تحلیل فضایی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ شهر تهران

محمدصادق شاه‌قلی[۱]، بهمن کارگر[۲]*

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. دانشیار، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، واحد یادگار امام خمینی (ره)، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر ری، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸

چکیده

این مطالعه رویکردی را ارائه می‌دهد که الگوریتم تابع‌تراکم‌کرنل و تجزیه‌وتحلیل خودهمبستگی فضایی را به صورت یکپارچه استفاده نماید تا از این طریق شناسایی مناطق پرتصادف را تسهیل و به طور همزمان اهمیت آماری خوشه‌های متراکم را ارزیابی کند. بدین‌منظور در ابتدا داده‌های مربوط به تصادفات عابر پیاده از سال ۹۵ تا ۹۹ در منطقه ۵ شهر تهران از کروکی‌های تصادفات استخراج و مختصات جغرافیایی آن در محیط GIS ثبت گردید. نقاط پرحادثه با استفاده از الگوریتم KDE مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی شناسایی گردیدند. سپس خوشه‌های داغ از نظر معناداری آماری با استفاده از شاخص‌های آماریِ نزدیک‌ترین همسایه، موران جهانی و آماره عمومی G ارزیابی شدند. در نهایت نیز برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ها از شاخص موران محلی انسلین استفاده شد. به‌طور کلی نتایج آمار فضایی بیانگر خوشه‌ای بودن قوی و تشکیل خوشه‌های با تراکم بالای تصادفات در کنار یکدیگر می‌باشد.

کلید واژه‌ها: نقاط حادثه‌خیز، عابر پیاده، تصادف، تحلیل فضایی و GIS.

*نویسنده عهده دار مکاتبات: karegar-b@yahoo.com

مقدمه

تصادفات رانندگی در حال حاضر یکی از دغدغه‌های اصلی در بسیاری از کشورها است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، تصادفات رانندگی سالانه موجب ازبین رفتن حدود ۱,۳۵ میلیون انسان و مجروح شدن ۵۰ میلیون نفر در سراسر جهان می‌گردد. آسیب‌های ناشی از حوادث ترافیکی دلیل اصلی مرگ و میر در افراد ۵ تا ۲۹ ساله است؛ افرادی که پیش از حادثه در سلامت کامل و بدون هیچ مشکلی در حال فعالیت بوده‌اند. هزینه تلفات ناشی از تصادفات رانندگی سالانه ۵۱۸ میلیارد دلار برآورد شده است که ٦۵ میلیارد آن سهم کشورهایی با درآمد کم و متوسط است. (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۸).

بحران ایمنی معابر شهری، مرگ و میرها، آسیب‌ها و هزینه‌های ناشی از حوادث رانندگی یکی از چالش‌های مهم سلامت، بهداشت عمومی و توسعه کشورها است (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۱). به همین جهت سازمان ملل متحد، سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ را به عنوان دهه اقدام برای ایمنی راه‌ها اعلام کرد و در این بازه زمانی برخی از کشورهای توسعه یافته نظیر سوئد و ایالات متحده توانسته‌اند با اجرای طرح «تلفات صفر» به دستاوردهای چشمگیری در جهت کاهش تلفات جاده‌ای دست یابند.

با این وجود هنوز در بسیاری از نقاط دنیا ایمنی عابران پیاده توجه لازم را به خود جلب نکرده است. در میان کاربران جاده‌ای، عابران پیاده، به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین گروه‌ها، در معرض خطرات زیادی قرار دارند (اساما و سید، ۲۰۱۷ و کیم و اولفارسون ۲۰۱۸).

زیرا عابران پیاده در مقایسه با وسایل نقلیهٔ موتوری دارای آسیب پذیری بیشتری هستند؛ به این معنی که تصادف یک وسیلهٔ نقلیه با عابران پیاده تقریباً به طور اجتناب ناپذیری منجر به جرح یا مرگ عابران می‌شود. در جهان سالانه حدود ۲۷۰ هزار عابر پیاده فوت و میلیون‌ها نفر مصدوم می‌شوند که درنهایت بسیاری از این مصدومیت‌ها منجر به معلولیت‌های دائمی می‌شود (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱٦). در حال حاضر مطالعات متعددی در حوزه ایمنی ترافیک در کشور ما صورت گرفته اما نیاز است به ایمنی عابران پیاده توجه بیشتری شود.

به منظور کاهش قابل توجه تصادفات رانندگی، شناسایی مکان‌هایی که تصادفات اغلب در آنها رخ می‌دهد بسیار مهم است. این مکان‌ها اغلب نقاط سیاه یا نقاط داغ نامیده می‌شوند (درلی و اردوغان،۲۰۱۷ و لی و لیانگ، ۲۰۱۸). این اولین مرحله مهم در استراتژی ایمنی ترافیک است که شامل سه مرحله است: شناسایی، طبقه بندی و اصلاح نقاط حادثه خیز (اندرسون، ۲۰۰۹ ؛ مونز، برایس و وتس، ۲۰۰۹).

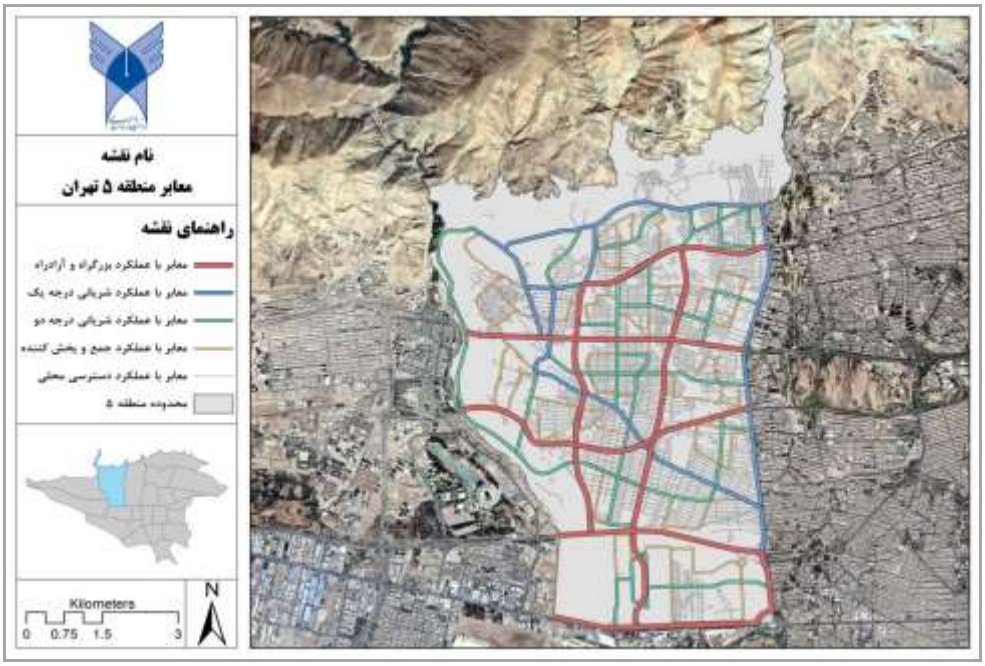
روش‌های زیادی وجود دارد که ما را قادر می‌سازد مکان‌های پرتصادف را شناسایی کنیم. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که این روش‌ها را می‌توان در دو گروه اصلی غیر فضایی و فضایی دسته بندی کرد (لی، ۲۰۰٦). مدل‌های غیرفضایی چندین اشکال دارند، از جمله این کهنمی‌توانند نقاط حساس را به صورت بصری و بر روی نقشه شناسایی کنند، لذا این موضوع مدیریت و غلبه بر کانون‌ها را دشوارتر می‌کند. دیگر این کهکه عدم توجه به همبستگی فضایی در شناسایی نقاط

داغ می‌تواند به طور چشمگیری بر خوبی برازش مدل تأثیر بگذارد. مدل‌های فضایی می‌توانند هر دو مشکل را مرتفع نمایند (اردوغان و همکاران، ۲۰۰۸).

سیستم اطلاعات جغرافیایی یک ابزار بسیار قدرتمند برای تجزیه و تحلیل تصادفات رانندگی است و به طور گسترده جهت شناسایی نقاط حادثه خیز در بسیاری از کشورها استفاده می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند مکان‌های تصادفات را به تصویر بکشد و ویژگی‌های آن را ذخیره کند. این بدان معناست که مکان‌های پرخطر به درستی بر روی نقشه‌ای که با اطلاعات و ویژگی‌های حادثه مرتبط است نمایش داده می‌شود. بنابراین، دلایل وقوع هر حادثه به راحتی قابل بررسی است (لوید، ۲۰۱۰ ؛ ساتریا و کاسترو، ۲۰۱۶). یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که مسئولین ترافیک با آن روبرو هستند این است که کجا و چگونه اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه را به اجرا درآورند به‌طوریکه بتوانند بهترین تأثیر را روی ایمنی ترافیک داشته باشند (توکلی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳). این امر به مدیران راهنمایی و رانندگی امکان می‌دهد تا به راحتی نقاط مهم را مدیریت کرده و اقدامات متقابل مؤثر را به سرعت پیشنهاد دهند.

تصادفات عابران پیاده در معابر درون شهری به دلیل تداخل بالای کاربران ترافیکی همواره درصد قابل توجهی از کل تصادفات را به خود اختصاص می‌دهند.

با توجه به اهمیت موضوع و تحمیل هزینه‌های هنگفت جانی، مالی و اجتماعی ناشی از بروز سوانح ترافیکی بخصوص تصادفات عابر پیاده هدف از این مطالعه تعیین نقاط حادثه خیز و تحلیل علل بروز تصادفات عابر پیاده و همچنین ارائه راهکارهایی جهت کاهش سوانح ترافیکی در منطقه پنج شهر تهران است که در سال‌های گذشته همواره جزو مناطقی بوده که دارای بیشترین تصادفات عابر پیاده در سطح مناطق شهر تهران بوده است. در شکل زیر نقشه‌ای از معابر به همراه تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۱ – معابر منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱۴۰۰)

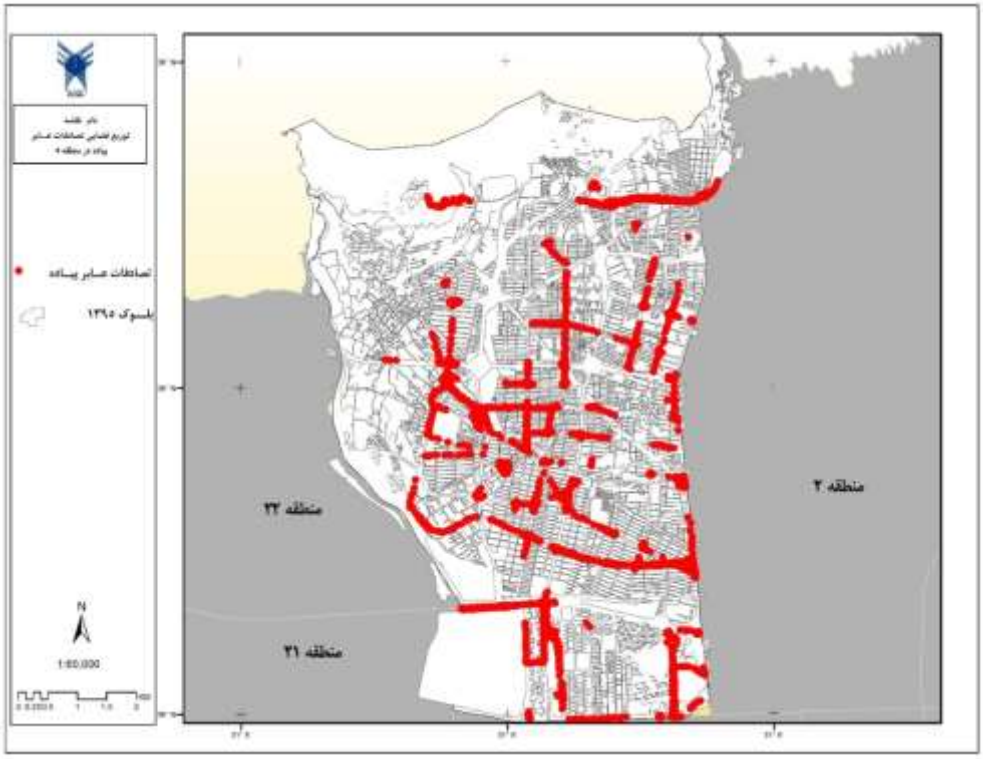
یافته‌ها

در این بخش از مقاله ۲۵۱۸ مورد تصادف عابر پیاده از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا پایان سال ۱۳۹۹ با ۸٦ مورد فوتی و ۲٤۳۲ مورد جرحی که در منطقه ۵ تهران توزیع شده است، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت که دراین رابطه جدول شمارهٔ ۱ تعداد، نوع و علت تصادفات عابر پیاده را نشان می‌دهد. هم‌چنین شکل ۳ توزیع فضایی تصادفات عابر پیاده را در منطقه ۵ تهران را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - علت و تعداد تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران در سال‌های ۱۳۹۵- ۱۳۹۹

ردیف	نوع	علت تصادف	تعداد
۱	جرحی	تأخیر در رویت	۱۷۲۱
۲	جرحی	تخطی از سرعت مطمئنه	۱۹
۳	جرحی	عدم رعایت مقررات راهور	٦۹۲
٤	فوتی	تأخیر در رویت	۱۳
۵	فوتی	عدم رعایت مقررات راهور	٦
٦	فوتی	سایر عوامل	٦۷

منبع: راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ ۱۳۹۹.



شکل ۳ - توزیع فضایی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱٤۰۰)

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود بیشترین تعداد تصادفات به ترتیب در خیابان بلوار فردوس، سیمون بولیوار، شهر زیبا، جنت آباد جنوبی، ستاری، پونک جنوبی و بلوار شاهین به وقوع پیوسته است.

شاخص آمار فضایی میانگین مرکزی

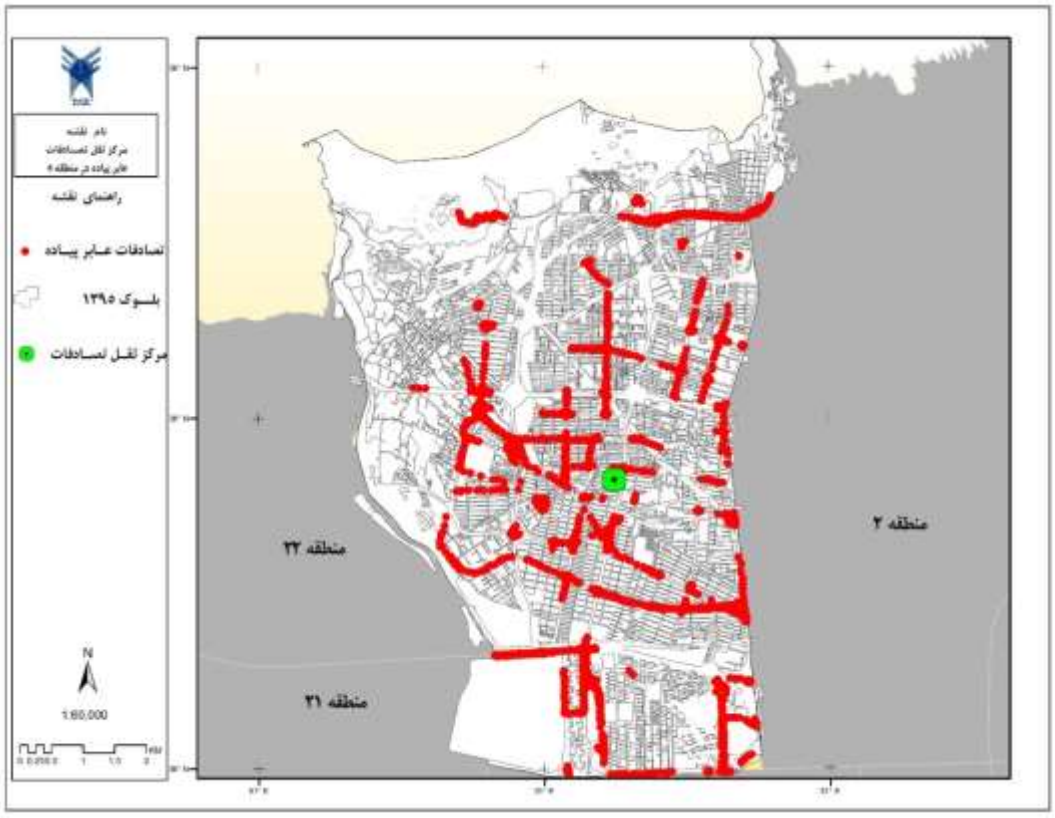
میانگین مرکزی ساده‌ترین تحلیل در آمارفضایی است. این روش شبیه به میانگین در آمارکلاسیک است و به صورتی مشابه محاسبه می‌شود. این شاخص مرکز جغرافیایی و یا مرکز ثقل مجموعه‌ای از عوارض (نقاط وقوع حادثه تصادف) را شناسایی می‌نماید، و به صورت معادله زیر قابل ارزیابی است (بلیانی و حکیم دوست، ۱۳۹۳):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad , \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$$

(رابطهٔ ۱)

دراینجا xi و yi مختصات x و y و n برابر با تعداد کل عوارض موجود در لایه مورد تحلیل است.

با توجه به شاخص مذکور، تحقیقات نشان می‌دهد منطقه جنت آباد جنوبی بین شاهین جنوبی و باغ فیض مرکز ثقل تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران می‌باشد که نیازمند ایجاد یک مرکز فرماندهی و کنترل در این منطقه جهت پایش بهتر تصادفات عابر پیاده می باشد (شکل ٤).



شکل ٤ – مرکز ثقل و میانگین مرکزی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱٤۰۰)

شاخص آمار فضایی توزیع بیضی انحراف معیار

روشی که معمولاً برای اندازه‌گیری روند در مجموعه‌ای از نقاط یا نواحی به‌کارگرفته می‌شود محاسبه فاصله استاندارد در

جهت X و Y و به‌طور جداگانه می‌باشد. این دو مقدار محورهای بیضی‌ای که توزیع عوارض (تصادفات عابر پیاده) را در بر می‌گیرند تعریف می‌کنند. از این بیضی به عنوان بیضی انحراف استاندارد نیز نام می‌برند، زیرا در این روش انحراف استاندارد مختصات X و Y از میانگین مرکزی برای تعیین محورهای بیضی را محاسبه می‌کند. این بیضی به ما امکان می‌دهد که اگر توزیع تصادفات عابر پیاده در فضا از الگوی جهت داری برخوردار باشد آن را شناسایی نمایید. اگر چه می‌توان تاحدودی جهت داده‌ها را با نمایش اولیه آنها دریافت. بیضی انحراف استاندارد این جهت‌گیری را به‌طور دقیق و آماری محاسبه نموده و به نمایش در می‌آورد. باید توجه داشت که اگر محقق از خصیصه‌ای برای دادن وزن به مکان عوارض استفاده نماید در این صورت روش بیضی انحراف استاندارد وزنی محاسبه خواهد شد. این آماره فضایی بصورت معادله زیر قابل استنباط است (بلیانی و حکیم دوست، ۱۳۹۳: ۱۳۵):

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n}}$$
$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

(رابطهٔ ۲)

در اینجا xi وyi مختصات i بوده و $\hat{x}, \hat{y}$ به ترتیب میانگین مرکزی عوارض و n برابر با تعداد کل تصادفات عابر پیاده در لایه مورد مطالعه است. هم‌چنین زاویه چرخش نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\tan\theta = \frac{A+B}{C}$$
$$A = \left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{n}\tilde{y}_i^2\right)$$
$$B = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{n}\tilde{y}_i^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i\right)^2}$$
$$C = 2\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i$$

(رابطهٔ ۳)

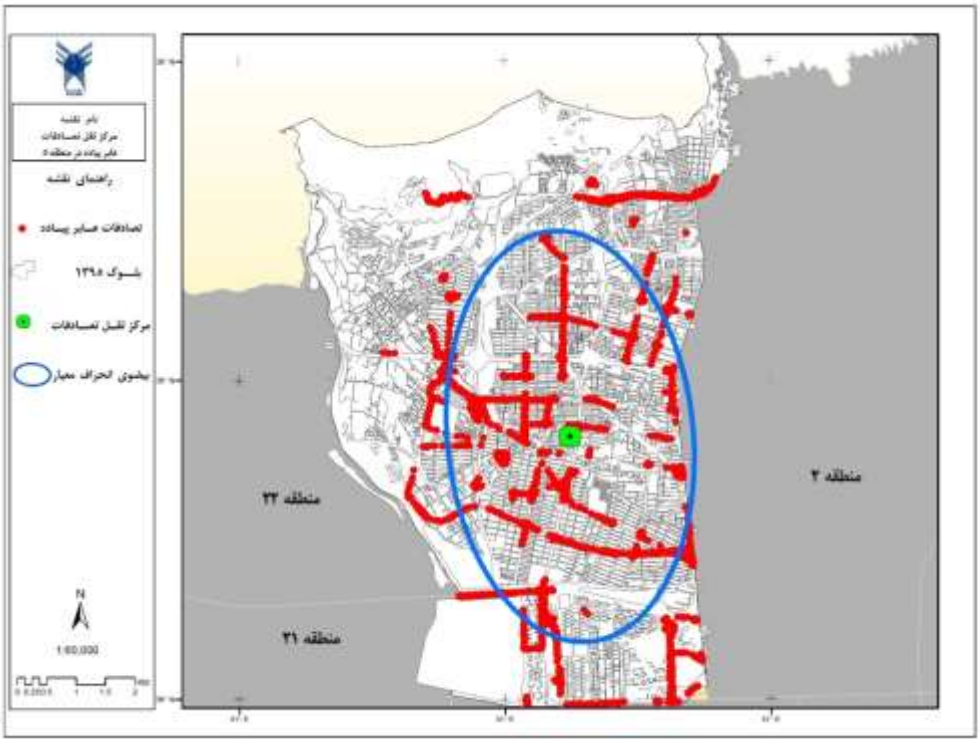
در اینجا $\widehat{xi}, \widehat{yi}$ اختلاف بین مختصات x و y از میانگین مرکزی است. انحراف استاندارد برای محورهای x وy عبارتند از:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tilde{x}_i\cos\theta - \tilde{y}_i\sin\theta)^2}{n}}$$
$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tilde{x}_i\sin\theta - \tilde{y}_i\cos\theta)^2}{n}}$$

(رابطهٔ ٤)

نتایج تحقیق نشان می‌دهد کشیدگی بیضی متمرکز در مرکز منطقه ۵ بوده و جهت بیضی نیز جهت رفتار تصادفات عابر پیاده را شمالی – جنوبی نشان می‌دهد و بدلیل وجود پارک‌های جنگلی در شمال منطقه ۵ و فضاهای نسبتاً پراکنده مسکونی و خالی در جنوب (ناحیه ٦) کشیدگی مورد نظر در مرکز منطقه پنج متمرکز گردیده است (شکل ۵).

.



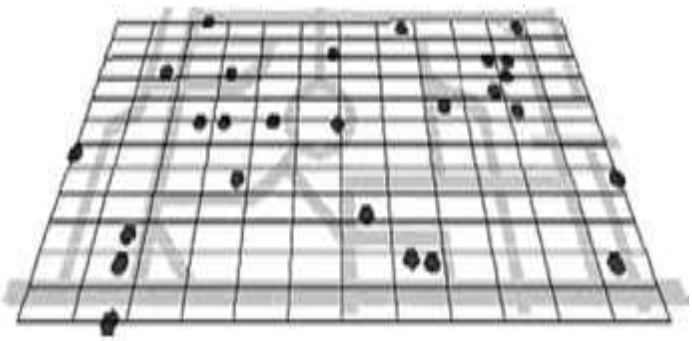
شکل ۵ – بیضی انحراف معیار تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱۴۰۰)

تابع تراکم کرنل

یکی از توابع تحلیل فضایی بسیار مهم جهت تخمین و برآورد تراکم، تابع کرنل است. این تابع با توجه به نقاط معلوم و دارای ارزش، و هم‌چنین تعریف شعاع جستجو، به برآورد و تخمین تراکم در شعاع جستجو می‌پردازد.

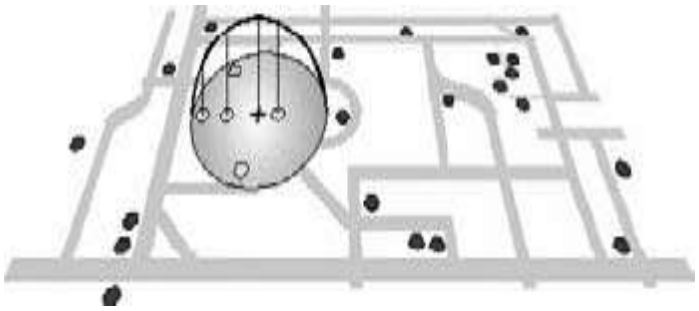
یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای به تصویر کشیدن داده‌های خطی و مخصوصاً نقطه‌ای به صورت پیوسته، آزمون تخمین تراکم کرنل می‌باشد. این آزمون سطح همواری از تغییرات در تراکم نقاط و خطوط در روی محدوده ایجاد می‌نماید. مراحل این روش عبارت است از:

الف) ابتدا شبکه‌ای با سلول‌های کوچک بر روی محدوده توزیع نقاط دارای ارزش ایجاد می‌شود (شکل ٦).



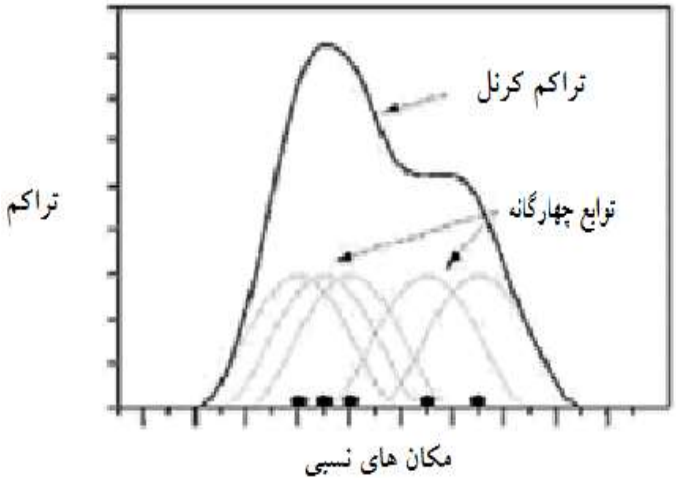
شکل ٦ – ایجاد شبکه‌ای با سلول‌های کوچک بر روی محدوده توزیع نقاط (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳)

ب) تابع سه بعدی قابل تغییری با شعاع معین بر روی هر سلول در نظر گرفته و وزن هر نقطه درون شعاع کرنل محاسبه می‌شود (شکل ۷). نقاط نزدیک‌تر به مرکز وزن بیش‌تری می‌گیرد، و در نتیجه به مقدار تراکم کل سلول مقدار بیشتری افزوده می‌شود.



شکل ۷ - انتخاب شعاع جستجو (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳)

ج) مقادیر نهایی سلول شبکه با جمع کردن تمام مقادیر موجود در سطوح دایره‌ای برای هر مکان به دست می‌آید (شکل ۸).

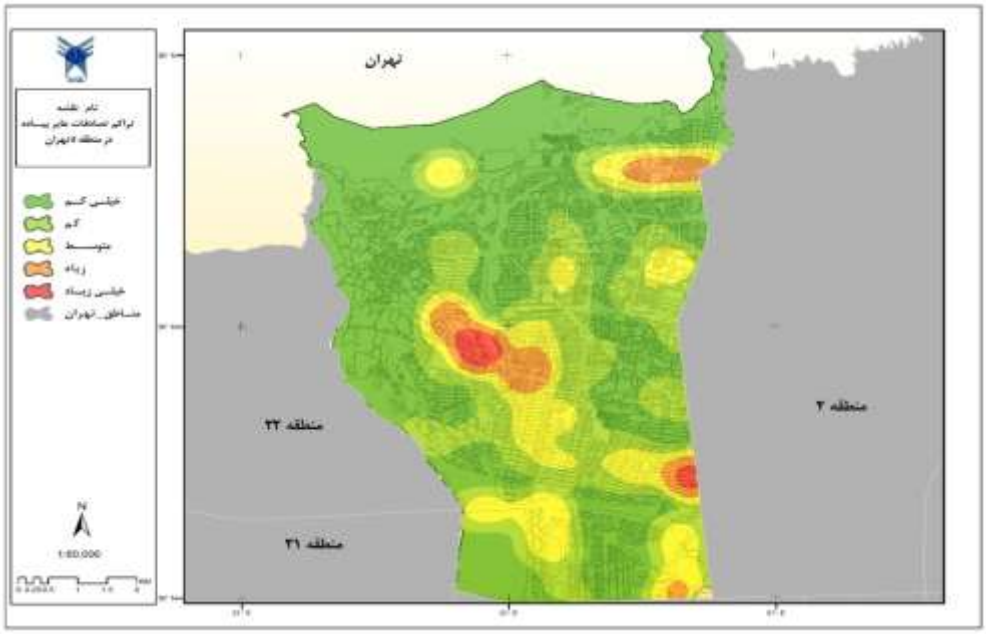


شکل ۸ – محاسبه مقادیر سلول‌های شبکه (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳)

این تابع تراکم پدیده‌های مکان محور را در واحد سطح به تصویر می‌کشد که در این رابطه نقاط تصادفات عابر پیاده در بازه زمانی ۱۳۹۵–۱۳۹۹ به عنوان یک فاکتور مکانی می‌تواند توسط این تابع تحلیل فضایی گردد.

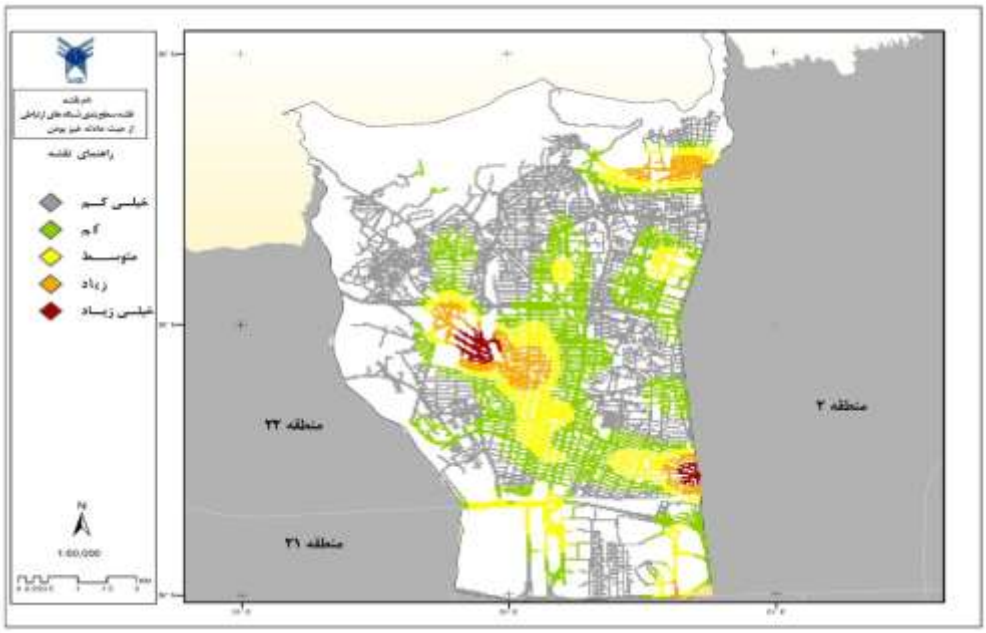
استفاده فزاینده ترسیم نقشه به روش هموارسازی سطح پیوسته، عمدتاً به دلیل جنبه‌های دیداری و در دسترس بودن آن است. نقشه‌های تهیه شده به روش هموارسازی سطح پیوسته کانون‌های حادثه خیز، امکان تفسیر ساده‌تر خوشه‌های حادثه خیز را فراهم می‌آورد و توزیع فضایی و مکانی کانون‌های حادثه خیز را با دقت بیشتری نشان می‌دهد. هم‌چنین روش تخمین تراکم کرنل به جای خوشه بندی برخی از نقاط حادثه خیز و حذف بقیه آنها، میزان تمرکز در تمامی سطوح را در نظر می‌گیرد. در این رابطه شکل ۹ تراکم نقاط حادثه خیز تصادفات عابر پیاده در منطقه را به تصویر می‌کشد.

لازم به توضیح است نقشه تراکم با توجه به تعداد تصادفات عابر پیاده و پراکنش آن در واحد سطح (هکتار) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و با مدل کرنل تهیه گردیده است.



شکل ۹ – تراکم تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۰)

هم‌چنین با تلفیق نقشه شبکه معابر شهری و نقشه تخمین تراکم کرنل در منطقه ۵ تهران امکان تحلیل بصری شبکه‌های حادثه خیز فراهم می‌شود که در این رابطه تحلیل‌های شبکه ارتباطی در منطقه ۵ تهران نشان می‌دهد، شهر زیبا (تقاطع باکری و آیت الله کاشانی)، محله فردوس (حوالی فلکه دوم صادقیه)، میدان آزادی (تقاطع لشگری و برادران رحمانی) با تراکم خیلی زیاد و نواحی خیابان سیمون بولیوار، بین آیت الله کاشانی و بلوار جنت آباد، میدان الغدیر (استاد اوستا) و هجده متری باهنر در رتبه بعدی از لحاظ حادثه خیز بودن با سطح تراکم زیاد قرار می گیرند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ – نقشه سطح بندی شبکه های ارتباطی از حیث حادثه خیز بودن منطقه ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۰)

خود همبستگی فضایی

با توجه به توزیع فضایی نقاط حادثه خیز تصادف عابر پیاده در منطقه ۵ تهران، در این مرحله به سنجش توزیع فضایی این نقاط با مدل‌های خود همبستگی فضایی پرداخته خواهد شد. در خصوص توزیع فضایی نقاط حادثه خیز در هر واحد فضایی، تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی به شناسایی ساختار فضایی و الگوهای توزیع در سطوح متراکم و نامتراکم به طور نسبی می‌پردازند. خودهمبستگی فضایی ابزار تحلیلی ارزشمندی است برای درک بهتر تغییر الگوهای فضایی در طول زمان. نتایج این نوع تحقیق به فهم بیشتری از چگونگی تغییر الگوهای فضایی از گذشته به حال کمک می‌کند. برای اندازه‌گیری همبستگی فضایی آماره‌هایی وجود دارد که به ما اجازه می‌دهند به واکاوی توزیع فضایی نقاط حادثه خیز تصادفات عابر پیاده در سطح یک منطقه بپردازیم.

در طبقه‌بندی الگوهای فضایی خواه خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی، می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب قرارگیری واحدهای ناحیه‌ای متمرکز شد. می‌توان مشابهت و عدم مشابهت‌ها را برای الگوهای فضایی خلاصه نمود، خودهمبستگی فضایی به مفهوم این است که ارزش صفت‌های مطالعه شده، خود همبسته هستند و همبستگی آنها قابل اسناد به نظم جغرافیایی پدیده‌ها است (کلارک و هاسکینگ، ۱۹۸٦ – ۱۳۷۹). خودهمبستگی فضایی قوی به مفهوم این است که ارزش صفات پدیده‌های جغرافیایی (در اینجا نقاط تصادفات) به طور قوی با یکدیگر رابطه دارند (خواه قوی، یا ضعیف). اگر ضرایب ویژگی پدیده‌های جغرافیایی مجاور ارتباط و نظم ظاهری مشخصی نداشته باشند، گفته می‌شود دارای ارتباط فضایی ضعیف و یا دارای الگوی تصادفی می‌باشند. برای اندازه‌گیری همبستگی فضایی، آماره‌هایی وجود دارد که به ما اجازه می‌دهند با نقاط یا پُلیگون‌ها (سطوح ناحیه ای) کار کنیم.

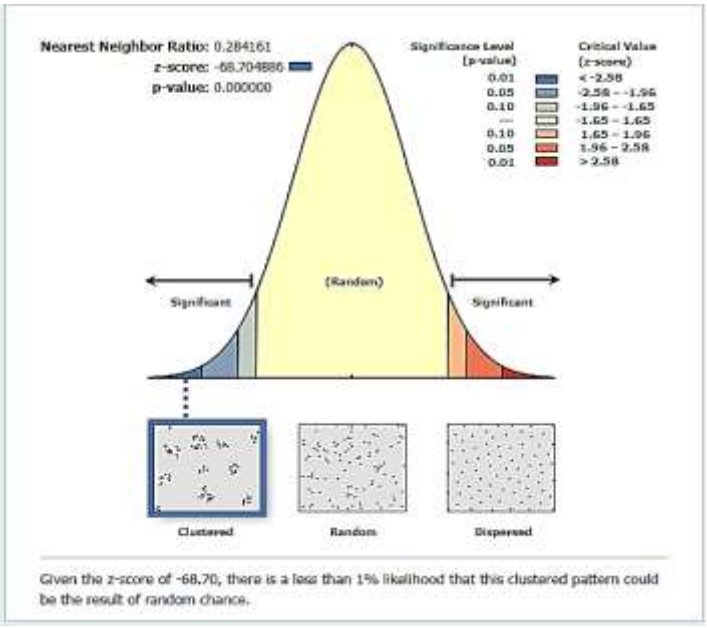
انواع معیارهای خود همبستگی فضایی

مدل‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری آماره‌های (خودهمبستگی) فضایی وجود دارد، از جمله شاخص نزدیک‌ترین همسایه، موران و ضریب گری (آماره عمومی G) (لی و وونگ، ۲۰۰۱). شاخص‌های موران و گری مشخصه‌های مشترکی دارند، امّا مشخصات (خواص) آماری‌شان متفاوت است. اکثر تحلیل‌گران با شاخص موران موافق ترند، اساساً به خاطر این کهتوزیع مشخصاتش مطلوب‌تر است (کلارک و هاسکینگ، ۱۹۸٦). هنوز هر دو متد بر مقایسهٔ ارزش‌های واحدهای ناحیه‌ای همسایگی‌ها متکی هستند. اگر واحدهای ناحیه‌ای همسایگی و طول ناحیه ارزش‌های مشابهی داشته باشند، آنگاه آماره‌ها دلالت بر یک خود همبستگی فضایی قوی دارند. اگر واحدهای ناحیه‌ای همسایگی ارزش‌های خیلی نامشابهی داشته باشند، آماره‌ها یک خودهمبستگی فضایی منفی خیلی قوی را نشان می‌دهند. دو مدل، به هر حال روش های متفاوتی را برای مقایسهٔ ضرایب همسایگی‌ها بکار می‌گیرند.

شاخص نزدیک‌ترین همسایه (NNI)

در آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه، توزیع واقعی داده‌های تصادفات عابر پیاده با گروهی از داده‌ها به همان تعداد نمونه و با توزیع بی‌قاعده مقایسه می‌شود. این روش را هنگامی می‌توان به کار گرفت که کاربر به داده‌هایی دسترسی دارد که هر نقطه تصادف به یک نقطه تصادف منفرد مربوط است (بدون توجه به این که بعضی از این نقاط در نقشه، دقیقاً در

یک نقطه و بر روی هم قرار می‌گیرند). مراحل آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه شامل محاسبه فاصله هر نقطه حادثه خیز، تا نزدیک‌ترین نقطه‌ی تصادف مجاور، محاسبه جمع فاصله نزدیک‌ترین نقاط حادثه خیز مجاور و تقسیم حاصل جمع بر تعداد نقاط کل تصادفات (۲۵۱۸ تصادف) است. این مقدار، متوسط فاصله از نزدیک‌ترین همسایهٔ واقعی است. نتایج آزمون NNI در ارزیابی توزیع فضایی نقاط حادثه خیز در منطقه ۵ تهران در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ – نتایج آماری آزمون NNI در ارزیابی الگوی توزیع فضایی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱۴۰۰)

میزان شاخص نزدیکترین همسایه در پراکندگی کل تصادفات (۲۵۱۸) مثبت و برابر ۰/۲۸٤ می باشد (شکل ۱۱) بر این اساس توزیع فضایی کل تصادفات در منطقه مورد مطالعه خوشه‌ای قوی است. لازم به توضیح است که الگوهای پراکنش فضایی دارای سه نوع می‌باشند: خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی که در مورد ساختار خوشه‌ای و پراکنده دارای خودهمبستگی فضایی بوده (مثبت و منفی) و در مورد ساختار تصادفی دارای خودهمبستگی نمی‌باشند. بررسی مقدار نمره استاندارد تصادفات عابر پیاده در منطقه که معادل ٦٨/٧٠- می‌باشد (کمتر از عدد مورد انتظار ۲/۵۸- ، تأیید کننده خوشه‌ای بودن و تمرکز جغرافیایی نقاط تصادفات عابر پیاده در محدودهٔ ناحیه شهری مورد مطالعه است (مطابق شکل شمارهٔ ۱۱ خط چین بر روی خوشه‌ای بودن قرار گرفته است) و در سطح معنی داری ۱ درصد معنادار است. نمره استاندارد را می‌توان برای صحت آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه به کار گرفت هر چه نمره استاندارد عدد منفی بزرگتری باشد می‌توان به درستی نتیجه آزمون شاخص نزدیک‌ترین همسایه اطمینان کرد. با توجه به نتایج آزمون نزدیک‌ترین همسایه می‌توان چنین استنباط نمود که توزیع تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران در بازه زمانی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ دارای نظم فضایی و خود همبستگی فضایی بوده و خوشه‌ای می‌باشد. این بدان معناست که تصادفات توزیع تصادفی نداشته و توزیع در ناحیه‌های خاصی از منطقه ۵ متمرکز شده‌اند و خوشه‌های حادثه خیز را تشکیل داده‌اند و ساختار محیطی منطقه ۵ نشان بر حادثه خیز بودن کل منطقه نیست.

شاخص موران جهانی

شاخص موران بر خلاف شاخص نزدیک‌ترین همسایه صرفاً بر اساس موقعیت قرارگیری تصادف عابر پیاده عمل نکرده و غیر از مکان قرارگیری تصادف به وقوع پیوسته، به اطلاعات پایگاه داده نقاط هم توجه دارد که در اینجا تراکم تصادف در هر نقطه بر اساس نقشه تراکم کرنل از کد ۱ تا ۵ (تراکم خیلی کم تا خیلی زیاد) به پایگاه داده نقاط حادثه خیز وارد گردید و توسط شاخص موران مورد واکاوی قرار گرفت.

شاخص موران به شرح زیر است:

$$I = \frac{n\Sigma\Sigma w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{w\Sigma(x_i - \bar{x})^2}$$

X_i ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در واحدهای ناحیه‌ای، i ، n تعداد واحدهای ناحیه‌ای، وزن w_{ij} (شامل نقاط حادثه خیز). ضریب موران بین ۱- تا ۱ متغیر است. ۱- برابر تعامل فضایی منفی و ۱ برابر تعامل فضایی مثبت می‌باشد.

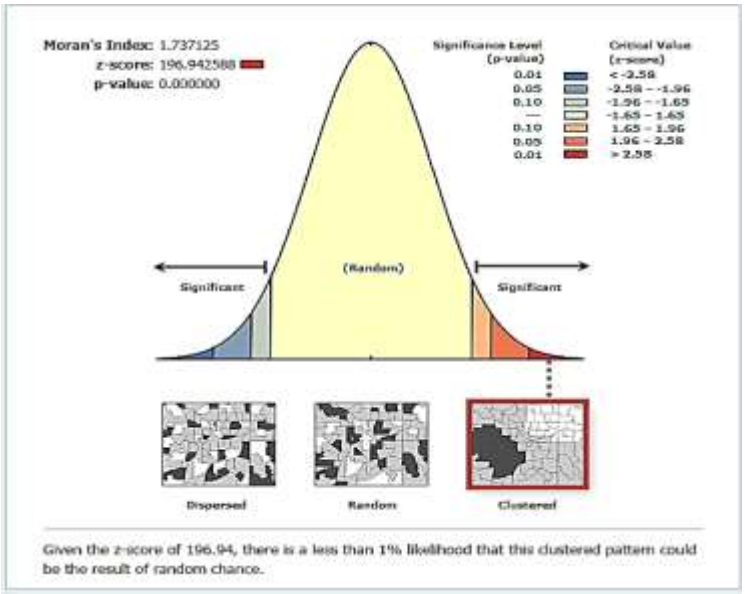
اگر تعامل فضایی وجود نداشته باشد، ضرایب موردانتظار موران برابر صفر است.

$$E_I = -\frac{l}{(n-l)}$$

ضرایب موردانتظار موران برابر است:

n تعداد واحدهای ناحیه‌ای و EI ضریب موردانتظار است. وقتی که شاخص موران مورد محاسبه بزرگ‌تر از مقدار ضریب موردانتظار باشد الگوی پراکنش فضایی تأیید می‌شود و برعکس (لی و وونگ، ۲۰۰۱).

نتایج آزمون موران در ارزیابی توزیع فضایی نقاط حادثه خیز تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲ - نتایج آماری آزمون موران در ارزیابی الگوی توزیع تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱۴۰۰)

نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در خصوص توزیع فضایی تراکم تصادفات عابر پیاده (کدهای ۱ تا ۵) در شکل ۱۲ مشخص شده است. ضریب شاخص موران مثبت بوده و برابر Moran`s I=1/73 می‌باشد که نشانگر خوشه‌ای بودن شدید توزیع فضایی تراکم تصادفات می‌باشد. زیرا هر چه ضریب به سمت عدد ۱ تمایل داشته باشد نشان از تمرکز بالاتر دارد. با توجه به این کهمقدار zScore=196 محاسبه شده در سطح اطمینان sig .L=0.01 بزرگتر از مقدار مورد انتظار(E_I=2.58) می‌باشد؛ در نتیجه خوشه‌ای بودن توزیع تراکم تصادفات تأیید می‌شود. به این معنی نواحی دارای تمرکز تراکم تصادفات در منطقه ۵ تهران در مجاورت یکدیگر قرار دارند و همسایه می‌باشند و بالعکس. از طرف دیگر چنانچه ضریب موران Moran`s I=1 باشد بر توزیع کاملاً معنادار مکانی و فضایی نقاط تصادفات دلالت دارد. هرچه از عدد ۱ به سمت صفر پیش می‌رود از درجهٔ معنادار بودن آن کاسته می‌شود و به سمت تصادفی سوق می‌یابد. در عدد ۱- به صورت کاملاً ناموزون و پراکنده می‌باشد. با مقایسهٔ این وضعیت با ضریب موران (۱/۷۳+) می‌توان گفت که توزیع فضایی تراکم تصادفات در منطقه ۵ تهران معنادار، خوشه‌ای است. ولی در مجموع ضریب موران قادر به تشخیص تفاوت‌های محلی نیست و چنین می‌توان برداشت نمود که هم نواحی با تمرکز بالا و هم نواحی با تمرکز پایین تصادفات در مجاورت یکدیگر قرار دارند. برای غلبه بر این مشکل بایستی از مدل‌های دیگری نیز استفاده نمود.

آماره عمومی G

شاخص موران به خوبی برای خواص آماری و توصیف همبستگی فضایی جهانی ساخته شده است. به هر حال آنها، در شناسایی انواع گوناگونی از طبقه بندی الگوهای فضایی کارآمد نیستند. این الگوها بعضی مواقع به عنوان نقاط داغ و نقاط سرد تمرکز نامیده می‌شوند. برای مثال اگر ارزش‌های بالا، نزدیک یکدیگر باشند، شاخص موران و ضریب گری دلالت بر خود همبستگی فضایی مثبت نسبتاً بالا دارند، این طبقه (خوشه) از ارزش‌های بالا ممکن است به عنوان نقطه تمرکز (داغ) نامیده شود. امّا خودهمبستگی فضایی مثبت بالا نشان داده شده به وسیلهٔ شاخص موران و ضریب گری ممکن است به وسیلهٔ ارزش‌های پایین مجاور با یکدیگر به وجود آمده باشند. این نوع از خوشه می‌تواند به عنوان نقطهٔ سرد نامیده شود. شاخص موران نمی تواند این دو نوع از خودهمبستگی فضایی را متمایز کند. آماره‌ی عمومی G بر شاخص موران در تعیین نقاط مثبت (داغ) و منفی (سرد) در سطح ناحیهٔ مورد مطالعه ترجیح دارد. این نقاط داغ و سرد می‌تواند به عنوان تمرکزهای فضایی در نظر گرفته شوند (توماس و هاگت، ۱۹۸۰).

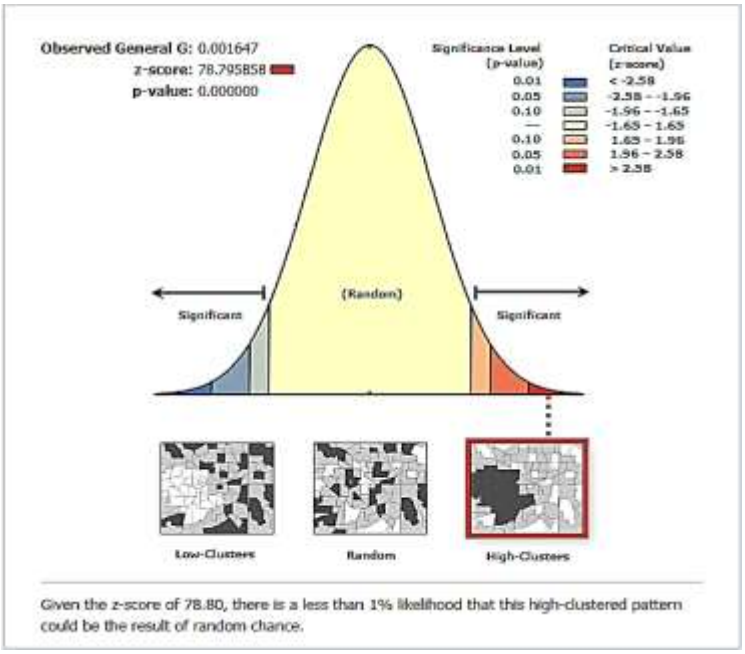
آماره عمومی G به شکل فرمول نیز تعریف شده است:

$$G(d) = \frac{\Sigma\Sigma w_{ij}(d) x_i x_j}{\Sigma\Sigma x_i x_j}$$

به خاطر این که $i \neq j$، آماره ی عمومی G به وسیلهٔ معیار فاصله (D) تعریف شده است. در درون آن فاصلهٔ واحدهای ناحیه‌ای می‌توانند به عنوان همسایه‌های I مد نظر قرار گیرند. وزن$w_{ij}(d)$ برابر ۱ است، اگر در داخل فاصله d باشد و در صورت عکس برابر صفر(۰) است. بنابراین، وزن‌های ماتریس اساساً یک ماتریس متقارن دوتایی است، امّا ارتباطات همسایگی به وسیلهٔ فاصلهٔ d تعریف شده است. مجموع وزن‌های ماتریس W برابر است با:

$$w = \Sigma_i \Sigma_j w_{ij}(d)$$

نتایج آزمون آماره عمومی G در ارزیابی توزیع فضایی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



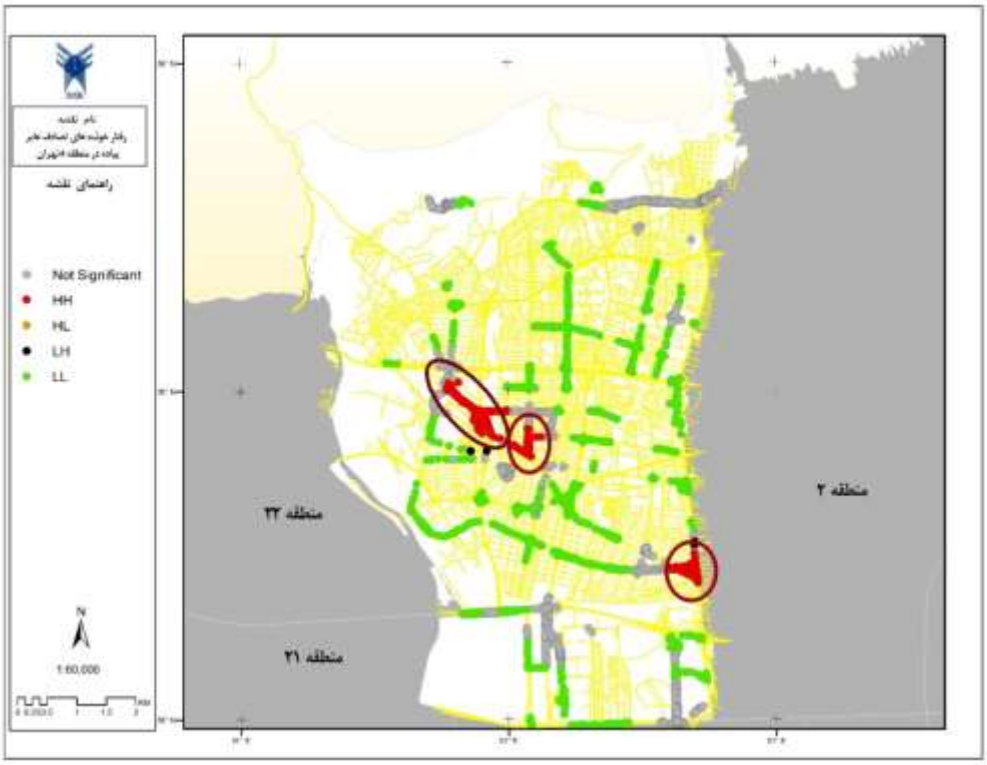
شکل ۱۳ - نتایج آماری آزمون آماره عمومی G در ارزیابی الگوی توزیع تراکم تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ۱٤۰۰)

مقدار G برابر 0/0016 و امتیاز Z برابر Z Score=78/79 باشد، که در سطح ۰/۰۱ معنی دار است و بیانگر این است که الگوی فضایی تمرکز تراکم تصادفات عابر پیاده از نوع خوشه‌ای با نقاط تمرکز بالا (داغ) است، که فضاهایی با ضریب تمرکز بالای تصادفات، مجاور یکدیگر متمرکز شده‌اند. بنابراین کاربرد این الگوریتم در مقایسه با ضریب موران بهتر توانسته تفاوت‌های محلی را که شامل تمرکزهای بالا (داغ) و تمرکز پایین (سرد) است، نشان دهد. پس در مجموع نتایج نشان می‌دهد مراکز با تمرکز بالای تصادف در مجاور هم قرار گرفته‌اند و همسایه می‌باشند و خوشه‌ای بودن توزیع تصادفات عابر پیاده در منطقه از نوع تشکیل خوشه‌های با تراکم بالای تصادف در منطقه می‌باشد.

شاخص موران محلی انسلین

تحلیل خوشه و ناخوشه که به شاخص موران محلی انسلین مشهور می‌باشد از ابزارهای مفید و بسیار کاربردی برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشند. تفاوت موران محلی و موران انسلین در این است که آماره موران عمومی یا جهانی تنها رفتار خوشه‌ای را در توزیع تصادفات نشان می‌دهد که نتایج آن توزیع خوشه‌ای تصادفات را نشان می‌داد. اما موران جهانی نمی‌تواند رفتار فضایی تصادفات عابر پیاده را برروی نقشه به نمایش در آورد. لذا، برای آشکارسازی نحوه رفتار تصادفات عابر پیاده از نظر الگوی توزیع پراکندگی‌های فضایی از آماره محلی موران انسلین استفاده می‌شود.

شکل ١٤ رفتار خوشه‌های تصادف عابر پیاده در منطقه ۵ تهران که حاصل اجرای مدل موران محلی انسلین می‌باشد را نشان می‌دهد.



شکل ١٤ – رفتار خوشه های تصادف عابر پیاده در منطقه ۵ تهران (نگارندگان، ١٤٠٠)

نقشه‌ای که از این آماره ضمن معنی داری موران محلی ایجاد می شود، از چهار دسته توزیع پراکندگی استفاده می‌نماید که کاربر و محقق علمی می تواند با استفاده از آنها نوع خود همبستگی فضایی داده‌های خود را مورد ارزیابی قرار دهد. این چهار دسته اطلاعات به شرح ذیل می باشند:

نقاط HH: نقاطی را شامل می‌شوند که دارای ارزش بالای تراکم تصادفات عابر پیاده بوده و از اطراف نیز توسط نقاطی محاصره شده‌اند که دارای مقدار بالای آن خصیصه در اینجا تراکم بالای تصادفات می‌باشند. در منطقه ۵ تهران سه خوشه HH شناسایی گردیدد که ٦٠٢ تصادف در منطقه را شامل می‌شود.

نقاط LL: نقاطی را شامل می‌شوند که دارای ارزش پایین تراکم تصادفات عابر پیاده بوده و از اطراف نیز توسط نقاطی محاصره شده‌اند که دارای مقدار پایین آن خصیصه در اینجا تراکم پایین تصادفات می‌باشند. در منطقه ۵ تهران ۸۲۱ تصادف در منطقه را شامل می‌شود که دارای خوشه‌هایی پراکنده در تمام نواحی منطقه ۵ می‌باشند.

نقاط LH: نقاط یا همسایگانی هستند که در اینجا دارای تراکم پایین تصادفات عابر پیاده بوده، یا ناخوشه‌هایی که در آن یک مقدار کم توسط مقادیر بالایی محاصره شده‌اند. چهار مورد تصادف در منطقه بدین گونه‌اند.

نقاط HL: نقاط یا همسایگانی هستند که در اینجا دارای تراکم بالای تصادفات عابر پیاده بوده، یا ناخوشه‌هایی که در آن یک مقدار زیاد توسط مقادیر پایینی محاصره شده‌اند. موردی در منطقه وجود ندارد.

هم‌چنین ۱۰۹۱ مورد از تصادفات منطقه دارای عدم معناداری در تشکیل خوشه بوده و ارتباط معناداری در تشکیل چهار طبقه ذکر شده ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

عابران پیاده و دوچرخه سواران اغلب به عنوان کاربران آسیب‌پذیر جاده شناخته می‌شوند. علت آن هم این است که هنگامی که آنها تصادف می‌کنند دارای دو عیب منحصر به فرد هستند که عبارتند از: اولاً، آنها کاملاً در معرض خطر قرار دارند چون در هنگام تصادف دارای هیچ گونه سپر دفاعی برای خود نیستند. ثانیاً، بین وزن و حجم عابران و وزن وسایل نقلیه موتوری تفاوت زیادی وجود دارد. این دو عامل سبب می‌شود که در هنگام بروز تصادف عابران پیاده به شدت آسیب ببینند یا جان خود را از دست بدهند؛ میزان آسیب دیدگی و تلفات عابران پیاده در هنگام تصادف خیلی بیشتر از افرادی است که سوار بر وسایل نقلیه هستند، مخصوصاً رانندگان. عابران پیاده گروه وسیع و متنوعی از افراد را در بر می‌گیرند. محدوده سنی آنها خیلی وسیع است و شامل کودکان تا سالخوردگان می‌شود. رفتار آنها کمتر توسط قوانین ترافیکی و راهنمایی و رانندگی قابل کنترل است، تمامی این علل و عوامل باعث می‌شود که محافظت از عابران پیاده دشوارتر شود. بنابراین می‌توان گفت که ایمنی عابران پیاده نسبت به افراد سواره به مراتب پیچیده تر و دشوارتر است(شینار، ۱۳۹۳).

از این رو شناسایی نقاط حادثه‌خیز تحت عناوین مختلف از قبیل نقاط پرخطر، نقاط پرتصادف، نقاط سیاه، نقاط دارای تمرکز بالای تصادف وغیره فرآیندی استاندارد جهت تخصیص مؤثر و کارآمد بودجه‌های مربوط به ایمنی در جهت کاهش تصادفات عابران پیاده می‌باشد. شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات به همراه اطلاعات جانبی به منظور درک بهتر روندهایی که در این نقاط اتفاق می‌افتد جهت تخصیص مناسب منابع در راستای بهبود سطح ایمنی ضروری می‌باشد. با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان به شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات رانندگی به همراه اطلاعات ارزشمند مربوط پرداخت که منجر به درک بهتر وضع موجود وعوامل مؤثر در وقوع تصادفات می‌گردد. سیستم اطلاعات جغرافیایی یک تکنولوژی مفید جهت پردازش و مدیریت داده‌های مکانی می‌باشد و به دلیل داشتن قابلیت بالا در تحلیل و نمایش گرافیکی این داده‌ها، به عنوان کارآمدترین پلت فرم برای انجام تحلیل فضایی به شمار می‌رود.

در این پژوهش به منظور درک بهتر الگوی پراکنش تصادفات عابران پیاده در منطقه ۵ شهر تهران از روش‌های مختلف تحلیل فضایی استفاده شد. در ابتدا و پس از ثبت مختصات جغرافیایی تصادفات به وقوع پیوسته بوسیله شاخص آمار فضایی میانگین مرکزی به عنوان ساده‌ترین روش در تحلیل فضایی مرکز ثقل تصادفات شناسایی گردید. براساس نتایج بدست آمده منطقه جنت آباد جنوبی بین شاهین جنوبی و باغ فیض مرکز ثقل تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ تهران می‌باشد که می‌توان با ایجاد یک مرکز فرماندهی و کنترل در این منطقه پایش بهتری نسبت تصادفات عابر پیاده داشت.

پس از آن با استفاده از روش شاخص آمار فضایی توزیع، انحراف استاندارد مختصات X و Y از میانگین مرکزی (بیضی انحراف معیار) به منظور شناسایی جهت دار بودن وقوع تصادفات بررسی شد و نتایج نشان می‌دهد که کشیدگی بیضی

متمرکز در مرکز منطقه ۵ بوده و جهت بیضی نیز جهت رفتار تصادفات عابر پیاده را شمالی – جنوبی نشان می‌دهد و بدلیل وجود پارک‌های جنگلی در شمال منطقه ۵ و فضاهای نسبتاً پراکنده مسکونی و خالی در جنوب (ناحیه ٦) کشیدگی مورد نظر در مرکز منطقه پنج متمرکز گردیده است.

یکی از مهم‌ترین روش‌ها در تحلیل داده‌های نقطه‌ای تابع تراکم کرنل است که می‌تواند تراکم وقوع تصادفات را به صورت بصری و بر روی نقشه به نمایش بگذارد. در این پژوهش نیز از تابع تراکم کرنل استفاده شد که خروجی این تابع و ترکیب آن با شبکه معابر منطقه ۵ بیان می‌دارد شهر زیبا (تقاطع باکری و آیت الله کاشانی)، محله فردوس (حوالی فلکه دوم صادقیه)، میدان آزادی (تقاطع لشگری و برادران رحمانی) با تراکم خیلی زیاد و نواحی خیابان سیمون بولیوار، بین آیت الله کاشانی و بلوار جنت آباد، میدان الغدیر (استاد اوستا) و ۱۸ متری باهنر در رتبه بعدی از لحاظ حادثه خیز بودن با سطح تراکم زیاد قرار می‌گیرند.

در انتها نیز با روش‌های مختلف، خودهمبستگی فضایی تصادفات عابر پیاده در منطقه ۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص نزدیک‌ترین همسایه با عدد مثبت ۰/۲۸٤، شاخص موران جهانی با عدد ۱/۷۳ و آماره عمومی G با عدد ۰/۰۰۱٦ بیانگر خوشه‌ای بودن قوی و تشکیل خوشه‌های با تراکم بالای تصادفات در کنار یکدیگر می‌باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد پراکندگی تصادفات رفتار خوشه‌ای و قابل پیش‌بینی دارند. براین اساس می‌توان پس از شناسایی نقاط حادثه‌خیز با استفاده از داده‌های تصادفات مربوط به سال‌های گذشته، علل وقوع آن را بررسی نمود. در این پژوهش می‌توان راهکارهای مختلف مهندسی و ایمنی ترافیک نظیر: افزایش روشنایی معابر، مدیریت سرعت در معابری که دارای اختلاط کاربران ترافیکی است و اعمال قانون به موقع رانندگان پرخطر را پیشنهاد داد تا از وقوع تصادفات آتی در این مناطق جلوگیری شود.

منابع

بلیانی، یدالله و حکیم دوست، سید یاسر، (۱۳۹۳). اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی (فضایی) با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی، انتشارات آزادپیما، تهران.

توکلی‌منش، سلیمه، غلامحسین حلوانی، سید علی المدرسی، کاوه رحیمی، رحمت‌اله مرادزاده و فاطمه سموری، (۱۳۹۳). بررسی نقاط حادثه خیز جاده‌ای و ارتباط آن با متغیرهای محیطی و دموگرافیک با استفاده از روشZone Hot در محور یزد– کرمان، مجلهٔ علمی پژوهشی طلوع بهداشت یزد، سال ١٤، شمار، ٥٤، صص. ١٦– ١.

زنگنه، یعقوب، رضا نبی زاده و طیبه احمدی، (۱۳۹۱). ارزیابی تجهیزات ایمنی عابران پیاده در خیابان‌های شهری (نمونه موردی: شهر کوهدشت)، دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

شینار، دیوید، (۱۳۹۳). ایمنی ترافیک و رفتار انسان، ترجمهٔ محمدرضا احدی و میر رحیم موسوی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علوم انتظامی ناجا، تهران.

Anderson, TK. Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots, J. Accid Anal Prev, 2009; 41(3): 359–364.
Clark, W.A.V. and Hosking, P.L., 1986, Statistical Methods for geographers, John Wiley and sons, New York.
Dereli, MA and Erdogan S. A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods, J. Transp Res A: Policy Pract, 2017; 103: 106–117.
Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., et al. Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. J. Accid Anal Prev, 2008; 40(1): 174–181.
Kim, S., and Ulfarsson, G.F. Traffic safety in an aging society: Analysis of older pedestrian crashes, Journal of Transportation Safety & Security, 2018; 11(3): 323-332.
Lee, J. and Wong, D.W.S., 2001, Statistical analysis with arc view GIS. John Wiley and sons, New York.
Li, L. A GIS- based Bayesian approach for analyzing spatial- temporal patterns of traffic crashes [Master thesis], Texas A&M University, United States; 2006.
Li, Y. and Liang, C. The analysis of spatial pattern and hotspots of aviation accident and ranking the potential risk airports based on GIS platform, J. Adv Transp; 2018: 1–12.
Lloyd, CD. Spatial data analysis: an introduction for GIS user, Oxford University Press, England; 2010.
Moons, E., Brijs, T. and Wets, G. Improving Moran's index to identify hot spots in traffic safety, J. Geocomput Urban Plan, 2009; 176: 117–132.
Osama, A., and Sayed, T., 2017, Evaluating the impact of connectivity, continuity, and topography of sidewalk network on pedestrian safety, J. Accident Analysis & Prevention; 107: 117-125.
Satria, R. and Castro, M. GIS tools for analyzing accidents and road design: a review, J. Transp Res Procedia, 2016; 18: 242–247.
Thomas, R.W. and Hugget, R. J. Modeling in Geography, a mathematical approach, Harper and Row Publisher, London; 1980.
WHO (World Health Organization. Global status report on road safety 2018, WHO (World Health Organization), Switzerland; 2018.

Spatial Analysis of Pedestrian Accidents in District 5 of Tehran

Mohammad Sadiq Shahqoli[1], Bahman Kargar[2]*

1. PhD student, Faculty of Humanities, Department of Geography, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Humanities, Department of Geography, Yadgar Imam Khomeini Unit, Islamic Azad University, Shahr Ray, Iran

Abstract

This study presents an approach that uses kernel density function algorithm and spatial autocorrelation analysis in an integrated way to facilitate the identification of accident prone areas and simultaneously evaluate the statistical significance of dense clusters. For this purpose, at first, data related to pedestrian accidents from 1995 to 1999 in District 5 of Tehran city were extracted from accident maps and their geographic coordinates were recorded in the GIS environment. Incident points were identified using KDE algorithm based on geographic information system. Then, hot clusters were evaluated for statistical significance using nearest neighbor, global Moran's and general G statistics. Finally, Anselin's local Moran's index was used to show the statistical distribution of phenomena in space and to analyze clusters and non-clusters. In general, the results of spatial statistics indicate strong clustering and the formation of clusters with a high density of accidents next to each other.

Keywords: Incident points, Pedestrians, Accidents, Spatial analysis and GIS.