فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و دوم، شماره ۸۸، تابستان ۱۴۰۱، ص. ۲۵-۱۵

ارزیابی توزیع مکانی تصادفات عابران پیاده مسن با استفاده از محیط GIS (مطالعه موردی: شهر مشهد)

بهنام میرزائی، دانشجوی کارشناسی‌ارشد عمران-راه و ترابری، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

روزبه شاد (مسئول مکاتبات)، دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

ابوالفضل محمدزاده مقدم، استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

E-mail: Rouzbeh_Shad@yahoo.com

چکیده

توجه به عابران پیاده مسن با در نظر داشتن آسیب‌پذیری بیشتر آن‌ها اهمیت زیادی دارد. برخلاف مطالعات ایمنی ترافیک موجود که اکثرا بر عموم جمعیت متمرکز شده اند، این تحقیق به تلاش برای درک ماهیت منحصر به‌فرد تصادفات عابران پیاده گروه‌های سنی مختلف می‌پردازد. اهمیت زیادی برای پاسخ به سوال زیر داده شده است: تصادفات مربوط به عابران پیاده مسن در مقایسه با تصادفات مربوط به گروه‌های سنی دیگر چه تفاوتی دارند؟ برای رسیدن به این هدف، یک تحلیل مکانی دو مرحله‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با مطالعه موردی در محدوده شهر مشهد بر اساس داده‌های تصادفات در یک بازه زمانی ۳ ساله (۱۳۹٤-۱۳۹۶)انجام شد. ابتدا، گروه‌های تصادفات با استفاده از روش برآورد چگالی کرنل شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. در گام دوم، معیار نسبت تفاضل چگالی تصادفات برای مقایسه چگالی نرمال شده تصادفات برای دو گروه سنی مختلف به کار گرفته شد. سپس با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیز معناداری تفاوت توزیع چگالی تصادفات در شبکه راه‌های شهری ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که توزیع مکانی تصادفات عابران مسن با تصادفات دیگر گروه‌های سنی تفاوت معناداری دارند.

واژه‌های کلیدی: تصادفات عابر پیاده، تخمین چگالی کرنل، توزیع مکانی، جمعیت مسن، سیستم اطلاعات مکانی

۱. مقدمه

به طور کلی هر ساله حدود ۱۶ هزار نفر در ایران به دلیل تصادفات ترافیکی جان خود را از دست می‌دهند. عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و رانندگان موتورسیکلت کاربران آسیب‌پذیر راه هستند که حدود ٥٤درصد از تلفات تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند. در این میان طبق گزارش ایمنی راه در سال ۲۰۱۸که توسط سازمان بهداشت جهانی منتشر شد، عابران پیاده سهمی حدود ۲۳درصدی از تلفات را ناشی از تصادفات در جهان دارند که در ایران این سهم معادل ۲۲درصد است. با این حال ایران با توجه به تلفات۲۰/۵ نفر از هر ۱۰۰۰۰۰نفر جمعیت کشور همچنان در میان کشورهای پرحادثه طبقه‌بندی می‌شود.

در میان عابران پیاده، توجه به افراد مسن با در نظر گرفتن آسیب-پذیری بیشتر آن‌ها نسبت به دیگر گروه‌های سنی، اهمیت زیادی دارد. بسیاری از فعالیت‌های عابران پیاده با افزایش سن تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بر این اساس ممکن است که تاثیر منفی بر ایمنی و تحرک آن‌ها داشته باشد. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی افراد ٦۰ ساله و بالاتر در طبقه بندی افراد مسن قرار می-گیرند. جمعیت افراد مسن بالای ٦۰ سال در ایران از ۹ درصد در سال ۲۰۱۷ به ۳۲درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید.

با توجه به محدودیت‌های مطالعات تصادفات ترافیکی موجود، این مقاله یک روش تحلیل مکانی مبتنی بر GIS را با اهداف زیر توسعه می‌دهد: ۱- شناسایی گروهی تصادفات در یک مسیر معین، ۲- بررسی تفاوت‌های مکانی عابران مسن و سایر گروه-های سنی بر اساس مقایسه مکان‌های پرخطر تصادفات. به این منظور، روش تفاضل نسبت چگالی برای ارزیابی توزیع مکانی تصادفات به کار گرفته شد. روش پیشنهادی به مسئولان حمل-ونقل کمک می‌کند تا عوامل مهم موثر بر تصادفات عابران پیاده مسن را، همراه با محدوده مکان‌های وقوع این تصادفات در شبکه راه، آنالیز نمایند. این روند می‌تواند به تصمیم گیرندگان برای درک ماهیت منحصر به فرد تصادفات گروه‌های سنی مختلف کمک نماید و میان ویژگی‌های مکانی و عوامل مرتبط با تصادفات دیگر گروه‌های سنی تفاوت قائل شود.

۲. پیشینه پژوهش

۲-۱ اثرات افزایش سن بر فعالیت عابران پیاده

فعالیت‌های عابران پیاده شامل راه رفتن، تشخیص و عبور از موانع، مسیریابی و عبور از خیابان می‌باشد. به طور کلی، این فعالیت‌ها توانایی‌های حسی، شناختی، جسمانی و خودآگاهی عابران را درگیر می‌نماید. از آن جایی که راه رفتن، مسیر یابی و عبور از خیابان به قدرت دید وابسته هستند، کاهش قابلیت دید (مرتبط با فرایند افزایش سن و بیماری‌های مرتبط با پیری مانند آب مروارید و گلوکم) می‌تواند عامل مهمی در توضیح مشکلات رفتاری عابران پیاده باشد. ضعف دقت بینایی باعث مشکل در تشخیص وسایل نقلیه از محیط راه شده و کاهش حساسیت کانتراست، مانع از درک اشیای ثابت یا متحرک (مانند پیاده‌رو یا خودروهای عبوری) خواهد شد. علاوه بر این، شنوایی نیز با افزایش سن کاهش قابل توجهی می‌یابد. حدود ۳۰-۷۵ درصد افراد ۷۵ سال و بالاتر مشکل نقص شنوایی دارند. شنوایی به موقعیت‌یابی وسایل نقلیه کمک می‌نماید، بنابراین افراد مسن معمولا در موقعیت‌یابی خودروهای نزدیک‌شونده و خودروهای در حال حرکت مخصوصا در قوس‌ها مشکل دارند. کاهش ظرفیت شنوایی بر روی ایمنی عبور از خیابان نیز تاثیر منفی دارد. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که فقدان اطلاعات شنیداری منجر به اخذ تصمیم مبنی بر عبور از خیابان با ریسک بالاتر در همه گروه‌های سنی می‌شود.

یکی از تغییرات اساسی مرتبط با سن، سرعت پردازش است. بدین مفهوم که سرعت مغز و سیستم عصبی درپردازش اطلاعات حسی کاهش می‌یابد. کاهش سرعت پردازش با مسایلی مانند سرعت پایین راه رفتن و افزایش خطرِ افتادن مرتبط است. کاهش سرعت پردازش ضعف عملکرد مسیریابی با افزایش سن را نیز توجیه می‌کند. مشکلات مربوط به حافظه نیز تاثیر زیادی بر مسیریابی افراد دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که افراد مسن

عملکرد کندتر و کم دقت‌تری را در مسیریابی نسبت به جوانان دارند.

تغییرات جسمی با افزایش سن عضلات، استخوان‌ها و مفاصل را تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه براین، وزن و قدرت عضلات بدن در گذر زمان کاهش می‌یابد که با مواردی مانند کاهش سرعت راه رفتن، افزایش زمان واکنش و افزایش خطر افتادن مرتبط است. چاقی، پوکی استخوان و خمیدگی از جمله دیگر مسایلی هستند که عملکرد راه رفتن افراد مسن را تحت تاثیر قرار داده و موجب افزایش ریسک افتادن و تصادف می‌شوند.

آگاهی نسبت به کاهش توانایی‌های عملکردی و ضعف در عبور از خیابان با افزایش سن، عامل مهمی از خودکنترلی است. این عامل به افراد سالخورده کمک می‌کند تا رفتار خود را مطابق با شناخت خود تنظیم کنند. به طور خاص، افرادی که از محدودیت‌های خود آگاهی دارند می‌توانند از خودکنترلی در مواجه با نیازهای محیطی استفاده کنند. در مقابل، افرادی که از زوال توانایی‌ها و محدودیت های خود کمبود آگاهی دارند، بیشتر در معرض ابتلا به رفتارهایی قرار می‌گیرند که ایمنی آنها را به خطر می‌اندازد. خودآگاهی درمقایسه با کاهش سرعت راه رفتن، با افزایش سن می‌تواند باعث رفتارهای خودتنظیمی شود. با این حال افراد مسن اغلب دچار کم‌تخمینی در محاسبه زمان عبور از خیابان می‌شوند. کم‌تخمینی بیشتر در افراد مسن در بازه سنی ۶۰-۷۴ سال اتفاق می افتد، در حالی که سالمندان بالای ۷۵ سال به بیش تخمینی زمان عبور خود تمایل دارند.

۲-۲ تحلیل مکانی الگوی تصادفات

تصادفات ترافیکی الگوهای مکانی و زمانی متمایزی را نشان می‌دهند، به عبارت دیگرخوشه‌ها در فضای مکانی و زمان شکل می‌گیرند. بنابراین وجود اطلاعات کافی و تحلیل این الگوها برای توسعه راهبردهای پیشگیرانه تصادف اهمیت زیادی دارد. رابطه بین تصادفات و ویژگی‌های ترافیکی، امکان شناسایی مکان‌های مستعد تصادفات شدید(نقاط حادثه‌خیز) را فراهم می‌کند. نقاط حادثه‌خیز می‌توانند با روش‌های مختلف مکانی، زمانی و مکانی-زمانی تعیین شوند. المان اصلی در شناسایی نقاط حادثه‌خیز (با استفاده از هر روش)، تخصیص مکان به هر نقطه تصادف در یک فضای جغرافیایی است. متغیرهای مربوط به هر تصادف مانند موقعیت، زمان، داده‌های ترافیک و محدودیت سرعت برای تفسیر الگوی تصادفات به کاربرده می‌شوند. مطالعات زیادی با استفاده ازعلم GIS برای خوشه‌بندی تصادفات ترافیکی انجام شده است. با این حال مطالعات متمرکز بر شناسایی نقاط حادثه‌خیز مرتبط با افراد مسن، بسیار محدود است. تحلیل تصادفات را با دو هدف زیر می‌توان انجام داد:

- مکان‌یابی موقعیت‌های با ریسک بالای تصادف
- استفاده از اطلاعات تصادف به منظور رسیدن به روش‌هایی که تصادفات را پیش‌بینی نمایند.

تحلیل الگوی نقاط، متداول‌ترین روش در شناسایی نقاط پرحادثه است. این نوع از تحلیل به دو دسته تقسیم می‌شوند. روش‌های دسته اول، اثرات مرتبه اول را ارزیابی می‌کنند (اندازه‌گیری تغییرات در مقدار متوسط وقوع تصادف). روش‌هایی مانند تخمین چگالی کرنل، Nearest K-means، تحلیل Quadrant countو روش همسایگی[1] (NNM) در این گروه قرار می‌گیرند. دسته دیگر اثرات مرتبه دوم (وابستگی مکانی نقاط) را ارزیابی می‌کنند. از جمله روش‌های مرتبط با اثرات مرتبه دوم می‌توان به شاخص موران Iو روش Getis-Ordاشاره نمود.

معمول‌ترین روش تحلیل مکانی، براورد تراکم کرنل (KDE) است که به دلیل سادگی و اجرای آسان متداول‌ترین روش در بررسی اثرات مرتبه اول تصادفات محسوب می‌گردد. تخمین چگالی کرنل یک روش براورد چگالی است که از طریق تکنیک‌های فاصله مبنا مجموعه نقاط تصادف را تحلیل می‌کند و یک سطح چگالی برای هر نقطه ایجاد می‌نماید. در نهایت، تمام سطوح چگالی نقاط با یکدیگر ترکیب شده و یک سطح منحنی شکل در منطقه مورد مطالعه ایجاد می‌گردد.

فاصله بین دو نقطه در روش کرنل ، با دو روش محاسبه می‌شود: الف) کرنل صفحه‌ای، ب) کرنل شبکه‌ای. کرنل صفحه‌ای از معیار فاصله اقلیدسی برای تحلیل نقاط استفاده می‌کند. کرنل صفحه‌ای چگالی تصادفات را به کمک یک پنجره دایره‌ای متحرک در تمام منطقه مورد مطالعه محاسبه می‌نماید. این نوع محاسبه چگالی تصادفات منجر به ایجاد خطا می‌گردد. اما در روش کرنل شبکه‌ای، نقاط تصادف برمبنای فاصله شبکه‌ای به نقاط روی شبکه وزن می‌دهند. در این روش، فرض بر آن است که تصادفات بر روی شبکه راه اتفاق می‌افتند. روش مذکور برای یک شبکه راه در GIS توسعه داده شد تا بر خطای کرنل صفحه-ای در محاسبه چگالی برای شبکه راه غلبه نماید. به این منظور در سال ۲۰۰۶ نرم‌افزارGIS مبنای SANET توسعه داده شد. استین برقن[۲] و همکاران در سال ۲۰۱۰ تفاوت روش‌های کرنل صفحه‌ای و کرنل شبکه‌ای را با ارزیابی نقاط پرخطر شناسایی شده با هر روش نشان دادند و مزایای استفاده از کرنل شبکه‌ای را تشریح کردند. کامل‌ترین مقایسه را کوو[۳] و همکاران انجام دادند که در آن روش‌های کرنل صفحه‌ای، Getis-Ord و کرنل شبکه‌ای مقایسه شدند. در این تحقیق از داده‌های تصادفات و جرایم برای شناسایی خوشه‌ها استفاده گردید. بر مبنای نتایج این تحقیق روش کرنل مکان‌های با ریسک بالا را با دقت بیشتری نسبت به روش Gi^* نشان داد. مرور نتایج پژوهش‌های موجود به وضوح عملکرد بهتر روش‌های کرنل را بیان می‌نماید.

۳. روش تحقیق

۳-۱ محدوده مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده

در این مقاله، شهر مشهد به عنوان مرکز استان خراسان رضوی و دومین کلان‌شهر ایران برای تحلیل تصادفات عابر پیاده مد نظر قرار گرفته است. سالیانه حدود ۳۰ تا ۳۵ میلیون نفر از شهر مشهد به عنوان یک شهر زیارتی توریستی بازدید می‌کنند. لذا حجم تردد مسافر در شبکه حمل‌ونقلی مشهد بسیار بالا بوده و منجر به افزایش نرخ رشد تصادفات عابر پیاده می‌شود. جهت ارزیابی روش ارائه شده و بررسی مکانی تصادفات عابران پیاده و دستیابی به اهداف تعیین شده برای این پژوهش، اطلاعات تصادفات شهر مشهد در سال‌های۹۴-۹۶ به کمک سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری مشهد جمع‌آوری گردیده است. تعداد تصادفات در بازه زمانی مورد بررسی ۲۲۱۹۱ تصادف عابر پیاده بود که سهم بالایی از کل تصادفات شهر مشهد دارد.

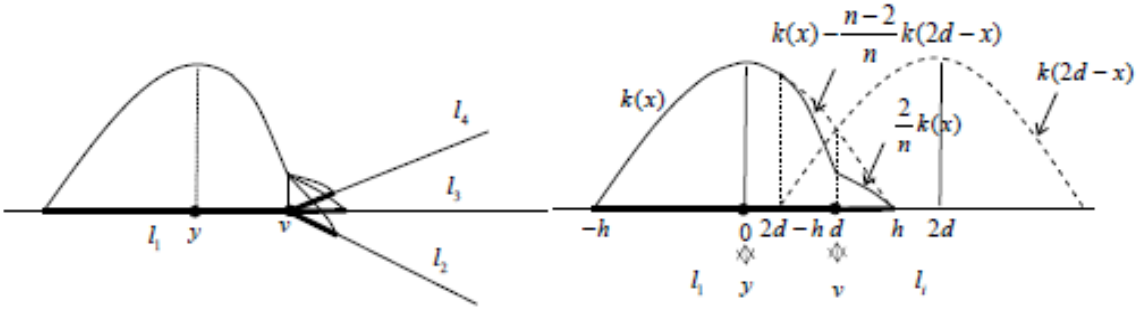
۳-۲ تحلیل مکانی چگالی تصادفات

پرخطرترین مکان‌ها برای هر گروه سنی با استفاده از نقشه‌های مکان مبنای چگالی تصادفات مختص هر گروه سنی مشخص می‌شود. این نقشه ها با استفاده از ابزار SANETدر نرم افزار ArcGIS تولید می‌شود. تحلیل چگالی کرنل یک روش غیر پارامتریک برای تخمین تابع احتمالی تراکم یک متغیر تصادفی است. در این تحقیق نقاط تصادف همان متغیر تصادفی هستند. برای این تحقیق یک شعاع جست‌وجوی ۳۰۰ متری انتخاب شد. با توجه به تحقیقات گذشته در شبکه شهری شعاع جست‌وجو در محدوده ۵۰ تا ۳۰۰ متر مناسب است، در حالی برای مناطق برون شهری ۱۰۰۰ متر پیشنهاد شده است. علاوه بر این ابزار SANET نیاز به انتخاب عرض سلول دارد که بر مبنای مطالعات قبلی ۳۰ متر (یک دهم شعاع جست‌وجو) انتخاب شد. برای تابع کرنل انتخاب‌های مختلفی وجود دارد که توابع گوسی، درجه دوم، یکنواخت از جمله آن‌ها هستند. سیلورمن در سال ۱۹۸۶ به نتیجه رسید که انتخاب نوع تابع کرنل تاثیر قابل توجهی بر نتایج ندارد.

روش براورد چگالی شبکه مبنا به دلایل زیر در این تحقیق انتخاب شد: ۱- این یک روش بسیار موثر برای انجام تحلیل چگالی در حالتی است که داده‌های مکانی در طول شبکه راه توزیع شده‌اند. ۲- فاصله بین هر یک از تصادفات با استفاده از فاصله واقعی در شبکه راه محاسبه می‌شود، نه فاصله‌ی اقلیدسی. استفاده از فاصله‌ی اقلیدسی در روش کرنل صفحه‌ای ممکن است منجر برآورد زیاد یا برآورد کم شود. اصول پایه کرنل شبکه‌ای با کرنل صفحه‌ای یکسان است، با این تفاوت که در کرنل شبکه‌ای محاسبات در شبکه اجرا می‌شود.

در روش کرنل شبکه‌ای برای یک نقطه دلخواه y یک زیر شبکه L_y ایجاد می‌شود به طوری که کوتاه ترین فاصله میان نقطه y و هر نقطه بر روی زیر شبکه L_y کمتر یا برابر با مقدار h (خط ضخیم‌تر در شکل ۱) باشد. نقطه x یک نقطه دلخواه بر روی لینکی از شبکه است. لینک‌های l_1 و $l_i(i \neq 1)$ را در نظر می گیریم که در گره v به هم متصل هستند(شکل ۱). برای یک نقطه معین y(مبدا مختصات) و هر نقطه دلخواه x درون زیر شبکه L_y تابع $K_y(x)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$K_y(x) = \begin{cases} k\big(d_s(x,y)\big) \ \ for\ 0 \le d_s(x,y) < 2d_s(x,v_1) - h, \\ k\big(d_s(x,y)\big) - \dfrac{n_1 - 2}{n_1} k\big(2d_s(x,v_1) - d_s(x,y)\big) \\ \quad for\ \ 2d_s(x,v_1) - h \le d_s(x,p) < d_s(x,v_1), \\ \dfrac{2}{n_1} k\big(d_s(x,y)\big) \ \ for\ \ d_s(x,v_1) \le d_s(x,y) < h, \end{cases} \qquad (۱)$$



شکل ۱. توزیع چگالی کرنل با تقسیم برابر برای گره های با درجه بیشتر از ۲

۳-۳ تفاضل نسبت چگالی تصادفات مبتنی بر GIS

تحلیل مقایسه‌ای چگالی تصادفات به منظور بررسی الگوهای مکانی گروه‌های سنی معین و شناسایی نقاط پرحادثه‌ی گروه‌های سنی مختلف انجام می‌شود. در مقایسه‌ای که کاملا بر مبنای تعداد یا چگالی باشد، نامساوی بودن تعداد تصادف‌ها بین گروه‌های مختلف سنی می‌تواند باعث پنهان شدن نقاط پرحادثه گروه‌های سنی معین شود. بنابراین پارامتر تفاضل نسبت چگالی[۴] (DRD) به کار گرفته شد. پارامتر DRD مقدار تفاضل بین چگالی تصادفات ماکسیمم نرمال شده بین دو گروه سنی مختلف است و رابطه آن به صورت زیرتعریف می‌شود:

$$DRD_{ij} = \frac{D_i}{max(D_i)} - \frac{D_j}{\max(D_j)} \qquad (۲)$$

DRD_{ij} مقدار تفاضل نسبت چگالی بین نقشه های i و j است. D_i و D_j مقدارچگالی تصادفات متناظر با قطعات راه است. $\max(D_i)$ و $\max(D_j)$ حداکثر چگالی تصادفات در نقشه‌های مقایسه‌ای هستند. برمبنای این روش نقشه‌های چگالی تصادفات گروه‌های سنی مذکور، با حداکثر مقدار چگالی خودشان نرمال می‌شوند. با تقسیم چگالی تصادفات هر نقشه به چگالی حداکثر آن نقشه، حداکثر مقدارچگالی نقاط در هر نقشه برابر با ۱ خواهد بود. بعد از محاسبه چگالی نرمال‌شده تصادفات ، نقشه‌های چگالی تصادف گروه‌های سنی کوچک تر از ۱۵ سال و ۱۶-۵۹ سال به طور جداگانه از نقشه چگالی تصادفات عابران پیاده بالای ۶۰ سال تفریق شد. پس از نرمال‌سازی، اگر در یک مکان خاص، چگالی تصادف عابران مسن، برابر با چگالی تصادف آن مکان در نقشه گروه‌های سنی دیگر باشد، این مکان اهمیت مکانی سن معینی را منعکس نمی‌کند و دارای ویژگی‌های مکانی مشترک برحسب فراوانی تصادف برای هر دو گروه سنی است.

نقشه‌هایGIS از تابع تفاضل نسبت چگالی برای بررسی گرافیگی مناطق با اختلاف زیاد در چگالی تصادفات مفید است. با این حال یک آزمون آماری برای بررسی معناداری تفاوت‌ها اجرا شد. آزمون ناپارامتریک کروسکال‌والیز[۵] برای تحقیق دراین مورد که آیا دو چگالی تصادف نرمال شده به طرز قابل توجهی تفاوت دارند، به کار می رود. به این منظور، به طور تصادفی ۱۰۰

نقطه در شبکه راه انتخاب شد و سپس چگالی یک گروه سنی در این نقاط با چگالی گروه‌های سنی دیگر مقایسه گردید. عدد۱۰۰ بر مبنای نتایج آنالیز خودهمبستگی مکانی موران $I^{۶}$ در محیط GIS برای یافتن حداکثر اندازه نمونه‌ای است که منجر به همبستگی مکانی مهمی بین چگالی تصادف‌ها و موقعیت آن‌ها نشود. در نهایت مقایسه گروه‌های سنی کوچک‌تر از ۱۵ سال با بالای۶۰ سال و ۱۶-۵۹ سال در مقابل بالای۶۰ سال گزارش شد. آزمون کروسکال‌والیز میزان معناداری تفاوت بین مقادیر چگالی را در ۱۰۰ موقعیت بر مبنای فرضیه صفر توزیع مکانی یکسان مقدار دو چگالی تولید می‌کند. یک مطالعه مونت‌کارلو برای تکرار۱۰۰۰۰ بار آزمون کروسکال‌والیز با استفاده از نرم‌افزار متلب[۷] برای هر زوج گروه انجام شد و مقدار آماره p-value آزمون‌ها و خطای استاندارد آماره p-value گزارش شد.

٤. نتایج

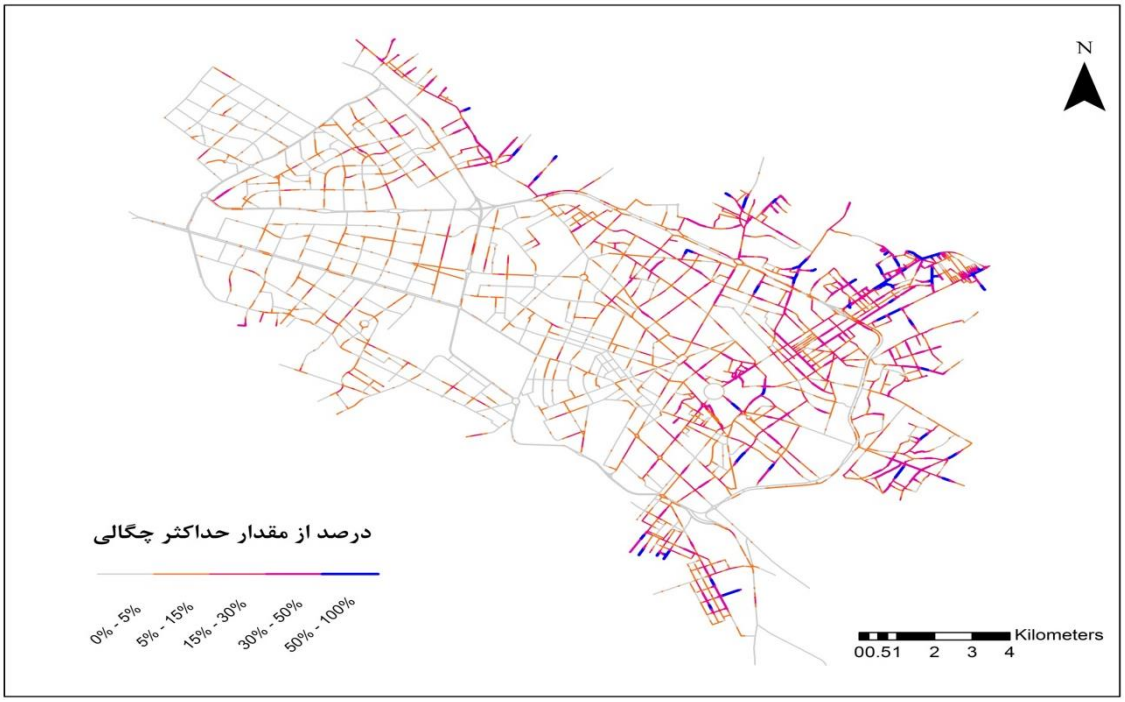
در این بخش، کاربرد روش تحقیق برای محدوده شهر مشهد ارایه شده است. هدف از اجرای این روش تحقیق، رسیدن موارد زیر است:۱- انجام تحلیل مقایسه‌ای چگالی تصادفات، ۲- شناسایی الگوهای مکانی تصادفات برای گروه‌های سنی مختلف، ۳- ارایه نتایج تحلیل در قالب تصویر

جدول۱. نتایج آزمون خودهمبستگی موران برای ارزیابی ترکیب چگالی تصادفات افراد مسن

اندازه نمونه تصادفی	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰
شاخص Moran's I	۰/۰۵۵	۰/۰۹۶	۰/۲۰۸	۰/۳۱۳	۰/۳۸۶
z Score	۱/۱٤۷	۱/۱۸۹	۵/۵۰۸	۵/۵٦۲	۱۱/۹۳٤
p value	۰/۲۵۱	۰/۲۳٤	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
توزیع (α=۰/۰۵)	تصادفی	تصادفی	خوشه‌ای	خوشه‌ای	خوشه‌ای

٤-۱ نقشه های تراکم تصادفات

نقشه‌های تراکم تصادفات به ترتیب در شکل‌های۲ ،۳ و٤ الگوهای مکانی سه گروه سنی مختلف عابران کودک و نوجوان (کوچک‌تر از ۱۵ سال)، عابران بزرگسال (۱٦-۵۹)و عابران مسن (بالای ٦۰ سال) را برای شهر مشهد نشان می‌دهند. مقایسه این اشکال نشان می‌دهد که نقاط پرحادثه به طور ذاتی برای هر گروه سنی متفاوت است. این تفاوت در تمام شبکه به یک اندازه واضح نیست.

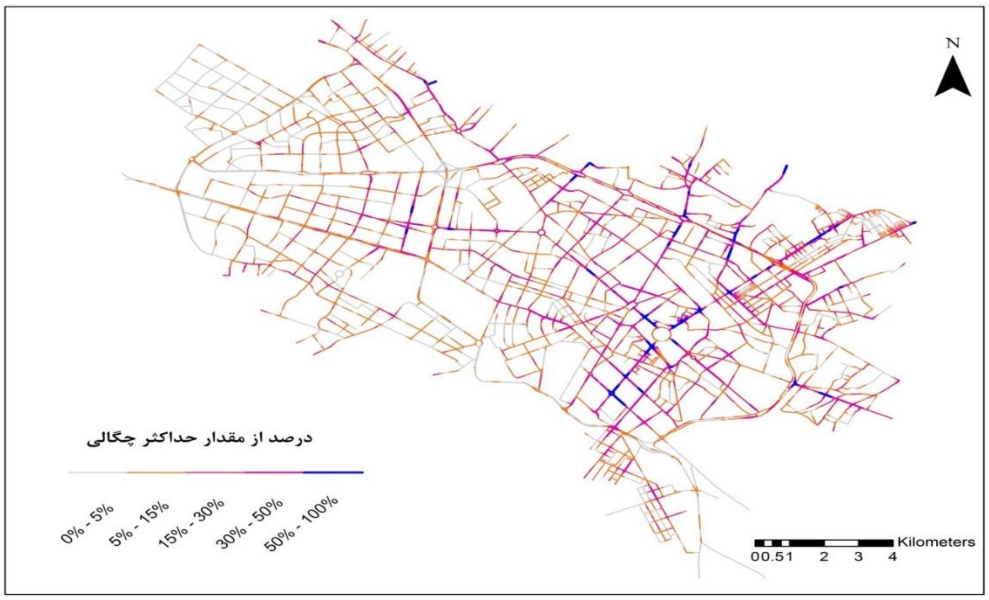


شکل۲. نقشه چگالی تصادفات گروه سنی کوچکتر از ۱۵ سال

با این حال، الگوی تصادفات گروه‌های سنی مختلف قابل مشاهده است. به طور کلی چگالی تصادفات عابران پیاده کودک و نوجوان در حاشیه شمالی وشرقی شهر مشهد بیش از نواحی غربی شهر رخ می‌دهد. در این مناطق بیشترین چگالی مربوط به محدوده خیابان‌های طبرسی و پنجتن است. در نتیجه این مناطق باید جهت بررسی و شناسایی عوامل موثر بر افزایش تصادفات عابران‌پیاده گروه سنی کودک و نوجوان انتخاب شوند. ارزیابی چشمی این نقشه‌های تراکم به منظور درک اولیه از نقاط پرحادثه گروه‌های سنی مختلف مهم است، در عین حال تحلیل مقایسه‌ای قوی به منظور تشخیص الگوهای مکانی گروه‌های تصادف که عابران مسن در آن درگیراند، ضروری است.

٤-۲ نقشه‌های تفاضل نسبت تراکم تصادفات و تحلیل معناداری آماری

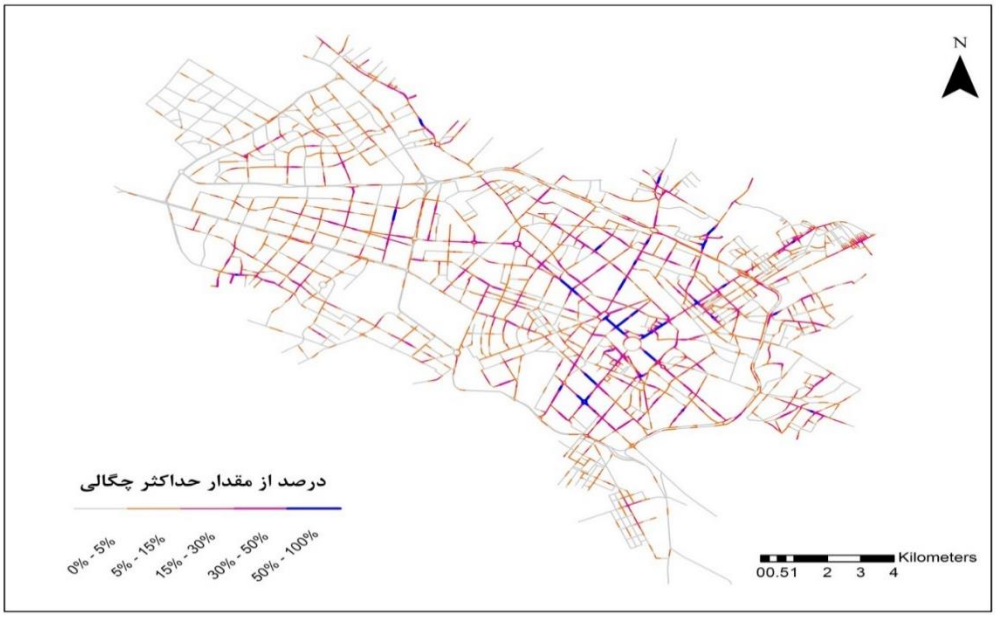
شکل‌های ۵ و٦ نقشه های تفاضل نسبت تراکم را نشان می‌دهند که مطابق با روش توضیح داده در بخش روش‌تحقیق تولید شده است. مقدارعددی حاصل از این تحلیل، تفاضل تراکم تصادفات نرمال شده است که به صورت درصد تفاضل بیان می‌شود. باید درنظر داشت که تفاضل نسبت تراکم تصادف، صرفا نتایج کاوش بصری را ارائه می‌دهد. بنابراین آزمون کروسکال‌والیز را برای بررسی اینکه آیا نقشه‌های تراکم تصادف به طور قابل توجهی متفاوت هستند، انجام شد. این آزمون فرض می‌کند که مشاهدات به طور مستقل توزیع می‌شوند. از آن‌جایی که مقادیر تراکم نرمال‌شده دارای خودهمبستگی مکانی بودند، استفاده از تمام داده‌ها در آزمون امکان‌پذیر نبود. برای حذف خودهمبستگی مکانی، نمونه‌هایی از پروفیل‌های چگالی با اندازه‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ نقطه برداشت شدند و شاخص موران I برای هر نمونه محاسبه شد (جدول۱).



شکل۳. نقشه چگالی تصادفات گروه سنی ۱۶-۵۹ سال

جدول۲. نتایج تکرار آزمون کروسکال والیز از ۱۰۰۰ شبیه سازی مونت کارلو

آزمون کروسکال والیز	شهر مشهد	
گروه سنی	کمتر از ۱۵ و بالای ۶۰سال	بین۱۶-۵۹ و بالای ۶۰ سال
میانگین p-value	۰/۰۴۳۰	۰/۰۰۴۱
خطای استاندارد p-value (SEM)	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۱۶
$\bar{P} + {2\sigma}/{\sqrt{N}}$	۰/۰۴۴۳	۰/۰۰۴۵
$\bar{P} - {2\sigma}/{\sqrt{N}}$	۰/۰۴۱۶	۰/۰۰۳۸



شکل ٤. نقشه چگالی تصادفات گروه سنی بالای ٦٠ سال

در نتیجه تحلیل DRD، دو نقشه بر اساس گروه‌های سنی زیر به دست آمد: گروه سنی کوچک تر از ۱۵ سال در مقابل بالای ۶۰ سال و گروه سنی ۱۶–۵۹ سال در مقابل بالای ۶۰ سال. مقادیر DRD بر اساس انحراف معیار آنها طبقه بندی شدند که بیان‌گر تغییرات مقادیر آن‌ها از میانگین می‌باشد. هر شبکه الگوی تصادف مختص گروه سنی منحصر به فرد دارد. مقایسه تصادف-های گروه‌های سنی مختلف نشان می‌دهد که تصادف‌های مربوط به هر گروه سنی اغلب در مکان‌های جداگانه‌ای اتفاق می-افتد(شکل۵ و۶). نتایج ۱۰۰۰۰ تکرار آزمون کروسکال‌والیز تایید می‌کند که توزیع تصادفات افراد مسن با گروه‌های سنی دیگر در بازه اطمینان ۹۵٪ تفاوت معناداری دارد. بیشترین تفاوت میان گروه سنی میان‌سال و افراد مسن مشاهده شد(جدول۲).

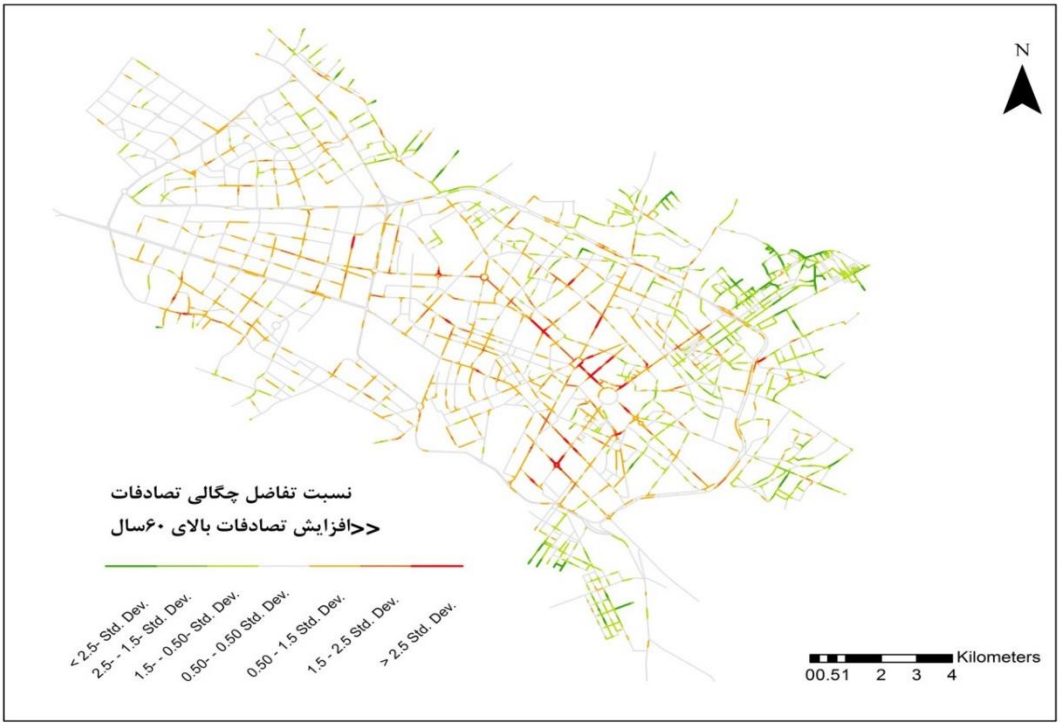
۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک روش ارزیابی وآنالیز تصادف‌های گروه‌های سنی عابران پیاده از طریق تکنیک‌های ساده و در عین حال جدید استفاده شد. این تکنیک‌ها می‌توانند به متخصصان حمل‌ونقل کمک کنند تا قطعات بحرانی مسیر راه و تقاطع‌های بحرانی برای رانندگان مسن را تعیین کنند و عوامل موثر بر افزایش خطر برای افراد مسن را شناسایی نمایند. با افزایش جمعیت مسن لازم است تا در طراحی راه‌ها و خیابان‌ها نیازها و محدودیت‌های این افراد در نظرگرفته شود. همچنین مشاهده شد که روش تفاضل نسبت تراکم روش دقیق‌تری برای شناسایی بصری تفاوت‌های مکانی در الگوهای مرتبط به سن نسبت به استفاده مستقیم از تراکم تصادفات ارایه می‌دهد.

این تحقیق منحصرا بر عابران پیاده بالای ۶۰ سال متمرکز شده است. بنابراین یک موضوع جذاب برای تحقیقات آینده می‌تواند در نظر گرفتن توام رانندگان و عابران پیاده بالای ۶۰ سال باشد. در این تحقیق، تخمین چگالی کرنل برای بررسی خوشه‌بندی تصادف‌ها استفاده شد. با این حال روش‌های قوی آماری دیگر نیز مانندGeti's Gi و Local Moran's I برای تشخیص خوشه‌های تصادف وجود دارد که می‌تواند برای این روش تحقیق مورد بررسی قرار گیرد.

۶. قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد به دلیل کمک‌های بی‌دریغشان به منظور در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات مربوطه، به عمل می‌آید.



شکل ۵. نقشه تفاضل نسبت چگالی تصادفات گروه سنی کوچک تر از ۱۵ سال و بالای ۶۰ سال

شکل ٦. نقشه تفاضل نسبت چگالی تصادفات گروه سنی۱٦-۵۹ سال و بالای ٦۰ سال

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Nearest Neighbor Method
2. Steenberghen
3. Kuo
4. Density Ratio Difference
5. Kruskal-Wallis
6. Moran's I
7. MATLAB

۸. مراجع

- تصادفات جرحی عابر پیاده شهر مشهد،۱۳۹٦ ، سازمان حمل-ونقل و ترافیک شهرداری مشهد.

- WHO.World Health Organization, Global Status Report on Road Safety. 2018.

- WHO.World Health Organization, World Population Ageing Report. 2017.

- Vemulapalli, S.S., et al., GIS-based spatial and temporal analysis of aging-involved accidents: a Case Study of Three Counties in Florida. Applied Spatial Analysis and Policy, 2017. 10(4): p. 537-563.

- Tournier, I., A. Dommes, and V. Cavallo, Review of safety and mobility issues among older pedestrians. Accident Analysis & Prevention, 2016. 91: p. 24-35.

- Salonen, J., et al., Relationship between self-reported hearing and measured hearing impairment in an elderly population in Finland. International journal of audiology, 2011. 50(5): p. 297-302.

- Rosano, C., et al., Slower gait, slower information processing and smaller prefrontal area in older adults. Age and ageing, 2011. 41(1): p. 58-64.

- Salthouse, T.A. and K.L. Siedlecki, Efficiency of route selection as a function of adult age. Brain and Cognition, 2007. 63(3): p. 279-286.

- Spirduso, W.W., K.L. Francis, and P.G. MacRae, Physical dimensions of aging. 1995.

- Marottoli, R.A. and E.D. Richardson, Confidence in, and self-rating of, driving ability among older drivers. Accident Analysis & Prevention, 1998. 30(3): p. 331-336.

- Holland, C. and R. Hill, Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in adult pedestrians across the lifespan: a simulation study. Accident Analysis & Prevention, 2010. 42(4): p. 1097-1106.

- Xie, Z. and J. Yan, Kernel density estimation of traffic accidents in a network space. Computers, environment and urban systems, 2008. 32(5): p. 396-406.

- Silverman, B., Monographs on statistics and applied probability. Density estimation for statistics and data analysis, 1986. 26.

- Okabe, A., K.i. Okunuki, and S. Shiode, SANET: a toolbox for spatial analysis on a network. Geographical analysis, 2006. 38(1): p. 57-66.

- Steenberghen, T., K. Aerts, and I. Thomas, Spatial clustering of events on a network. Journal of Transport Geography, 2010. 18(3): p. 411-418.

- Kuo, P.-F., X. Zeng, and D. Lord. Guidelines for choosing hot-spot analysis tools based on data characteristics, network restrictions, and time distributions. in Proceedings of the 91 Annual Meeting of the Transportation Research Board. 2011.

- Okabe, A. and K. Sugihara, Spatial analysis along networks: statistical and computational methods. 2012: John Wiley & Sons.

- Ulak, M.B., E.E. Ozguven, and A. Kocatepe. GIS-based investigation of aging involved crashes: a case study in Northwest Florida. in The Road Safety and Simulation International Conference. Orlando, Florida. 2015.

- Kvam, P.H. and B. Vidakovic, Nonparametric statistics with applications to science and engineering. Vol. 653. 2007: John Wiley & Sons.