

## شناسایی و علت‌یابی تراکم خوشه‌های تصادفات جرحی در خمینی‌شهر

### با استفاده از آمار فضایی

رسول حیدری سورشجانی<sup>۱</sup>، زهراسادات احمدی فروشانی<sup>۲</sup>

از صفحه ۱۷۷ تا ۲۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۶

#### چکیده

**زمینه و هدف:** سوانح رانندگی، سالیانه جان ده‌ها هزار انسان را گرفته و صدها هزار مصدوم به‌جا می‌گذارد؛ به‌گونه‌ای که آمار متوفیان و مجروحان تصادفات رانندگی در کشور از آمار تلفات تمام بلایای طبیعی و انسانی نیم‌قرن اخیر فلات ایران، تجاوز می‌کند. اگرچه عامل اصلی این سوانح به‌طور مستقیم انسان می‌باشد؛ لیکن خطاهای انسانی متأثر از عوامل متعدد رفتاری و روانی بوده که خود از عوامل محیطی از جمله نور و روشنایی، کاربری‌های اراضی، تقاطع‌ها، عدم وجود راهنماها، ترافیک، کیفیت معابر و... تأثیر می‌پذیرند. زمانی عوامل محیطی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند که در تحلیل‌های فضایی با نقاط متراکم و خوشه‌ای از تصادفات مواجه شویم که انبوهی از خطاهای انسانی، تنها در نقاط معدودی از شهر تجمع کرده‌اند. هدف این پژوهش، شناسایی خوشه‌ها و تجمع تصادفات منجر به جراحت و شناخت عوامل محیطی و کالبدی مؤثر بر توزیع فضایی این‌گونه تصادفات در سطح شهر خمینی‌شهر می‌باشد.

**روش:** در این پژوهش که از نوع کاربردی است، با روش تحلیل و توصیفی و ترکیب با روش علی به بررسی توزیع فضایی تصادفات ترافیکی منجر به جراحت در شهر خمینی‌شهر طی سال ۱۳۹۳ پرداخته می‌شود و سپس تراکم و خوشه‌بندی تصادفات علت‌یابی و راهکارهای لازم ارائه می‌گردد.

**یافته‌ها:** یافته‌های پژوهش در زمینه تحلیل فضایی داده‌های تصادفات رانندگی منجر به جراحت در خمینی‌شهر از توزیع الگوی خوشه‌ای حکایت می‌کند (شاخص موران برابر با ۰/۵۷۸ با  $p \text{ value} = ۰۰۰$  تجمع و تمرکز فوق‌العاده تصادفات در سطح شهر را بیان می‌کند) که در پنج خوشه متراکم در نیمه شرقی شهر در توزیع Getis-Ord General G قابل مشاهده هستند. مهم‌ترین عوامل ایجاد این خوشه‌ها طبق نظر کارشناسان، شکل معبر، کثرت تقاطع‌ها و کاربری اراضی محل می‌باشد.

**پیشنهادها:** پیشنهادهایی در راستای کاهش تمرکز خوشه‌های تصادفات شهر ارائه شده که اهم آن‌ها در زمینه تغییر کاربری اراضی اطراف این خوشه‌ها، اصلاح معابر، مسدود کردن معابر کم‌عرض منتهی به گره‌ها، ایمن‌سازی، نصب و احداث پل‌های عابر پیاده و... می‌باشند.

**کلیدواژه‌ها:** تصادفات درون‌شهری، ضریب همبستگی موران، ضریب آنتروپی، خودهمبستگی فضایی.

۱. استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، (نویسنده مسئول)

۲. کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه کاشان.

## مقدمه

تعداد مرگ‌ومیر تصادفات رانندگی در سال ۲۰۰۱ میلادی در سطح جهان برابر با ۱/۱۸ میلیون نفر بود که در سال ۲۰۱۳ به ۱/۲۵ میلیون نفر رسیده است. طی این سال‌ها، ۶۸ کشور با افزایش مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات رانندگی مواجه بوده‌اند که همگی جزو کشورهای با درآمد کم و متوسط هستند و ۷۹ کشور با درآمد متوسط و پایین، کاهش تعداد تلفات تصادفات رانندگی داشته‌اند (سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵b). در سال ۲۰۱۵ میلادی، ۱/۲ میلیون نفر به‌علت تصادفات رانندگی کشته شدند؛ بدین معنی که به‌طور متوسط روزانه ۳۲۴۲ نفر به‌علت تصادفات جان خود را از دست داده‌اند (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۵a). به‌طورمعمول سالیانه بیش از ۲۶۰ هزار تصادف در کشور رخ می‌دهد که بیش از ۶۰ درصد این تصادفات درون‌شهری می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳). در سال ۱۳۹۳، بیش از ۱۶۰ هزار نفر در تصادفات رانندگی مجروح شدند که ۸۲ هزار مجروح در تصادفات درون‌شهری بوده است؛ به‌معنای دیگر، ۶۴ درصد مجروحان تصادفات رانندگی در کشور به تصادفات درون‌شهری تعلق دارد (سالنامه آماری مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳). این در حالی است که در کشور ایران، قوانین راهنمایی و رانندگی سازمان بهداشت جهانی از جمله ممنوعیت مصرف الکل، قانون کمربند شامل تمام سرنشینان و ممنوعیت سرعت بیشتر از ۵۰ کیلومتر در جاده‌های درون‌شهری رعایت می‌شود و دو قانون کلاه ایمنی جامع و استاندارد و قانون منع و محدودیت کودک بر اساس سن، قد و وزن وجود ندارد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۵a). طبق پیش‌بینی سازمان بهداشت جهانی تا سال ۲۰۲۰ میلادی، تعداد مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات در خاورمیانه به ۹۴ نفر در هزار نفر خواهد رسید که رشد مثبتی برای کشورهای خاورمیانه به حساب می‌آید (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۴: ۱۲).

1.WHO

هنگام توجه به آمار مرگ و میر حوادث رانندگی، از تعداد چندبرابری مجروحان حوادث رانندگی نمی‌توان غفلت کرد. مجروحان حوادث رانندگی که ناتوانی عظیمی در بین قشر جوان جامعه ایجاد می‌کنند، سلامت عمومی را با مشکلات کلانی مواجه ساخته‌اند (همان). مجروحیت و صدمات ناشی از تصادفات ترافیکی، سهم زیادی در بستری شدن در بیمارستان، مرگ و میر، معلولیت و زیان‌های اجتماعی - اقتصادی در جمعیت جوان و میان‌سال دارد<sup>۱</sup> و علت اصلی مرگ و میر جوانان بین ۱۵ تا ۲۹ سال می‌باشد که ۱ تا ۳ درصد از تولید ناخالص داخلی (GDP) کشورها را شامل می‌شود<sup>۲</sup>. مجروحان تصادفات ترافیکی، فشار زیادی بر بخش بهداشت و درمان از نظر بیمارستان، مراقبت‌های حاد و توان بخشی می‌آورند (گوروراج<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶)؛ برای مثال ایالات متحده آمریکا هزینه‌های وارده به سرمایه انسانی ناشی از تصادفات رانندگی در سال ۲۰۰۰ را برابر ۲۳۰ میلیارد دلار برآورد کرده است<sup>۴</sup>.

شهر خمینی شهر با جمعیت ۲۴۴۶۹۶ نفر در مجاورت کلان‌شهر اصفهان واقع شده که سالیانه تصادفات ترافیکی گسترده‌ای به خسارت، جراحت و مرگ و میر شهروندان در این شهر منجر می‌شود. با توجه به تعداد بالای مجروحان تصادفات رانندگی درون‌شهری و همچنین هزینه‌های گزاف تحمیل شده این نوع تصادفات بر جامعه، شناسایی علت عمده، خوشه‌بندی، تراکم‌سنجی و همبستگی فضایی این نوع تصادفات در کالبد شهری، ضرورتی مهم برای برنامه‌ریزی کاهش تصادفات درون‌شهری است. بدون شک شناخت نقاط تراکم تصادفات و علل آن می‌تواند مدیریت راهنمایی و رانندگی و ترافیک شهری را برای کاهش تصادفات یاری رساند. در این پژوهش به تحلیل فضایی تصادفات منجر به جراحت در این شهر پرداخته

1. Ministry of Health and Family Welfare, 2004: 3.

2. World Health Organisation, 2015c and United Nations, 2015.

3. Gururaj

4. PROMISING, 2001

می‌شود و نویسندگان اهدافی چون شناسایی خوشه‌های اصلی، نقاط پرتراکم، شناخت توزیع فضایی، سنجش همبستگی فضایی نقاط تصادف و علت‌های اصلی تصادفات در خوشه‌های اصلی تصادفات جرحی در خمینی‌شهر را دنبال می‌کنند. ویژگی برجسته این پژوهش، تأکید فضایی بر شناسایی نقاط حادثه‌خیز بر اساس تجمع خوشه‌ای نقاط تصادفات در سیستم اطلاعات جغرافیایی است؛ تکرار مکانی تصادفات منجر جراحات، بدون علت فضایی نیست و ممکن است تمرکز این نوع تصادفات تحت تأثیر عوامل مکانی باشد.

سؤالات اصلی پژوهش عبارتند از:

- چه مکان‌هایی در سطح شهر خمینی‌شهر دارای بیشترین تمرکز فضایی تصادفات منجر به جراحات می‌باشند؟
- آیا تمرکز خوشه‌ای تصادفات جرحی در شهر خمینی‌شهر طی ماه‌های مختلف سال تغییر می‌کند
- چه شاخص‌هایی بیشترین اثر را در تمرکز فضایی تصادفات جرحی شهر خمینی‌شهر دارند؟

### پیشینه پژوهش و مبانی نظری

لاکروس و ویسکانسین (بروس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۰) در تحلیل فضایی تصادفات به این نتیجه رسید که نرخ تصادفات در زمان بارندگی به‌خصوص روزهای برفی نسبت به روزهای دیگر سال، تفاوتی ندارد. چین لای و یین چان<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) در کشور هنگ‌کنگ از تحلیل فضایی برای نشان‌دادن الگوی تصادفات جاده‌ای استفاده کردند. ویر<sup>۳</sup> و همکارانش (۲۰۰۸) معتقدند عوامل حجم ترافیک، نسبت خیابان شریانی بدون حمل و

1. Bros

2. Chin Lai and Yee Chan

3. Wier

حمل و نقل عمومی، نسبت کاربری تجاری و کاربری ترکیبی. کاربری تجاری، شاغلان، تعداد جمعیت محله و نسبت افرادی که در فقر به سر می‌برند، بر تعداد تصادف با عابران پیاده اثر می‌گذارد. هانیس و الیانا<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) در پژوهشی در کشور مالزی، سیستم پیشرفته‌ای در زمینه مدیریت خطر در کشور مالزی در بحث تصادفات را مدنظر قرار داده و به این نتیجه رسیدند که این نوع سیستم تا حد زیادی به پژوهش‌های مربوط به تصادفات، علل، موقعیت‌یابی و پیش‌بینی آن‌ها کمک قابل توجهی می‌کند. آکین و آکبا<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) در پژوهشی دیگر که در ایالت میشیگان ایالات متحده آمریکا انجام شد، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، شاخص‌های مختلفی مانند زمان، روشنایی، کیفیت معابر، عوامل انسانی و فنی و... را مدنظر قرار داده و به نوعی به پیش‌بینی دقیق انواع تصادفات پرداختند. ساموئل<sup>۳</sup> و همکارانش (۲۰۱۲) تأکید دارند که صحت اطلاعات و داده‌های مجروحان و فوتی‌های تصادفات در کشورهای در حال توسعه قابل تردید است و سازمان بهداشت جهانی، این داده‌ها را از طریق روش‌های مختلف آماری به دست می‌آورد. نویسندگان توصیه می‌کنند این یک ضرورت است که تصادفات در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ثبت شوند.

اسکات براین<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) به بررسی الگوهای کاربری‌های زمین در تصادفات بزرگراه‌های «هوستون» تگزاس پرداخت و به این نتیجه رسید که افزایش تراکم و رقابت در استفاده‌های تجاری و صنعتی زمین شهری به افزایش قابل توجه خطرات تصادفات در بزرگراه‌ها منجر می‌شود. کودریاتسو<sup>۵</sup> و همکارانش (۲۰۱۳) در بررسی روند مجروحان و فوتی‌های تصادفات شهر ارخانگلسک روسیه، این نکته را تأکید کردند که بیش از نیمی از تصادفات ترافیکی با عابران پیاده می‌باشد و به همین نسبت

1.Hanis and Allyand

2.Akin and Akba

3.Samuel

4.Scott Brian

5.Kudryavtsev

مرگ‌ومیر و مجروحان کل تصادفات را دربردارند. شاه و جروانی<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) به بررسی سن، جنس، نوع تصادف، ساعات تصادف، علت تصادف و... در تصادفات شهری شهر احمدآباد هند پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد تصادف بین ساعات ۶ صبح تا ۱۲ ظهر اتفاق می‌افتد و ۴۱ درصد تعداد تصادفات به تصادف با عابر پیاده است.

پاهوکولا<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۴) عوامل زمانی و مکانی مؤثر بر واژگونی خودروها را در تگزاس ایالات متحده آمریکا بررسی کردند. در چهار دوره زمانی صبح زود، صبح، اواسط ظهر و عصر، بیشترین تعداد تصادف رخ داده است. عواملی مانند جریان ترافیک، شرایط نور، شرایط سطح، زمان از سال و درصد کامیون در جاده، شاخص‌های اصلی در تفاوت‌های دوره‌های زمانی فوق است. سونگپاتاناسلیپ<sup>۳</sup> و همکارانش (۲۰۱۵) با استفاده از رگرسیون پواسیون به ارتباط بین کاربری زمین و تصادفات در شهر توکیو اشاره کردند. بیشترین حوادث در اطراف کاربری تجاری و کمترین حوادث رانندگی در اطراف کاربری مسکونی اتفاق می‌افتد؛ همچنین فروشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، کاربری ورزشی و تمام کاربری‌های جاذب در طول روز بیشترین تصادف را دارا می‌باشند؛ در تعطیلات بیشترین تصادفات در اطراف فروشگاه‌ها و امکان ورزشی روی داده است. سینگایادا<sup>۴</sup> و همکاران در پژوهشی در بین مجروحان تصادف در شهر گوالیور هند به این نتیجه رسیدند که بیشترین مصدومان تصادفات در گروه سنی ۲۵ تا ۴۴ سال می‌باشند و بیشترین میزان تصادفات مربوط به وسایل نقلیه دوچرخه و موتورسیکلت می‌باشد و مسافران و رهگذران بیشترین تعداد مجروحیت را دارند.

1. Shah and Jarwani

2. Pahukula

3. Songpatanasilp

4. Singh Yadav

سنگو<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد مرگومیر بین گروه سنی ۱۵ تا ۳۴ ساله بوده و از هر پنج فوتی، یکی از آن‌ها عابر پیاده بوده است. آن‌ها این نکته را گوشزد می‌کنند که به داده‌های کشورهای با درآمد پایین در مرگومیر و زخمی‌های تصادفات، اعتماد بالایی نیست.

پژوهشگران داخلی نیز پژوهش‌های ارزشمندی در این زمینه انجام داده‌اند که به اختصار اشاراتی می‌شود.

سادات حسینی و سلیمانی (۱۳۸۸) در پژوهش خود به بررسی علل تصادفات فوتی بزرگراه‌های شهر اصفهان پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف جرم در دو وسیله، تأثیر قابل توجهی در وقوع تصادفات منجر به فوت دارد؛ لذا باید تردد وسایل نقلیه سنگین و تدابیر ایمنی در بزرگراه‌های شهر اصفهان ممنوع گردد. پورمعلم و سلیمی (۱۳۸۸) در پژوهشی درباره تصادفات محور شیراز - اصفهان به این نتایج رسیدند که محاسبه هزینه‌های تصادفات، گویای این واقعیت است که میانگین هزینه‌های ناشی از تصادفات منجر به فوت، قریب به پنج برابر میانگین هزینه‌های تصادفات منجر به جرح و تقریباً ۹ برابر میانگین هزینه‌های تصادفات خسارتی می‌باشد. آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده مؤید وقوع ۲۰ درصد از تصادفات در نقاط تصادف‌خیز است که این وضعیت، اهمیت فوق‌العاده اصلاح و سرمایه‌گذاری جهت ایمن‌سازی نقاط تصادف‌خیز و بحرانی جاده‌ها را نشان می‌دهد.

زنگی‌آبادی و همکارانش (۱۳۹۱) در پژوهش خود به شناسایی علل تصادف در بزرگراه‌های شهر اصفهان و تعیین سهم هر یک از عوامل مؤثر در بروز تصادفات در بزرگراه‌ها، تحلیل توزیع فضایی تصادفات رخ داده و ارائه راهکارهایی برای کاهش عوامل تأثیرگذار در بروز تصادفات پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داده که بیشترین دلایل تصادفات در بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان، عدم توجه به جلو

(۱۴/۶ درصد)، عدم رعایت حق تقدم (۱۲/۲ درصد) و عدم رعایت فاصله طولی (۹ درصد) بوده است. در این پژوهش مشخص شد که بزرگراه‌های شهید خرازی، خیام و ذوب‌آهن به ترتیب خطر آفرین‌ترین بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان می‌باشد.

کلاتری و مرادی مفرد (۱۳۹۲) در پژوهشی تحت عنوان تحلیل فضایی نقاط حادثه‌خیز سوانح رانندگی شهر زنجان، تمام تصادفات رانندگی سال ۱۳۹۰ محدودۀ مطالعاتی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و پرسش‌نامه مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. روش‌های آن‌ها در تحلیل فضایی، استفاده از نقشه مرکز متوسط و بیضی انحراف معیار، تراکم کرنل و توزیع تراکم تصادفات به روش شبکه‌ای بود؛ که در پایان، نقاط پرتصادف شهر شناسایی گردید. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که عامل انسانی، مؤثرترین عامل در تصادفات رانندگی شهر زنجان می‌باشد.

مشکینی و همکارانش (۱۳۹۲) در پژوهشی درباره بررسی عوامل مؤثر در افزایش تصادفات درون‌شهری شهر زنجان با بررسی ۱۸۶۹ مورد تصادفات اتفاق افتاده در سال ۱۳۹۰ دریافتند که در حدود ۹۰ درصد تصادفات، عوامل انسانی تأثیرگذار بوده و در مقابل، عوامل محیطی فقط ۳/۸ درصد و عوامل فنی و مدیریتی فقط ۶/۲ درصد دخیل بوده‌اند. علی‌یوسفی و همکارانش (۱۳۹۲) در پژوهش خود به ارائه توصیفی واقع‌نگار از رفتارهای پرخطر رانندگی در شهر مشهد و شناسایی فرایندهای تشدید یا تضعیف این رفتارها با تکیه بر چهار ویژگی شخصیتی راننده شامل تحریک‌جویی، خشم، پرخاشگری و سلامت روان پرداختند. نتایج نشان داد که گرچه در مجموع میل به انجام رفتارهای پرخطر رانندگی در بین پاسخ‌گویان پایین است؛ اما تحریک‌جویی، پرخاشگری و خشم باعث تشدید و سلامت روان باعث تضعیف آن می‌گردد؛ در این میان بیشترین اثرگذاری مربوط به پرخاشگری است. رضا افقی و همکارانش (۱۳۹۳) در پژوهشی بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها دریافتند که میانگین تعداد تصادفات در چپ‌دست‌ها بیشتر از راست‌دست‌ها است و با افزایش سابقه رانندگی، میانگین تعداد



تصادفات کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش بیانگر آن است که ویژگی‌های فردی راننده، از جمله عواملی است که می‌تواند در تعیین نرخ مناسب حق بیمه به شرکت‌های بیمه کمک نماید.

شکوهیار و همکارانش (۱۳۹۴) به بررسی خوشه‌بندی داده‌های تصادفات جاده‌ای در محور کرج چالوس با الگوریتم‌های K-mean، Kohonen و Two step پرداختند. آن‌ها به منظور اطمینان از میزان همبستگی متغیرهای جاده‌ای با شدت تصادفات از مدل همبستگی Apriori و برای تحلیل شدت تصادفات از مدل طبقه‌بندی درخت دسته‌بندی و رگرسیون استفاده کردند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای مؤثر در بروز تصادفات به ترتیب اهمیت شامل هندسه محل، جهت حرکت راه، نوع منطقه، نقص راه، نوع جاده، مانع دید، نوع خط‌کشی، نوع رویه راه و بی‌توجهی به جلو است.

بروجدیان و کاویانی (۱۳۹۴) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر خیرگی ناشی از نور خورشید در وقوع تصادفات جاده‌ای برون‌شهری در مسیر مواصلاتی تهران - مشهد با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون به این نتیجه رسیدند که ۶۳/۶ درصد تصادفات جاده‌ای استان توسط چهار عامل عجله و شتاب، خواب‌آلودگی و خستگی، ناآشنایی با جاده و خیرگی نور خورشید تبیین می‌شوند که از این بین، ۱۴ درصد تصادفات ناشی از خیرگی نور خورشید می‌باشد.

طبق پژوهش‌های مرتبط با تصادفات در انگلستان، ۷۷ عامل باعث تصادف رانندگی می‌شود که تحت عنوان ۹ گروه تقسیم‌بندی شده‌اند. این گروه‌بندی عبارت است از: خطای راننده، رفتار پرخطر، مهارت و تجربه، محیط جاده، خطای عابر پیاده، اختلال یا حواس پرتی، مشکلات بینایی، نقص خودرو. اگرچه علت نزدیک به ۷۰ درصد تصادفات، خطای رانندگان می‌باشد؛ لیکن عوامل محیطی، نقش بسیاری در ایجاد خطای راننده دارند و سهم عوامل محیطی جاده، تنها ۱۵ درصد تصادفات است.

عوامل محیطی جاده عبارتند از: لغزندگی معابر (با توجه به وضعیت آب‌وهوا)، شکل معبر (پریبیج، باریک، سرایشی و...)، کثیف‌بودن معبر (به‌وسیله روغن، گل و...)، وجود اجسام خارجی در معبر، خرابی پوشش معبر، فقدان یا نقص علائم راهنمایی و رانندگی و سرعت‌گیر. در تصادفات شهری، عابر پیاده بیشترین اثر را در تصادفات دارد و عواملی مانند نبودن دید، عدم تشخیص صحیح مسیر دیگر رانندگان و عابران، ازدست‌دادن کنترل خودرو، بی‌دقتی و عجله، لغزندگی معبر، سرعت زیاد و ترمز ناگهانی، از جمله عوامل مؤثر دیگر بر رانندگی می‌باشد (جنکینز<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵).

در سال‌های اخیر، ایمنی خیابان‌ها در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. بسیاری از پژوهشگران به بررسی جزئیات تصادفات برای تعیین علل تصادف و ایمنی جاده‌ها می‌پردازند. پژوهشگران به بررسی عواملی چون آب‌وهوا، زمان، راننده و جاده علاقه‌مند هستند (سونگپاتاناسلیپ، ۲۰۱۵: ۳-۲۳۰). تصادفات در تقاطع‌های در معابر شهری، بخش اعظمی از کل تصادفات را شامل می‌شود؛ برای مثال، بر اساس آمار ملی ایالات متحده آمریکا، ۲۲/۹۸ درصد تصادفات فوتی و ۴۴/۶۹ درصد از کل تصادفات مربوط به تقاطع‌ها بوده است. اساساً علت اصلی بروز تصادفات در تقاطع‌ها، همگراشدن مسیرهای مختلف در یک نقطه می‌باشد (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲؛ میرزابابایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳).

سازمان کاربری زمین بر تعداد سفرها، طول سفرها، انتخاب نوع سفر و انتخاب مسیر اثر می‌گذارد (هومل<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱) و کاربری زمین متفاوت، مجموعه‌های الگوهای ترافیکی متفاوتی را خلق می‌کنند (راس<sup>۳</sup>، ۱۹۹۱). در صورت عدم وجود برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری مناسب، کاربری‌های مسکونی، تجاری و صنعتی در یک الگوی تصادفی تکامل خواهند یافت و به همین ترتیب، ترافیک خیابان منطبق با فعالیت این

1. Jenkins  
 2. Hummel  
 3. Ross

کاربری‌ها خواهد بود؛ و به‌طور یقین، جریان سنگین ترافیک را در مناطق مسکونی ایجاد می‌کند و وسایل نقلیه دارای سرعت بالا با عابران پیاده مخلوط می‌شوند. همچنین کاربری‌های تجاری در طول شبانه‌روز به باربری نیاز داشته که خود با ترافیک ذکر شده مخلوط می‌شود؛ این در حالی است که خیابان‌ها برای این شدت ترافیک طراحی نشده‌اند. در نتیجه صدمات ناشی از ترافیک، خطر بسیار بالایی برای ساکنان، سرنشینان خودروها، افراد پیاده، دوچرخه‌سواران و موتورسیکلت‌ها ایجاد می‌کند (والر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳: ۱۹). برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری اغلب به ایجاد جریان کارآمد ترافیک در مسیرهای اصلی منجر می‌شود و مسیرهای با سرعت بالا، بخش‌های مختلف شهری را قطع می‌کند که منجر به ضرر ساکنان محلی می‌شود. معیارهای زیست‌محیطی مانند کاهش سروصدا، آلودگی و نفوذ بصری نیز در برنامه‌ریزی کاربری زمین گنجانیده می‌شود. اگر معیارهای ایمنی در برنامه‌ریزی کاربری زمین به کار رود، کاهش قابل ملاحظه‌ای از آسیب‌های ترافیکی مشاهده می‌شود (لیتمن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). کاربری زمین اطراف خیابان‌ها، یکی از عوامل مؤثر بر تصادفات رانندگی می‌باشد (سونگپاتاناسلیپ، ۲۰۱۵: ۳-۳۲۰).

در پژوهشی در شهر نیوکاسل انگلستان مشخص شد کاربری‌های آموزشی، نقطه برخورد تقاطع‌ها، خرده‌فروشی‌های کوچک و کاربری اراضی مسکونی کم‌تراکم با تلفات کودکان در دوره‌های زمانی مختلف طی روز و هفته ارتباط دارد.<sup>۳</sup> ویژگی‌های خیابان به‌همراه ویژگی‌های کاربری زمین و جمعیت و رفتار شهروندان، نقش مهمی در بروز تصادفات جاده‌ای دارد.<sup>۴</sup> در بین کاربری‌ها، کاربری‌های تجاری، ورزشی و درمانی، بیشترین استعداد را برای تصادفات شهری دارا می‌باشند (سونگپاتاناسلیپ،

1.Waller

2.Litman

3.Dissanayake et al, 2009: 1023.

4.Pahukula et al, 2014.

۲۰۱۵: ۳-۳۲۰). دید وسیع و بدون مانع و قابل تشخیص، یک عامل اساسی در جلوگیری از تصادف می‌باشد.<sup>۱</sup> روشنایی معابر می‌تواند از بروز تصادفات منجر به مرگ‌ومیر و فوتی جلوگیری کند.<sup>۲</sup> در ایالات متحده آمریکا، ۶۷ درصد تصادفات با عابران پیاده طی شب اتفاق می‌افتد (NHTSA، ۲۰۰۷). اغلب در کشورهای درحال توسعه به دلیل ضعف‌های اقتصادی سازمان‌های عمران شهری، روشنایی معابر ضعیف می‌باشد؛ در نتیجه تصادفات و مرگ‌ومیر نیز افزایش می‌یابد.<sup>۳</sup>

### روش پژوهش

در این مقاله با توجه به محدودیت‌هایی که در دسترسی به اطلاعات تصادفات درون‌شهری بود، تنها تصادفات منجر به صدمات جسمی به‌طور دقیق ثبت گردیده بود که بعد از استخراج اطلاعات از پرونده‌های بایگانی در راهنمایی و رانندگی، موقعیت جغرافیایی تصادفات به‌همراه آماره‌های موردنیاز در سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شده و در دو مقیاس مجموعه شهری (استفاده از ضریب موران، تابع Ripley's K-function و ضرایب همبستگی) و موضعی (استفاده از مدل‌های High/Low Clustering، آنتروپی، Getis-Ord General G) بررسی گردید و تراکم و خوشه‌بندی نقاط حادثه‌خیز در شهر شناسایی شد. نظرات کارشناسان مربوطه درباره علل اصلی تراکم خوشه‌های نقاط پرتصادف جرحی با روش آنتروپی وزن‌دهی و اولویت‌بندی شد. در این پژوهش، تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و تحلیل‌های فضایی و زمینی آماری با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفت.

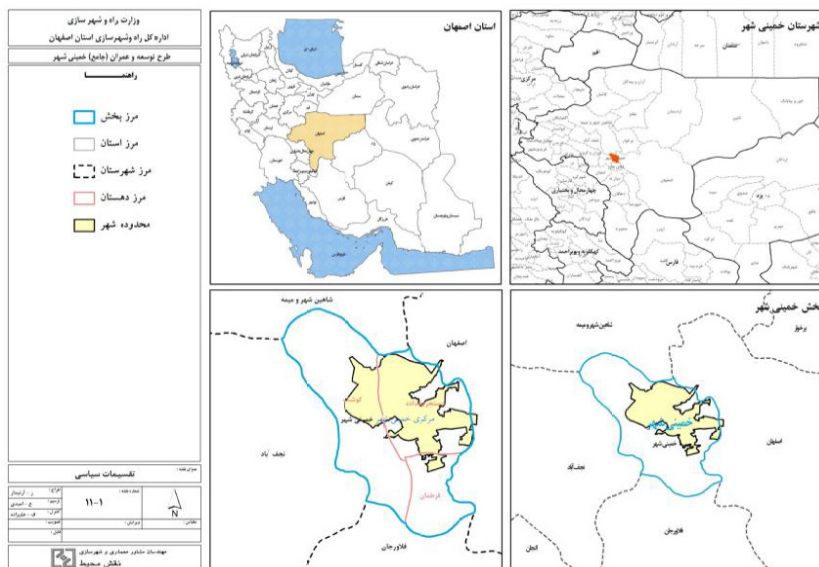
1. Rumar, 1990: 1282.

2. Beyer FR, 2009: 54-55.

3. Kwan, Mapstone and Roberts, 2002: 3.

## محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، شهر خمینی شهر می باشد که در منطقه بلوک ماریین در ۵۱ درجه، ۳۱ دقیقه، ۴۵ ثانیه شرقی و ۳۲ درجه، ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۱۲ کیلومتری شرق اصفهان واقع شده است. این شهر از شمال و شمال غربی به کوه های محمودآباد با ۲۴۷۳ متر ارتفاع، سرچاپ ۲۲۵۰ متر و کوه صاح محدود شده و جنوب و شرق آن را دشت همواری پوشانده است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۵۹۵ متر بوده و ۱۸ متر از اصفهان مرتفع تر است. نام اصلی این شهر، سده می باشد و در کتاب های تاریخی به همین نام معرفی شده است. وسعت این شهر، ۱۷۶ کیلومتر مربع می باشد (مهندسان مشاور نقش محیط، ۱۳۹۴: ۶-۱۰).



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر خمینی شهر (منبع: مهندسان مشاور نقش محیط، ۱۳۹۴: ۱۰).

## خودهمبستگی فضایی

در تعریف خودهمبستگی فضایی چنین آمده است: ارتباط بین متغیر مشاهده‌شده در هر  $n$  مکان و سنجش مجاورت مشخص‌شده برای همه  $(n-1)$  زوجی در هر  $n$ .<sup>۱</sup> مفهوم خودهمبستگی فضایی یعنی ارزش صفت‌های مطالعه‌شده، خودهم‌بسته‌اند و همبستگی آن‌ها قابل استناد به نظم جغرافیایی پدیده‌ها است. خودهمبستگی فضایی قوی بدین مفهوم است که ارزش صفت پدیده‌های جغرافیایی به‌طور قوی با یکدیگر رابطه دارند (مثبت یا منفی) (حسن‌زاده دلیر و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۳). خودهمبستگی فضایی، درجه وابستگی بین اطلاعات مربوط به یک فضای جغرافیایی را اندازه‌گیری و آنالیز می‌کنند (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۶).

### شاخص موران (خودهمبستگی فضایی)

مدل‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری خودهمبستگی فضایی وجود دارد (رهنما و ذبیحی، ۱۳۹۰: ۱۳) که مدل موران I<sup>۱</sup> مشهورترین آن‌ها است.<sup>۲</sup> این شاخص توسط پاتریک آلفرد پیرس موران<sup>۳</sup> ارائه شد. خودهمبستگی به رابطه بین مقادیر باقی‌مانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خودهمبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر باقی‌مانده شدیداً با هم در ارتباط باشند؛ به عبارت دیگر تغییراتشان به‌صورتی سیستماتیک رخ دهد (عسگری، ۱۳۹۰: ۶۰). ارزش موران بین ۱ و -۱ متغیر است.<sup>۴</sup> ارزش نزدیک به ۱ نشان می‌دهد که به‌طور کلی نواحی دارای ارزش‌های مشابه (بالا یا پایین)، دارای الگوی خوشه‌ای هستند و ارزش نزدیک به -۱ نشان می‌دهد که به‌طور کلی نواحی دارای ارزش‌های غیرمشابه در کنار یکدیگر قرار دارند و ارزش صفر نیز نشان‌دهنده الگوی تصادفی است.

1. Hubert et al, 1981: 224.

2. Jin and Lee, 2010: 2.

3. Patrick Alfred Pierce Moran

4. Lee et al, 2001: 31.

شاخص موران مطابق رابطه ذیل تعریف می‌شود:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i \sum_j w_{ij} \sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

که در آن،  $n$  تعداد نمونه‌ها،  $X_i$  مقدار متغیر در ناحیه  $i$ ،  $X_j$  مقدار متغیر در ناحیه  $j$ ،  $X$  میانگین متغیر در کلیه نواحی و  $w_{ij}$  وزن به کاررفته برای مقایسه دو ناحیه  $i$  و  $j$  است (ESRI, 2015).

مقدار موردانتظار ضریب موران که فرضیه صفر را رد می‌نماید، عبارت است از:

$$E(I) = \frac{-1}{N-1}$$

و واریانس برابر است با:

$$\text{Var}(I) = \frac{NS_4 - S_2S_6}{(N-1)(N-2)(N-3)(\sum_i \sum_j w_{ij})^2} - (E(I))^2$$

ضریب موران بین  $-1$  و  $+1$  می‌باشد که عدد مثبت همبستگی مثبت و عدد منفی همبستگی ضعیف را نمایش می‌دهد.<sup>۱</sup> تفسیر عمومی ضریب موران به این صورت است که هرچه این ضریب مقدار بالاتری داشته باشد، بیانگر تجمع زیاد و هرچه مقدار پایین‌تری داشته باشد، بیانگر پراکنش می‌باشد (عباس‌زاده و رهنما، ۱۳۸۷: ۱۲۳).

## تابع $K$

تابع  $k$ ، ابزاری برای تجزیه و تحلیل فرایندی عوارض مکانی است که به صورت نقشه‌های نقطه‌ای ارائه شده‌اند. این داده‌ها مکان وقوع یک حادثه یا پدیده را شامل می‌شود. این داده‌ها معمولاً دارای دو بُعد می‌باشند؛ اما ممکن است به صورت فضایی و در طی زمان تحلیل گردند.<sup>۳</sup> ویژگی اصلی این آزمون، شناسایی توزیع خوشه‌ای و منظم نقاط بوده که هرچقدر شدت فواصل نقاط از همدیگر کوتاه‌تر باشد، خوشه‌ای و هرچقدر مسافت بین نقاط بیشتر باشد، منظم شناسایی می‌شود.<sup>۴</sup> خروجی این تابع،

1.Cliff and Ord, 1981

2.Ripley's K-function

3.M. Dixon, 2003: 1796.

4.Perry at el, 2006: 68

یک نمودار خطی است. خط مورب تیره نشانگر الگوی موردانتظار است؛ البته اگر پدیده‌ها به‌طور تصادفی در محدوده توزیع شده باشند. محور  $X$  نشان‌دهنده افزایش فاصله و خط منحنی قرمز نشان‌دهنده الگوی مکانی عوارض مشاهده شده می‌باشد. اگر خطوط مورب بالاتر از منحنی قرمز قرار بگیرد، الگو تصادفی بوده و برعکس آن، الگوی خوشه‌ای را معرفی می‌کند.<sup>۱</sup>

معادله تابع  $k$

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k(i, j)}{\pi n(n-1)}}$$

$A$  = مساحت ناحیه،  $N$  = تعداد نقاط مورد مطالعه،  $D_{ij}$  = فاصله بین نقطه  $i$  با نقطه  $j$ .<sup>۲</sup>

### مدل آنتروپی وزنی

این مدل، معیاری برای سنجش توزیع جمعیت شهری و توزیع تعداد شهرها در طبقات شهری یک منطقه است. با استفاده از این مدل می‌توان به میزان تعادل فضایی استقرار جمعیت و تعداد شهرها در سطح شبکه شهری، استانی، منطقه‌ای و ملی پی برد. ساختار کلی مدل به شرح زیر است:<sup>۳</sup>

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

$$G = H / \ln K$$

در این رابطه،  $H$  مجموع فراوانی لگاریتم نپری فراوانی،  $P_i$  فراوانی،  $\ln P_i$  لگاریتم نپری فراوانی،  $K$  تعداد طبقات و  $G$  میزان آنتروپی است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۸۹). ضریب آنتروپی، دامنه‌ای بین صفر و یک دارد و هرچه مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر توزیع عادلانه‌تر و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر درجه توزیع نامتعادل است؛ به بیان دیگر، مقدار یک بیانگر توزیع کاملاً

1.Scott and Janikas, 2010: 31.

2.Mitchall, 2005: 99.

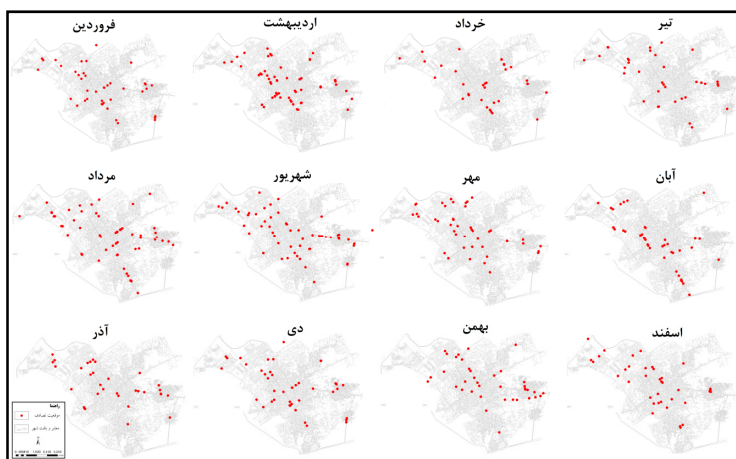
3.Wheeler and Mulle,1986: 384-385.



عادلانه و مقدار صفر بیانگر توزیع کاملاً نامتعادل است<sup>۱</sup>؛ به نوعی اگر آنتروپی به طرف صفر میل کند، نشان دهنده تمرکز بیشتر و یا افزایش تمرکز یا عدم تعادل در توزیع جمعیت بین شهرها است و حرکت به طرف یک و بالاتر از آن، توزیع متعادل تری را در عرصه منطقه‌ای نشان می‌دهد (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۹۰).

### یافته‌های پژوهش

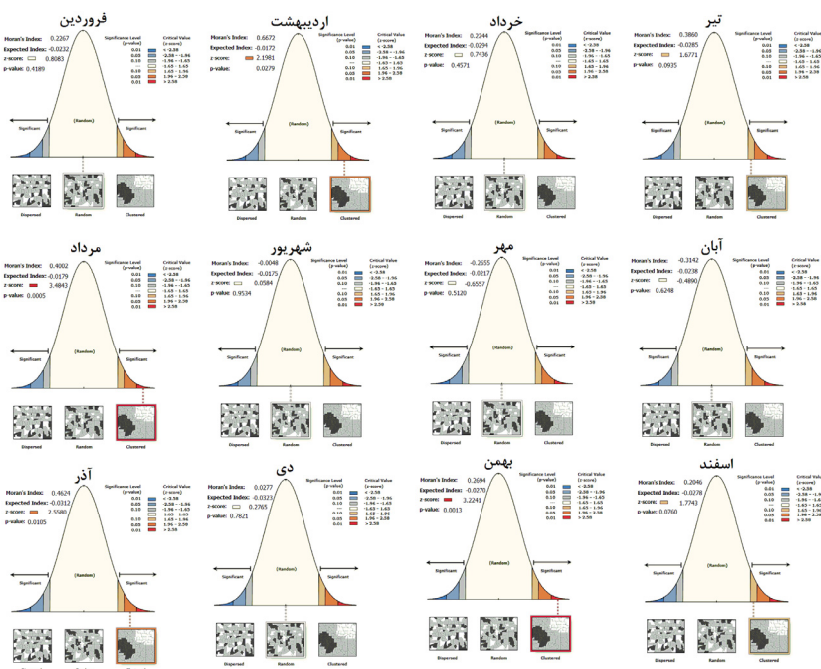
تعداد کل تصادفات رانندگی منجر به جراحت در شهر خمینی‌شهر در سال ۱۳۹۳ برابر با ۵۱۹ نقطه تصادف بوده است. تعداد تصادفات درون‌شهری منجر به جراحات در نیمه اول سال مجموعاً ۲۸۳ و در نیمه دوم سال ۲۳۶ مورد می‌باشد. تعداد تصادفات منجر به جراحت در شش ماهه اول سال، بیشتر از شش ماهه دوم بوده می‌باشد. پراکنش تصادفات در ماه‌های مختلف و فصول سال تفاوت معنی داری باهم دارند؛ به طوری که برخی معابر شهر در ماه‌هایی از سال کمترین تصادف و برخی ماه‌های دیگر بیشترین تصادف را دارا بوده است.



شکل ۲. پراکندگی تصادفات درون‌شهری منجر به جراحت و مصدومیت در ماه‌های مختلف سال شهر خمینی‌شهر

1. Tasai, 2005: 145.

بیشترین تعداد تصادف در اردیبهشت‌ماه با ۵۸ و کمترین تصادفات در خردادماه با ۳۵ تصادف رخ داده است. در فصل زمستان ۱۱۶ تصادف (شاخص موران  $1/0.18$  و  $p$  value برابر با  $0/000$ )، پاییز ۱۲۰ تصادف (شاخص موران  $0/503$  و  $p$  value برابر با  $0/013$ )، بهار با ۱۳۵ تصادف (شاخص موران  $0/999$  با  $p$  value برابر با  $0/000$ ) و تابستان با ۱۴۸ تصادف (شاخص موران  $0/927$  و  $P$  value برابر با  $0/000$ ) به ترتیب کمترین تا بیشترین تعداد تصادف طبق فصول سال را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۳. نمودار ضریب موران و خودهمبستگی فضایی کلیه تصادفات منجر به جرحت در شهر خمینی‌شهر برحسب ماه

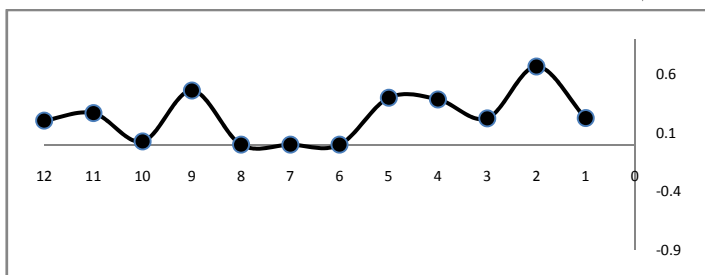
خودهمبستگی توزیع تصادفات طبق ماه‌های مختلف سال، بیشترین حالت خوشه‌ای و تجمعی مربوط به ماه‌های اردیبهشت، آذر و مرداد بوده و ماه‌های فروردین، خرداد، شهریور، مهر و آبان دارای خودهمبستگی فضایی تصادفی بوده‌اند. شدیدترین حالت تجمع خوشه‌ای در فصل زمستان مشاهده می‌گردد و کمترین شدت

تمرکز فضایی در فصل پاییز وجود دارد.

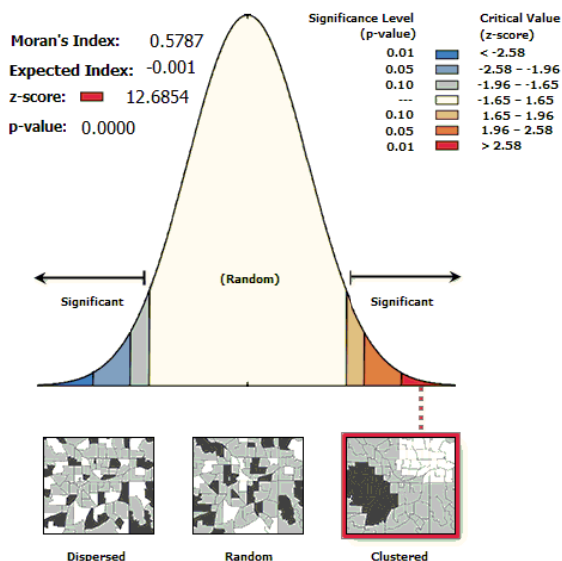
**جدول ۱. مؤلفه‌های خودهمبستگی فضایی و ضریب موران مستخرج از GIS تصادفات خمینی‌شهر**

ماه	Count	Moran's Index	Expected Index	Variance	z-score	p-value	Distance Threshold	pattern
فروردین	۴۳	۰/۲۲۶۷	-۰/۰۲۳۲	۰/۰۹۵۶	۰/۸۰۸۳	۰/۴۱۸۹	۱۳۶۹	random
اردیبهشت	۵۸	۰/۶۶۷۲	-۰/۰۱۷۲	۰/۰۹۶۹	۲/۱۹۸۰	۰/۰۳۷۹	۷۸۹	clustered
خرداد	۳۴	۰/۲۲۴۴۷۶	-۰/۰۲۹۴۱۲	۰/۱۱۶۵۷	۰/۷۴۳۶	۰/۴۵۷۱۰۶	۱۹۴۴	random
تیر	۳۵	۰/۳۸۶۰۵۵	-۰/۰۲۸۵۷۱	۰/۰۶۱۱۲۴	۱/۶۷۷۰۷۴	۰/۰۹۳۵۲۸	۲۱۷۵	clustered
مرداد	۵۶	۰/۴۰۰۱۹۴	-۰/۰۱۷۸۵۷	۰/۰۱۳۳۹۶	۳/۴۸۴۲۹۶	۰/۰۰۰۴۹۳	۲۰۹۴	clustered
شهریور	۵۷	۰/۰۰۲۸۰۲	-۰/۰۱۷۵۴۴	۰/۰۴۷۵۶۸	۰/۰۵۸۴۲	۰/۹۵۳۴۱۱	۱۵۷۰	random
مهر	۴۶	۰/۲۶۵۴۶۳	-۰/۰۲۱۷۳۹	۰/۱۳۸۱۵۸	۰/۶۵۵۷۰۸	۰/۵۱۲۰۱۲	۸۵۵	random
آبان	۴۲	۰/۳۱۴۲۲۸	-۰/۰۲۳۸۱	۰/۳۵۲۶۴۹	-۰/۴۸۹۰۵	۰/۶۲۴۸۰۶	۳۲۲۲	random
آذر	۳۲	۰/۴۶۳۳۹۵	-۰/۰۳۱۲۵۰	۰/۰۳۷۲۴۲	۲/۵۵۷۹۹	۰/۰۱۰۵۲۸	۱۵۱۵	clustered
دی	۴۳	۰/۰۲۷۶۹۴	-۰/۰۳۲۲۵۸	۰/۰۴۷۰۰۶	۰/۲۷۶۵۲۲	۰/۸۲۱۴۷	۲۷۹۲	clustered
بهمن	۳۷	۰/۲۶۹۴۰۲	-۰/۰۲۷۰۲۷	۰/۰۰۸۴۵۳	۳/۲۲۴۰۶۹	۰/۰۰۱۲۶۴	۲۰۶۴	clustered
اسفند	۳۶	۰/۲۰۴۶۴۵	-۰/۰۳۷۷۸	۰/۰۱۷۱۶	۱/۷۷۴۲۹۴	۰/۰۷۶۰۱۵	۱۷۸۲	clustered
کل سال	۵۱۹	۰/۵۷۸۱۷۲	-۰/۰۰۱۹۳۱	۰/۰۰۲۰۹۶	۱۲/۶۸۵۴۸	۰/۰۰۰۰۰	۱۳۶۷	clustered

با ترسیم نمودار تغییرات ضریب موران برحسب ماه، توزیع تصادفی نقاط تصادف منجر به جراحی در سه ماه متوالی شهریور، مهر و آبان مشاهده می‌شود؛ که این توالی سه‌ماهه توزیع تصادفی، دلایلی چون کاهش سفرهای شهری و بازگشایی مدارس و موج سفرهای تابستانی را دارد؛ اگرچه از نقش رویدادهای مذهبی این سه ماه نمی‌توان چشم‌پوشی کرد.

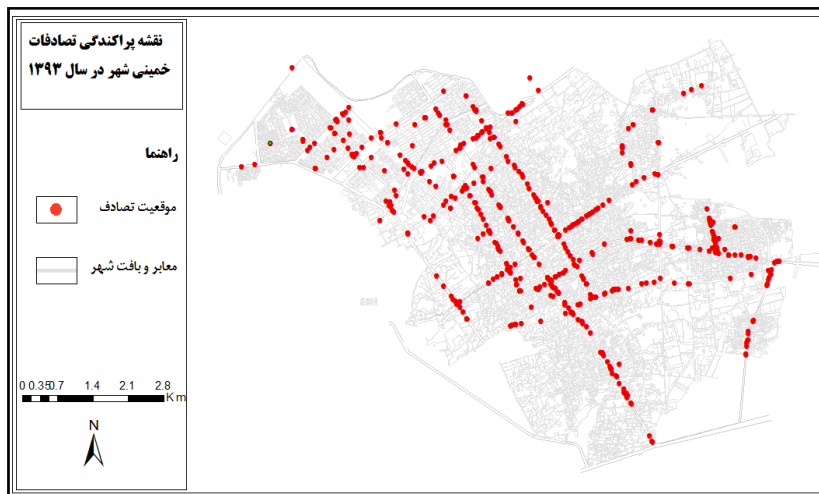


شکل ۴. تغییرات شاخص موران طی ۱۲ ماه سال



شکل ۵. میزان شاخص موران تصادفات منجر به جراحت کل سال ۱۳۹۳ خمینی‌شهر

پراکندگی تصادفات در نقشه کل سال ۹۳ شهر خمینی‌شهر حاکی از تمرکز در نقاط ملتهب می‌باشد. شاخص موران  $0/578$  و نحوه پراکندگی به صورت خوشه‌ای با  $p$  value برابر  $0/000$  تجمع و تمرکز فوق‌العاده تصادفات در سطح شهر را بیان می‌کند. این تمرکز در خیابان‌های ۱۷ شهرپور، دکتر شریعتی، شمس، کهنده، آزادگان، امام خمینی شمالی و جنوبی، شهید صدوقی، شهید باغبان جنوبی و شهید فهمیده چشمگیرتر است. خیابان کهنده که محور ارتباطی خمینی‌شهر به اصفهان می‌باشد، در فصل تابستان بیشترین تعداد تصادف جرحی را دارا بوده است طبق آمار در این خیابان، ۳۸ تصادف در سال ۱۳۹۳ اتفاق افتاده است که ۲۳ مورد از تصادفات، تنها در فصل تابستان روی داده است و بیشترین تعداد تصادف در این محور ارتباطی بین شهری در شهریورماه اتفاق افتاده است.



شکل ۶. موقعیت کلیه تصادفات منجر به جراحت در شهر خمینی شهر در سال ۱۳۹۳

### همبستگی شاخص موران با شاخص های عمومی

برای شناخت بیشتر الگوی تصادفات همبستگی فضایی موران، این ضریب و رتبه ماه های تعداد تصادفات با شاخص های اقلیمی و حمل و نقل در سطح شهرستان موردسنجش قرار گرفت. شاخص های ماهیانه از جمله تعداد روزهای پاک، تعداد روزهای سالم، تعداد روزهای ناسالم، تعداد روزهای بسیار ناسالم، تعداد روزهای بحرانی، میزان بارندگی ماهیانه، حداکثر بارندگی ماهانه، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای یخ بندان، ساعات آفتابی ماهیانه، سرعت باد، جهت وزش باد، معدل حداکثر حرارت ماهیانه، معدل حداکثر درجه حرارت ماهیانه، متوسط روزانه درجه حرارت ماهیانه، حداکثر مطلق درجه حرارت ماهیانه، حداقل مطلق درجه حرارت ماهیانه، مجموع تعداد سفرهای درون استانی، تعداد سفرهای اتوبوس درون استانی، تعداد سفرهای مینی بوس درون استانی، تعداد سفرهای سواری درون استانی، مجموع تعداد مسافر درون استانی، تعداد مسافرهای اتوبوس درون استانی، تعداد مسافرهای مینی بوس درون استانی، تعداد مسافرهای سواری درون استانی، مجموع تعداد سفرهای

برون‌استانی، تعداد سفرهای اتوبوس برون‌استانی، تعداد سفرهای مینی‌بوس برون‌استانی، تعداد سفرهای سواری برون‌استانی، مجموع تعداد مسافر برون‌استانی، تعداد مسافرهای اتوبوس برون‌استانی، تعداد مسافرهای مینی‌بوس برون‌استانی، تعداد مسافرهای سواری برون‌استانی رابطه‌سنجی گردید. بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن، رتبه ضریب موران طی ماه‌های سال تنها با رتبه تعداد مسافران اتوبوس درون‌استانی و برون‌استانی و تعداد مجموع مسافران برون‌استانی معنی‌دار می‌باشد و با دیگر شاخص‌های حمل‌ونقل و طبیعی رابطه همبستگی ندارد. بین رتبه ماه‌های تعداد تصادفات با هیچ‌یک از شاخص‌های اقلیمی و حمل‌ونقل شهرستان رابطه همبستگی معناداری وجود نداشت.

با توجه به آماره‌های ضریب همبستگی بین شاخصه‌های جدول شماره ۲ می‌توان این‌گونه تحلیل کرد که الگوی تصادفات در شهر خمینی‌شهر با مسافران برون‌شهری، همبستگی بسیار بالایی دارد و رفتارها و کنش‌های مستقیم و غیرمستقیم مسافران برون‌شهری (به‌خصوص مسافرین اتوبوس‌های بین‌شهری) در فضای شهری بر الگوی خوشه‌ای تصادفات اثرگذار است.

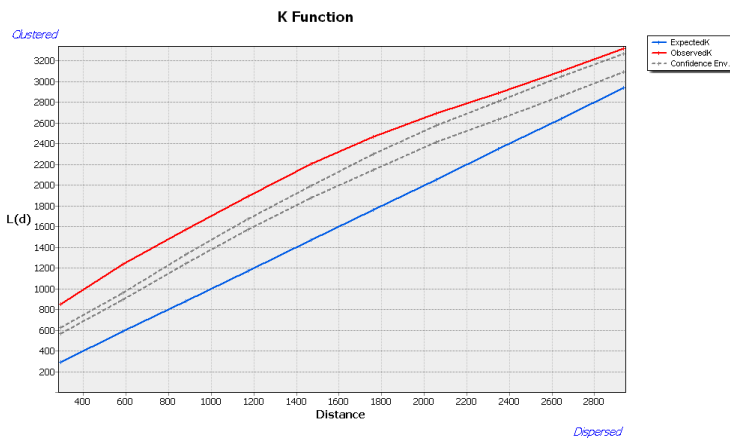
**جدول ۲. ضریب همبستگی اسپیرمن بین شاخص موران و شاخص‌های عمومی**

مؤلفه‌ها	تعداد مسافران اتوبوس درون استانی	تعداد مسافران اتوبوس برون‌استانی	مجموع مسافران برون‌استانی
ضریب همبستگی	۰/۷۳۷	۰/۶۴۳	۰/۵۹۴
ضریب موران	سطح معناداری ۰/۰۰۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲
تعداد	۱۲	۱۲	۱۲

### تابع k پراکنش تصادفات منجر به جراحات در خمینی‌شهر

با بررسی نمودار خروجی تابع k در محیط GIS و وضعیت الگوی فضایی داده‌های مشاهده‌شده که با خط قرمز مشخص گردیده و الگوی فضایی داده‌های مورد انتظار که با خط آبی ممتد مشخص می‌شود، این نتیجه مشهود است که پراکنندگی فضایی

داده‌های مشاهده شده که همان نقاط تصادف منجر به جراحت در سطح شهر خمینی شهر بوده، الگویی کاملاً خوشه‌ای می‌باشد؛ چراکه وضعیت موجود با وضعیت موردانتظار، فاصله بسیار زیادی دارد. این وضعیت با فاصله زیاد از کران بالای موردانتظار، نشان‌دهنده تمرکز خوشه‌ای شدید نقاط تصادف در سطح شهر می‌باشد.

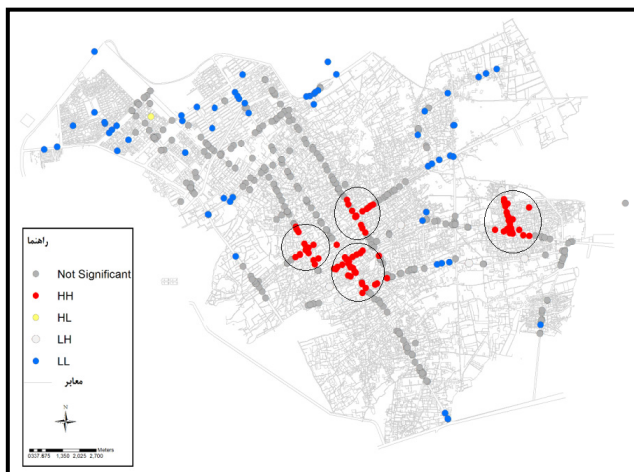


شکل ۷. توزیع تابع  $k$  در تحلیل تجمع خوشه‌ای و منظم تصادفات شهری در خمینی‌شهر

### شناسایی خوشه‌های پرتراکم با زمین‌آمار

با بررسی شکل شماره ۸ که خروجی توزیع خوشه‌ای  $G$  Getis-Ord General است، این نتیجه حاصل می‌گردد که عمده‌ترین نقاط در نقشه مذکور با عدم سطح معنی‌داری لازم (کمتر از ۰/۰۵) بیشتر در نیمه غربی شهر متمرکز شده‌اند. نوع پراکنش این نقاط با عدم سطح اطمینان لازم، الگوی تصادفات نیمه غربی را به صورت تصادفی نمایش می‌دهد. این نیمه با توجه به دور بودن از ورودی و خروجی اصلی شهر، با این تئوری هم‌خوانی دارد. موقعیت نقاط با وضعیت  $LH$  نیز همسو و مجاور با نقاط پرتراکم و متمرکز خوشه‌ای بوده و در نیمه شرقی شهر خمینی پراکنده شده‌اند.

شناسایی و علت‌یابی تراکم خوشه‌های تصادفات جرحی در خمینی‌شهر با استفاده از آمار فضایی



شکل ۸. توزیع High/Low Clustering (Getis-Ord General G) نقاط تصادف در شهر خمینی‌شهر

جدول ۳. خلاصه داده‌های توصیفی توزیع Getis-Ord General G تصادفات منجر

به جراحت شهر خمینی‌شهر

میانگین Zشاخص lmi <sup>۱</sup>	حداقل Zشاخص lmi	حداکثر Zشاخص lmi	میانگین شاخص lmi	حداقل شاخص lmi	حداکثر شاخص lmi	تعداد	
۸/۹۶۲	۱/۹۸	۳۸/۹۱	۰/۹۷۵	۰/۰۵۵	۶/۳۸۲	۱۱۵	(تراکم خوشه‌ای HH بسیار بالا)
-۲/۰۴	-۲/۰۴	-۲/۰۴	-۰/۰۲۹	-۰/۰۲۹	-۰/۰۲۹	۱	(تراکم خوشه‌ای HL بالا ولی احاطه شده با مقادیر کم)
-۵/۷۹۳	-۱۳/۰۲	-۲/۵۶۷	-۰/۰۸۴	-۰/۱۳۶	-۰/۰۲۹	۸	(تراکم خوشه‌ای LH کم ولی احاطه شده با مقادیر بالا)
۳/۵۱۴	۱/۹۹۴	۷/۸۷۵	۰/۱۶۲	۰/۰۰۲	۲/۰۲۳	۶۳	(تراکم خوشه‌ای LL بسیار کم)
۰/۴۷۶	-۱/۷۹۶	۱/۹۵۵	۰/۰۴۷	-۰/۰۵۳	۰/۷۲۴	۳۳۲	بدون سطح معناداری

۱ Lmi: به مقدار تشابه یا شباهت نقاط پراکنده تصادفات در مجاورت خوشه، چه در تراکم بالا و چه در تراکم پایین اطلاق می‌شود.



در کل ۲۲ درصد از تصادفات با الگوی خوشه‌ای متمرکز در پنج تقاطع شهر، متمرکز شده‌اند. ۶۴ درصد نقاط از نظر الگوی خوشه‌ای بی‌معنی بوده و دارای توزیع تصادفی هستند. در کل ۳۶ درصد نقاط دارای الگوی خوشه‌ای با شدت کم تا زیاد هستند. ۶۳ نقطه تصادف (۱۲ درصد کل نقاط) در رده LL قرار گرفته که عمدتاً در اطراف هسته اصلی و با فاصله زیادی از مراکز تجاری اصلی شهر واقع شده‌اند. پس از مشخص کردن خوشه‌های پرتراکم از نظر تعداد تصادفات، نقاط متمرکز شناسایی شد که عبارتند از:

خوشه اول: چهارراه امام حسین، محل تقاطع خیابان‌های توحید، ولی عصر، صدوقی و خیابان منتظری.

خوشه دوم: چهارراه بین خیابان شریعتی شمالی و جنوبی و خیابان‌های ۱۷ شهریور و بوعلی سینا به‌خصوص خیابان ۱۷ شهریور.

خوشه سوم: میدان ۲۲ بهمن، بلوار طالقانی، خیابان امیرکبیر تا قسمتی از بلوار فهمیده. خوشه چهارم: تقاطع خیابان‌های صفایی، فهمیده و امیرکبیر که ۹ خیابان و کوچه مستقیم در این تقاطع به هم می‌رسند و هفت معبر دیگر در فاصله بسیار نزدیک به کانون گره به این معابر متصل می‌شوند.

خوشه پنجم: حدفاصل خیابان کهندژ و خیابان شمس در محله جوی‌آباد.

### علت‌یابی تراکم خوشه‌ای تصادفات

برای شناسایی علل عمده تراکم تصادفات در این پنج خوشه و رتبه‌بندی آنان، از نظر نخبگان مربوطه استفاده گردید. ابتدا کارشناسان محلی، دلایل عمده تصادفات به‌جز عامل انسانی را گزارش دادند که آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های رتبه‌بندی و وزن‌دهی انتخاب شدند. این شاخص‌ها عبارتند از: عرض کم معبر، تعداد بالای تقاطع‌ها، کاربری‌های محل (وجود کاربری‌های مختلف اعم از تجاری، اداری، تفریحی و... در محل و تبعات آن از جمله پارک حاشیه‌ای، ازدحام، ترافیک)، سرعت‌گیر، عدم وجود

علایم رانندگی، شکل معبر (پرپیچ، باریک، سرآشویی و...)، تاریکی یا عدم دید در معبر، کیفیت معبر (کتیف‌بودن معبر به وسیله روغن، گل و...، وجود اجسام خارجی در معبر، خرابی پوشش معبر)، تصادف عمدی (مباحث مربوط به تصادفات عمدی، بیمه و دیه)، عوامل محیطی (شامل برف، باران، باد، گردوغبار، مه‌گرفتگی، دما و یخبندان).

**جدول ۴. شاخصه‌های اصلی علت تصادف از دیدگاه کارشناسان و کد آن**

C <sub>۱</sub>	C <sub>۲</sub>	C <sub>۳</sub>	C <sub>۴</sub>	C <sub>۵</sub>	C <sub>۶</sub>	C <sub>۷</sub>	C <sub>۸</sub>	C <sub>۹</sub>	C <sub>۱۰</sub>
عروض	تعداد	کاربری‌های		نبود	شکل	تاریکی	کیفیت	تصادف	عوامل
کم	بالای	محل	سرعت‌گیر	علایم	معبر	و عدم	معبر	عمدی	محیطی
معبر	تقاطع‌ها			رانندگی		دید			

**جدول ۵. گزینه‌های حاصل از خروجی خوشه‌بندی و کدهای آن**

A <sub>۱</sub>	A <sub>۲</sub>	A <sub>۳</sub>	A <sub>۴</sub>	A <sub>۵</sub>
خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم	خوشه پنجم

این یازده شاخص به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی انتخاب شدند. در ادامه با استفاده از نتیجه کلی پرسش‌نامه کارشناسان و روش وزن‌دهی آنتروپی، وزن هر عامل (با استفاده از مقیاس ساعتی) تعیین و گزارش می‌شود.

## وزن دهی علت اصلی تصادفات در خوشه‌ها با استفاده از آنتروپی

جدول ۰۶. بی‌مقیاس‌سازی با نرم اقلیدسی و محاسبه  $P_i$

$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$	$\zeta_i$
$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$	$P_i$
$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$	$A_1$
$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$	$A_2$
$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$	$A_3$
$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$	$A_4$
$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$	$A_5$

جدول ۷. محاسبه  $P_i \ln P_i$  به هنجار

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$
$A_1$	۰/۲۵۸	۰/۲۳۵	۰/۲۹۵	۰/۱۹۷	۰/۲۶	۰/۳۱۵	۰/۳۲۹	۰/۳۱۶	۰/۳۶۳	۰/۲۴۴
$A_2$	۰/۲۷۸	۰/۲۸۸	۰/۳۴۴	۰/۳۱۷	۰/۲۹۹	۰/۲۹۵	۰/۲۱۸	۰/۳۱۶	۰/۲۷۸	۰/۳۳۴
$A_3$	۰/۱۴۵	۰/۳۳۸	۰/۳۱۵	۰/۳۱۷	۰/۳۲۷	۰/۳۳۱	۰/۳۲۹	۰/۲۷۸	۰/۳۱۶	۰/۳۵
$A_4$	۰/۲۵۸	۰/۳۳۸	۰/۲۹۵	۰/۳۶۳	۰/۳۵۹	۰/۳۴۴	۰/۳۴۴	۰/۳۵۸	۰/۲۷۸	۰/۳۳۴
$A_5$	۰/۳۴۴	۰/۳۰۸	۰/۳۴۴	۰/۳۳۸	۰/۳۲۷	۰/۳۱۵	۰/۳۴۴	۰/۳۱۶	۰/۲۲۴	۰/۳۱۲

$$H=5 \Rightarrow \ln 5 = 1/6094$$

جدول ۸. خروجی نهایی رتبه‌دهی عوامل ایجاد خوشه‌های پرتراکم تصادفات جرحی در خمینی‌شهر

$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	معیارها
۰/۰۹۵	۰/۱۰۳	۰/۱۰۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۱	۰/۱۰۳	۰/۱	۰/۱۰۲	۰/۰۹۴	۰/۱۰۱	میزان آنتروپی

بنابراین طبق نظر کارشناسان و خروجی آنتروپی، شکل معبر، مهم‌ترین عامل در الگوی خوشه‌ای تصادفات منجر به جرح و مصدومیت در خمینی‌شهر می‌باشد. عوامل تعداد تقاطع‌های بالا و کاربری محل با اختلاف ناچیزی در مراتب بعدی قرار دارند. ترتیب کلی عامل‌ها به‌قرار زیر است:

$$C_6 > C_3 > C_4 > C_8 > C_5 > C_{10} > C_7 > C_2 > C_1 > C_9$$

پس از مشخص کردن عوامل ایجاد تصادفات باید مقایسه زوجی این عوامل تأثیرگذار بر هر خوشه صورت گیرد که این عمل در نرم‌افزار Super Decision انجام شد. طبق جدول شماره ۹ که خروجی این نرم‌افزار است، عامل‌های اصلی هر تصادفات در هر خوشه طبق نظر کارشناسان که در پرسش‌نامه مربوطه ثبت گردیده بود، باهم مقایسه زوجی شدند و نتیجه آن در جدول شماره ۱۱ مشخص گردید.

### جدول ۹. خروجی اثرات علی هر شاخص روی خوشه در نرم افزار Super Decision

نام شاخص	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم	خوشه پنجم
تاریکی و عدم دید	۰/۱۲۰۰۸	۰/۰۲۷۵۳	۰/۰۷۹۵۲	۰/۱۲۵۱	۰/۱۲۵۸۵
تصادف عمدی	۰/۲۹۲۷۵	۰/۰۲۱۶۹	۰/۰۶۴۰۷	۰/۰۱۷۹۸	۰/۳۷۱۰۵
تعداد بالای تقاطع‌ها	۰/۲۱۹۲۲	۰/۱۴۴۳۸	۰/۳۷۵۱۱	۰/۲۹۳۷۸	۰/۰۸۳۰۶
سرعت گیر (وجود/عدم وجود)	۰/۰۲۰۷۸	۰/۰۸۰۷۸	۰/۰۶۴۲۲	۰/۱۰۴۷۴	۰/۰۴۸۷۵
شکل معبر	۰/۱۱۱۶۶	۰/۱۴۳۹۵	۰/۲۱۱۲۷	۰/۲۳۵۵۸	۰/۰۵۷۴۱
عرض کم معبر	۰/۰۶۵۱	۰/۰۳۳۱۷	۰/۰۳۳۷۳	۰/۰۳۳۷۶	۰/۰۵۰۴۹
عوامل محیطی	۰/۰۲۸۲۵	۰/۱۴۲۱۵	۰/۰۶۹۶۱	۰/۰۳۶۷۵	۰/۰۳۷۰۲
نبود علائم رانندگی	۰/۰۲۸۲۵	۰/۰۴۲۴۲	۰/۰۱۷۹۵	۰/۰۶۴۴	۰/۰۵۱۷۴
کاربری اراضی محل	۰/۰۶۱۵۲	۰/۳۳۲۲۶	۰/۰۸۰۵۶	۰/۰۵	۰/۱۲۹۷۵
کیفیت معبر	۰/۵۲۳۹	۰/۰۴۱۶۶	۰/۰۴۳۹۶	۰/۰۳۹۹	۰/۰۴۴۸۸

با توجه به اینکه خوشه‌های تراکم تصادفات، باهم ارتباط کمی دارند و هدف پژوهش، شناسایی عوامل اصلی تصادف در هریک از خوشه‌هاست؛ بنابراین فقط مقایسه زوجی شاخص‌ها باهم برای هر خوشه مدنظر انجام شد. ابتدا جدول خروجی نرم افزار Super Decision را در ضریب آنتروپی به دست آمده ضرب نموده و سپس به تحلیل نهایی عوامل اصلی تراکم تصادفات در هر خوشه پرداخته می‌شود.

### جدول ۱۰. ترکیب ضریب آنتروپی و مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی هر خوشه

نام شاخص	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم	خوشه پنجم
تاریکی و عدم دید	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
تصادف عمدی	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۳۵
تعداد بالای تقاطع‌ها	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۰۰۹
سرعت گیر (وجود/عدم وجود)	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵
شکل معبر	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۰۶
عرض کم معبر	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
عوامل محیطی	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
نبود علائم رانندگی	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵
کاربری اراضی محل	۰/۰۰۶	۰/۰۳۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳
کیفیت معبر	۰/۰۵۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵

در جدول شماره ۱۲ که ترکیب وزن آنتروپی و مقایسه زوجی شاخص‌های مؤثر بر تصادفات است، علت‌های تصادفات در هریک از خوشه‌ها مشخص شده است. در خوشه یک، کیفیت معبر بیشترین اثر را داشته که تصادفات عمدی، با فاصله بسیار زیادی از آن قرار دارد. در خوشه دو، بیشترین اثر را کاربری اراضی دارد که همراه با دو عامل تعداد تقاطع‌های بالا و شکل معبر، علت‌های اصلی تراکم تصادفات در این خوشه می‌باشند. در خوشه سوم، تعداد بالای تقاطع‌ها و شکل معبر، عامل اصلی ایجاد این خوشه بوده که همین عوامل باعث ایجاد و تراکم تصادفات در خوشه چهار نیز شده‌اند. تصادفات عمدی در خوشه پنج، بیشترین عدد را به خود اختصاص داده که با توجه به شرایط فرهنگی این محدوده، اصلی‌ترین عامل تراکم تصادفات در این خوشه است؛ در این خوشه، تاریکی و عدم دید و کاربری اراضی در مقایسه با سایر عوامل، نقش عمده‌ای در ایجاد تصادفات دارند.

### نتیجه‌گیری

مهم‌ترین علت تصادفات طبق نظر کارشناسان، رانندگی خطای انسانی است و میزان اثر عوامل محیطی و رفتاری اثرگذار بر خطای انسانی مشخص نیست. شاید بهتر باشد علل تصادفات به‌طور شبکه‌ای و سیستمی بررسی و از رویکردهای تک‌علتی پرهیز گردد. بیشترین تعداد تصادف جرحی در خمینی‌شهر، در اردیبهشت‌ماه رخ داده و کمترین آن در خردادماه و نیز فصل تابستان، بیشترین تعداد تصادف را در مقایسه با سایر فصول را داشته است. با بررسی موقعیت فضایی و ضریب خودهمبستگی موران مشاهده شد که علاوه بر ماه‌های فرودین و خرداد، به‌طور معناداری تصادفات طی سه ماه متوالی شهریور، مهر و آبان به‌طور تصادفی در سطح شهر پراکنده شده است. سایر ماه‌های شهر دارای الگوی خوشه‌ای و تجمعی می‌باشند که ماه‌های اردیبهشت، آذر و مرداد به‌ترتیب بیشترین ضریب خودهمبستگی فضایی موران را دارا بوده که در نتیجه

بیشترین الگوی خوشه‌ای در ماه اردیبهشت مشاهده می‌گردد. توزیع فضایی تصادفات منجر به جراحت در سطح شهر خمینی شهر در طول سال ۱۳۹۳ طبق ضریب موران دارای الگوی خوشه‌ای شدید می‌باشد.

هیچ رابطه همبستگی‌ای بین الگوهای تجمع خوشه‌ای موران تصادفات منجر به جراحت در شهر خمینی شهر طی ماه‌های سال ۱۳۹۳ و فاکتورهای اقلیمی وجود ندارد؛ همچنین بین تعداد تصادفات منجر به جراحت طی ماه‌های سال ۱۳۹۳ و فاکتورهای اقلیمی همبستگی وجود نداشت. فقط ضریب همبستگی بین ضریب خودهمبستگی موران با رتبه تعداد مسافران اتوبوس درون‌استانی و برون‌استانی و تعداد مجموع مسافران برون‌استانی معنی‌دار می‌باشد و با دیگر شاخص‌های حمل‌ونقل و عامل‌های طبیعی رابطه همبستگی ندارد. تمرکز تصادفات در نیمه غربی شهر بسیار کمتر بوده و بیشتر از الگوی تصادفی تبعیت دارد؛ این در حالی است که در نیمه شرقی شهر به دلیل جریان ترافیک ورودی و خروجی شهر به سمت اصفهان، الگوهای تصادفات به شدت خوشه‌ای می‌باشد. دلیل دیگر اینکه الگوی تصادفات در نیمه غربی خمینی شهر تصادفی بوده را می‌توان دوربودن این نیمه از فعالیت‌های تجاری و اداری بخش مرکزی شهر دانست. زمانی که امتداد محورهای ارتباطی اصفهان به سمت خمینی شهر با مرکز فعالیت‌های اداری و تجاری شهر تلاقی می‌کند، بیشترین تمرکز خوشه‌ای تصادفات مشاهده می‌گردد که این موضوع، اقدامات کنترلی لازم در امتداد مسیر یادشده را می‌طلبد.

با بررسی توزیع  $Getis-Ord\ General\ G$  تصادفات منجر به جراحت خمینی شهر، به‌طور کلی می‌توان گفت ۱۶۸ نقطه تصادف دارای توزیع خوشه‌ای بوده و ۳۳۱ نقطه دیگر، الگوی توزیع تصادفی را نمایش می‌دهند؛ این بدین معنی است که با بررسی و برطرف کردن علت‌های این تجمع خوشه‌ای، کاهش ۳۶ درصدی تصادفات در شهر انتظار می‌رود. علت‌هایی چون تعداد تقاطع‌های بالا و کاربری محل با اختلاف

ناچیزی در مراتب بعدی قرار دارند. خوشه‌های خروجی نقشه توزیع Getis-Ord  $G^*$  طبق نظر کارشناسان، به دلایل متفاوتی به وجود آمده‌اند. با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان مربوطه، علت‌های توزیع الگوهای خوشه‌ای شناسایی و با روش آنتروپی وزن‌دهی گردید که شکل معبر، مهم‌ترین عامل در الگوی خوشه‌ای تصادفات منجر به جرح و مصدومیت در خمینی‌شهر شناسایی شد. خوشه اول به دلیل تراکم فضای سبز حاشیه‌ای معبر، عدم دید قابل توجهی را برای رانندگان ایجاد نموده است. مهم‌ترین علت تراکم تصادفات در خوشه دوم و پنجم، کاربری‌های محل و شکل معبر، و در خوشه سوم و چهارم، تعداد بالای تقاطع‌ها بوده است.

بعد از ضرب وزن آنتروپی به دست آمده با مقایسه زوجی عوامل اصلی تصادفات باهم، علت‌های اصلی تصادفات در خوشه‌های مختلف بدین قرار می‌باشد: در خوشه یک، کیفیت معبر بیشترین اثر را بر تراکم تعداد تصادفات جرحی داشته که تصادفات عمودی با فاصله بسیار زیادی از آن قرار دارد، که بهبود وضعیت کیفی معبر توصیه می‌شود. در خوشه دوم، کاربری اراضی اطراف معبر علت بیشتر تصادفات بوده که با تقاطع‌های بالا و شکل نامناسب معبر در این خوشه، تراکم تصادفات را تشدید کرده است؛ برای تغییر این وضعیت، اقدامات لازم در زمینه پارکینگ، دوربرگردان، چراغ‌ها و علائم راهنمایی و رانندگی لازم می‌تواند اثرگذار باشد. در خوشه سوم و چهارم، تعداد بالای تقاطع‌ها و شکل معبر، عامل اصلی تراکم تصادفات است که با مسدود کردن معابر کم‌عرض که به تقاطع منتهی می‌شوند، تصادفات با کاهش چشمگیری مواجه خواهند شد. در خوشه پنجم، تصادفات عمودی بیشترین اثر را داشته که با توجه به فضای سبز متراکم حاشیه‌ای آن که باعث عدم دید می‌شود، اقداماتی در زمینه بهبود دید رانندگان نیازمند است که با اصلاح پوشش فضای سبز، مشخص کردن مسیرهای عبور عابر پیاده، خط‌کشی عابر پیاده، نصب علام هشدار



عبور عابر پیاده و... می توان این وضعیت را تا حد زیادی بهبود داد. به طور کلی نتایج این پژوهش به شرح ذیل جمع بندی می گردد:

- بیشترین و کمترین تعداد تصادفات منجر به جراحت در خمینی شهر به ترتیب اردیبهشت و خردادماه بوده اند.

- تعداد تصادفات منجر به جراحت، در مجموع در تابستان بیشتر از سایر فصول بوده است.

- توزیع فضایی تصادفات منجر به جراحت در سطح شهر خمینی شهر در طول سال ۱۳۹۳ طبق ضریب موران دارای الگوی خوشه ای شدید می باشد.

- همبستگی ای بین خوشه های فضایی تصادفات جرحی و عامل های اقلیمی مشاهده نشد.

- ضریب همبستگی بین ضریب خودهمبستگی موران با رتبه تعداد مسافران اتوبوس درون استانی و برون استانی و تعداد مجموع مسافران برون استانی معنی دار می باشد.

- در نیمه شرقی شهر به دلیل جریان ترافیک ورودی و خروجی شهر به سمت اصفهان (کلان شهر منطقه)، الگوهای خوشه ای تصادفات بیشتری در مقایسه با نیمه غربی مشاهده می شود.

- با بررسی مکانی مجموعه نقاط تصادفات منجر به جراحت خمینی شهر به طور کلی، ۱۶۸ نقطه تصادف دارای توزیع خوشه ای بوده و ۳۳۱ نقطه دیگر الگوی توزیع تصادفی را نمایش می دهند.

- طبق نظر کارشناسان و خروجی آنروپی، شکل معبر، مهم ترین عامل در الگوی خوشه ای تصادفات منجر به جرح و مصدومیت در خمینی شهر می باشد.

### پیشنهادها

- احداث پارکینگ برای جلوگیری از پارک های دوبل و سوبل در کنار خیابان های با تمرکز خوشه ای؛

- بررسی همه‌جانبه معابر با تمرکز بر خوشه‌های بالای تصادف از نظر استانداردهای طراحی و ایمنی؛

- مسدودکردن معابر کم‌عرض منتهی به خوشه‌های تصادف؛
- بهبود کیفیت مسیرهای عبور پیاده در خوشه‌های تصادف؛
- خط‌کشی مسیرهای عبور پیاده از عرض معابر پرخطر؛
- نصب علائم هشدار عبور عابر پیاده در محل‌های مربوطه؛
- نصب چراغ‌های راهنمایی و تابلوهای هشدار؛
- بهبود کیفیت معابر پرخطر؛
- تغییر کاربری‌های محل در معابر پرخطر برای کاهش بار تخلفات رانندگی؛
- موظف کردن کاربری‌های محل برای تأمین پارکینگ خودروهای کاربری؛
- نصب پل‌های عابر پیاده و جلوگیری از ورود عابران به خیابان‌های پرخطر؛
- احداث تقاطع‌های غیرهم‌سطح برای کاهش نقاط پرخطر؛
- ایمن‌سازی نقاط حادثه‌خیز؛
- مدیریت نیم‌رخ عرضی معابر پرخطر؛
- تعیین محدوده طرح ترافیک برای معابر پرخطر و پرترافیک؛
- تعریض معابر پرخطر و تملک اراضی موردنیاز؛
- تنظیم ساعات کار کاربری‌های مجاور؛
- مدیریت حمل‌ونقل همگانی در معابر پرخطر برای کاهش سفر خودروها به این معابر؛
- نظارت تصویری و نصب دوربین‌های کنترل ترافیک در محدوده‌های تراکم تصادفات؛
- ایجاد سیستم هوشمند حمل‌ونقل و ترافیک؛
- بهبود دید رانندگان با حذف شاخه‌ها و عناصر مزاحم در فضای خیابان.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده

برای پژوهش‌های آینده با توجه به نتایج این مقاله در زمینه عرض معابر و تصادفات، جریان ترافیک شهری و خوشه‌بندی تصادفات، بررسی نقش عوامل طبیعی از جمله نور، باران و برف در تصادفات درون‌شهری پیشنهاد می‌شود.

### منابع

- آرشیو اداره راهنمایی و رانندگی شهرستان خمینی شهر.
- بروجرديان، امین؛ کاویانی، محمود. (زمستان ۱۳۹۴). تأثیر خیرگی ناشی از نور خورشید در وقوع تصادفات جاده‌ای برون‌شهری. *فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور*، سال چهارم، (۱۵).
- بهشتی، سید امیرحسین؛ مهرآبادی، علی؛ امیرپاشائی، نوید. (۱۳۹۳). بررسی آماری تصادفات و ایمنی در تقاطعات غیرهم‌سطح بزرگراهی. *سومین همایش ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی*، ایران، زنجان.
- حسن‌زاده دلیر، کریم؛ خلیلی، رضا؛ کریمی، مرتضی. (۱۳۹۳). ارزیابی دسترسی گردشگران شهری به اماکن خدماتی - رفاهی در شهرهای ایران (مطالعه موردی شهر تبریز). *فصلنامه فضای گردشگری*، سال سوم، (۱۱).
- حکمت‌نیا، حسن؛ موسوی، میرنجف. (۱۳۹۰). کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای. چاپ دوم، یزد، انتشارات علم نوین، ۳۶۲.
- رهنما، محمدرحیم؛ ذبیحی، جواد. (تابستان ۱۳۹۰). تحلیل توزیع تسهیلات عمومی شهری در راستای عدالت فضایی با مدل یکپارچه دسترسی در مشهد. *مجله جغرافیا و توسعه*، (۲۳).
- رهنما، محمدرحیم؛ عباس‌زادگان، غلامرضا. (۱۳۸۷). *اصول و مبانی مدل‌های*

- سنجش فرم کالبدی شهر. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۳۳۳.
- شکوهیار، سجاد؛ رضائیان، علی؛ ذوالفقاری، سارا. (پاییز ۱۳۹۴). خوشه‌بندی داده‌های تصادفات جاده‌ای با استفاده از فنون داده‌کاوی. *فصلنامه علمی پژوهشی راهور*، سال چهارم، (۱۴).
- کلاتری، محسن؛ مرادی مفرد، سمیرا. (بهار ۱۳۹۲). تحلیل فضایی نقاط حادثه‌خیز سوانح رانندگی شهر زنجان. *فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور*، سال دوم، (۴).
- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۳). *سالنامه آماری سال ۱۳۹۳*.
- مشکینی، ابوالفضل؛ پرهیز، فریاد و مهدنژاد، حافظ. (۱۳۹۳). *تحلیل رشد شهری و پراکنده روی با استفاده از داده‌های سنجش از دور*. انتشارات جهاد دانشگاهی مازندران.
- مشکینی، ابوالفضل؛ غلامحسینی، رحیم؛ شاه‌رخ‌زاده ولی‌خواجه. (بهار ۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر در افزایش تصادفات درون‌شهری شهر زنجان. *فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور*، سال دوم، (۴).
- مهندسین مشاور نقش محیط. (۱۳۹۴). *طرح جامع خمینی‌شهر*. جلد دوم، شناخت وضعیت موجود شهر، اداره راه و شهرسازی استان اصفهان.
- میرزابابایی، پیمان؛ زیاری، حسن؛ ایازی، احسان؛ باباگلی، رضوان. (تابستان ۱۳۹۴). شناسایی نقاط حادثه‌خیز و رتبه‌بندی سطح ایمنی تقاطعات غیرهم‌سطح شهری با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتب. *فصلنامه علمی ترویجی راهور*، ۱ (۳۰).
- Akin, D., Akba, B. (2010). A neural network (NN) model to predict intersection crashes based upon driver, vehicle and road way surface characteristics, *Scientific Research and Essays Vol.* 19(5), pp. 2847-2837.
- Beyer, FR., Ker, K. (2009) Street lighting for preventing road traffic injuries. *Cochrane Database Syst Rev CD004728*.
- Chin Lai, P., Yee Chan, W. (2000). GIS for road accident analysis in Hong Kong. *JGIS Vol.*10, Number1, Jun 2004, p.68-58.
- Cli, A. and J. K. Ord. (1973). *Spatial Autocorrelation*. Pion, London.
- Cli, A. and J. K. Ord. (1981). *Spatial Process: Models and Applications*.

Pion, London.

- Dissanayake, D., Aryaija, J., & Wedagama, D. M. P. (2009). Modelling the effects of land use and temporal factors on child pedestrian casualties. *Accident Analysis and Prevention*, 41(5), 1016-24.
- Gururaj, G. (2006). Road traffic injury prevention in India. Bangalore: National institute of mental health and neuro sciences, Publication No 56.
- Hubert, L. J., and R. G. Golledge. (1981). 'A Heuristic Method for the Comparison of Related Structures. *Journal of Mathematical Psychology* 23.
- Hummel, T. (2001). Land use planning in safer transportation network planning. Leidschendam. *Institute for Road Safety Research*, (SWOV Report D-2001-12).
- Jenkins, Richard. (2015). Car Crashes and Road Traffic Accidents: The Causes. <http://www.driving-test-success.com>
- Jin, Fei. and lung-Fei, lee. (2010). Exploring Spatial Dependence-Starting from Moran's I and the APLE Statistics, *JEL Classification: C21, R15*.
- John Li, Hongfei; Calder, Catherine A.; Cressie, Noel. (2007). Beyond Moran's I: Testing for Spatial Dependence Based on the Spatial Autoregressive Model. *Geographical Analysis* 39 (4): 357-375. doi:10.1111/j.1538-4632.2007.00708.x.
- Kudryavtsev, Alexander V., Odd Nilssen, Johan Lund, Andrej M. Grjibovski and Børge Ytterstad. (2013). Road traffic crashes with fatal and non-fatal injuries in Arkhangelsk, Russia in 2005-2010. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* Volume: 20, Issue Number: 4, Publisher: Taylor & Francis, ISSN: 1745-7300, EISSN: 1745-7319.
- Kwan, I., Mapstone, J., Roberts, I. (2002) Interventions for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries. *Cochrane Database Syst Rev* CD003438.
- Lee, Jay., Wong, David. W.S (2001). Statistical analysis with arc view GIS.
- Litman, T. (2003). If health matters: integrating public health objectives in transportation planning. *Victoria, BC, Victoria Transport Policy Institute*.
- Luc Anselin. (1995). Local indicators of spatial association. *Geographical analysis*, 27(2):93-115
- M.Dixon, Philip. (2002). Ripleys K function, Encyclopedia of Environmetrics Edited by Abdel H. El-Shaarawi and Walter W. Piegorisch

- John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2002, (ISBN 0471 899976)*
- Ministry of Health and Family Welfare. (2004). Integrated Disease Surveillance Project- Project Implementation Plan 2004-2009. New Delhi: Government of India: 1-18.
  - Mitchell, A. (2005). The ESRI Guide to GIS Analysis, Vol. 2, Spatial Measurements and Statistics, ESRI Press, Redlands, CA.
  - Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika* 37 (1): 17-23. doi:10.2307/2332142. JSTOR 2332142.
  - NHTSA. (2007). Pedestrians. Washington: NHTSA's National Center for Statistics and Analysis.
  - Pahukula, J., Hernandez, S., & Unnikrishnan, A. (2015). A time of day analysis of crashes involving large trucks in urban areas. *Accident Analysis and Prevention*, 75C, 155-163.
  - Paradis. Emmanuel. (2006). *Analysis of Phylogenetics and Evolution with R*. Springer, New York.
  - Perry, George L. W Ben P. Miller, Neal J. Enright. (2006). A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology, *Plant Ecol* (2006) Science+Business Media, Inc. 2006187:59-82 DOI 10.1007/s11258-006-9133-4Springer.
  - PROMISING. (2001). Promotion of mobility and safety of vulnerable road users. Leidschendam, *Institute for Road Safety Research*.
  - Ross A et al. eds. (1991). *Towards safer roads in developing countries. A guide for planners and engineers*. Crowthorne, Transport Research Laboratory.
  - Samuel, JC., Sankhulani, E., Qureshi, JS., Baloyi, P., Thupi, C., Lee CN, et al. (2012) Under-Reporting of Road Traffic Mortality in Developing Countries: Application of a Capture-Recapture Statistical Model to Refine Mortality Estimates. *PLoS ONE* 7(2): e31091. doi:10.1371/journal.pone.0031091
  - Sango, HA., Testa, J., Meda, N., Contrand, B., Traoré, MS., Staccini, P., et al. (2016) Mortality and Morbidity of Urban Road Traffic Crashes in Africa: Capture-Recapture Estimates in Bamako, Mali, 2012. *PLoS ONE* 11(2): e0149070. doi:10.1371/journal.pone.0149070.
  - Scott Brian, Kusselson. (2013). Investigating how land use patterns affect traffic accident rates near frontage road cross-sections: A case study on interstate 610 in Houston, Texas, MAI 52/05M(E), Masters Abstracts International, ann arbor, united states, ISBN 9781303797071, <http://search.proquest.com/docview/1517975135>.
  - Scott, Lauren M. and Mark V. Janikas. (2010). Spatial Statistics in

ArcGIS, Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications, M.M. Fischer and A. Getis (eds.), DOI 10.1007/978-3-642-03647-7\_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

– Shahm Ahranich and Behvaesh Jawani. (2014). Study of patients of road traffic accidents arriving in emergency department [ED] of V.S hospital at Ahmedabad city, single centre pilot study.

– Singh Yadav, Surendra., Vikas Singhal<sup>2</sup>, P. K. Lakhtakia, Manish Rajpoot. (2016). Study of road traffic accident cases reported in a tertiary care hospital in vindhya region of M.P. with the use of WHO/CDC injury surveillance system. *J. Evid. Based Med. Healthc.* 2016; 3(8), 235-242. DOI: 10.18410/jebmh/2016/56.

– Songpatanasilp, Paweenuch, Harutoshi Yamada, Teerayut Horanont and Ryosuke Shibasaki. (2015). Traffic accidents risk analysis based on road and land use factors using GLMs and zero-inflated models, CUPUM 2015.

– United Nations Decade of action for road safety 2011-2020.(2015), Available from: [http:// www.decadeofaction.org](http://www.decadeofaction.org) [Last accessed on 2015 Oct 15].

– Waller, P. (2003). The genesis of GDL. *Journal of Safety Research*, 34:17–23.

– Wheeler, James and Muller, Peter. (1986). *Economic Geography*, John Wiley and Son, Inc, pp 384-385.

– WHO. (2015a). Global status on road safety 2015 - summary - World Health,

[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/GSRRS2015\\_Summary\\_EN\\_final.pdf](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_EN_final.pdf).

– WHO. (2015b). World report on road traffic injury prevention - Main messages,

[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/world\\_report/main\\_messages\\_en.pdf](http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/main_messages_en.pdf).

– Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., & Bhatia, R. (2009). An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. *Accident Analysis and Prevention*, 41(1), 137–45.

– Wiley and sons, New York, 135-137.

– World Health Organisation. (2015c). Road Traffic Injuries Fact Sheet N0 358, March 2013. Available from:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> [Last accessed on 2015 Oct 15].

– World Health Organization. (2004). World report on road traffic injury

prevention: summary, World report on road traffic injury prevention: summary / edited by Margie Peden ... [et al.]. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN 92 4 159131 5 (NLM classification: WA 275).

۲۱۶

فصلنامه علمی - پژوهشی

سال هفتم - شماره ۲۵

تابستان ۱۳۹۷