نشریه علمی علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره ۱۳، شماره ۱، صفحه ۲۷ تا ۴۴، شهریور ماه ۱۴۰۲- مقاله پژوهشی

ارائه رویکردی مبتنی بر توابع خوشه‌ای سیستم‌های اطلاعات مکانی به‌منظور تحلیل زمانمند تصادفات موتورسیکلت در معابر درون‌شهری مطالعه موردی: کلانشهر رشت

میثم عفتی*[۱]، امین زارعی کریانی[۲]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی عمران (راه و ترابری)، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان
Meysameffati@guilan.ac.ir

[۲] دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی عمران (راه و ترابری)، پردیس دانشگاه گیلان
aminzarei@msc.guilan.ac.ir

(تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۱، تاریخ تصویب: شهریور ۱۴۰۲)

چکیده

برابر آمار و پژوهش‌های صورت‌گرفته موتورسیکلت‌سواران به‌عنوان یکی از پرخطرترین کاربران حمل‌ونقل شناخته‌شده‌اند. بااین‌وجود باتوجه‌به شرایط اقتصادی جامعه و معضلات ترافیکی در شهرها، استفاده از موتورسیکلت همواره مورد استقبال اقشار مختلف جامعه برای جابه‌جایی درون‌شهری بوده‌است. هدف اصلی این پژوهش ارائه روشی مبتنی بر تحلیل‌های زمانی و توابع خوشه‌ای سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به‌منظور تحلیل آماری، مکانمند و زمانمند تصادفات موتورسیکلت جهت شناسایی مقاطع پرتصادف و ارائه راهکارهای ایمنی لازم به‌منظور کاهش تصادفات آتی است. در این راستا با استفاده از تحلیل کرنل با انحراف از معیار ۰.۰۹۶ و تابع گتیس آرد جی استار با انحراف از معیار ۰.۴۶۴۳ و همچنین تحلیل خوشه‌ای زمانمند، الگوی مکانی- زمانی تصادفات موتورسیکلت با تأکید بر ساعت وقوع و فصل در منطقه موردمطالعه بررسی شده‌است و به کمک ارزیابی همبستگی، تأثیر پارامتر زمان در ساعات مختلف شبانه‌روز و فصول مختلف سال بر تغییرات در فراوانی و پراکنش مکانی تصادفات تحلیل شده‌است. براساس نتایج مشخص شد که سه بلوار لاکان، امام خمینی و شهید بهشتی در جملگی تحلیل‌های مبتنی بر روش‌های آماری و روش‌های بر مبنای سیستم‌های اطلاعات مکانی در دسته معابر خطرناک دسته‌بندی می‌گردد. نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌گیری تلفیقی از تحلیل‌های خوشه‌ای مکانمند و زمانمند با شناسایی مقاطع پرتصادف در معابر شهری و بازه‌های زمانی مؤثر فصلی و ساعتی می‌تواند در تدوین رویکردهای ایمنی مرتبط با موتورسیکلت سواران منجر به اخذ تصمیمات اصلاحی مرتبط با مکان و زمان شود.

واژگان کلیدی: ایمنی، داده‌کاوی‌مکانی، تصادفات موتورسیکلت، تراکم کرنل، تحلیل مکانمند، شدت تصادفات

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

تصادفات رانندگی همواره دارای اثرگذاری منفی در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و امنیتی هستند. در سراسر جهان، تصادفات رانندگی به‌عنوان یکی از مسائل مهم، در حوزه ایمنی حمل‌ونقل شناخته‌شده است [۱]. تعداد تلفات و تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای بیشتر متأثر از سه عامل جاده، انسان و وسیله نقلیه است [۲]. راکبان موتورسیکلت در هنگام رخدادن تصادفات نسبت به سایر کاربران حمل‌ونقل آسیب‌پذیرتر هستند [۴]. از طرفی موتورسیکلت یکی از کاربردی‌ترین حالت‌های حمل‌ونقل برای سفرهای مختلف در ایران محسوب می‌شود [۴]. لازم به ذکر است موتورسیکلت سواران یکی از آسیب‌پذیرترین کاربران سیستم حمل‌ونقل هستند [۴]. علت اصلی مرگ‌ومیر در تصادفات مربوط به موتورسیکلت گزارش‌شده در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه به دلیل آسیب به سر و به دنبال آن صدمات قفسه سینه و شکم است [۵]. نسبت بالای مرگ‌ومیر و جراحات شدید راکبان موتورسیکلت ویژگی‌های تصادفات دارد [۱].

لازم به ذکر است که تصادفات موتورسیکلت علاوه بر ویژگی‌های آماری، ویژگی‌های مکانمند را نیز شامل می‌شود که بررسی این ویژگی‌های مکانمند نیز باتوجه‌به محدودیت روش‌های آماری در برقراری ارتباط بین فضا و زمان در مقابل ابزارهای تحلیل فضایی حائز اهمیت است [۲۱ و۶]. سیستم اطلاعات مکانی (GIS)[1] به‌عنوان ابزاری جهت تحلیل مکانمند و استخراج الگوهای مکانمند همواره مورداستفاده بوده‌است. با استفاده از GIS می‌توان مقاطع پرخطر را روی نقشه‌ها نمایش داد و همچنین متولیان حوزه حمل‌ونقل نیز می‌توانند با مراجعه به این نقشه‌ها بهترین تصمیمات در راستای افزایش ایمنی را اتخاذ نمایند [۷]. باتوجه‌به پیشرفت‌های علم GIS و فراگیری منابع رایگان دسترسی به نقشه‌های معابر و خیابان‌ها توسعه الگوهای مکانی- زمانی امری مؤثر و ضروری محسوب می‌شود [۲۱]. در این راستا استفاده از تحلیل خوشه‌ای زمانمند به تجزیه‌وتحلیل یکپارچگی مکانی- زمانی تصادفات و رابطه بین مکان تصادفات و تغییر آن‌ها در طول زمان کمک می‌نماید [۲۰]. همچنین به‌منظور توسعه اقدامات مؤثر ایمنی برای کاهش تصادفات رانندگی، و ضرورت شناسایی مناطقی که در آن حوادث ترافیکی متمرکز شده است، و تحلیل نقاط کانون استفاده از توابع تخمین چگالی کرنل[2] و گتیس آرد جی استار[3] روشی متداول و موفقیت‌آمیز محسوب می‌شود [۲۳].

در این پژوهش با به‌کارگیری و تحلیل تصادفات سابق رخداده موتورسیکلت و توسعه روشی مکانمند مبتنی بر توابع تخمین چگالی کرنل، الگوهای خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت شناسایی می‌شوند و با بهره‌گیری از تابع گتیس آرد جی استار تحلیل نقاط کانون این تصادفات مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه با بهره‌گیری از تحلیل خوشه‌ای زمانمند، الگوهای مکانی- زمانی تصادفات موتورسیکلت نیز مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. روش پیشنهادی این امکان را فراهم می‌سازد تا تأثیر متغیر زمان به‌عنوان یکی از متغیرهای مؤثر در تصادفات موتورسیکلت در ترکیب با رویکرد مقطع و مکان مبنا مورد تحلیل قرار گیرد و راهکارهای مؤثرتری در جهت مدیریت تصادفات موتورسیکلت در معابر کلان‌شهرها با ارائه نقشه‌های موضوعی خوشه‌ای ارائه گردید.

۲- پیشینه تحقیق

تحلیل آماری از دیرباز به‌عنوان یک راهکار مهم جهت تحلیل تصادفات مطرح بوده‌است و ازآنجایی‌که تصادفات همیشه وابسته به مکان نیز هستند، اخیراً تحقیقاتی در خصوص تلفیق تحلیل آماری با روش‌های مکانمند به‌منظور تحلیل تصادفات صورت‌گرفته‌است. به‌عنوان‌مثال در حیطه روش‌های آماری تحلیل تصادفات Dapilha و همکاران در سال ۲۰۱۶، جهت بررسی تصادفات موتورسیکلت جاده‌ای در شمال کشور غنا، ویژگی‌های موتورسیکلت سواران و رفتارهای ترافیکی شهری را با تحلیل‌های آماری از نوع توصیفی و جمع‌آوری پرسش‌نامه مورد بررسی قراردادند. در این پژوهش به ارائه آمارهایی در خصوص روند تصادفات رخداده در سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵ بر اساس تعداد تصادفات و همچنین سطح شده تصادفات پرداختند. داده‌های مورداستفاده در این پژوهش علاوه بر گزارشات پلیس، پرسش‌نامه‌ها و مصاحبه با متولیان ایمنی است. ایشان از این پژوهش نتیجه گرفتند که عدم استفاده از کلاه ایمنی یک عامل مهم در افزایش شدت صدمات موتورسیکلت سواران است و همچنین آموزش و

۱ Systems Information Geographic
۲ Kernel Density Estimation
۳ Getis-Ord Gi*

تشدید سخت‌گیری در اجرای قانون را راهکاری جهت مقابله با عدم استفاده از کلاه ایمنی دانستند [۷].

در حیطه بررسی زمان وقوع تصادفات موتورسیکلت، Mascarenhas و همکاران در سال ۲۰۱۶، ویژگی‌های موتورسیکلت سواران درگیر در تصادفات جاده‌ای حاضر در فوریت‌های عمومی و اورژانس را بررسی نمودند. ایشان با کمک استفاده از تابع آماری مجذور کای (Rao- Scott) در پژوهش خود به ارائه آمارهایی در مورد روزهای مراجعه موتورسیکلت سواران به اورژانس، ساعات مراجعه موتورسیکلت سواران به اورژانس و میزان استفاده از کلاه ایمنی و استفاده از الکل در میان موتورسیکلت سواران پرداختند. طبق نتایج ارائه شده در این پژوهش ۷۹/۱ درصد از موتورسیکلت سواران مراجعه‌کننده به اورژانس از کلاه ایمنی استفاده نموده‌اند و همچنین ۱۳/۳ درصد از موتورسیکلت سواران مراجعه‌کننده به اورژانس شش ساعت قبل از حادثه الکل مصرف نموده‌اند. همچنین مشخص شد که تعداد تصادفات در روزهای آخر هفته، صبح و بعدازظهر بیشتر است [۸]. بای و همکاران نیز در سال ۱۳۹۴ در پژوهش خود تصادفات جاده‌ای منجر به فوت استان گلستان را مورد بررسی قراردادند. این پژوهش با استفاده از بررسی آماری توصیفی و استنباطی داده‌های تصادفات منجر به فوت جمع‌آوری‌شده توسط پلیس‌راه استان گلستان در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ انجام شد. مطابق نتایج حاصل شده از این پژوهش تصادفات در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ روندی افزایشی دارد و پس از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۳۹۳ تصادفات روندی کاهشی به خود می‌گیرد. همچنین از این پژوهش مشخص گردید که ماه‌های مرداد، شهریور و مهر بیشترین تعداد تصادفات را به خود اختصاص می‌دهند [۹].

ازآنجایی‌که تصادفات رانندگی همیشه ماهیتی مکانمند دارند و وابسته به مکانی مشخص‌اند و تحلیل‌های آماری نیز توانایی تحلیل مکانی تصادفات را ندارند، ارائه تحلیل مکانمند در کنار تحلیل آماری می‌تواند در دستیابی به نتایج و راهکارهای ایمنی مناسب‌تر کمک نماید [۱۰].

در این راستا Saadt و همکاران در سال ۲۰۱۹ در پژوهشی به تحلیل فضایی حوادث رانندگی منجر به فوت موتورسیکلت‌سواران شهر تهران پرداختند. ایشان در این پژوهش عوامل مکانی مؤثر بر وقوع تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی موردبررسی قراردادند. در این پژوهش به کمک شاخص موران الگوی توزیع فضایی تصادفات تعیین شد و با استفاده از تابع گتیس آرد جی استار برای تجزیه‌وتحلیل نقاط بحرانی استفاده شده‌است. این پژوهش با بهره‌گیری از مدل رگرسیون و پواسن دوجمله‌ای منفی نقش عوامل منطقه و محیطی در فراوانی تصادفات را بررسی نموده‌است. ایشان از این پژوهش نتیجه گرفتند بیشترین تصادفات منجر به فوت موتورسیکلت‌سواران در بزرگراه‌ها رخ می‌دهد [۱۳]. Shariat Mohaymani و همکاران در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی با استفاده از تابع تخمین ناپارامتریک چگالی کرنل به تشخیص بخش‌هایی از معبر که دارای خطر تصادف بود پرداختند. ایشان در این پژوهش اظهار داشتند که روش‌های رایج شناسایی نقاط تصادفات برای تجسم الگوهای تصادف به‌اندازه کافی قوی نیستند، زیرا از ویژگی‌های مکانی داده‌های تصادفات غافل می‌شوند. لذا برای پوشش این ضعف از تخمین تراکم کرنل شبکه که یک رویکرد ناپارامتریک برای رویدادهای توزیع شده در فضای یک‌بعدی است و تخمین چگالی را در هر مکان در منطقه موردمطالعه و نه فقط در مکانی که رویداد رخ می‌دهد تسهیل می‌نماید، استفاده نمودند [۱۶]. Jiang و همکاران در سال ۲۰۲۰ در پژوهشی، تجزیه‌وتحلیل تصادفات موتورسیکلت با استفاده از چارچوب مبتنی بر کاوش قوانین[۱] با بهینه‌سازی پارامترها و فناوری GIS مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از توابع مکانمند تخمین چگالی کرنل به‌منظور بررسی رابطه فضایی بین عوامل کلیدی و شدت آسیب تصادفات موتورسیکلت و ارائه رویکرد بصری دقیق‌تر به سیاست‌گذاران حوزه ایمنی در حمل‌ونقل به استفاده شده‌است. بر اساس نتایج پژوهش مقاطع پرخطر تصادفات مرگبار موتورسیکلت در نقشه‌های GIS ارائه شده‌است تا سیاست‌گذاران حوزه مرتبط بتوانند در هنگام اتخاذ تصمیم به این نقشه‌ها مراجعه نمایند [۱۷]. Reardon و همکاران نیز در سال ۲۰۱۷ اپیدمیولوژی و مقاطع پرخطر ترافیکی جاده‌ای در تانزانیا را بررسی نمودند. ایشان در این پژوهش برای شناسایی مناطق با بیشترین میزان خطر از توابع مکانمند تخمین تراکم کرنل استفاده نمودند و تصادفات را برحسب شاخص شدت نمایش دادند. براساس نتایج این پژوهش مشخص شده که بیشترین تعداد

۱ rule minig-based

صدمات در چهار تقاطع رخداده است [۲۲]. Le KG و همکاران در سال ۲۰۲۰ تأثیر ساعات مختلف شبانه‌روز و فصول مختلف سال در تصادفات بوقوع پیوسته در شهر هانویی را به کمک تخمین تراکم کرنل با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای زمانمند ارائه دادند [۲۰].

براساس پژوهش‌های پیشین مشخص شد که تحلیل آماری و تحلیل مکانمند به روش‌های متفاوت، بر اساس شرایط هر پژوهش و همچنین داده‌های در دسترس به‌منظور تحلیل تصادفات انجام‌گرفته‌است. لیکن به‌ندرت از توابع مکانمند در تلفیق با روش‌های آماری در تحلیل تصادفات موتورسیکلت استفاده شده‌است. بعلاوه تحلیل خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت با تأکید بر شناسایی تغییرات احتمالی ناشی از زمان وقوع مغفول مانده‌است. مطابق با پژوهش‌های پیشین بررسی شده در پژوهش‌هایی که بر مبنای روش‌های مختلف آماری انجام شده‌است عموماً از بررسی میزان ارتباط و همبستگی بعد مکانمند و زمانمند تصادفات با پراکنش و شدت تصادفات غفلت شده‌است. همچنین در پژوهش‌های انجام شده به کمک توابع مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی نیز در بیشتر موارد به بررسی مکانمند و یا زمانمند تصادفات به‌تنهایی پرداخته شده‌است و از تحلیل تومان مکانمند و زمانمند داده‌های تصادفات کوتاهی شده‌است و عموماً از بررسی تأثیر پارامتر مهم زمان بر شدت، فراوانی و تراکم تصادفات چشم‌پوشی شده‌است. از این جهت پژوهش حاضر در نظر دارد تا با مدل‌سازی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت، علاوه تحلیل آماری تصادفات به تحلیل مکانمند تصادفات موتورسیکلت در معابر شهری بپردازد. همچنین تأثیر ساعات مختلف شبانه‌روز و تغییرات فصلی را بر روند تصادفات موتورسیکلت در معابر شهری تحلیل نماید.

۳- مواد و روش تحقیق

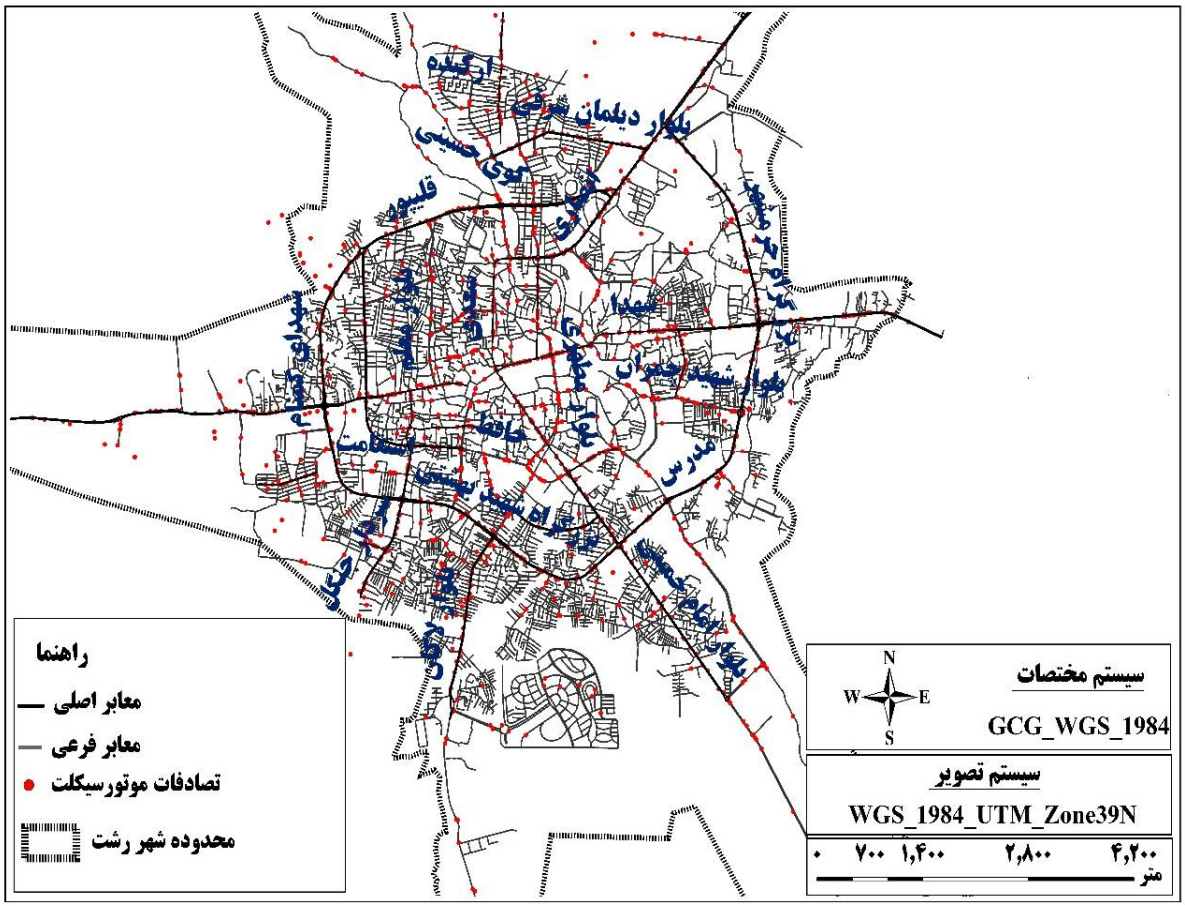
۳-۱- داده و منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه معابر درون‌شهری رشت می‌باشد. شهرستان رشت به‌عنوان مرکز استان گیلان می‌باشد. این شهرستان از کلان‌شهرهای ایران محسوب می‌گردد و همچنین پرجمعیت‌ترین شهر شمال ایران و فشرده‌ترین شهر ایران به لحاظ نسبت وسعت به جمعیت است. در این شهرستان تعداد قابل‌توجهی از افراد از موتورسیکلت چه برای جابه‌جایی درون‌شهری و چه جابه‌جایی برون‌شهری و ارتباط با روستاهای اطراف استفاده می‌نمایند. برای انجام این پژوهش از داده‌های تصادفات جمع‌آوری‌شده توسط پلیس‌راهور استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ استفاده‌شده است و فرض بر این است که اطلاعات توصیفی و مکانی تصادفات پیشین ثبت شده از دقت نسبی مناسبی برخوردار است. شکل شماره ۱ نمایی از معابر درون‌شهری رشت را به همراه توزیع تصادفات موتورسیکلت نمایش می‌دهد.

۳-۲- روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از داده‌های مأخوذه از پلیس راهور در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ روش پیشنهادی به‌منظور تحلیل آماری و زمانی- مکانی تصادفات موتورسیکلت جهت تعیین معابر پرتصادف و الگوهای خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت مبتنی بر زمان در معابر درون‌شهری مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تحلیل آماری جهت بررسی فراوانی تعداد تصادفات رخداده بر اساس متغیرهای مؤثر در تصادفات موتورسیکلت انجام می‌گیرد و نتایج حاصل از تحلیل آماری در قالب نمودارها و اشکال و جداول ارائه می‌گردد. پیش از انجام تحلیل مکانمند با وزن‌دهی به تصادفات به کمک شاخص شدت تصادفات، ارزش‌گذاری هر تصادف به لحاظ شدت وقوع تصادف انجام می‌گردد. همچنین تحلیل مکانمند نیز پس از انجام فرآیند ژئوکدینگ بر روی داده‌های تصادف با استفاده از تابع تراکم کرنل و گتیس آرد جی استار بر اساس محل وقوع تصادفات رخداده جهت شناسایی معابر پرتصادف و شناسایی محل‌های تمرکز خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت انجام می‌گیرد. مشارکت خاص پژوهش در کنار تحلیل مکانمند تصادفات موتورسیکلت توسعه تحلیل خوشه‌ای زمانمند به‌منظور کشف تأثیرات زمانی ناشی از ساعات مختلف شبانه‌روز و فصول بر پراکندگی تصادفات موتورسیکلت و تراکم تصادفات رخداده در معابر شهری می‌باشد [۲۰]. مطالعات نشان داده‌است که زمان عاملی تأثیرگذار در شدت تصادفات، فراوانی تصادفات و تراکم منطقه‌ای تصادفات است. لذا در این پژوهش سعی شده تا تأثیر تغییرات ساعتی، ماهانه و فصلی بر تصادفات موتورسیکلت، به کمک دیاگرام‌های تحلیل خوشه‌ای زمانمند مورد تحلیل و بررسی قرار بگیرد. این بخش از پژوهش با بررسی تأثیر تغییرات پارامتر زمان بر

خوشه‌های تصادفات به کمک دیاگرام‌های تحلیل خوشه‌ای زمانمند به درک وابستگی الگوهای‌ها مکانمند و زمانمند تصادفات کمک نموده‌است. شکل شماره ۲ خلاصه روش پیشنهادی پژوهش را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- معابر درون‌شهری منطقه موردمطالعه و پراکنش تصادفات موتورسیکلت در بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹

۳-۲-۱- شاخص شدت

استفاده از شاخص شدت تصادفات، این امکان را فراهم می‌سازد تا به تصادفات شدیدتر، وزن بالاتری اختصاص داده شود. در این پژوهش از سیستم وزن‌دهی شدت تصادفات استفاده شده‌است. این روش برای انواع تصادفات خفیف، تصادفات جدی و تصادفات منجر به فوت به ترتیب وزن‌های ۱، ۳ و ۵ را در نظر گرفته‌است شاخص شدت به کمک رابطه ۱ محاسبه می‌شود [۲۰].

$$SI = L + 3S + 5D \qquad (1)$$

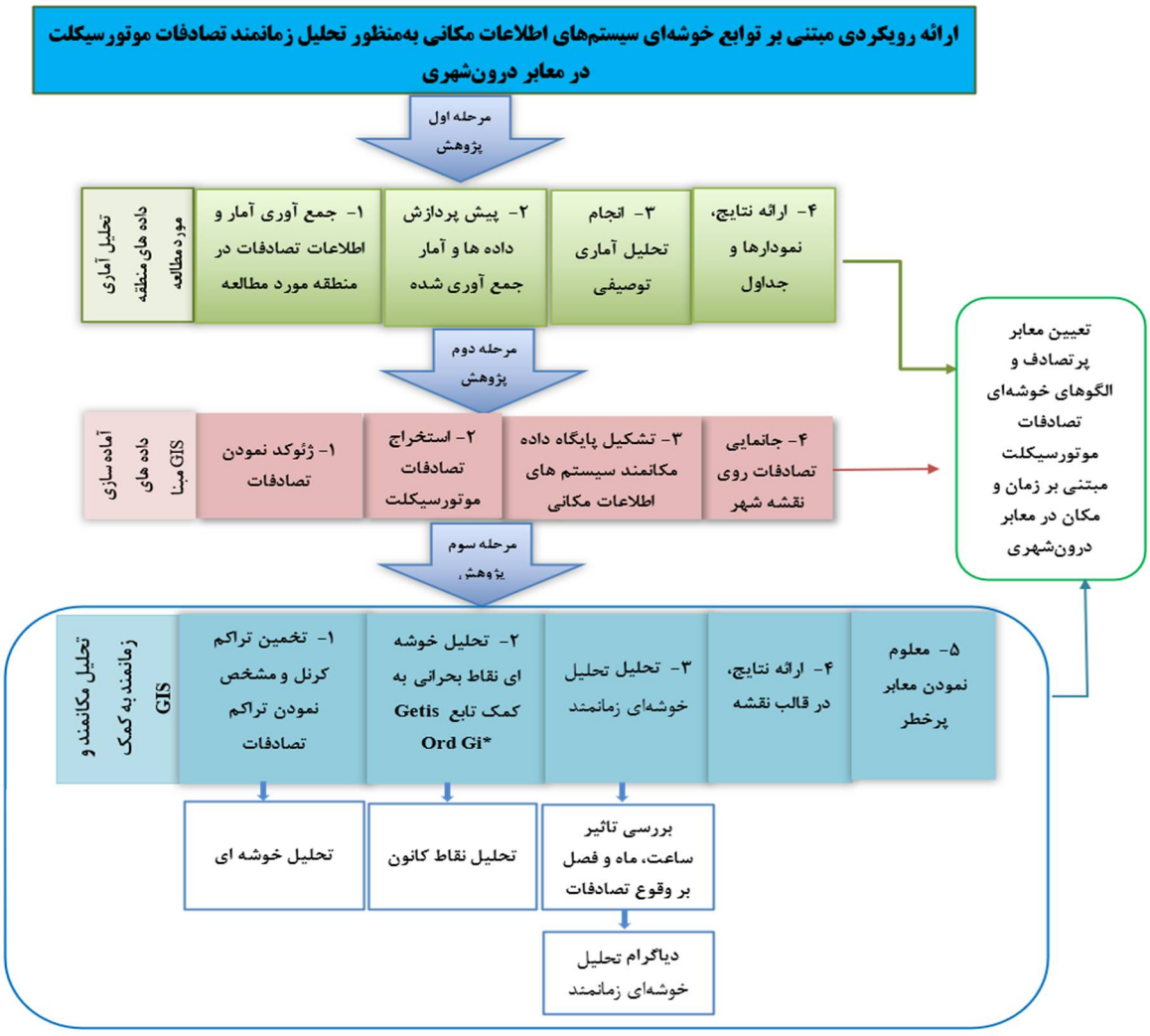
دراین‌رابطه L بیانگر تعداد تصادفات خسارتی و S بیانگر تعداد تصادفات جرحی و D بیانگر تعداد تصادفات فوتی است [۲۰].

۳-۲-۲- تحلیل تراکم کرنل

تحلیل تراکم کرنل به‌عنوان ابزاری مناسب جهت تحلیل داده‌های نقطه‌ای و خطی مطرح است. باتوجه‌به اینکه این روش در مدت‌زمان کوتاه جستجو در یک پایگاه‌داده بزرگ را انجام می‌دهد و نقشه‌های تراکم را به‌عنوان خروجی تحلیل ارائه می‌دهد به‌عنوان ابزاری محبوب در تحلیل تصادفات مطرح است [۱۴]. تابع تراکم کرنل جهت توصیف ویژگی‌های مکانی داده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. براساس تابع تراکم کرنل الگوی مکانی داده‌ها، صرفاً یک نقطه مکانی مشخص نیست، بلکه در هر مکانی در منطقه موردمطالعه دارای چگالی است که این ویژگی مهم تابع تراکم کرنل جهت تحلیل مکانی داده‌های تصادفات که مکان تقریبی آن‌ها در دسترس است مناسب است [۱۵]. ویژگی مهم و خاص دیگری که این روش دارد تشخیص گسترش

خطر تصادفات است [۱۴و۱۸]. معادله برآورد تحلیل کرنل از رابطه شماره ۲ محاسبه می‌شود.

$$R_i = \hat{p}(X) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} K_\sigma(X - X_i) \qquad (۲)$$



شکل ۲- روش تحقیق

۳-۲-۳- تحلیل هات اسپات تابع گتیس آرد جی استار

تحلیل هات اسپات به‌عنوان یکی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل مکانمند تصادفات، تمرکز تصادف را در یک نقطه یا منطقه را نشان می‌دهد. این روش جهت تجزیه‌وتحلیل تصادفات از تابع آماری گتیس آرد جی استار بهره می‌گیرد. به کمک این روش می‌توان ارتباط میان محل‌ها وقوع تصادفات را نمایش داد. روش ذکر شده جهت محاسبه میزان ارتباط میان محل‌های وقوع تصادفات موتورسیکلت در معابر شهری از شاخص Z-Score استفاده می‌نماید که به کمک این پارامتر میزان کم یا زیاد بودن خوشه‌بندی قابل‌درک است [۱۹]. چنانچه میزان Z-Score به سمت ۱+ میل نماید به معنی پرخطر بودن به لحاظ وقوع تصادفات است و چنانچه میزان Z-Score به سمت ۱- میل نماید به معنی کم‌خطر بودن به لحاظ وقوع تصادفات است. نواحی پرخطر با Z-Score بالا یا خوشه‌های شدید به لکه‌های داغ و نواحی کم‌خطر با Z-Score پایین یا خوشه‌های پایین به لکه‌های سرد مشهورند. معادله تحلیل هات اسپات به کمک تابع گتیس آرد جی استار به کمک رابطه شماره ۲ محاسبه می‌شود [۱۸].

$$Gi*(d) = \frac{\sum Wij(d)xj - W_i^*\bar{x}^*}{s*\{[(ns^*)] - W_i^{*2}|(n-)\}^{0.5}} \qquad (۳)$$

در این معادله $Wij(d)$ یک بردار وزن فضایی است و Wi مجموع وزن‌ها است و s^* نیز انحراف معیار استاندارد داده‌ها است [۲].

۳-۲-۴- تحلیل خوشه‌ای زمانمند

الگوی مکانی تصادفات وابسته به پارامترهای مختلفی است. یکی از این پارامترهای مهم، متغیر زمان است. هدف روش تحلیل خوشه‌ای زمانمند ارائه دیدگاه مناسب از تأثیر تغییرات زمان بر الگوی مکانی تصادفات به کمک نقشه و تصاویر گرافیکی است [۲۱]. در واقع تحلیل خوشه‌ای زمانمند امکان درک بهتر تأثیر تغییرات زمانی بر مکان وقوع تصادفات را فراهم می‌سازد [۲۰]. در این پژوهش به کمک تحلیل خوشه‌ای زمانمند با استفاده از داده‌های زمانی تأثیر تغییرات ساعتی و فصلی با ارائه نقشه‌های توزیع فضایی تصادفات تحلیل شده‌است. این روش با بهره‌گیری از نقشه‌های مکانی مختلف ارتباط بین الگوی مکانی تصادفات و پارامترهای متفاوت زمان را مشخص می‌سازد.

۴- پیاده‌سازی

در این فاز از تحقیق در ابتدا تحلیل استنباطی و آماری تصادفات موتورسیکلت انجام خواهد شد. بدین منظور وقوع تصادفات در معابر شهری از مناظر روند تعداد تصادفات بر اساس میزان شدت، تصادفات رخداده در طول هفته و همچنین توزیع تصادفات از منظر محیطی و هندسه معبر بررسی شده‌است.

۴-۱-تحلیل فراوانی تصادفات موتورسیکلت

باتوجه‌به نمودار شکل۳- الف روند تعداد تصادفات موتورسیکلت براساس میزان شدت (فوتی، جرحی و خسارتی) قابل‌ملاحظه است. بر اساس این نمودار تعداد تصادفات جرحی در مقایسه با تصادفات فوتی و خسارتی بسیار بیشتر است که این موضوع باتوجه‌به مسائلی نظیر محدودیت سرعت در شهرها و همچنین حضور فعال و همیشگی پلیس در شهرها و دوربین‌های کنترل سرعت متعدد یک موضوع غیرمنتظره به‌حساب نمی‌آید.

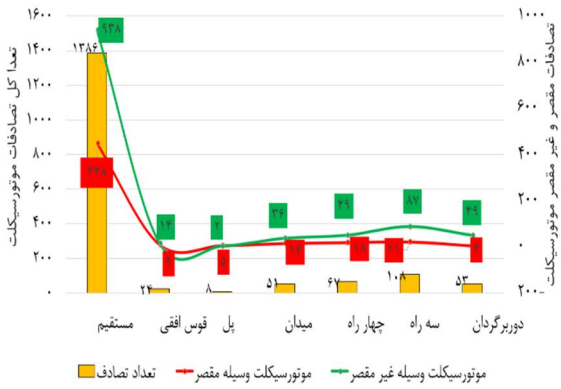
(الف) (ب)

(ج) (د)

شکل ۳- الف) فراوانی تصادفات موتورسیکلت براساس شدت، ب) فراوانی تصادفات موتورسیکلت در روزهای هفته به تفکیک شدت، ج) فراوانی تصادفات موتورسیکلت براساس وضعیت آب‌وهوا و د) فراوانی تصادفات موتورسیکلت براساس وضعیت روشنایی

علاوه بر بررسی روند تعداد تصادفات موتورسیکلت در سال‌های مختلف می‌توان تصادفات را از منظر ایام هفته و ساعات مختلف شبانه‌روز مورد تحلیل و بررسی قرارداد. مطابق با شکل شماره ۳-ب، در روزهای پنجشنبه بیشترین تعداد تصادفات را در شهر رشت شاهد هستیم که این تعداد از تصادفات باتوجه‌به ماهیت گردشگری بودن این شهر و سفر از استان‌های هم‌جوار به شهر رشت توجیه‌پذیر است. همچنین کمترین میزان تصادفات در شهر رشت نیز در روزهای جمعه اتفاق افتاده‌است.

براساس شکل ۳-ج قابل مشاهده است ۸۷ درصد از تصادفات در شرایط آب‌وهوایی صاف رخداده‌است و همان گونه که از شکل ۳-د قابل‌مشاهده است ۶۳ درصد تصادفات در شرایط روز رخداده است. این رهیافت باتوجه‌به آب‌وهوای صاف غالب در منطقه و همچنین تردد روزانه موتورسواران به دلیل کسب‌وکار روزانه قابل‌توجیه است.



شکل ۴- توزیع فراوانی تصادفات موتورسیکلت در رشت از منظر هندسه مسیر باتوجه‌به مقصر یا غیر مقصر بودن موتورسیکلت

همان گونه که از نمودار شکل ۴ پیداست به جز پل‌ها در تمام تصادفات رخداده در وضعیت‌های هندسی متفاوت تصادفاتی که در آن‌ها موتورسیکلت به‌عنوان وسیلهٔ نقلیه مقصر است کمتر می‌باشد که این نکته می‌تواند دلیلی بر پایین‌بودن سطح حفاظت و ایمنی راکبان موتورسیکلت‌ها باشد. ازاین‌جهت ضروری است تا استفاده‌کنندگان از سایر وسایل نقلیه نسبت به مخاطراتی که موردتوجه راکبان موتورسیکلت است اگاهی بیشتری داشته باشند.

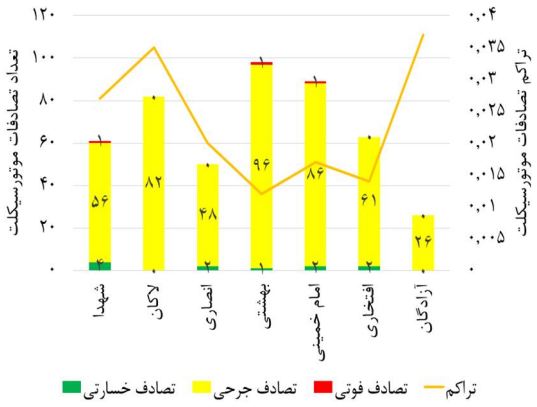
۴-۲-تحلیل مکانمند آدرس مبنا

تحلیل آماری تصادفات به‌عنوان یک روش رایج در بررسی روند وقوع تصادفات همواره دارای محدودیت‌هایی در ارائه دیدگاه بصری از مکان و کاربری اطراف محل‌های وقوع تصادف بوده است [۲۱]. این موضوع در بخش قبلی مقاله که ارائه تحلیل آماری از تصادفات موتورسیکلت بود به‌خوبی قابل‌مشاهده است. از طرفی داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط پلیس راهور صرفاً داده‌های آماری و آدرس مبنا هستند که محدودیت اشتراک‌گذاری با عموم مردم را دارند و نهایتاً به ارائه یک دید ماکروسکوپیک می‌انجامد [۲۲]. همچنین باتوجه‌به وابستگی تصادفات به مکان، آگاهی از محل وقوع تصادفات جهت ارائه بهترین تحلیل از تصادفات امری ضروری است. در این راستا با ژئوکد نمودن داده‌های مربوط به آمار تصادفات علاوه بر رسیدن به دید میکروسکپیک شهری با ارائه تحلیل مکانمند در کنار تحلیل آماری این فرصت را در اختیار متولیان و مجریان حوزه حمل‌ونقل قرار می‌دهد تا بتوانند بهترین و کامل‌ترین راهکارها را در راستای افزایش ایمنی و کاهش تصادفات ارائه دهند.

ازاین‌رو پژوهش حاضر در نظر دارد با بهره‌گیری از توابع مدل‌سازی خوشه‌ای ضمن تحلیل مکانمند تصادفات موتورسیکلت رخداده، معابری که الگوهای خوشه‌ای تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند را مشخص نماید و نتایج حاصل از تحلیل مکانمند را در قالب جداول و نمودارها و نقشه‌ها ارائه نماید. جدول شماره ۱ معابر پرتصادف موتورسیکلت شهر رشت را نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول ۱ تقریباً طی سال‌های ۹۵ تا ۹۹ اکثر بلوارهای اصلی شهر تصادفات موتورسیکلت را به خود اختصاص داده‌اند. همان گونه که از شکل شماره ۵ نیز پیداست بلوارهای شهید بهشتی، امام خمینی، لاکان، شهید افتخاری، شهدا و انصاری به ترتیب بیشترین فراوانی تصادفات موتورسیکلت را از بین تمامی معابر درون‌شهری به خود اختصاص داده‌اند که این موضوع باتوجه‌به وجود کاربری‌های پرتعداد و متفاوت در اطراف این بلوارها امری قابل‌انتظار است. علی‌رغم اینکه بلوارهای ذکر شده بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند از بین بلوارهای پرتصادف ذکر شده به غیر از بلوار لاکان که رتبه دوم تراکم تصادفات را به خود اختصاص داده‌است مابقی بلوارهای پرتصادف جزو پنج بلوار متراکم از لحاظ وقوع تصادفات قرار نمی‌گیرد. بیشترین تراکم تصادفات موتورسیکلت مربوط به خیابان آزادگان می‌باشد و ازاین‌جهت باتوجه‌به طول کم این بلوار تعداد تصادفات رخداده در این بلوار نسبت به سایر معابر بیشتر است و این رهیافت، ایمنی پایین خیابان آزادگان و لزوم تحلیل مکانی میکروسکوپیک آن را توجیه‌پذیر می‌نماید.

جدول ۱- معابر پرتصادف موتورسیکلت شهر رشت

نام معبر	تعداد تصادف خسارتی	تعداد تصادف جرحی	تعداد تصادف فوتی	تعداد کل تصادف	طول معبر	تراکم مکانی تصادف در هر متر
مطهری	۰	۲۲	۰	۲۲	۱۲۰۰ متر	۰/۰۱۸
افتخاری	۲	۶۱	۱	۶۴	۴۴۰۰ متر	۰/۰۱۴
امام خمینی	۲	۸۶	۱	۸۹	۵۰۰۰ متر	۰/۰۱۷
امام رضا	۲	۳۰	۱	۳۳	۴۸۰۰ متر	۰/۰۰۶
انصاری	۲	۴۸	۰	۵۰	۲۴۰۰ متر	۰/۰۲۰
شهید بهشتی	۱	۹۶	۱	۹۸	۷۸۰۰ متر	۰/۰۱۲
حمیدیان	۰	۱۶	۰	۱۶	۸۰۰ متر	۰/۰۲
خرمشهر	۱	۴۳	۰	۴۴	۲۷۰۰ متر	۰/۰۱۶
سعدی	۰	۳۲	۰	۳۲	۲۰۰۰ متر	۰/۰۱۶
شریعتی	۲	۳۶	۰	۳۸	۱۲۰۰ متر	۰/۰۳۱
شهدا گمنام	۰	۴۲	۰	۴۲	۲۰۰۰ متر	۰/۰۲۱
طالقانی	۰	۲۸	۰	۲۸	۱۶۰۰ متر	۰/۰۱۷
قلی‌پور	۴	۴۱	۰	۴۵	۲۰۰۰ متر	۰/۰۲۲
گلسار	۲	۳۸	۰	۴۰	۱۷۰۰ متر	۰/۰۲۳
لاکان	۰	۸۲	۰	۸۲	۲۳۰۰ متر	۰/۰۳۵
ولیعصر	۰	۳۷	۲	۳۹	۲۱۰۰ متر	۰/۰۱۸
آزادگان	۰	۲۶	۰	۲۶	۷۰۰ متر	۰/۰۳۷
مدرس	۱	۴۷	۱	۴۹	۲۸۰۰ متر	۰/۰۱۷
شهدا	۴	۵۶	۱	۶۱	۲۲۰۰ متر	۰/۰۲۷



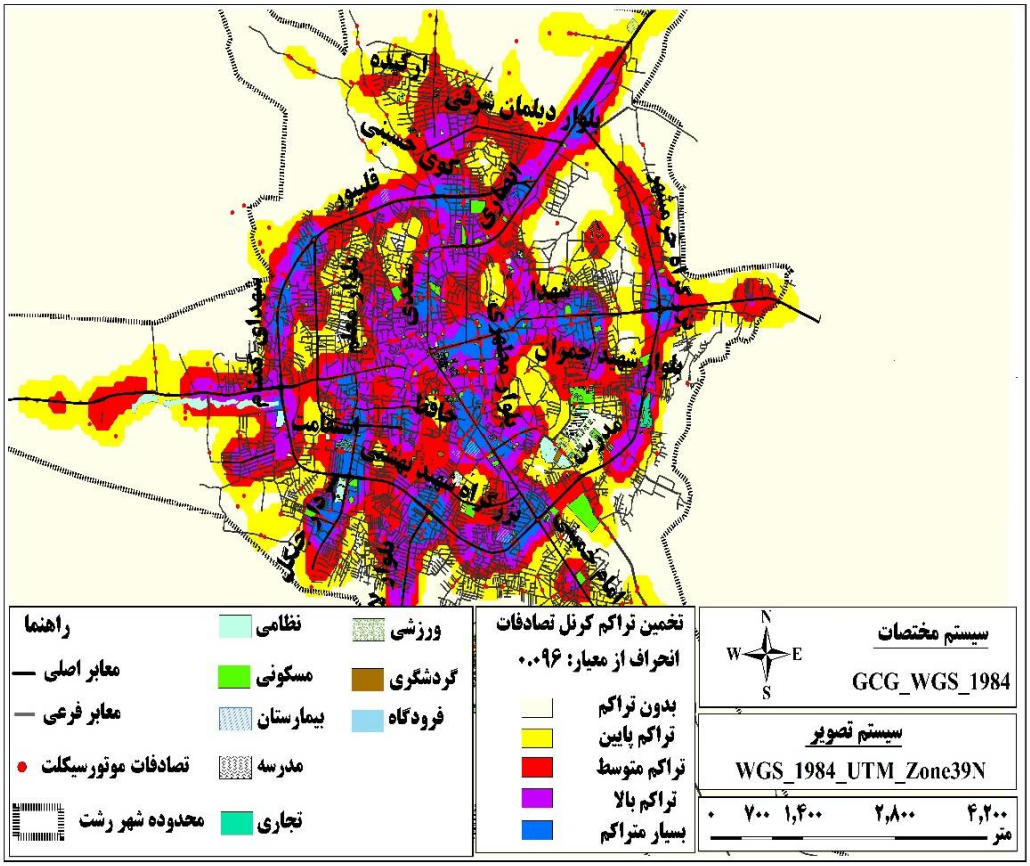
شکل ۵- بلوارهای پرتصادف موتورسیکلت شهر رشت از منظر شدت و فراوانی تصادف باتوجه‌به تراکم تصادفات

با مطالعه پژوهش‌های پیشین و همچنین پیاده‌سازی تحلیل آماری این موضوع قابل‌درک است که تحلیل‌های آماری در بررسی مکان تصادفات ضعیف عمل نموده‌است.

پژوهش حاضر در نظر دارد تا علاوه بر تحلیل مکانمند تصادفات موتورسیکلت به کمک تابع چگالی کرنل جهت آشکارسازی و اولویت‌بندی معابر پرخطر براساس الگوی خوشه‌ای و فراوانی تصادفات موتورسیکلت رخداده در کنار کاربری‌های مهم اطراف، معابر پر تصادف را نیز در قالب نقشه‌های موضوعی تحلیل نماید. شکل شماره ۶ معابر پرتصادف موتورسیکلت شناسایی‌شده توسط تابع کرنل به همراه کاربری‌های اطراف را نمایش می‌دهد.

می‌نمایند و نتایج و راهکارهای آن‌ها صرفاً براساس فراوانی و شدت تصادفات است [۸ و۷]. براساس نتایج حاصل از تحلیل کرنل، معابر بر اساس میزان تراکم خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت رخداده در آن‌ها به پنج بازه تقسیم شدند که به ترتیب بازه بدون تراکم (کرم رنگ) کمترین میزان تراکم تصادفات و بازه بسیار متراکم (آبی) بیشترین میزان تراکم و الگوی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت را به خود اختصاص می‌دهند و همچنین انحراف معیار حاصل از تحلیل کرنل که نزدیکی داده‌ها به میانگین داده‌ها را نشان دهنده میزان ۰/۰۹۶ آمده‌است.

نتایج حاصل از برآورد کرنل نشان‌دهنده این است که تراکم الگوهای خوشه تصادفات موتورسیکلت در بلوارهای امام خمینی، بزرگراه شهید بهشتی، بلوار لاکان، بزرگراه خرمشهر رشت بیشتر از سایر معابری شهری است. همچنین از بین خیابان‌های مرکز شهر نیز خیابان‌های مطهری و حافظ تراکم تصادفات بالایی را به خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از تحلیل تراکم کرنل در خصوص معابر پر تصادف باتوجه‌به اینکه دو بلوار امام خمینی و شهید بهشتی رشت هر دو از معابر اصلی و بزرگ شهر محسوب می‌شوند و همچنین در نتایج حاصل از تحلیل آماری باتوجه‌به شکل ۵ نیز این دو بلوار فراوانی بالای تصادفات را به خود اختصاص دادند قابل‌قبول است. باتوجه‌به این موضوع که این دو بلوار به لحاظ طول بزرگ‌ترین بلوارهای منطقه موردمطالعه است فراوانی و تراکم تصادفات در تمام طول این معابر یکسان نیست. این نکته در تحلیل آماری قابل‌درک نبود درحالی‌که برخلاف تحلیل آماری در شناسایی موقعیت مکانی خوشه‌های تصادفات با کمک تحلیل تراکم کرنل تفاوت تراکم تصادفات و فراوانی تصادفات در تمام طول معابر به‌خوبی قابل‌درک و مشاهده است.



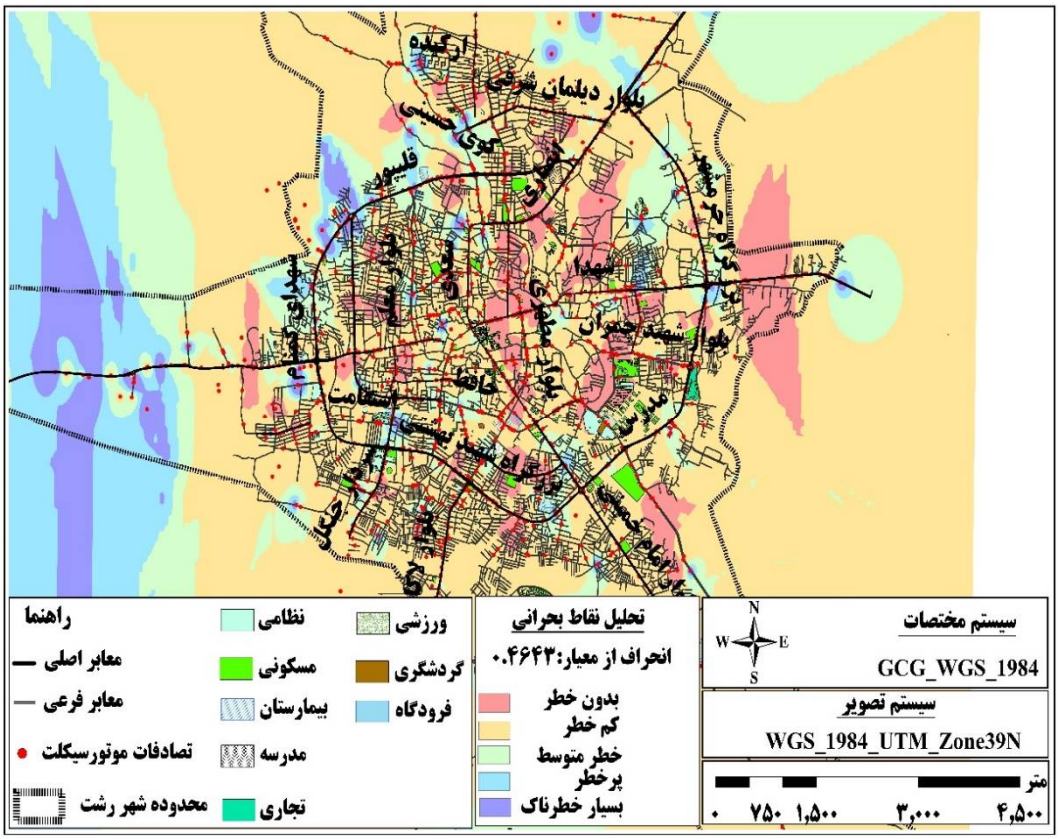
شکل۶- موقعیت‌های مکانی تمرکز خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت شناسایی‌شده در منطقه موردمطالعه طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۹

دیگر معابر پر تصادف شهر رشت با الگوی خوشه‌ای متراکم نیز بلوارهای، لاکان، خرمشهر، بلوار مطهری و خیابان حافظ قراردارند که این معابر نیز از معابر مهم شهر رشت محسوب میشوند مسکن مهر شهر رشت است که تراکم جمعیتی نسبتاً بالایی را به خود اختصاص می‌دهد، و در نتایج حاصل از تحلیل آماری نیز این بلوار در رتبه دوم به لحاظ تراکم تصادفات را به خود اختصاص داد قرارگرفتن این بلوار در دسته‌بندی خوشه‌ای بسیار متراکم خروجی تحلیل کرنل قابل‌توجیه است.

بزرگراه خرمشهر باتوجه‌به قرارگرفتن این بزرگراه بین دو بلوار امام رضا و بلوار ولیعصر که بلوار اول مسیر خروجی شهر به سمت لاهیجان و بلوار دوم مسیر خروجی شهر به سمت بندر انزلی می‌باشد و هردو شهر ذکر شده از مهم‌ترین شهرهای استان گیلان به لحاظ جمعیت و همچنین شهرت گردشگری محسوب می‌شوند؛ ازاین‌رو تراکم خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت در این بلوار توجیه‌پذیر است. درخصوص بلوار حافظ شهر رشت، قرارگیری بوستان شهر به‌عنوان یک مکان تفریحی در این بلوار و همچنین اتصال این

بلوار به بلوار نامجو که مسیر دسترسی به چهار بیمارستان و مرکز درمانی است قرارگیری این بلوار در محدوده تراکمی خوشه‌ای بالا توجیه‌پذیر است.

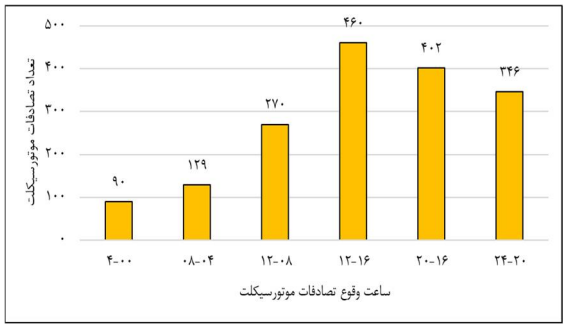
پس از پیاده‌سازی تخمین تراکم کرنل، جهت صحه‌سنجی روش پیشنهادی و نتایج قبل از تحلیل نقاط بحرانی تصادفات، تحلیل هات اسپات به کمک تابع گتیس آرد جی استار نیز انجام گردید. بر اساس نتایج حاصل از این تحلیل معابر شهری به دودسته لکه‌های سرد[1] و لکه‌های داغ[2] تقسیم شدند. تقسیم شدن مناطق به لکه‌های سرد و داغ بر اساس شاخص Z-Score صورت می‌گیرد و براین‌اساس مناطق با لکه‌های داغ شاخص Z-Score بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس این تحلیل همان گونه که در شکل شماره ۷ نیز نشان‌داده‌شده‌است مناطق با لکه‌های داغ (رنگ بنفش) به ترتیب افزایش شاخ Z-Score با چهار طیف رنگ صورتی، زرد و سبز و آبی نمایش‌داده‌شده است. در این راستا معابر شهری بر اساس خروجی تحلیل گتیس آرد جی استار بر اساس Z-Score به ترتیب به پنج الگوی خوشه‌ای شامل معابر بدون خطر (صورتی رنگ)، معابر کم‌خطر، معابر ، معابر با خطر متوسط، ، معابر پرخطر و معابر بسیار خطرناک (رنگ بنفش) برای تصادفات موتورسیکلت تقسیم‌بندی‌شده است. براساس نتایج حاصل از این تحلیل بخش هایی از بلوارهای شهید بهشتی، بلوار امام خمینی، بلوار شهدای گمنام، و بخش‌هایی از بلوار شهید افتخاری رشت در مناطق خطر متوسط و پرخطر واقع شده‌اند. همانگونه که از شکل ۷ قابل مشاهده است و با توجه به اینکه بلوار امام خمینی بزرگترین بلوار منطقه مورد مطالعه است، بخشهای جنوبی این بلوار در منطقه الگوی خوشه‌ای کم خطر و خطر متوسط و بخشهای شمالی این بلوار در منطقه الگوی خوشه‌ای پرخطر خروجی تحلیل گتیس آرد جی استار قرار گرفته‌است که پی بردن به این نکته با نتایج حاصل از تحلیل آماری که در شکل ۵ نیز قابل ملاحظه است ممکن نمی باشد.



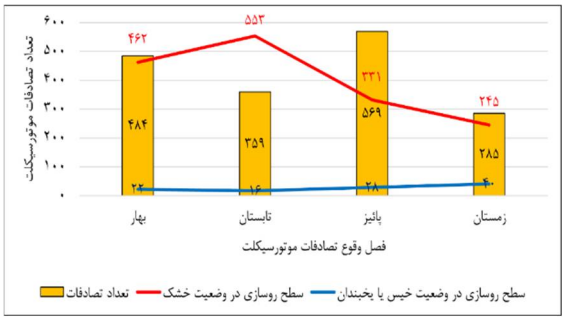
شکل ۷- نقشه تحلیل نقاط بحرانی تصادفات موتورسیکلت در معابر منطقه مورد مطالعه به کمک تابع گتیس آرد جی استار طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۹

۱ Cold Spot

۲ Hot Spot



(الف)



(ب)

شکل ۸- الف) فراوانی تصادفات موتورسیکلت باتوجه‌به ساعت وقوع تصادف، ب) فراوانی تصادفات موتورسیکلت براساس فصول سال باتوجه‌به وضعیت روسازی

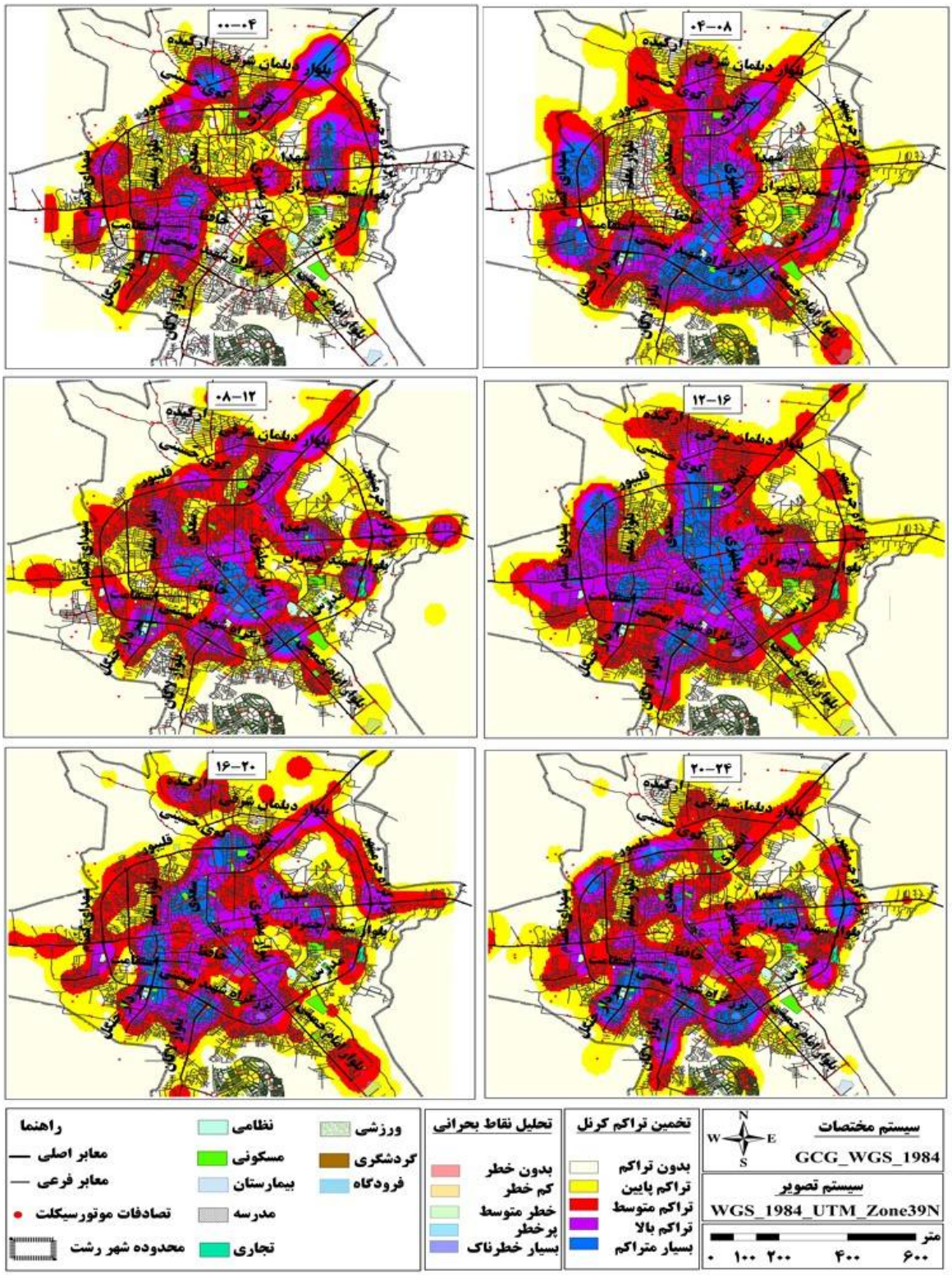
۴-۳-تحلیل زمانی-مکانی تصادفات موتورسیکلت

در ادامه پژوهش تحلیل زمانی- مکانی، جهت تعیین معابر پرتصادف و الگوهای خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت مبتنی بر زمان، رخدادهای تصادفات موتورسیکلت در ۲۴ ساعت از شبانه‌روز و فصول مختلف سال به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت.

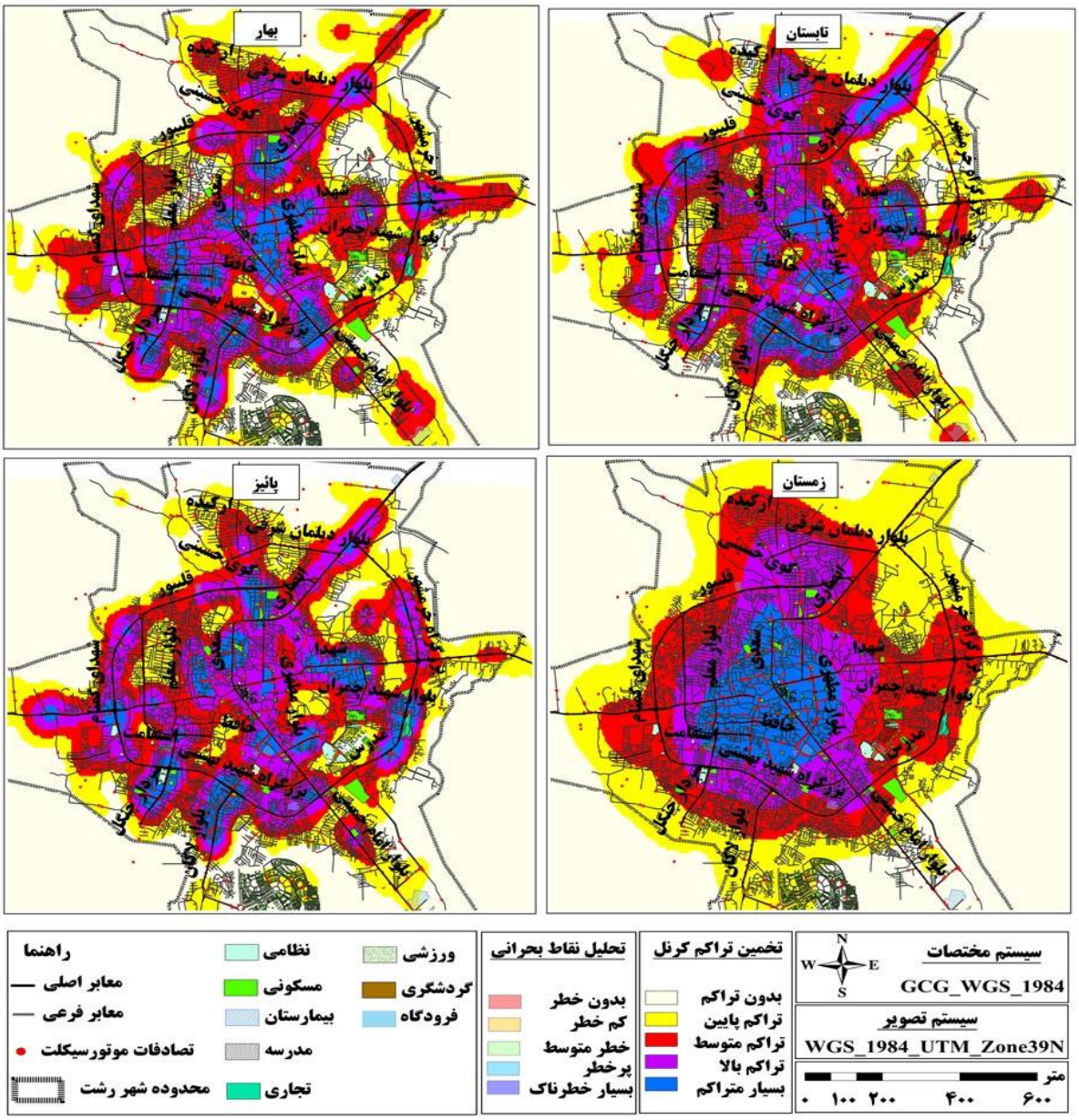
شکل‌های ۸– الف و ۸- ب تصادفات موتورسیکلت رخداده طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ را به تفکیک ساعت شبانه‌روز و فصل نشان می‌دهد.

همان گونه که از شکل ۸- الف پیداست بیشترین تعداد تصادفات موتورسیکلت رخداده در منطقه موردمطالعه طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ بین بازه زمانی ۱۲ ظهر تا ۱۶ بعدازظهر رخداده است. باتوجه‌به اینکه در این بازه زمانی تعطیلی مدارس و ادارات و تعدادی از شغل‌های قرار گرفته است، در نتیجه حجم ترافیک بالاتر از سایر ساعت‌های روز است و لذا بیشتر بودن تعداد تصادفات در این بازه ساعتی امری قابل‌انتظار است. همچنین کمترین میزان تصادفات در بازه زمانی ۰۰ تا ۰۴ صبح رخداده‌است که این موضوع نیز باتوجه‌به کاهش محسوس حجم ترافیک در این بازه زمانی از شبانه‌روز و تعطیلی تمامی شغل‌ها به شغل‌هایی که در دسته شغل‌های اضطراری قرار می‌گیرند امری قابل‌انتظار است. همچنین براساس شکل ۸-ب بیشترین میزان تصادفات در فصل پائیز رخداده است. باتوجه‌به شرایط آب‌وهوایی رشت و بارانی بودن آب‌وهوا در بسیاری از روزهای این فصل و کنترل دشوار تعادل موتورسیکلت در این شرایط این موضوع قابل‌انتظار است. در ادامه با داده‌کاوی زمانی رویدادهای تصادف موتورسیکلت طی سال‌های مورد بررسی، شناسایی الگوهای خوشه‌ای و بازه‌ای زمانی مؤثر در تصادفات موتورسیکلت با استفاده از روش پیشنهادی در قالب نقشه‌های موضوعی شکل‌های ۹ و ۱۰ نمایش داده شده‌است. باتوجه‌به شکل ۹ قابل‌مشاهده است که در بازه زمانی ۰۰ تا ۰۴ تصادفات موتورسیکلت به‌صورت پراکنده به وقوع پیوسته‌است و تمرکز گسترده برای تصادفات در این بازه زمانی وجود ندارد. باتوجه‌به شکل ۹ قابل‌مشاهده است که تمرکز تصادفات در بازه زمانی ۱۲ تا ۱۶ به لحاظ تراکم خوشه‌ای تصادفات در مرکز شهر است. همچنین در این بازه زمانی تراکم تصادفات در بلوارهای شهید بهشتی و شهدای گمنام و لاکان دیده می‌شود. همچنین در بازه زمانی ۱۲ تا ۱۶ افزایش میزان مناطق با تراکم بالای تصادفات موتورسیکلت و همچنین افزایش الگوی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت به‌وضوح قابل‌مشاهده است. براساس شکل ۹ در بازه زمانی ۱۶ تا ۲۰ میزان مناطق با تراکم بالای تصادفات موتورسیکلت و همچنین افزایش الگوی خوشه‌ای مناطق پس از بازه زمانی ۱۲ تا ۱۶ در رتبه دوم است و بلوار شهدای گمنام که در بازه زمانی ۱۲ تا ۱۶ در مناطق پرتراکم و پرخطر وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار دارند در این بازه زمانی نیز جزو مناطق با الگوی خوشه‌ای متوسط وقوع تصادفات است. باتوجه‌به این که فصول مختلف سال در هر منطقه جغرافیایی می‌تواند در میزان حجم ترافیک مؤثر باشد در ادامه روش زمانمند پیشنهادی همانگونه که در شکل‌های ۱۰ قابل‌مشاهده است در فصول مختلف سال پیاده‌سازی و تحلیل شده‌است. باتوجه‌به شکل ۱۰ قابل‌مشاهده است که علی‌رغم کاهش تعداد تصادفات موتورسیکلت در فصل زمستان تقریباً اکثریت معابر اصلی و همچنین معابر مرکزی شهر دارای الگوی خوشه‌ای با تراکم بالای تصادفات موتورسیکلت در این فصل است. توزیع مشابه تصادفات در فصول بهار و پاییز باتوجه‌به آب‌وهوای مرطوب و بارانی منطقه موردمطالعه در این فصول و تعداد بالای تصادفات در فصل بهار و پاییز قابل‌درک است. این مهم بیانگر تأثیر بارندگی و تر بودن سطح جاده در افزایش تراکم و فراوانی تصادفات موتورسیکلت

و لزوم به‌کارگیری رویکردهای پیشگیرانه لازم برای موتورسیکلت سواران در این فصول می‌باشد. در این راستا برابر آیین‌نامه آب‌وهوا و ایمنی جاده‌های وزارت راه، باتوجه‌به اینکه مهم‌ترین تغییرات مرتبط با شرایط جوی در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، کاهش سطح اصطکاک جاده بعد از بارندگی است، با ارایه سیاستهای پیشگیرانه جلوگیری از تردد وسایل نقلیه‌ای که فاقد ایمنی لازم‌اند می‌توان مانع از افزایش تصادفات موتورسیکلت شد [۲۴].



شکل ۹- تحلیل الگوی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت در بازه‌های زمانی مختلف ساعات شبانه‌روز

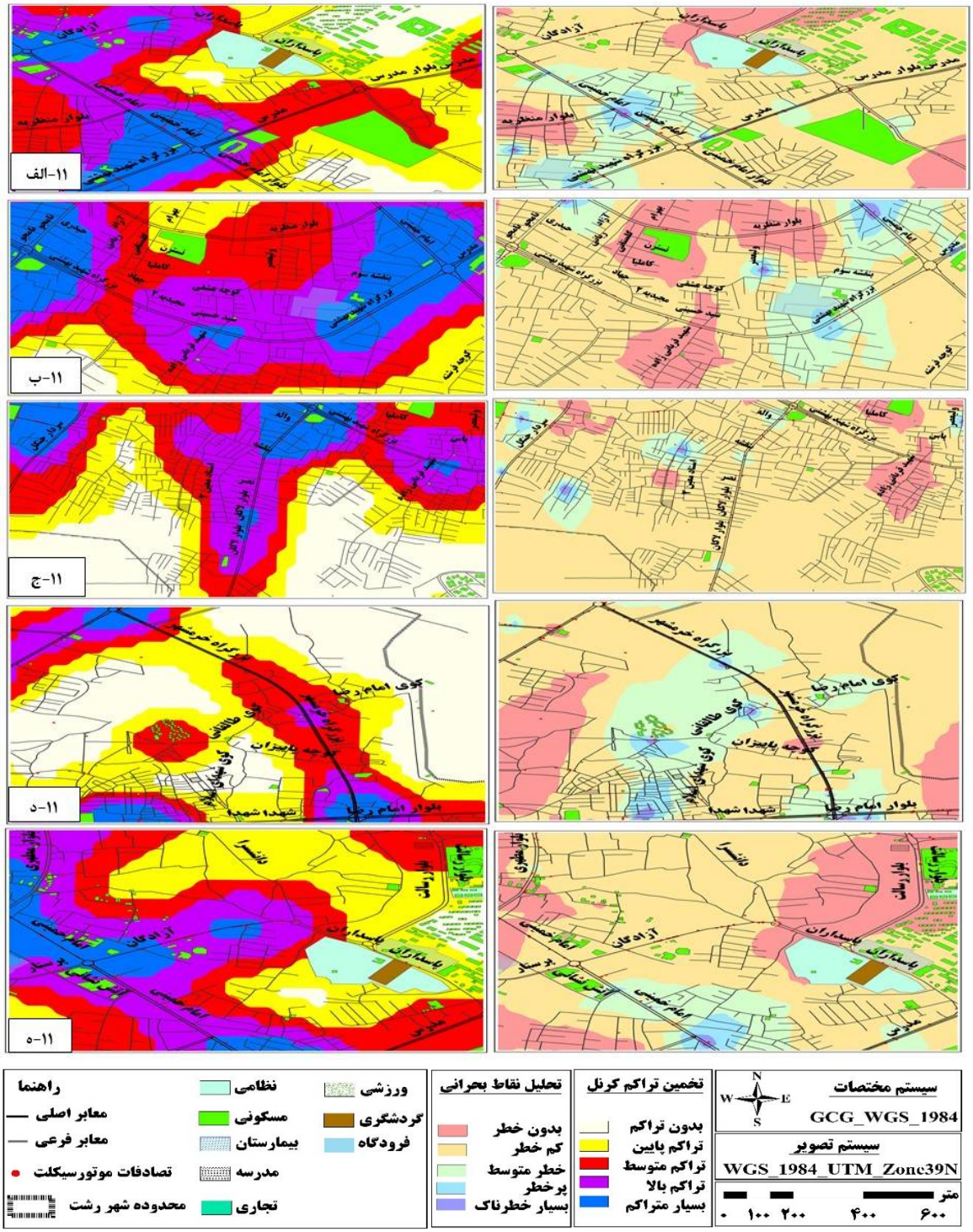


شکل ۱۰- تحلیل الگوی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت در فصول مختلف سال

۵- بحث و ارزیابی

در بخش‌های قبل پژوهش به کمک تحلیل آماری و مکانمند معابر پرتصادف و الگوی خوشه‌ای تصادفات موتورسیکلت شهر رشت شناسایی گردید. بر اساس آمار تصادفات ذکرشده در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۵ همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد سه بلوار امام خمینی، شهید بهشتی و لاکان بیشترین تعداد تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند که این موضوع در تحلیل کرنل و تابع گتیس آرد جی استار جملگی موید یکدیگر مشهود است. باتوجه‌به شکل شماره ۱۱ تمرکز تصادفات در سه بلوار مذکور قابل‌مشاهده است. همان گونه که از شکل ۱۱ نیز قابل‌مشاهده است در هر دو تحلیل تراکم کرنل و تابع گتیس آرد جی استار، بلوار امام خمینی و بزرگراه شهید بهشتی و بلوار لاکان در محدوده معابر با الگوی خوشه‌ای پرخطر قرار دارند. باتوجه‌به شکل ۱۱-الف بلوار امام خمینی در حدفاصل میدان مصلی تا میدان فرهنگ در تحلیل تراکم کرنل در محدوده تراکمی با الگوی خوشه‌ای تراکم بالا و بسیار متراکم به لحاظ وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است و در تحلیل هات اسپات نیز در محدوده کم خطر و خطر متوسط و پرخطر به لحاظ وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است. باتوجه‌به شکل ۱۱-ب بلوار شهید بهشتی شهر رشت حدفاصل میدان گاز تا میدان مصلی در تحلیل تراکم کرنل در محدوده تراکمی با الگوی خوشه‌ای تراکم متوسط،

تراکم بالا و بسیار متراکم به لحاظ وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است و در تحلیل هات اسپات نیز در محدوده کم خطر و خطر متوسط و پرخطر به لحاظ وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است.



شکل ۱۱- نمایش تصادفات موتورسیکلت در معابر شهر رشت به کمک تابع کرنل و تحلیل نقاط بحرانی الف) بلوار امام خمینی ب) بلوار شهید بهشتی ج) در بلوار لاکان د) بلوار خرمشهر ه) بلوار آزادگان

همچنین باتوجه‌به شکل ۱۱- ج بلوار لاکان در حدفاصل میدان گاز تا قبل از ورودی مسکن مهر رشت در تحلیل تراکم کرنل در محدوده تراکمی با الگوی خوشه‌ای تراکم متوسط، تراکم بالا و بسیار متراکم به لحاظ وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است و در تحلیل تابع گتیس آرد جی استار نیز در محدوده کم خطر و خطر متوسط به لحاظ

وقوع تصادفات موتورسیکلت قرار گرفته‌است. در خصوص بلوار خرمشهر رشت همان گونه که از شکل ۱۱-د قابل‌مشاهده است این بلوار در تحلیل تراکم کرنل در محدوده با تراکم متوسط، تراکم بالا و بسیار متراکم قرار گرفته‌است درحالی‌که این بلوار در تحلیل تابع گتیس آرد جی استار جزء معابر کم‌خطر و خطر متوسط دسته‌بندی‌شده است. همچنین باتوجه‌به نتایج جدول ۱ و شکل شماره ۵ خیابان آزادگان بیشترین تراکم تصادفات را به خود اختصاص داده‌است. ازاین‌رو لازم است تا این خیابان نیز با دید میکروسکپیک بررسی شود؛ لذا همان گونه که از شکل ۱۱-ه نیز پیداست این بلوار در محدوده الگوی خوشه‌ای تراکم بالا و بسیار متراکم، در تحلیل کرنل و در محدوده کم خطر در خروجی تابع گتیس آرد جی استار قرار گرفته‌است. بصورت خلاصه نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که با تلفیق روش‌های آماری و توابع مکانی با مدلهای زمانمند امکان کشف الگوی مکانی زمانی تصادفات موتورسیکلت و تغییرات فراوانی این نوع از تصادفات فراهم است. همان گونه که پیش‌تر نیز ذکر شد یکی از ضعف‌های اساسی تحلیل‌های آماری ارائه نتایج صرفاً براساس تعداد تصادفات و سطح تصادفات بدون درنظرگرفتن ارتباط مکانی زمانی تصادفات است [۷]. با نمایش الگوی خوشه‌ای تصادفات به کمک روش پیشنهادی این تحقیق، متفاوت بودن تراکم و فراوانی تصادفات و همچنین الگوی مکانی شدت تصادفات در هر مقطع از معبر قابل تحلیل و بررسی است و امکان دستیابی به بعد مکان در معابر شهری جهت اتخاذ راهکارهای ایمنی موثر فراهم می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

وقوع تصادفات موتورسیکلت همواره با تبعات اقتصادی، اجتماعی همراه بوده‌است. باتوجه‌به قابلیت‌های داده‌کاوی مکانی در شناسایی الگوهای پیچیده مکانی و توصیفی حجم عظیم داده‌های تصادفات، استفاده از تحلیل‌های آماری و مکانمند به‌منظور ارتقای ایمنی معابر و کاهش تصادفات موتورسیکلت راهکاری مؤثر بشمار می‌آید. این تحقیق نشان داد که استفاده از توابع مدلسازی خوشه‌ای جهت تحلیل مکانی داده‌های تصادفات که مکان تقریبی آن‌ها در معابر در دسترس است، مناسب است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که روش پیشنهادی قادر به کشف الگوی خوشه‌ای و تمرکز تصادفات موتورسیکلت در معابر درون‌شهری می‌باشد. باتوجه‌به نتایج مربوطه ارائه شده معلوم گشت که سه بلوار لاکان، امام خمینی و شهید بهشتی شهر موردمطالعه همواره در جملگی تحلیل‌های انجام شده دارای الگوی خوشه‌ای خطرناک در شبکه حمل‌ونقل شهر موردمطالعه می‌باشند. سه بلوارهای مذکور از معابر اصلی شهر مورد مطالعه می‌باشند که دارای طبقه‌بندی عملکردی جمع‌کننده و پخش‌کننده ترافیک شهری می‌باشند. با بررسی موقعیت مکانی معابر پرتصادف خروجی روش پیشنهادی و جانمایی کاربری‌های مهم تجاری و اداری اطراف این معابر برابر نقشه‌های ارایه شده می‌توان با وضع قوانین و رویکردهای پیشگیرانه موثر و همچنین با به‌کارگیری بیشتر از تجهیزات کنترل ترافیک به کاهش تصادفات موتورسیکلت این معبر کمک نمود. همچنین باتوجه‌به نقشه‌های زمانمند خروجی تحقیق و تعیین بازه‌های زمانی و محیطی مقارن با بیشترین تراکم خطر تصادفات موتورسیکلت می‌توان با آگاه‌سازی راکبین موتورسیکلت‌سوار از خطرات این ساعات شلوغ به افزایش ایمنی موتورسیکلت سواران کمک نمود. روش پیشنهادی تحقیق نشان داد که تلفیق تحلیل‌های آماری و استنباطی رایج کنونی مورد استفاده در پلیس راهور با تحلیل‌های خوشه‌ای مکانمند و تحلیل خوشه‌ای زمانمند با شناسایی مقاطع پرتصادف در معابر شهری و بازه‌های زمانی مؤثر فصلی و ساعتی می‌تواند در تدوین رویکردهای ایمنی مرتبط با موتورسیکلت‌سواران مفید واقع گردد و منجر به اقدامات ایمنی اصلاحی مرتبط با مکان و زمان شود.

به‌طورکلی کاهش تصادفات ترافیکی مستلزم شناخت و اجرای مجموعه‌ای از اقدامات ایمنی و پیشگیرانه به طور همزمان می‌باشد که اجرای این امر مهم برعهده سیاست‌گذاران اجرایی حوزه حمل‌ونقل می‌باشد و شناخت بخشی از این مجموعه اقدامات لازم به عهده پژوهشگران حوزه حمل‌ونقل می‌باشد؛ ازاین‌رو پژوهشگران می‌توانند با انجام مجموعه تحقیقات متنوع تمام متغیرهای تأثیرگذار بر تصادفات را شناسایی نمایند که در انتهای این پژوهش این پیشنهادات برای تحقیقات آتی ارائه شده است:

- بررسی تأثیر پارامتر حجم ترافیک و روان‌سازی ترافیک درون‌شهری بر تصادفات موتورسیکلت

- بررسی میزان، تأثیر تعمیر و نگهداری استاندارد راه‌ها و وجود علائم رانندگی و ایجاد راه‌های جدید در کاهش تصادفات موتورسیکلت
- بررسی تأثیر وضع قوانین پیشگیرانه و نظارت بیشتر بر نواقص فنی موتورسیکلت‌ها در کاهش تصادفات ترافیکی

مراجع

[۱] Kashani, A.T., Rabieyan, R. and Besharati, M.M. (2014). "A data mining approach to investigate the factors influencing the crash severity of motorcycle pillion passengers". Journal of safety research, 51, pp.93-98.

[۲] Dadashova, B., Silvestri-Dobrovolny, C., Chauhan, J., Perez, M. and Bligh, R. (2021). "Hot-spot analysis of motorcyclist crashes involving fixed objects using multinomial logit and data mining tools" , Journal of Transportation Safety & Security, pp.1-19.

[۳] Tan Chor Lip, H., Huei Tan, J., Mohamad,Y., Ariffin,A.C., Imran, R., Azmah Tuan Mat, T.N. (2018)," Clinical characteristics of 1653 injured motorcyclists and factors that predict mortality from motorcycle crashes in Malaysia", Chinese Journal of Traumatology, 22, pp. 69–74.

[۴] Anvari, M.B., Tavakoli Kashani, A. and Rabieyan, R. (2017). "Identifying the most important factors in the at-fault probability of motorcyclists by data mining, based on classification tree models", International Journal of Civil Engineering, 15(4), pp.653-662.

[۵] Islam, S. and Brown, J., (2017). "A comparative injury severity analysis of motorcycle at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama", Accident Analysis & Prevention, 108, pp.163-171.

[۶] Jiang, F., Yuen, K.K.R. and Lee, E.W.M. (2020). "Analysis of motorcycle accidents using association rule mining-based framework with parameter optimization and GIS technology", Journal of safety research, 75, pp.292-309.

[۷] Dapilah, F., Guba, B.Y. and Owusu-Sekyere, E. (2017). "Motorcyclist characteristics and traffic behaviour in urban Northern Ghana: Implications for road traffic accidents" Journal of Transport & Health, 4, pp.237-245.

[۸] Mascarenhas, M.D.M., Souto, R.M.C.V., Malta, D.C., Silva, M.M.A.D., Lima, C.M.D. and Montenegro, M.D.M.S. (2016). "Characteristics of motorcyclists involved in road traffic accidents attended at public urgent and emergency services" , Ciencia & saude coletiva, 21, pp.3661-3671.

[۹] بای, ناصر, اکبری, بای, مسعود, مازینی, تجری, مفخمی شهرستانی و حسن, (۱۳۹۵). " تجزیه و تحلیل آماری تصادفات جاده‌ای منجر به فوت استان گلستان طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳" , فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات, ۷(۴), - .۰pp.

[۱۰] Chen, H. (2012). "Black spot determination of traffic accident locations and its spatial association characteristic analysis based on GIS" , Journal of Geographic Information System, 4(6), pp.608-617

[۱۱] حسن‌پور, شاد, روزبه, محمدزاده مقدم, شیران و محسنیان, (۱۳۹۶). "شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات عابر پیاده به کمک تابع چگالی کرنل در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر مشهد)" ,جاده, ۲۵(۹۰), .۱۹pp-۳۰.

[۱۲] حاجی حسینلو, منصور. و ابراهیمی سرست, یاسر. (۱۳۸۸). " کاربرد GIS در تعیین نقاط حادثه خیز شبکه های درون شهری (بررسی موردی منطقه ۲ تهران)" , نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست, ۱۱(۱)), .۲۸۵pp-۲۷۵.

[۱۳] Saadat, S., Rahmani, K., Moradi, A. and Darabi, F. (2019). "Spatial analysis of driving accidents leading to deaths related to motorcyclists in Tehran", Chinese journal of traumatology, 22(3), pp.148-154.

[۱۴] بهبهانی, حمید. عفتی, میثم. و مرتضایی, سمانه. (۱۳۹۹). " ارایه روشی جهت تحلیل شدت تصادفات راه‌های برون شهری مبتنی بر توابع خوشه‌بندی مکانی و داده‌کاوی به روش درخت تصمیم، محور مورد مطالعه: آزادراه قزوین-لوشان", نشریه مهندسی عمران امیرکبیر, ۵۲(۶), .۱۴۳۸-۱۴۱۹pp.

[۱۵] Yalcin, G. and Duzgun, H.S. (2015). "Spatial analysis of two-wheeled vehicles traffic crashes: Osmaniye in Turkey" , KSCE journal of civil engineering, 19(7), pp.2225-2232.

[۱۶] Mohaymany, A.S., Shahri, M. and Mirbagheri, B. (2013). "GIS-based method for detecting high-crash-risk road segments using network kernel density estimation" , Geo-spatial Information Science, 16(2), pp.113-119.

[۱۷] Jiang, F., Yuen, K.K.R. and Lee, E.W.M., (2020). "Analysis of motorcycle accidents using association rule mining-based framework with parameter optimization and GIS technology" , Journal of safety research, 75, pp.292-309.

[۱۸] زینلی, سایه. حسینعلی, فرهاد. صادقی نیارکی, ابوالقاسم. کاظمی بیدختی, محمد. و عفتی, میثم. (۱۳۹۴). "تحلیل مکانی تصادفات در تقاطع‌های برون شهری با به‌کارگیری روش‌های خود همبستگی مکانی و برآورد تراکم کرنل", نشریه علمی-پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی, ۳(۲), .pp۲۱-۴۲.

[۱۹] بهبهانی, حمید. عفتی, میثم و مرتضایی, سمانه. (۱۳۹۹). "ارایه روشی جهت تحلیل شدت تصادفات راه‌های برون شهری مبتنی بر توابع خوشه‌بندی مکانی و داده‌کاوی به روش درخت تصمیم، محور مورد مطالعه: آزادراه قزوین-لوشان", نشریه مهندسی عمران امیرکبیر, ۵۲(۶), .۱۴۳۸-۱۴۱۹pp.

[۲۰] Le, K.G., Liu, P. and Lin, L.T. (2020). "Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam". Geo-spatial Information Science, 23(2), pp.153-164.

[۲۱] Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Sharifi, A., Rahmani, A., Lakes, T. and Blaschke, T. (2022). "A GIS-based spatiotemporal modelling of urban traffic accidents in Tabriz City during the COVID-19 pandemic". Sustainability, 14(12), p.7468.

[۲۲] Reardon, J.M., Andrade, L., Hertz, J., Kiwango, G., Teu, A., Pesambili, M., El-Gabri, D., Hocker, M., Mvungi, M., Vissoci, J.R.N. and Staton, C.A. (2017). "The epidemiology and hotspots of road traffic injuries in Moshi, Tanzania: an observational study" , Injury, 48(7), pp.1363-1370.

[۲۳] Ersen, M., Büyüklü, A.H. and Taşabat Erpolat, S. (2021). "Analysis of Fatal and Injury Traffic Accidents in Istanbul Sarıyer District with Spatial Statistics Methods" , Sustainability, 13(19), p.11039.

[۲۴] حبیبی نوخندان, مجید و کمالی غلامعلی,. (۱۳۸۵), "آب و هوا و ایمنی جاده‌ها " , پژوهشکده حمل و نقل, تهران وزارت راه و ترابری