خیابان ولیعصر به سمت گاندی، تقاطع ولیعصر-مطهری، تقاطع ولیعصر به سمت میدان عباسپور، خیابان شقاقی، تقاطع طالقانی-ایرانشهر، تقاطع انقلاب-قرنی و تقاطع زرتشت-فلسطین نیز در رتبه بعدی از لحاظ حادثه‌خیز بودن با سطح تراکم زیاد قرار می‌گیرند. (نقشه شماره 5)



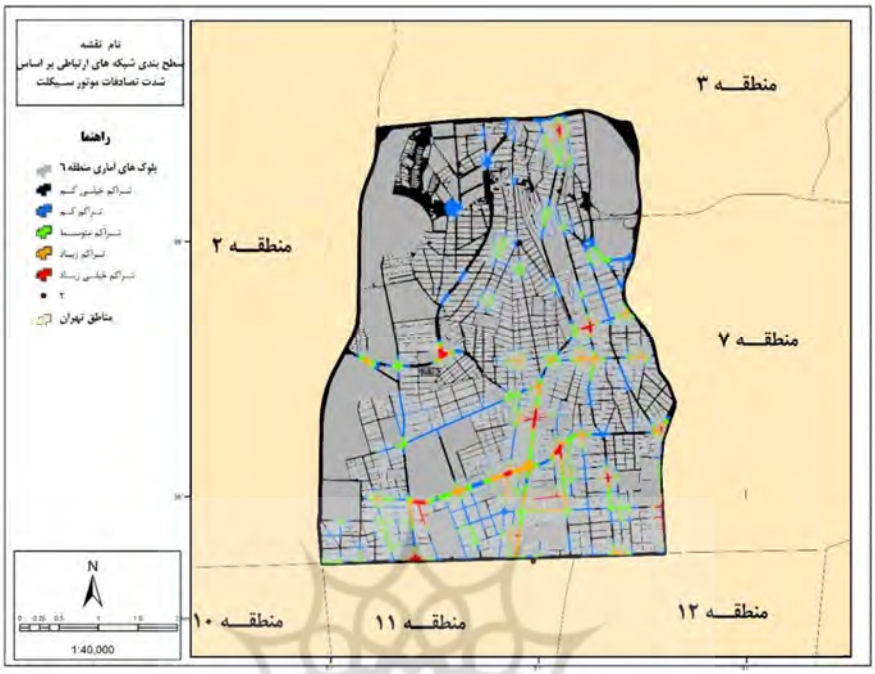
نقشه شماره (5)، سطح‌بندی شبکه‌های ارتباطی از حیث حادثه‌خیز بودن منطقه (6) تهران.

با توجه به شدت تصادفات در منطقه که حدود (314) مورد خسارتی و (984) مورد فوتی و جرحی در سال (1394) بوده است، نیاز است تا توزیع فضایی تصادفات در منطقه **(6)** از حیث شدت نیز موردبررسی قرار گیرد. تا ضمن سنجش فراوانی تصادفات، شدت آن نیز سنجیده شود. (نقشه شماره 6)



نقشه شماره (6). توزیع فضایی شدت تصادفات در منطقه (6) تهران.

در تحلیل و بررسی تصادفات با تأکید بر تصادفات جرحی و فوتی و تلفیق آن با شبکه ارتباطی (نقشه شماره 7) می‌توان نتیجه گرفت نواحی میدان انقلاب، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان (16) آذر، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان فلسطین، تقاطع (16) آذر به سمت خیابان پورسینا، تقاطع (16) آذر به سمت خیابان نصرت، تقاطع ولیعصر-بزرگمهر، تقاطع فلسطین-کشاورز، تقاطع گمنام-کردستان، تقاطع کریمخان-حافظ، خیابان رودسر، تقاطع قرنی-شاداب، تقاطع زرتشت-ولیعصر، تقاطع مفتح-طالقانی، تقاطع مفتح-سمیه، میدان هفت‌تیر، تقاطع میرزای شیرازی-بهشتی، خیابان گاندی شمالی و تقاطع خالد اسلامبولی-بهشتی، بیشترین شبکه‌های حادثه‌خیز از نوع تصادفات منجر به فوت و جرح در منطقه **(6)** شهر تهران بوده و تراکم تصادفات مذکور در آن‌ها با سطح خیلی زیاد مشاهده می‌شود.



نقشه شماره (7). سطح‌بندی شبکه‌های ارتباطی از حیث شدت تصادف (فوتی و جرحی) در منطقه (6) تهران.

با انطباق اطلاعات موجود در نقشه‌های شماره (5 و 7)، می‌توان نواحی میدان انقلاب، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان (16) آذر، تقاطع بلوار کشاورز به سمت خیابان فلسطین، تقاطع (16) آذر به سمت خیابان پورسینا، تقاطع کریمخان-حافظ، خیابان رودسر، تقاطع زرتشت-ولیعصر، تقاطع مفتح-طالقانی، تقاطع مفتح-سمیه، میدان هفت‌تیر، تقاطع میرزای شیرازی-بهشتی و تقاطع خالد اسلامبولی-بهشتی را هم از حیث فراوانی در تراکم تصادفات موتورسیکلت و هم شدت تصادف منجر به فوت و جرح، در ردیف حادثه‌خیزترین مناطق پرخطر با تراکم خیلی زیاد در منطقه **(6)** معرفی نمود.

همچنین نواحی میدان ولیعصر، خیابان انقلاب، تقاطع بزرگمهر-مظفری، خیابان طالقانی، بلوار کشاورز، تقاطع حجاب-کشاورز، میدان هفت‌تیر به سمت قائم‌مقام و کریمخان، تقاطع مطهری-میرزای شیرازی، تقاطع ولیعصر-مطهری، ولیعصر به سمت گاندی، تقاطع ولیعصر به سمت میدان عباسپور، خیابان شقاقی، تقاطع انقلاب-قرنی، تقاطع گمنام-جلال آل احمد، خیابان جهان‌آرا، تقاطع ولیعصر-مطهری، تقاطع زرتشت-

فلسطین، تقاطع ولیعصر-فاطمی نیز در رتبه بعدی از لحاظ شدت تصادفات با سطح تراکم زیاد قرار می‌گیرند که در این رابطه میدان ولیعصر، خیابان ولیعصر، خیابان طالقانی، بلوار کشاورز، تقاطع حجاب-کشاورز، تقاطع مطهری-میرزای شیرازی، تقاطع ولیعصر-مطهری، ولیعصر به سمت گاندی، تقاطع ولیعصر به سمت میدان عباسپور، خیابان شقاقی، تقاطع انقلاب-قرنی، خیابان جهان‌آرا، تقاطع ولیعصر-مطهری، تقاطع زرتشت-فلسطین هم از لحاظ فراوانی و هم از لحاظ شدت در رتبه بعدی با درجه زیاد قرار دارند.

خودهمبستگی فضایی

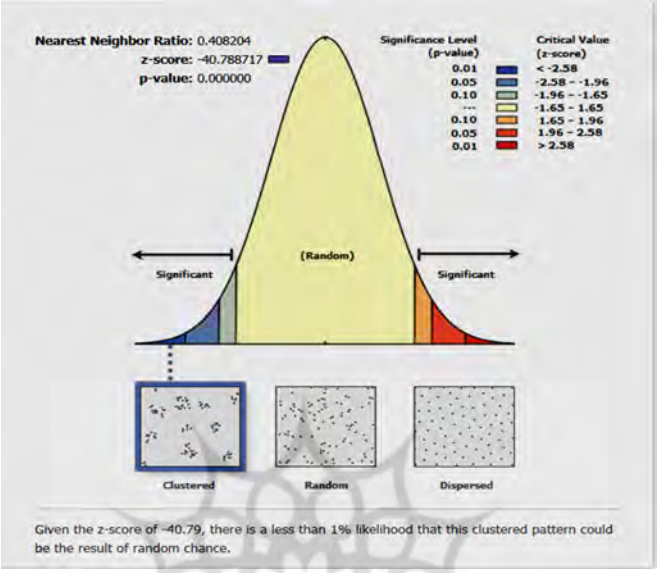
با توجه به توزیع فضایی نقاط حادثه‌خیز تصادف موتورسیکلت در منطقه **(6)** تهران، در این مرحله به سنجش توزیع فضایی این نقاط با مدل‌های خودهمبستگی فضایی پرداخته خواهد شد. در خصوص توزیع فضایی نقاط حادثه‌خیز در هر واحد فضایی، تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی به شناسایی ساختار فضایی ارتباطات و الگوهای توزیع در سطوح متراکم و نامتراکم به‌طور نسبی می‌پردازند. خودهمبستگی فضایی ابزار تحلیلی ارزشمندی است برای اینکه چگونه الگوهای فضایی در طول زمان تغییر می‌کنند. نتایج این نوع پژوهش به فهم بیشتری از چگونگی تغییر الگوهای فضایی از گذشته به حال کمک می‌کند. برای اندازه‌گیری همبستگی فضایی آماره‌هایی وجود دارد که امکان واکاوی توزیع فضایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات موتورسیکلت در سطح یک منطقه را فراهم می‌آورند.

برای اندازه‌گیری خودهمبستگی فضایی مدل‌های متفاوتی وجود دارد، از جمله شاخص نزدیک‌ترین همسایه[1]، موران[2] و ضریب گری (آماره عمومی G)[3]. در این پژوهش با استفاده از روش‌های مذکور، ساختار فضایی و الگوی توزیع تصادفات موتورسیکلت‌سواران در سطح منطقهٔ موردمطالعه، بررسی خواهد شد.

مراحل آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه شامل: محاسبه فاصله هر نقطه حادثه‌خیز تا نزدیک‌ترین نقطهٔ تصادف مجاور، محاسبه جمع فاصله نزدیک‌ترین نقاط

1- Nearest Neighbor Index
2- Moran`s I
3- General G-Statistic

حادثه‌خیز مجاور و تقسیم حاصل جمع بر تعداد نقاط کل تصادفات است. این مقدار، متوسط فاصله از نزدیک‌ترین همسایه واقعی است (لی و وونگ[1]، 2001: 136).



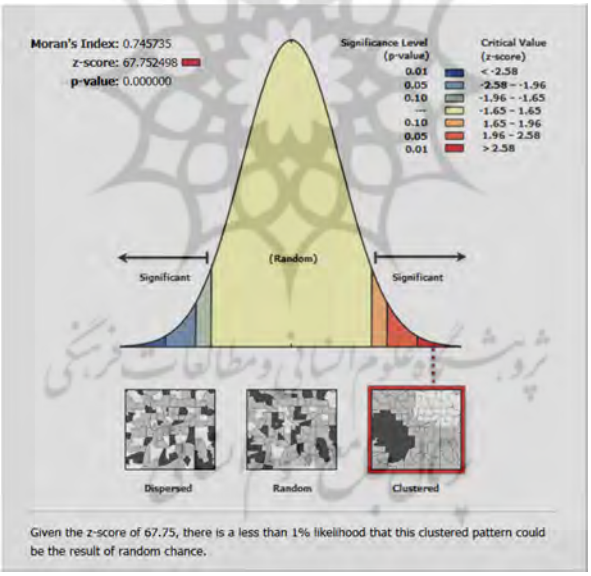
شکل شماره (1). نتایج آماری آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه در ارزیابی الگوی توزیع فضایی تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

نتایج آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه در ارزیابی توزیع فضایی نقاط حادثه‌خیز در منطقه (6) تهران بیان می‌دارد میزان این شاخص در پراکندگی کل تصادفات (1298 فقره تصادف) مثبت و برابر (0/40) می‌باشد (شکل شماره 1). بر این اساس توزیع فضایی کل تصادفات در منطقه موردمطالعه خوشه‌ای است. لازم به توضیح است که الگوهای پراکنش فضایی دارای (3) نوع می‌باشند: خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی که در مورد ساختار خوشه‌ای و پراکنده دارای خودهمبستگی فضایی بوده (مثبت و منفی) و در مورد ساختار تصادفی دارای خودهمبستگی نمی‌باشند. بررسی مقدار نمره استاندارد تصادفات موتورسیکلت در منطقه که معادل (40/78-) می‌باشد (کمتر از عدد مورد انتظار 2/58-)، تأییدکننده خوشه‌ای بودن و تمرکز جغرافیایی نقاط تصادفات موتورسیکلت در محدودهٔ ناحیه شهری موردمطالعه است (مطابق شکل شماره (1) خطچین بر روی خوشه‌ای بودن قرارگرفته است) و در سطح معناداری (1) درصد

1- Lee and Wong

معنادار است. نمره استاندارد را می‌توان برای صحت آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه بکار گرفت؛ هر چه نمره استاندارد عدد منفی بزرگتری باشد، می‌توان به‌درستی نتیجه آزمون شاخصِ نزدیک‌ترین همسایه اطمینان کرد. با توجه به نتایج آزمون نزدیک‌ترین همسایه می‌توان چنین استنباط نمود که توزیع تصادفات موتورسیکلت در منطقه **(6)** تهران در سال (1394) دارای نظم فضایی و خودهمبستگی فضایی بوده و خوشه‌ای می‌باشد. این بدان معناست که تصادفات توزیع تصادفی نداشته و در ناحیه‌های خاصی از منطقه **(6)** متمرکزشده‌اند و خوشه‌های حادثه‌خیز را تشکیل داده‌اند.

شاخص موران برخلاف شاخص نزدیک‌ترین همسایه تنها بر اساس موقعیت قرارگیری تصادف عمل‌نکرده و غیر از مکان قرارگیری تصادفِ به وقوع پیوسته، به اطلاعات پایگاه داده نقاط هم توجه دارد که در اینجا تراکم تصادف در هر نقطه بر اساس نقشه تراکم از کد (1) تا (5) (تراکم خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد) به پایگاه داده نقاط حادثه‌خیز وارد شد و توسط شاخص موران مورد واکاوی قرار گرفت (لی و وونگ، 2001: 138).



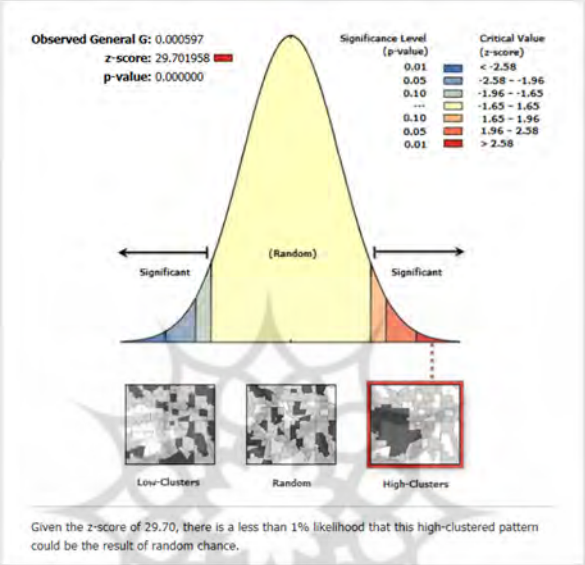
شکل شماره (2). نتایج آماری آزمون موران در ارزیابی الگوی توزیع تراکم تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در خصوص توزیع فضایی تراکم تصادفات موتورسیکلت (کدهای 1 تا 5) در شکل شماره (2) مشخص‌شده است. ضریب شاخص موران مثبت بوده و برابر (0/74) می‌باشد که نشانگر خوشه‌ای بودن شدید توزیع فضایی تراکم تصادفات می‌باشد. چراکه هر چه ضریب به سمت عدد (1) تمایل داشته باشد نشان از تمرکز بالاتر دارد. با توجه به اینکه مقدار نمره استاندارد (67) محاسبه‌شده در سطح اطمینان (0/01) بزرگتر از مقدار مورد انتظار (2/58) می‌باشد. درنتیجه خوشه‌ای بودن توزیع تراکم تصادفات تأیید می‌شود. به این معنی که نواحی دارای تمرکز تراکم تصادفات در منطقه (6) تهران در مجاورت یکدیگر قرار دارند و همسایه می‌باشند. چنانچه ضریب موران برابر (1) باشد بر توزیع کاملاً معنادار مکانی و فضایی نقاط تصادفات دلالت دارد. هرچه از عدد (1) به سمت صفر پیش می‌رود از درجهٔ معنادار بودن آن کاسته می‌شود و به سمت تصادفی سوق می‌یابد. در عدد (1-) به‌صورت کاملاً ناموزون و پراکنده می‌باشد. با مقایسهٔ این وضعیت با ضریب موران (0/74+) می‌توان گفت که توزیع فضایی تراکم تصادفات در منطقه **(6)** تهران معنادار و خوشه‌ای است. ولی در مجموع ضریب موران قادر به تشخیص تفاوت‌های محلی نیست و چنین می‌توان برداشت نمود که هم نواحی با تمرکز بالا و هم نواحی با تمرکز پایین تصادفات در مجاورت یکدیگر قرار دارند.

از طرفی شاخص موران به‌خوبی برای خواص آماری و توصیف همبستگی فضایی جهانی ساخته‌شده اما در شناسایی انواع گوناگونی از طبقه‌بندی الگوهای فضایی کارآمد نیست. این الگوها بعضی مواقع به‌عنوان نقاط داغ[1] و نقاط سرد[2] تمرکز نامیده می‌شوند. برای مثال، اگر ارزش‌های بالا، نزدیک یکدیگر باشند، «شاخص موران» و «ضریب گری»، دلالت بر خودهمبستگی فضایی مثبت به نسبت بالا دارند، این طبقه (خوشه) از ارزش‌های بالا ممکن است به‌عنوان نقطه تمرکز (داغ) نامیده شود؛ امّا خودهمبستگی فضایی مثبت بالا نشان داده‌شده به‌وسیلهٔ «شاخص موران» و «ضریب گری»، ممکن است به‌وسیلهٔ ارزش‌های پایین مجاور با یکدیگر به وجود آمده باشند. این نوع از خوشه می‌تواند به‌عنوان نقطهٔ سرد نامیده شود. شاخص موران نمی‌تواند این دو نوع از

1- Hot Spots
2- Cold Spots

خودهمبستگی‌های فضایی را متمایز کند. آماره عمومی G نسبت به شاخص موران در تعیین نقاط مثبت (داغ) و منفی (سرد) در سطح ناحیهٔ موردمطالعه ترجیح دارد. این نقاط داغ و سرد می‌توانند به‌عنوان تمرکزهای فضایی در نظر گرفته شوند (توماس و هاگت[1]، 1980: 283).

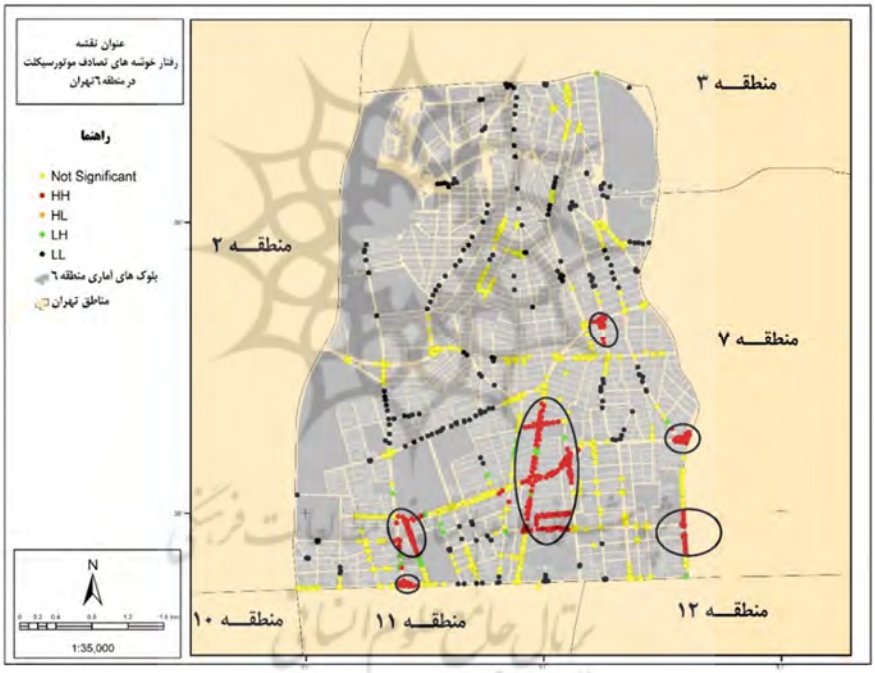


شکل شماره (3). نتایج آماری آزمون آماره عمومی G در ارزیابی الگوی توزیع تراکم تصادفات موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

همان‌طور که در شکل شماره (3) مشاهده می‌شود، مقدار G برابر (0/00059) و نمره استاندارد برابر (29/70) می‌باشد که در سطح (0/01) معنادار و بیانگر این است که الگوی فضایی تمرکز تراکم تصادفات موتورسیکلت از نوع خوشه‌ای با نقاط تمرکز بالا (گرم) است که فضاهایی با ضریب تمرکز بالای تصادفات، مجاور یکدیگر متمرکزشده‌اند؛ بنابراین کاربرد این الگوریتم در مقایسه با ضریب موران بهتر توانسته تفاوت‌های محلی که شامل تمرکزهای بالا (داغ) و تمرکز پایین (سرد) است را نشان دهد. پس در مجموع نتایج نشان می‌دهد مراکز با تمرکز بالای تصادف در مجاورت هم قرارگرفته‌اند و همسایه می‌باشند و خوشه‌ای بودن توزیع تصادفات موتورسیکلت در منطقه از نوع تشکیل خوشه‌های با تراکم بالای تصادف در منطقه می‌باشد.

1- Thomas and Huggett

همچنین تحلیل خوشه و ناخوشه که به شاخص موران محلی (انسلاین) مشهور می‌باشد از ابزارهای مفید و بسیار کاربردی برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشند. تفاوت شاخص موران محلی با موران عمومی-که پیش‌تر توضیح داده شد- در این است که موران عمومی تنها میزان رفتار خوشه‌ای در توزیع تصادفات را اثبات می‌کند اما نمی‌تواند رفتار فضایی تصادفات موتورسیکلت را بر روی نقشه به نمایش درآورد؛ بنابراین برای آشکارسازی نحوه رفتار تصادفات موتورسیکلت از نظر الگوی توزیع پراکندگی‌های فضایی از آماره موران محلی استفاده می‌شود. نقشه شماره (8)، رفتار خوشه‌های تصادف موتورسیکلت در منطقه **(6)** تهران که حاصل اجرای مدل موران محلی می‌باشد را نشان می‌دهد.



نقشه شماره (8)، رفتار خوشه‌های تصادف موتورسیکلت در منطقه (6) تهران.

نقشه‌ای که از این آماره به دست می‌آید شامل چهار دسته توزیع پراکندگی است که کاربر و محقق علمی می‌تواند با استفاده از آن‌ها نوع خودهمبستگی فضایی داده‌های خود را مورد ارزیابی قرار دهد. این چهار دسته اطلاعات به شرح ذیل می‌باشند:

نقاط (HH): شامل نقاطی است که دارای ارزش بالای تراکم تصادفات موتورسیکلت بوده و از اطراف نیز توسط نقاطی محاصره‌شده‌اند که دارای مقدار بالای آن خصیصه (در اینجا تراکم بالای تصادفات) می‌باشند. در منطقه **(6)** تهران شش خوشه HH شناسایی شده که (358) تصادف در منطقه را شامل می‌شود.

نقاط (LL): نقاطی را شامل می‌شوند که دارای ارزش پایین تراکم تصادفات موتورسیکلت بوده و از اطراف نیز توسط نقاطی محاصره‌شده‌اند که دارای مقدار پایین آن خصیصه (در اینجا تراکم پایین تصادفات) می‌باشند. در منطقه **(6)** تهران (216) تصادف را شامل می‌شود که دارای خوشه‌هایی پراکنده در تمام نواحی منطقه (6) می‌باشند.

نقاط (LH): نقاط یا همسایگانی هستند که در اینجا دارای تراکم پایین تصادفات موتورسیکلت بوده یا ناخوشه‌هایی که در آن یک مقدار کم، توسط مقادیر بالایی محاصره‌شده‌اند. (25) مورد تصادف در این منطقه بدین گونه‌اند.

نقاط (HL): نقاط یا همسایگانی هستند که در اینجا دارای تراکم بالای تصادفات موتورسیکلت بوده، یا ناخوشه‌هایی که در آن یک مقدار زیاد، توسط مقادیر پایینی محاصره‌شده‌اند. موردی در منطقه **(6)** وجود ندارد.

همچنین (699) مورد از تصادفات منطقه دارای عدم معناداری در تشکیل خوشه بوده و ارتباط معناداری در تشکیل (4) طبقه ذکرشده ندارند.

نتیجه‌گیری

تصادفات رانندگی به‌عنوان یکی از عوامل مهم مرگ‌ومیر و صدمات جانی در کشورهای درحال‌توسعه شناخته می‌شود که هزینه‌های بالای اقتصادی و آثار اجتماعی ناشی از آن، جوامع بشری را به‌شدت تحت تأثیر خود قرار داده است. از این میان موتورسیکلت‌سواران بخش قابل‌توجهی از این تصادفات را به خود اختصاص داده و

به‌عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین کاربران ترافیک به شمار می‌آیند. به همین دلیل شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات به‌منظور درک بهتر روندهایی که در این نقاط اتفاق می‌افتد جهت تخصیص مناسب منابع در راستای بهبود سطح ایمنی معابر ضروری است. ازاین‌رو سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید جهت شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات رانندگی مورداستفاده قرار گیرد و منجر به درک بهتر وضع موجود و عوامل مؤثر در وقوع تصادفات شود.

نتایج حاصل از الگوریتم تخمین تراکم کرنل در تحلیل‌های شبکه ارتباطی در منطقه **(6)** شهر تهران نشان می‌دهد تقاطع خیابان شهید بهشتی و خیابان میرزای شیرازی، تقاطع خیابان حافظ و خیابان کریمخان، تقاطع بلوار کشاورز و خیابان (16) آذر، تقاطع خیابان زرتشت و خیابان ولیعصر و ضلع غربی میدان هفت‌تیر هم از حیث فراوانی در تراکم تصادفات موتورسیکلت و هم شدت تصادفِ منجر به فوت و جرح، در ردیف حادثه‌خیزترین مناطق پرخطر با تراکم خیلی‌زیاد در منطقه **(6)** می‌باشند.

همچنین با استفاده از آزمون‌های آماری گرافیک مبنا از جمله شاخص نزدیک‌ترین همسایه، موران جهانی و آماره عمومی G، خودهمبستگی فضایی تصادفات موتورسیکلت در سطح منطقه موردبررسی قرارگرفته که نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد توزیع فضایی تراکم تصادفات در منطقه **(6)** تهران معنادار و خوشه‌ای از نوع تشکیل خوشه‌های با تراکم بالای تصادف در منطقه می‌باشد.

در انتها نیز برای آشکارسازی نحوه رفتار تصادفات موتورسیکلت از نظر الگوی توزیع پراکندگی‌های فضایی بر روی نقشه، از آماره موران محلی استفاده می‌شود که نتایج حاصل از این آزمون، (6) خوشه در منطقه را معرفی می‌نماید که دارای ارزش بالای تراکم تصادفات موتورسیکلت بوده و از اطراف نیز توسط نقاطی محاصره‌شده‌اند که دارای مقدار بالای تراکم تصادفات می‌باشند.

در این پژوهش سعی شده است با شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات موتورسیکلت‌سواران بر آسیب‌پذیری این دسته از کاربران ترافیک تأکید بیشتری شود، چراکه استفاده از موتورسیکلت در کلان‌شهر تهران سالانه تصادفات بسیاری را در پی دارد و اغلب آن‌ها نیز از نوع تصادفات جرحی و فوتی است؛ اما با توجه به اهمیت

موضوع پژوهش‌های اندکی در این حوزه صورت گرفته است. از طرفی متأسفانه در بیشتر این پژوهش‌ها تنها به تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری در خصوص سوانح ترافیکی بسنده شده است و این در حالی است که تحلیل‌های انجام‌شده بر مبنای داده‌های آماری توان نمایش و تحلیل کلیه متغیرهای دخیل در تصادفات را نداشته و ازاین‌رو قادر به شناسایی الگوی فضایی توزیع تصادفات و تبیین ارتباط مابین تصادفاتِ به وقوع پیوسته و عوامل محیطی نیست. درصورتی‌که در سال‌های اخیر استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته به‌سرعت گسترش‌یافته و در زمینه ایمنی ترافیک به‌طور قابل‌توجهی مورداستفاده قرارگرفته است؛ بنابراین، در این پژوهش با بهره‌گیری از ظرفیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی سعی شد تا با تبیین الگوی پراکندگی تصادفات موتورسیکلت‌سواران، بررسی هم‌زمان فراوانی و شدت تصادفات و ارزیابی خودهمبستگی فضایی تصادفات به شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات و در نتیجه کاهش تلفات انسانی در یکی از پرترددترین مناطق شهر تهران پرداخته شود.

به نظر می‌رسد بخشی از عدم انجام پژوهش‌هایی ازاین‌دست به دلایلی مانند عدم وجود دقت کافی در داده‌های تصادفات موتورسیکلت‌سواران و روند پیچیده و زمان‌برِ دسترسی و دریافت این داده‌ها از سازمان‌ها و ادارات مربوطه، عدم وجود سامانه یکپارچه جهت ثبت و تحلیل رایانه‌ای اطلاعات جمع‌آوری‌شده از فرم‌های تصادفات و همچنین عدم ثبت محل دقیق تصادف با استفاده از ابزار GPS و GIS، کمبود پیشینه پژوهش‌های دانشگاهی جامع در این زمینه، کمبود کتب و مجله‌های تخصصی مرتبط با نظریه‌ها، مدل‌ها و روش‌های مکان‌یابی و عدم وجود استانداردهای جامع در زمینه شناسایی عوامل مکان‌یابی می‌باشد. این محدودیت‌ها که در مسیر انجام این پژوهش نیز وجود داشت، گاه به‌منظور جمع‌آوری پایگاه داده تصادفات بسیار زمان‌بر بوده و گاه به دلیل عدم دقت کافی در ثبت محل وقوع تصادفات پژوهشگران را به سمت انجام پژوهش‌های آماری صرف هدایت می‌نماید.

منابع

- احمدی‌نژاد، محمود؛ شاهی، جلیل؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا (1385). مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران. پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال (3)، شماره (1) (بهار)، ص 13- 26.
- اصغری زمانی، اکبر؛ مرادی مفرد، سمیرا؛ زاد ولی خواجه، شاهرخ؛ قاسمی، زهرا (1391). بررسی تحلیل فضایی تصادفات درون‌شهری و عوامل مؤثر انسانی در آن با استفاده از مدل ویکور و GIS (موردمطالعه: شهر زنجان). تهران: دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک.
- بلیانی، سعید؛ حکیم دوست، سید یاسر (1393). اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی. تهران: آزادپیما.
- بهبهانی، حمید؛ شعبانی، شاهین (1383). ارزیابی روش‌های شناسایی مکان‌های حادثه‌خیز. نشریه جاده، شماره (51) (پائیز)، ص 87-99.
- پلیس راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ (1394). گزارش تصادفات موتورسیکلت‌سواران منطقه (6) شهر تهران در سال 1394.
- خاکساری، علی (1393). حمل‌ونقل شهری با تأکید بر جنبه‌های اجتماعی. تهران: انتشارات معاونت و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران.
- رحیم‌اف، کامران؛ عباسی، رضا (1393). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در راستای کمک به سیستم تجزیه‌وتحلیل تصادفات ترافیکی موردمطالعه: منطقه 15 تهران، بزرگراه امام رضا (ع). سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی.
- رضایی مقدم، فرزاد؛ افندی زاده زرگری، شهریار؛ احمدی‌نژاد، محمود؛ زیاری، مجتبی (1388). مدل‌های پیش‌بینی شدت تصادف‌های موتورسیکلت در بزرگراه‌های شهری با استفاده از رگرسیون لوجستیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله مطالعات مدیریت ترافیک، دوره (4)، شماره (14) (پاییز)، ص 1-22.
- شاهی، جلیل؛ احمدی‌نژاد، محمود؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا (1384). مدل پیش‌بینی تصادفات موتورسیکلت در تقاطع‌های شهر تهران. پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال (2)، شماره (4) (زمستان)، ص 245 - 256.
- عفتی، میثم؛ رجبی، محمدعلی؛ حکیم پور، فرشاد؛ شعبانی، شاهین (1393). تحلیل عوامل مکانی مؤثر بر تمرکز تصادفات در راه‌های برون‌شهری با استفاده از GIS و داده‌کاوی. نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره (4)، شماره (2) (آبان ماه)، ص 87 - 102.
- قبادی، محمد؛ اکبری آلاشتی، اکبر (1392). شناسایی نقاط حادثه‌خیز با تحلیل سلسله مراتبی در تقاطعات بین‌شهری. فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور، سال (10)، شماره (24) (زمستان)، ص 11-30.

- قیاسی، ایمان اله (1390). مکان‌یابی نقاط حادثه‌خیز تصادفات عابران پیاده در شبکه‌های درون‌شهری با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- راه و ترابری. تهران: دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی.
- وزیری، ایلوش؛ زنگی‌آبادی، مهدی (1392). تحلیل تصادفات و شناسایی نقاط حادثه‌خیز در شهر تهران بر مبنای GIS. تهران: سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک.
- Anderson, T. A. (2009), Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots, Accident Analysis and Prevention, No. 41, PP.: 359–364.
- Chen, H. Y. (2012), Black Spot Determination of Traffic Accident Locations and Its Spatial Association Characteristic Analysis Based on GIS, Journal of Geographic Information System, No. 4, PP. 608-617.
- Lee, J. and Wong, S. D. (2001), Statistical analysis with ArcView GIS, New York: John Wiley and Sons.
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha R. and Geetha, N. (2011), Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment, Procedia- Social and Behavioral Sciences, Vol. 21. PP. 317–325.
- Sandhu, H. A. S., Singh, G., Sisodia, M. S. and Chauhan, R. (2016), Identification of Black Spots on Highway with Kernel Density Estimation Method, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 44, Issue 3, PP. 457-464.
- Thakali, L., Kwon, T. J. and Fu, L., (2015), Identification of crash hotspots using kernel density estimation and kriging methods: a comparison, Journal of Modern Transportation, Vol. 23, Issue 2, PP. 93-106.
- Thomas, R. W., and Huggett, R. J. (1980), Modeling in Geography a mathematical approach, U.S.A.: Barnes & Noble Books.
- Vemulapalli, S. S., Ulak, M. B., Ozguven, E. E., Sando, T., Horner, M. W., Abdelrazeg, Y. and Moses, R. (2017), GIS-based Spatial and Temporal Analysis of Aging-Involved Accidents: a Case Study of Three Counties in Florida, Applied Spatial Analysis and Policy, Vol. 10, Issue 4, PP. 537-563.
- www.WHO.int.

پرتال جامع علوم انسانی