

استفاده از روش‌های آمار فضایی در توسعه بهره‌وری و مدیریت منابع اورژانس به منظور ارتقا رفاه بیماران سکته قلبی و مغزی در کلانشهر تهران

مریم شکری

maryamshokri.ie@gmail.com، تهران، ایران، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

عباس سقایی*

a.saghaei@srbiau.ac.ir، تهران، ایران، گروه مهندسی صنایع، واحد علوم تحقیقات

چکیده سکته‌های مغزی و قلبی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر در جهان می‌باشند شناسایی جوامع در معرض خطر سکته مغزی و قلبی گامی مهم در بهبود سیستم‌های مراقبت از این دو نوع سکته است. هدف از این مطالعه بهبود عملکرد اورژانس و بهبود کیفیت تخصیص منابع اورژانس و منابع بیمارستانی است. از این رو به بررسی نواحی شهر تهران از جهت خودهمبستگی فضایی رخداد سکته‌های مغزی و قلبی با استفاده از آمار فضایی پرداخته شد و با استفاده از تحلیل نقاط داغ و خود همبستگی محلی موران پراکندگی این دو نوع سکته در نواحی مختلف شناسایی شد و هم‌چنین با توجه به نتایج حاکی از وجود خودهمبستگی فضایی به مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از مدل‌های اتورگرسیو شرطی پرداخته شد و دو عامل آلودگی هوا و رتبه‌بندی توسعه‌یافتگی مناطق تهران با کمک مدل‌های اتورگرسیو شرطی مورد بررسی قرار داده شده‌اند.

کلمات کلیدی: سکته مغزی، سکته قلبی، خودهمبستگی فضایی، بهره‌وری، اتورگرسیو شرطی

۱- مقدمه

صفحات نجات سلول‌های قلبی از مرگ، این درمان‌ها باید اورژانسی انجام شود و هر یک دقیقه‌ای که رگ مسدود شده زودتر باز شود باعث نجات تعداد بیشتری سلول عضلانی قلب و نتیجه کارکرد بهتر قلب و طول عمر بیشتر بیمار خواهد شد. در حال حاضر در کشور ایران اولین عامل مرگ و میر، بیماری‌های قلبی عروقی و در رأس آنها بیماری‌های عروق کرونر می‌باشد. بیشترین خطری که بیماران با ضایعات عروق کرونر را تهدید می‌کند سکته قلبی و عوارض ناشی از آن می‌باشد. حساس‌ترین زمان برای بیمار دچار سکته قلبی، ۲۴ ساعت اول و به ویژه چند ساعت اولیه پس از بروز درد حاد سینه می‌باشد [۱]. سکته مغزی یعنی بسته شدن یا پاره شدن یک شریان مغزی که به دنبال آن اختلال در گردش خون آن ناحیه از مغز ایجاد شده و یکی از معضلات بزرگ

علت ایجاد سکته قلبی بسته شدن ناگهانی یکی از شریان‌های مسئول خونرسانی به عضله قلب است و قطع خونرسانی به عضله قلب اگر بیش از ۲۰ دقیقه طول بکشد منجر به شروع مرگ سلول‌های عضله قلب می‌شود، بنابراین هر دقیقه که بیشتر این فرایند ادامه داشته باشد تعداد سلول بیشتری از بین می‌رود تا اینکه در نهایت ظرف چند ساعت سلول‌های عضله قلب که در محدوده خون‌رسانی رگ بسته شده قراردارند همگی از بین بروند. درمان اصلی سکته قلبی بازکردن انسدادی است که باعث قطع خون‌رسانی به عضله قلب شده، با توجه به اهمیت زمان در

* (Corresponding author): a.saghaei@srbiau.ac.ir

در نتیجه این مطالعه میزان مرگ و میر در شهرستان‌های شمالی استان بیشتر از شهرستان‌های جنوبی است [۶]. به تخمین شیوع، نتیجه کوتاه مدت و توزیع مکانی بیماران سکته مغزی در شهر Punjab, Ludhiana در شمال غربی هند پرداختند و طبق نتایج این مطالعه زنده ماندن بیماران سکته مغزی در بیمارستان‌های عمومی ضعیف است و یافته‌های تجزیه و تحلیل‌های مکانی حاکی است از اهمیت بهداشت عمومی برای پیشگیری از سکته مغزی و تقویت خدمات سکته مغزی [۷]. به تجزیه و تحلیل مکانی و شناسایی خوشه‌های مکانی چاقی و اضافه وزن در شهر کانادا پرداختند [۸]. به تحلیل همسایگی جغرافیایی حملات قلبی و مرگ و میر ناشی از سکته مغزی و مشاهده عوامل تعیین‌کننده اختلافات با استفاده از آمار توصیفی و تحلیل‌های مکانی پرداختند [۹]. به بررسی اثر آلودگی هوا و مصرف سیگار بر مرگ و میر سکته مغزی با استفاده از مدل مکانی سلسله مراتبی بیزی پرداختند. در مطالعاتی که تاکنون انجام گرفته از تحلیل‌های خودهمبستگی در حوزه سلامت استفاده شده است و افرادی که به بررسی جوانب مختلف بیماری‌های سکته قلبی و مغزی پرداخته‌اند نیز از این تکنیک‌ها بهره گرفته‌اند و در بسیاری از مطالعات به بررسی مرگ و میر-های ناشی از سکته پرداخته و یا تاثیر عوامل مختلف بر سکته را به صورت مکانی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. در این مطالعه داده‌هایی که استفاده شده است مربوط به آن دسته از بیمارانی است که با اورژانس شهر تهران تماس گرفته‌اند و توسط اورژانس به عنوان کد اضطراری سکته قلبی و مغزی به بیمارستان‌های مربوط به این بیماران انتقال داده شده‌اند در این مطالعه به بررسی تمام افرادی که توسط اورژانس انتقال یافته‌اند بدون توجه به نتیجه سکته و با در نظر گرفتن این موضوع که بسیاری از افراد بعد از مرخص شدن از بیمارستان همچنان دچار عوارض بعدی ناشی از این سکته‌ها هستند و نیازمند دسترسی به مراکز خدمت‌رسان می‌باشند پرداخته شد. این مطالعه برای اولین بار در شهر تهران و با استفاده از داده‌های اورژانس تهران انجام شده است و در این مطالعه هر دو بیماری سکته مغزی و قلبی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است چرا که این دو دسته نیازمند خدمات اورژانس بسیار فوری می‌باشند و هر چه اطلاعات دقیق‌تری راجع به پراکنش این بیماران در نواحی مختلف شهر داشته باشیم می‌توان تخصیص منابع بهتری را صورت داده و در نجات جان این افراد و همچنین بهبود درصد بیشتری از افراد این جامعه نقشی موثر داشت و همچنین اطلاعات مفیدی برای

بهداشتی، شایع‌ترین و نیز پر عارضه‌ترین بیماری مغز و اعصاب و سومین علت مرگ در جهان می‌باشد و برای آن عوامل خطر متعددی شناخته شده است و همچنین سکته‌های مغزی یکی از علل شایع ناتوانی‌های جسمی و روانی در جوامع می‌باشد سکته مغزی دومین عامل مرگ و میر در تمام سنین در ایران است. همانند سکته قلبی، زمان نقش بسیار مهمی در درمان و بهبود سکته مغزی ایفا می‌کند و چنانچه فرد بیمار بین ۳.۵ تا ۴ ساعت بعد از شروع علائم اولیه به بیمارستان انتقال یابد بهبود و باز شدن شریان خونی با کمک تزریق داروی مربوطه بسیار افزایش می‌یابد بنابراین در دسترس بودن منابع اورژانس برای این دسته از بیماران بسیار حائز اهمیت است از این رو به بررسی نحوه توزیع این بیماری‌ها در شهر تهران و دسترسی بیماران به منابع بیمارستانی و اورژانسی مربوط به نقل و انتقال سریع به نزدیک‌ترین بیمارستان ارائه‌دهنده خدمات متناسب با این سکته‌ها پرداخته شد و به نتایج اولیه در خصوص نحوه پراکندگی این بیماران در شهر تهران دست یافته و در نتیجه در جستجوی عوامل اثرگذار بر پراکندگی نرخ بیماران از مدل‌های اتورگرسیو شرطی با در نظر گرفتن تاثیر متغیرهای آلودگی هوا با کمک شاخص AQI و رتبه‌بندی مناطق تهران از لحاظ سطح توسعه‌یافتگی پرداخته شد و نتایج مدل‌ها به صورت پیش‌بینی نرخ سکته‌های مغزی و قلبی در قالب نقشه شهر تهران ارائه گردید. نتایج این نوع تحقیق به فهم بیشتری از تغییر چگونگی الگوهای فضایی گذشته کمک می‌کند. علاوه بر این، مطالعه همبستگی فضایی، پیشنهادها و ضمیمه مهمی برای کاربرد تکنیک‌های آماری در تحلیل اطلاعات فضایی دربردارد. در این میان [۲] تجزیه و تحلیل فضایی بر روی شیوع سکته مغزی در ۵۰۰ شهر ایالات متحده آمریکا انجام دادند و برای هر شهر شاخص موران و خوشه‌بندی فضایی را بررسی کرده و در نهایت از شبیه‌سازی مونت کارلو برای ارزیابی اهمیت خوشه‌ها استفاده کرده‌اند [۳] به تحلیل خودهمبستگی فضایی مرگ بانوان و دسترسی به فضاهای سبز شهری در شهر مشهد پرداختند و طبق نتایج مطالعاتشان در مناطقی که بانوان فاصله‌ی زیادی تا فضای سبز دارند، مرگ بانوان از توزیع فضایی بالایی برخوردار است [۴]. تغییرات زمانی و مکانی مرگ و میر سکته مغزی ناشی از آلودگی هوا را در چسب بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند [۵] به تهیه توزیع جغرافیایی میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی در شهرستان استان کرمان در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ پرداختند و

همبستگی منفی گفته می‌شود. و هنگامی که مقدار این شاخص برابر با عدد ۰ باشد نشان‌دهنده‌ی الگوی تصادفی است.

۲-۱ تجزیه و تحلیل نقاط داغ (Getis-ord G_i^*)

برای شناسایی خوشه‌های آماری معنی‌دار از ابزار آنالیز نقاط داغ (Getis-ord G_i^*) استفاده شد این تحلیل برای همه‌ی نواحی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۰].

تجزیه و تحلیل نقاط داغ حتی اگر شاخص جهانی موران نشان‌دهنده‌ی توزیع تصادفی باشد می‌تواند مفید باشد [۶] و نقاطی لکه داغ محسوب می‌شوند که رخداد سکت در آن ناحیه و در نواحی اطرافش بالا باشد و همچنین نقاطی لکه سرد محسوب می‌شوند که رخداد سکت در ناحیه و نواحی اطرافش کم باشد فرمول این آماره به صورت زیر است:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_{ij} - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (2)$$

به طوری که

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (4)$$

تمام نمادهای این فرمول در فرمول مربوط به شاخص خود همبستگی موران تعریف شدند. آماره‌ی G_i^* نشان‌دهنده‌ی نمره‌ی Z است. اگر $Z \text{ score} = 0$ یعنی هیچ خوشه‌بندی مکانی‌ای وجود ندارد اگر مقدار Z بیشتر از ۱.۹۶ و مقدار $p - \text{value} \leq 0.05$ نشان‌دهنده خوشه‌بندی مکانی مقادیر زیاد و اگر Z منفی و $p - \text{value} \leq 0.05$ نشان‌دهنده خوشه‌بندی مکانی مقادیر کم است [۱۱].

۲-۲ شاخص محلی موران

این شاخص مقدار خودهمبستگی فضایی در هر ناحیه‌ی خاص را اندازه‌گیری می‌کند و فرمول آن به صورت رابطه‌ی (۵) است [۱۲].

بهبود تخصیص خدمات بهداشتی و توان‌بخشی بعد از مرخص شدن بیماران از بیمارستان برای آن دسته از افرادی که در این حوزه‌ها خدمت‌رسانی می‌کنند می‌باشد و در نهایت به مدل‌سازی داده‌ها با توجه به تاثیر متغیرهای آلودگی هوا AQI و متغیر رتبه‌بندی سطح توسعه‌یافتگی مناطق شهر تهران به کمک مدل‌های اتورگرسیو شرطی پرداخته شد و پیش‌بینی از نرخ سکت‌ها در قالب نقشه شهر تهران ارائه شد.

۲-روش مطالعه

روش‌های آماری تحت عنوان آمار کلاسیک قادر به مدل‌سازی تغییرات ساختاری بوده و در پردازش تغییرات تصادفی ناتوان هستند و این روش‌ها قادر به تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی نیستند بنابراین برای تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی از شاخه‌ای از آمار با نام آمار فضایی استفاده می‌شود. از تجزیه و تحلیل خودهمبستگی فضایی برای خوشه‌بندی سکت‌های مغزی و قلبی که توسط اورژانس به بیمارستان‌های تهران اعزام شده‌اند استفاده کردیم خودهمبستگی فضایی موران با استفاده از شاخص جهانی موران مورد بررسی قرار گرفت این شاخص طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود [۶].

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{X})^2} \quad (1)$$

که i و j نشان‌دهنده‌ی نواحی مختلف شهر تهران و x_i ، x_j نرخ شیوع سکت مغزی و قلبی اعزام‌های اورژانس به نواحی i و j می‌باشد، \bar{X} نشان‌دهنده‌ی میانگین بروز سکت مغزی و قلبی در کلیه‌ی نواحی مورد بررسی است n تعداد نواحی مورد بررسی و w_{ij} ماتریس وزن مکانی بین نواحی مختلف است که ارتباط مکانی بین نواحی مختلف را بیان می‌کند و به طور کلی اگر $w_{ij} = 1$ باشد یعنی نواحی i و j همسایه هستند و در غیر اینصورت $w_{ij} = 0$.

در این مطالعه از ماتریس وزن مکانی K-Nearest neighbors استفاده شده‌است با $k=8$ به این صورت که هر ناحیه با ۸ ناحیه اطراف خود دارای ارتباط مکانی می‌باشد.

دامنه‌ی این شاخص بین ۱ و -۱ است وقتی مقادیر مشابه در مجاورت یکدیگر قرار بگیرند به آن همبستگی مثبت گفته می‌شود. اگر مقادیر متفاوت در مجاورت یکدیگر باشند، به آن

^۱Anselin local Moran's

اپیدمولوژی استفاده شده است. در این مطالعه دو مدل اتورگرسیو شرطی *leroux* و مدل اتورگرسیو شرطی BYM با استفاده از ماتریس وزنی که ۸ ناحیه همسایه در اطراف هر ناحیه را در نظر گرفته به مدل‌سازی داده‌های مربوط به بیماران سکنه‌های مغزی و قلبی در شهر تهران پرداخت شد.

۲-۳-۱ مدل اتورگرسیو شرطی *leroux*

[۱۴] مدل اتورگرسیو شرطی پسین برای مدل‌سازی که شامل اثرات تصادفی مستقل می‌باشد را به صورت زیر ارائه نموده‌اند.

$$\Psi_K = \Phi_K \quad (۶)$$

$$\Phi_K | \Phi_{-K}, W, \tau^2, \rho \sim N\left(\frac{\rho \sum_{i=1}^K w_{ki} \Phi_i}{\rho \sum_{i=1}^K w_{ki} + 1 - \rho}, \frac{\tau^2}{\rho \sum_{i=1}^K w_{ki} + 1 - \rho}\right) \quad (۷)$$

$$\tau^2 \sim \text{Inverse} - \text{Gamma}(a, b) \quad (۸)$$

در اینجا ρ پارامتر وابستگی فضایی است که مقادیری بین ۰ تا ۱ را اختیار می‌کند و Φ همبستگی با اثرات تصادفی است که دارای توزیع نرمال می‌باشد ($\Phi_K \sim N(0, \tau^2)$).

۲-۳-۲ مدل اتورگرسیو شرطی BYM

این مدل [۱۵] ارائه شده است که شامل خودهمبستگی فضایی و اثرات تصادفی مستقل به صورت رابطه‌ی زیر است:

$$\Psi_K = \Phi_K + \theta_k \quad (۹)$$

$$\Phi_K | \Phi_{-K}, W, \tau^2, \rho \sim N\left(\frac{\sum_{i=1}^K w_{ki} \Phi_i}{\sum_{i=1}^K w_{ki}}, \frac{\tau^2}{\sum_{i=1}^K w_{ki}}\right) \quad (۱۰)$$

$$\theta_k \sim N(0, \sigma^2) \quad (۱۱)$$

$$\tau^2, \sigma^2 \sim \text{Inverse} - \text{Gamma}(a, b) \quad (۱۲)$$

در اینجا $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$ اثرات تصادفی مستقل هستند با میانگین صفر و واریانس ثابت، همبستگی با اتفاقات تصادفی $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_K)$ مدل می‌شود. به طور پیش فرض مقادیر پارامترهای (τ^2, σ^2) برابر است با $(a=1, b=0.01)$. این مدل حاوی دو اثر تصادفی برای هر نقطه از داده است و از آنجائیکه مجموع آن‌ها از داده قابل شناسایی است فقط $\psi_k = \phi_k + \theta_k$ به کار بر برگردانده می‌شود.

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{X})}{\sigma^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_{ij} - \bar{X}) \quad (۵)$$

$$(i \neq j)$$

I_i شاخص خودهمبستگی محلی موران برای نمونه i ام می‌باشد، σ^2 واریانس کلی همه نمونه‌ها می‌باشد، و پارامترهای دیگر در فرمول شاخص موران رابطه (۱) تعریف شده‌اند مقدار مثبت شاخص محلی موران نشان‌دهنده‌ی این است که ناحیه مورد بررسی توسط نواحی با ویژگی مشابه احاطه شده است بنابراین در یک خوشه^۱ قرار دارند حالا این خوشه می‌تواند از نوع (High-High) باشد که در آن‌ها ویژگی‌های مشابه همگی به صورت زیاد اتفاق افتاده است در این مطالعه یعنی رخداد سکنه‌های مغزی و قلبی در این ناحیه و نواحی اطراف آن زیاد است و یا از نوع (Low-Low) باشد که در آن‌ها ویژگی‌های مشابه به صورت کم اتفاق افتاده است در این مطالعه یعنی رخداد سکنه‌های مغزی و قلبی در آن ناحیه و نواحی اطراف آن کم است بنا براین در یک بخش مجزا^۳ قرار می‌گیرد که این دسته‌بندی می‌تواند به صورت (High-Low) باشد که در آن ناحیه ویژگی مورد نظر به صورت زیاد رخ داده اما در نواحی اطراف آن به صورت کم و در این مطالعه یعنی رخداد سکنه‌های مغزی و قلبی در آن ناحیه بالا بوده ولی در نواحی اطراف آن کم رخ داده است. و یا در دسته دیگری قرار بگیرند که به صورت (low-High) نشان داده می‌شود و به این معناست که رخداد سکنه‌های مغزی و قلبی در ناحیه‌ی مورد بررسی با نرخ پایین اتفاق افتاده اما در نواحی اطراف آن با نرخ بالا اتفاق افتاده است [۱۳].

۲-۳ مدل‌های اتورگرسیو شرطی

داده‌های که از لحاظ موقعیت قرارگیری در فضا به یکدیگر وابسته باشند داده‌های فضایی نامیده می‌شوند که قابل مدل‌سازی با کمک مدل‌های اتورگرسیو فضایی می‌باشند. در مدل‌های اتورگرسیو شرطی از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاد شده است، این مدل‌ها برای تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند از این مدل‌ها در حوزه‌های مختلفی هم چون اقتصادی جمعیت‌شناختی و

^۱ cluster
^۲ outlier

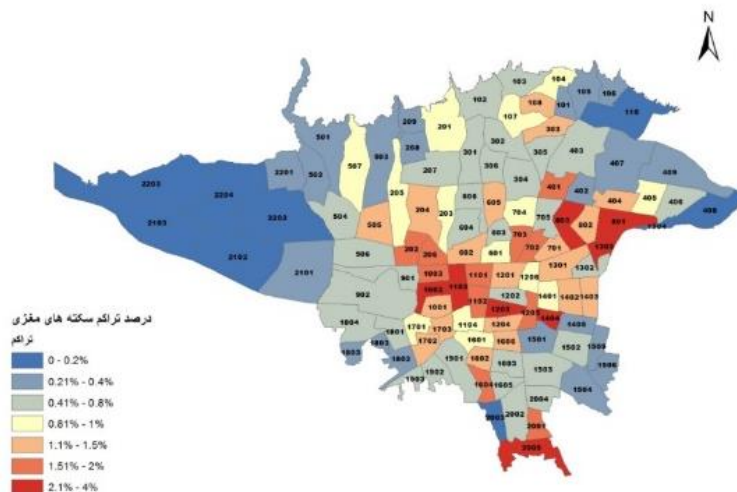
۳-۳ معرفی محدوده پژوهش

تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده است گستره‌ی کنونی آن از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته‌است و به ۲۲ منطقه و ۱۱۲ ناحیه شهری تقسیم شده‌است و ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد کلانشهر تهران بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ دارای جمعیت بالغ بر ۸,۶۹۳,۷۰۶ نفر پرجمعیت ترین شهر ایران می‌باشد تهران بیست و چهارمین شهر پر جمعیت جهان است

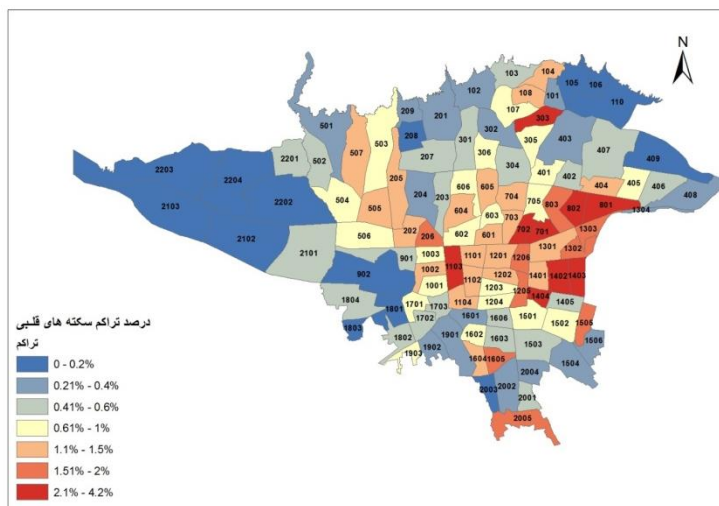
۴-۲ توصیف داده‌های پژوهش

داده‌های شبکه‌ای آن دسته از داده‌های فضایی هستند که موقعیت فضایی داده‌ها به صورت ناحیه‌ای است داده‌های استفاده شده در این مطالعه از نوع شبکه‌ای می‌باشد. داده‌های جمعیتی هر ناحیه از شهر تهران با استفاده از اطلاعات موجود در پرتال شهرداری‌های هر منطقه جمع آوری شد و هم‌چنین اطلاعات مربوط به بیماران سکته قلبی که از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا پایان آذر ماه ۱۳۹۷ توسط اورژانس به بیمارستان‌های تهران منتقل شده بودند برابر بود با ۲۰۰۰ بیمار که بعد از تبدیل آدرس محلی که افراد در آن نقاط دچار سکته شده‌اند به ژئوکد در نهایت ۱۹۶۷ بیمار وارد تحلیل‌های فضایی شدند و هم‌چنین اطلاعات مربوط به بیماران سکته مغزی که شامل ۳۰۰۰ داده در همین تاریخ بود و بعد از تبدیل به ژئوکد تعداد ۲۶۳۸ عدد از آنها وارد تجزیه و تحلیل‌ها شده‌است در این مطالعه آدرس محل رخداد سکته را به ژئوکد تبدیل کرده و به صورت نقاطی بر روی نقشه نواحی شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار Arc gis تبدیل شد و سپس تعداد سکته‌های قلبی و مغزی در

هر ناحیه را به عنوان یک خصیصه جدید محاسبه کردیم و هم‌چنین برای از بین بردن تاثیر تراکم جمعیت در نواحی و مناطق مختلف نرخ وقوع سکته مغزی و سکته قلبی هر ناحیه را محاسبه نبوده و سپس به کمک ابزار شاخص اندازه‌گیری خودهمبستگی موران میزان خودهمبستگی فضایی این سکته‌ها را هر کدام به تفکیک نوع آن‌ها در نواحی شهر تهران محاسبه شد و در نتیجه با مشاهده‌ی وجود خودهمبستگی فضایی موجود بین آنها به بررسی توزیع پراکندگی آنها با استفاده از ابزار لکه‌های داغ و تحلیل خوشه‌بندی پرداخته شد فرض صفر در آزمون خودهمبستگی فضایی برابر است با اینکه این رخداد به طور کاملاً تصادفی در فضا پراکنده شده‌است. با توجه به نتایج و با توجه به مقدار p-value این آزمون، فرض صفر پذیرفته نمی‌شود بنابراین بین نرخ سکته مغزی و سکته قلبی با نواحی شهر تهران از نظر فضایی خودهمبستگی فضایی وجود دارد. که میزان شاخص موران برای بیماران سکته مغزی برابر است با ۰.۱ و برای سکته قلبی برابر است با ۰.۰۵ که این نشان‌دهنده‌ی خودهمبستگی از نوع خوشه‌ای است. با توجه به اینکه وجود خودهمبستگی در نواحی شهر تهران ناشی از تاثیر عوامل بسیار زیادی می‌تواند باشد در این مطالعه ۲ عامل آلودگی هوا با شاخص AQI و سطح‌بندی توسعه‌یافتگی مناطق شهر تهران در نظر گرفته شد که به مدل‌سازی تاثیر این عوامل در نرخ وقوع سکته‌های قلبی و مغزی با استفاده از روش اتورگرسیو شرطی با نرم‌افزار R پرداخته شد. داده‌های مربوط به آلودگی هوا از سایت کنترل کیفیت هوا در طول بازه‌ی زمانی داده‌های این پژوهش تهیه شد و هم‌چنین داده‌های سطح‌بندی ۲۲ منطقه تهران مربوط به نتایج مطالعات [۱۶] است. شکل ۱ و شکل ۲ برای توصیف داده‌های سکته‌های مغزی و قلبی به صورت درصد تراکم سکته‌های قلبی و مغزی در نواحی مختلف قابل مشاهده است.



شکل ۱: درصد تراکم سکته‌های مغزی در نواحی شهر تهران، عدد اول روی هر ناحیه نشان‌دهنده منطقه و عدد دوم نشان‌دهنده ناحیه است



شکل ۲: درصد تراکم بیماران سکته قلبی در نواحی شهر تهران

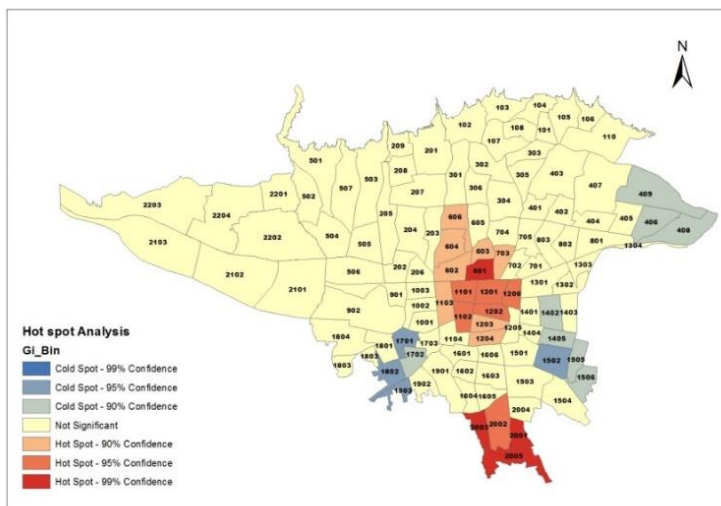
شاخص مثبت است پس این خود همبستگی از نوع خوشه‌ای می‌باشد ولی با توجه به این که این مقادیر نزدیک به صفر هستند خودهمبستگی فضایی این رخداد در نواحی مختلف تهران ضعیف می‌باشد.

۳- مدل‌سازی و بحث

میزان شاخص عمومی موران برای هر دو نوع سکته در جدول ۱ آورده شده است از آنجایی که برای هر دو نوع سکته عدد این

جدول ۱: شاخص خودهمبستگی فضایی کلی موران

	سکته مغزی	سکته قلبی
Moran's Index	۰.۱۰۲۳۹۱	۰.۰۵۸۱۳۱
Expected Index	-۰.۰۰۰۹	-۰.۰۰۰۹
Variance	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۱۱
z-score	۲.۸۵۸۱۲۲	۱.۹۷۷۴۵۴
p-value	۰.۰۰۴۲	۰.۰۴۷

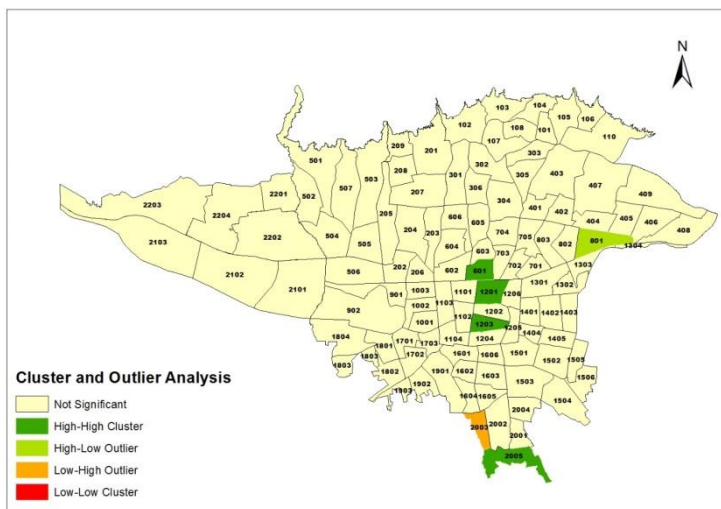


شکل ۳: تحلیل نقاط داغ مربوط به بیماران سکنه مغزی

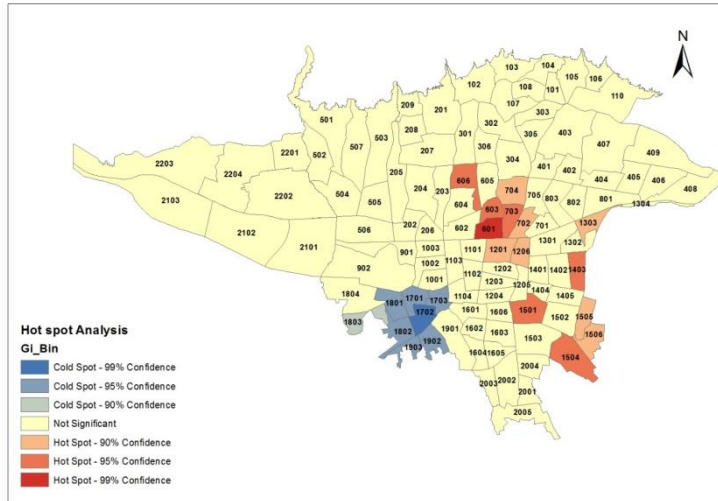
سکنه مغزی در نواحی {۶،۸،۳} از منطقه ۴ نواحی {۵،۲} از منطقه ۱۴ نواحی {۴،۵،۲} از منطقه ۱۵ نواحی {۲،۱} از منطقه ۱۷ ناحیه ۲ از منطقه ۱۸ و ناحیه ۳ از منطقه ۱۹ با نرخ پایین اتفاق افتاده است و در بقیه‌ی نواحی تفاوت معناداری وجود ندارند.

۳-۱ تحلیل نقاط داغ برای بیماران سکنه مغزی

با توجه به این تحلیل وقوع سکنه مغزی در نواحی {۴،۶،۳،۲،۱} از منطقه ۶ و ناحیه ۳ از منطقه‌ی ۷ نواحی {۳،۲،۱} از منطقه ۱۱ نواحی {۴،۶،۳،۲،۱} از منطقه‌ی ۱۲ و نواحی {۵،۳،۲،۱} از منطقه ۲۰ دارای نرخ بالا سکنه مغزی است و همچنین وقوع



شکل ۴: تحلیل خودهمبستگی محلی موران بیماران سکنه‌ی مغزی

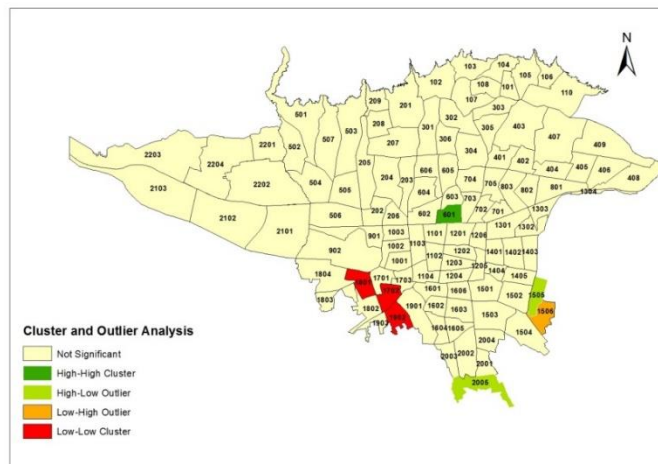


شکل ۵: تحلیل لکه‌های داغ برای بیماران سکته قلبی در شهر تهران

۳-۳ تحلیل نقاط داغ برای بیماران سکته‌ی قلبی

{۴,۳,۲} از منطقه ۱۴ {۴,۵,۶} از منطقه ۱۵ نیز خوشه‌هایی هستند که در آن‌ها نرخ سکته قلبی بالاست و ناحیه ۱ از منطقه ۱۰ و نواحی {۳,۲,۱} از منطقه ۱۷ و نواحی {۳,۲,۱} از منطقه ۱۸ و نواحی {۳,۲} از منطقه ۱۹ نقاط سرد هستند و سکته قلبی در این نواحی با نرخ پایین اتفاق افتاده است.

با توجه به این تحلیل نواحی {۳,۵,۶,۱} از منطقه ۶ و نواحی {۴,۳,۲,۱} از منطقه ۷ نواحی {۶,۱} از منطقه‌ی ۱۲ شامل یکی از خوشه‌های شهر تهران می‌باشند که نرخ سکته قلبی در آن‌ها بالاست و همچنین ناحیه ۲ از منطقه ۱۳ و نواحی



شکل ۶: تحلیل خودهمبستگی محلی موران برای بیماران سکته قلبی

۳-۴ تحلیل خودهمبستگی محلی موران برای بیماران سکته قلبی

نیز دارای نرخ بالای سکته قلبی می‌باشند ناحیه ۵ از منطقه ۱۵ و همچنین ناحیه ۵ از منطقه ۲۰ دارای نرخ بالای سکته مغزی هستند اما این نرخ در نواحی اطراف آن‌ها پایین است ناحیه ۶ از منطقه ۱۵ دارای نرخ پایین سکته همچنین ناحیه ۲ از مناطق ۱۷ و ۱۹ و ناحیه ۱ از منطقه ۱۸ در خوشه قرار دارند که نرخ بروز سکته قلبی در آن‌ها و در نواحی اطرافشان پایین است.

با توجه به نتایج ناحیه ۱ از منطقه ۶ در خوشه‌ای قرار دارد که نرخ بروز سکته قلبی در آن بالا بوده و همچنین نواحی اطراف آن

جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است و اشتراک و اختلاف نواحی و مناطق از جهت نوع پراکندگی سکته‌ها قلبی و مغزی در این جداول قابل مشاهده است.

۳-۵ خلاصه نتایج تحلیل‌های لکه‌های داغ و خودهمبستگی محلی موران

با توجه به بررسی‌های انجام شده نواحی و مناطقی که دارای نرخ وقوع بالا و نرخ وقوع پایین سکته مغزی و قلبی می‌باشند در

جدول ۲: وقوع سکته مغزی و قلبی با نرخ بالا با توجه به تحلیل نقاط داغ و خودهمبستگی محلی موران

		وقوع سکته با نرخ بالا										
سکته مغزی	مناطق	۶	۷	۸	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰		
	نواحی	۱	۲	۳	۴	۶	...	...	.....	۱	۲	۵
سکته قلبی	مناطق	۶	۷	۸	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰		
	نواحی	۱	۳	۴	۶	۲	۳	۴	۵	۶	۱۰	۱۵

جدول ۳: وقوع سکته‌های مغزی و قلبی با نرخ پایین با توجه به تحلیل نقاط داغ و خودهمبستگی محلی موران

		وقوع سکته با نرخ پایین										
سکته مغزی	مناطق	۴	۱۴	۱۷	۱۸	۱۹						
	نواحی	۶	۸	۹	۲	۵	۱	..	...	...	۲	....	۳
سکته قلبی	مناطق	۴	۱۴	۱۷	۱۸	۱۹						
	نواحی	.	.	.	..	..	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۲

[۱۴] با بهره‌گیری از ۴۷ شاخص در زمینه‌های اقتصادی، فرهنگی زیر بنایی به بررسی توسعه پایدار با روش‌های عاملی و خوشه‌بندی در مناطق ۲۲ گانه تهران پرداختند و در نهایت به رتبه‌بندی مناطق مختلف از لحاظ توسعه‌یافتگی رسیدند.

۳-۶-۱ مدل‌سازی داده‌های بیماران سکته مغزی

در این قسمت به مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از دو مدل اتورگرسیون شرطی BYM و $leroux$ پرداخته شد جزئیات این دو مدل در بخش‌های قبلی به طور کامل توضیح داده شده است در این بخش نتایج این دو مدل با هم مقایسه گردید و در نهایت مدل با دقت بالاتر انتخاب شده و جزئیات آن در جدول ۵ و ۷ نشان داده شد و در نهایت برای هر کدام از سکته‌ها پیش‌بینی فضایی در شکل‌های ۸ و ۱۰ قابل مشاهده است.

با توجه به جداول ۲ و ۳ در بسیاری از مناطق وقوع سکته مغزی و قلبی دارای روندی مشابه هستند و مناطق ۶، ۷، ۱۲ و ۲۰ دارای نرخ بالای وقوع هر دو سکته هستند بنابراین این مناطق دارای اهمیت بالایی برای تخصیص منابع بیمارستانی و اورژانس می‌باشند چرا که هر دو نوع سکته در این مناطق در حال وقوع با نرخ بالا هستند.

۳-۶-۲ مدل‌سازی داده‌ها بر اساس شاخص آلودگی هوا AQI و رتبه‌بندی سطح توسعه‌یافتگی مناطق مختلف

شاخص AQI برای آلاینده‌های اصلی PM_{10} ، $PM_{2.5}$ ، O_3 ، NO_2 ، SO_2 و CO محاسبه می‌شود و نشان‌دهنده کیفیت هوا است. بر اساس داده‌های موجود در سایت کنترل کیفیت هوای شهر تهران مقادیر روزانه شاخص AQI را گردآوری شد و متوسط این شاخص در طول دوره‌ی زمانی داده‌های این مطالعه از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا پایان آذر ماه سال ۱۳۹۷ به تفکیک مناطق محاسبه شد. مریم صالحی و همکاران در سال ۱۳۹۶

جدول ۴: مقایسه بین دو مدل برای بیماران سکته مغزی

	DIC	p.d	LMPL
CAR.LEROUX	۸۰۳.۱۶۵۵	۱۰۳.۸۴۴۴	-۴۵۳.۲۶
CAR.BYM	۸۰۳.۵۵۴۶	۱۰۳.۷۱۵۳	-۴۴۹.۴۲

مدل Leroux برای مدل‌سازی انتخاب شد و جزئیات آن در جدول ۵ قابل مشاهده است.

با توجه به این که مدلی که مقدار DIC آن کمتر بوده و مقدار LMPL آن بیشتر باشد دارای دقت بالاتری است در نتیجه

جدول ۵: جزئیات مدل carleroux برای بیماران سکته مغزی

	Median	2.50%	97.50%	n.effective	Geweke.diag
(Intercept)	۳.۹۶۶۹	۳.۰۴۶۱	۴.۹۰۸۵	۱۳۸.۱	۱.۴
ranking	-۰.۰۲۷۹	-۰.۰۵۸۲	۰.۰۰۷۶	۱۳۱.۱	-۲.۰
AQI	-۰.۰۰۴۵	-۰.۰۱۵۸	۰.۰۰۶۱	۱۳۵.۰	-۰.۸
tau2	۰.۴۸۷۹	۰.۳۶۰۰	۰.۶۷۳۸	۱۴۸۱۰.۵	۱.۰
Rho	۰.۴۸۶۵	۰.۰۶۷۰	۰.۸۳۶۹	۲۳۷۶.۱	-۰.۳

۳-۶-۲ نقشه واریانس نرخ سکته مغزی پیش‌بینی شده

با توجه به پیش‌بینی نرخ سکته مغزی نقشه واریانس نرخ سکته مغزی پیش‌بینی شده در نواحی مختلف نیز در شکل ۹ قابل مشاهده است.

با توجه به شکل ۹ نرخ سکته مغزی در مناطق با نرخ بالا بین ۱/۱ تا ۲/۲ متغیر است.

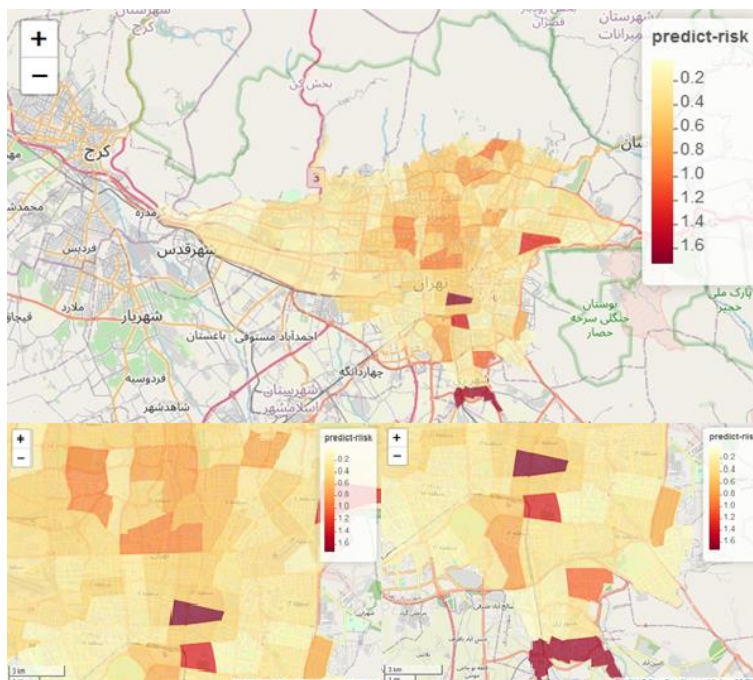
۳-۶-۳ مدل‌سازی داده‌های بیماران سکته قلبی

با توجه به این که مدلی که مقدار DIC آن کمتر بوده و مقدار LMPL آن بیشتر باشد دارای دقت بالاتری است در نتیجه مدل BYM برای مدل‌سازی انتخاب شده است و جزئیات آن در جدول ۶ قابل مشاهده است

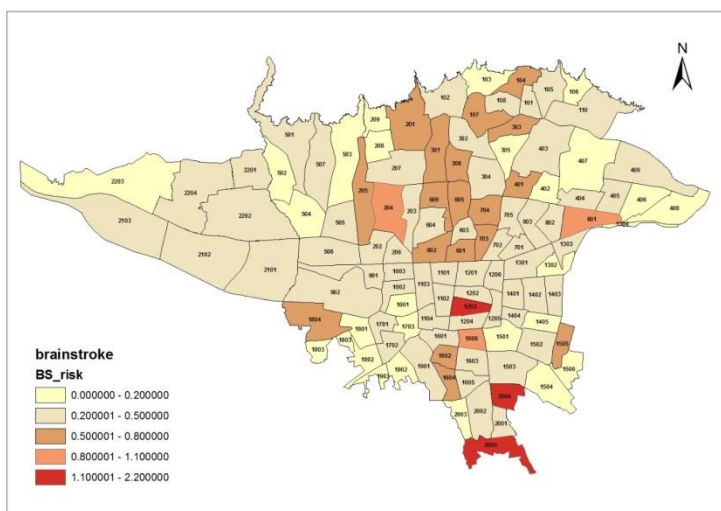
با توجه به جدول ۵ متوسط عامل رتبه‌بندی سطح توسعه‌یافتگی مناطق تهران در فاصله اطمینان ۹۵٪ وجود ندارد و هم‌چنین با توجه به شاخص Geweke diag شاخصی که توسط (Geweke) در سال ۱۹۹۹ [۱۷] ارائه شده یک همگرایی تشخیصی برای زنجیره‌های مارکوف را بر اساس آزمایش برای برابری قسمت اول و آخر یک زنجیره مارکوف (به طور پیش فرض ۱۰٪ اول و ۵۰٪ آخر) ارائه می‌دهد. این یک روش تشخیصی به صورت نمره Z است و در صورت قرار گرفتن آماره در محدوده (۱/۹۶، -۱/۹۶) همگرایی آن اثبات می‌گردد بنابراین این در این مدل عامل اثرگذار آلودگی هوا است.

پیش‌بینی نرخ سکته مغزی با توجه به مدل برگزیده در شکل ۸ قابل مشاهده است.

همانطور که در شکل بالا مشخص است نرخ سکته در نواحی از مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ مقادیر بالایی نسبت به سایر مناطق داراست که از این اطلاعات می‌توان برای تخصیص منابع اورژانس و بیمارستان‌ها استفاده کرد.



شکل ۸: نرخ سگته مغزی پیش‌بینی شده در مناطق مختلف تهران



شکل ۹: نقش واریانس نرخ سگته پیش‌بینی شده

جدول ۶: مقایسه بین دو مدل برای بیماران سگته قلبی

	DIC	p.d	LMPL
CAR.LEROUX	۷۴۴.۵۸۵۳	۱۰۱.۳۳۷۱	-۴۲۴.۱۵
CAR.BYM	۷۴۴.۳۲۸۲	۱۰۰.۵۷۶۳	-۴۲۰.۹

جدول ۷: جزئیات مدل carleroux برای بیماران سکته قلبی

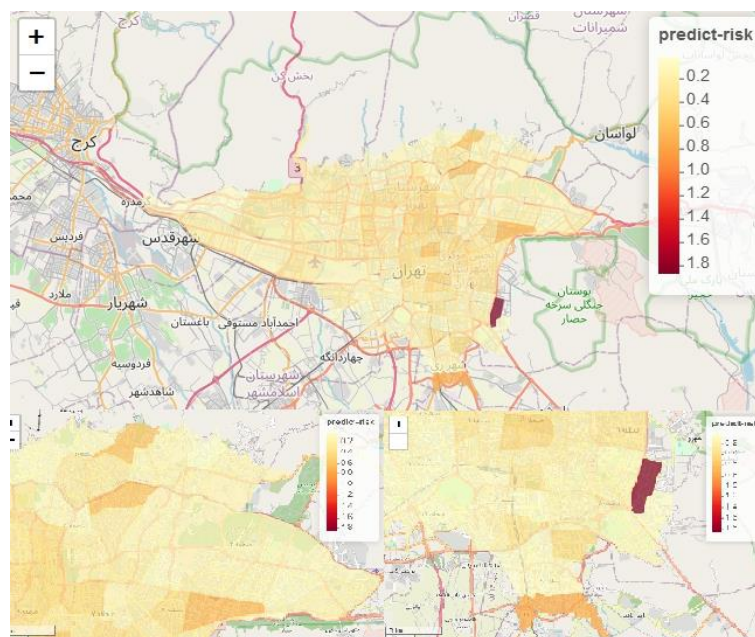
	Median	2.50%	97.50%	n.effective	Geweke.diag
(Intercept)	۳.۶۶۳۲	۲.۷۰۵۸	۴.۷۰۶۰	۲۵۶.۱	-۰.۱
Ranking	-۰.۰۴۱۵	-۰.۰۷۷۹	۰.۰۰۶۳	۱۳۱.۱	-۱.۹
AQI	-۰.۰۰۵۲	-۰.۰۱۷۷	۰.۰۰۵۸	۲۵۸.۲	-۱.۷
tau2	۰.۰۶۸۷	۰.۰۰۴۹	۰.۳۶۰۵	۷۶.۵	۱.۳
Sigma	۰.۴۶۰۹	۰.۱۵۶۰	۰.۷۳۹۰	۲۰۱.۸	-۱.۲

در مدل بالا متوسط هر دو عامل رتبه‌بندی سطح توسعه‌یافتگی مناطق مختلف و آلودگی هوا در فاصله اطمینان ۹۵٪ آن قرار دارد و مدل نرخ سکته قلبی را با توجه به اثر هر دو عامل پیش‌بینی کرده است. پیش‌بینی نرخ سکته قلبی با توجه به مدل برگزیده در شکل ۱۰ قابل مشاهده است.

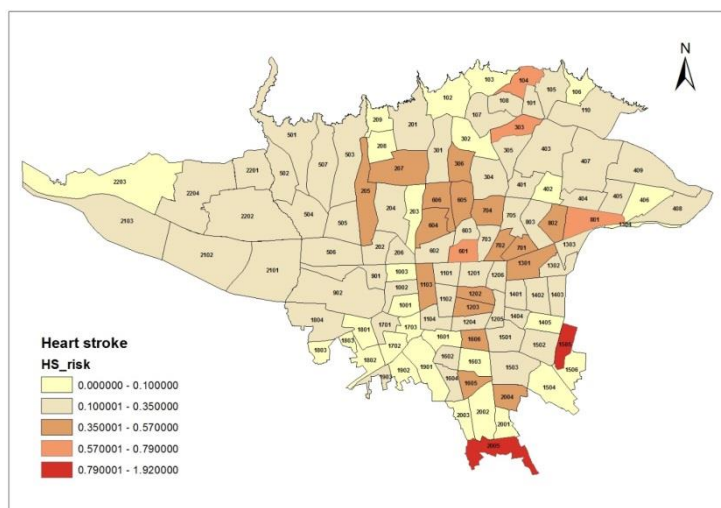
با توجه به نتایج شکل ۱۰ نرخ سکته قلبی در نواحی از مناطق ۱، ۳، ۶، ۸، ۱۲، ۱۵، ۲۰ دارای مقادیر بالاتری نسبت به سایر مناطق می‌باشد.

۳-۶-۲ نقشه واریانس نرخ سکته قلبی پیش‌بینی شده

با توجه به پیش‌بینی نرخ سکته قلبی نقشه واریانس نرخ سکته قلبی در نواحی مختلف نیز در شکل ۱۱ قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۱۱ نرخ سکته قلبی در مناطق با نرخ بالا بین ۰/۷۹ تا ۱/۹۲ متغیر است.



شکل ۱۰: نرخ سکته قلبی پیش‌بینی شده در مناطق مختلف تهران



شکل ۱۱: نقش واریانس نرخ سکته قلبی پیش‌بینی شده

این صورت است که در ناحیه‌هایی از مناطق ۱، ۲، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ نرخ بالای سکته مغزی و همچنین در نواحی از مناطق ۱، ۳، ۶، ۸، ۱۲، ۱۵، ۲۰ نیز نرخ بالای سکته قلبی نسبت به سایر مناطق شهر تهران پیش‌بینی شده است. و همچنین نرخ سکته مغزی پیش‌بینی شده در مناطقی با نرخ بالا بین ۱/۱ تا ۲/۲ متغیر است و نرخ سکته قلبی پیش‌بینی شده در مناطقی با نرخ بالا بین ۰/۷۹ تا ۱/۹۲ متغیر است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های اورژانس که در واقع به بررسی همه‌ی افرادی که دچار این عارضه شده‌اند پرداخته و علاوه بر افرادی که ممکن است بعد از انتقال به بیمارستان فوت کرده باشند بسیاری دیگر دچار عوارض ناشی از این دو نوع سکته بوده و در قید حیات می‌باشند بنابراین با استفاده از این نتایج می‌توان به مدیریت منابع اورژانس و همچنین مدیریت مراکز خدمات‌دهنده به بیمارانی که بعد از سکته دچار ناتوانایی شده‌اند و نیازمند خدمات بهداشتی و مراقبتی و توانمندسازی می‌باشند پرداخت. نتایج خودهمبستگی فضایی نشان‌دهنده‌ی نرخ وقوع بالای سکته در منطقه ۱۲ است و این منطقه مربوط به بازار می‌باشد بنابراین سایر پژوهشگران می‌توانند به بررسی سطح استرس و ارتباط آن با مرگ و میرهای ناشی از سکته‌های مغزی و یا قلبی بپردازند.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

بر اساس تحلیل‌های انجام شده در این مطالعه سکته‌های مغزی و قلبی از لحاظ فضایی در نواحی شهر تهران دارای خودهمبستگی ضعیف از نوع خوشه‌ای می‌باشند و با توجه به تحلیل‌های نقاط داغ و تحلیل‌های خوشه‌بندی نواحی از مناطق ۲۰، ۱۲، ۱۱، ۷، ۶، ۲۰ دارای نرخ بالای رخداد سکته مغزی می‌باشند و نواحی از مناطق ۴، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸ دارای نرخ پایین سکته‌های مغزی می‌باشند و در سایر مناطق این پراکندگی معنا دار نیست و همچنین ناحیه‌هایی از مناطق ۶، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۰ دارای نرخ سکته قلبی بالا و نواحی از مناطق ۱۰، ۱۷، ۱۸، ۱۹ دارای نرخ پایین رخداد سکته قلبی می‌باشند. با توجه به نتایج جداول ۲ و ۳ مناطق ۶، ۷، ۱۲ و ۲۰ دارای نرخ بالای وقوع هر دو سکته هستند این نتایج با توجه به داده‌های موجود در حال حاضر بدست آمده است. بعد از انجام مطالعات در خصوص نرخ سکته مغزی قلبی و مغزی و مشخص شدن وجود خودهمبستگی فضایی در نواحی مختلف این خودهمبستگی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد که در این مطالعه به بررسی تاثیر دو عامل شاخص آلودگی هوا و سطح‌بندی توسعه‌یافتگی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بر سکته‌های مغزی و قلبی پرداخته شد و بعد از مدل‌سازی این داده‌ها با مدل‌های اتورگرسیو شرطی نرخ سکته‌های مغزی و قلبی پیش‌بینی شده در مناطق مختلف به

global and local modeling approaches. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 11, 109-123.

مراجع

- [9] Maheswaran, R., Haining, R. P., Brindley, P., Law, J., Pearson, T., Fryers, P. R., & Campbell, M. J. (2005). Outdoor air pollution and stroke in Sheffield, United Kingdom: a small-area level geographical study. *Stroke*, 36(2), 239-243.
- [10] Rogerson, P. A. (2019). *Statistical methods for geography: a student's guide*. SAGE Publications Limited.
- [11] Zhang, C., Luo, L., Xu, W., & Ledwith, V. (2008). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Science of the total environment*, 398(1-3), 212-221.
- [12] Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115.
- [13] Feng, Y., Chen, L., & Chen, X. (2019). The impact of spatial scale on local Moran's I clustering of annual fishing effort for *Dosidicus gigas* offshore Peru. *Journal of Oceanology and Limnology*, 37(1), 330-343.
- [14] Lunn D, Spiegelhalter D, Thomas A, Best N (2009). "The BUGS Project: Evolution, Critique and Future Directions." *Statistics in Medicine*, 28, 3049–3082.
- [15] Besag J, York J, Mollié A (1991). "Bayesian Image Restoration with Two Applications in Spatial Statistics." *Annals of the Institute of Statistics and Mathematics*, 43, 1–59.
- [۱۶] صالحی، مریم، موسی زاده، حسین، اسمعیلی، فضل‌اله. (۲۰۱۸). سطح‌بندی مناطق کلانشهر تهران از لحاظ شاخص‌های توسعه پایدار با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌ای، معماری و شهرسازی پایدار، ۹۰-۷۵، (۱).
- [17] Geweke J (1992). "Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments." In *IN BAYESIAN STATISTICS*, pp. 169–193. University Press.
- [1] GHARAH, K. M., NAGHSH, T. B., Emami, F., & SEYF, R. M. (2007). Evaluation of the time interval between the beginning of acute chest pain in the patients with acute myocardial infarction and admission of them at coronary care unit and the related factors.
- [2] Dworkis, D. A., Marvel, J., Sanossian, N., & Arora, S. (2019). Neighborhood-level stroke hot spots within major United States cities. *The American journal of emergency medicine*.
- [۳] شاددل، لیا، رهنما، محمدرحیم، و خوارزمی، امیدعلی. (۲۰۱۷). تحلیل خودهمبستگی فضایی مرگ و میر بانوان و دسترسی به فضاهای سبز شهری (ویتامین G) در شهر مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، 32(3), 10-22.
- [4] Luo, L., Jiang, J., Zhang, G., Wang, L., Wang, Z., Yang, J., & Yu, C. (2017). Stroke mortality attributable to ambient particulate matter pollution from 1990 to 2015 in China: an age-period-cohort and spatial autocorrelation analysis. *International journal of environmental research and public health*, 14(7), 772.
- [۵] رضاییان، محسن. هداری‌نژاد، آرش. و اسماعیلی ندیمی، طباطبایی. (۲۰۰۷). اپیدمیولوژی جغرافیایی مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی در شهرستان‌های استان کرمان. مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران، ۴(۱)، ۳۵-۴۱.
- [6] Pandian, J. D., Singh, G., Kaur, P., Bansal, R., Paul, B. S., Singla, M., & Mehmi, G. (2016). Incidence, short-term outcome, and spatial distribution of stroke patients in Ludhiana, India. *Neurology*, 86(5), 425-433.
- [7] Poulou, T., & Elliott, S. J. (2009). An exploratory spatial analysis of overweight and obesity in Canada. *Preventive medicine*, 48(4), 362-367.
- [8] Odoi, A., & Busingye, D. (2014). Neighborhood geographic disparities in heart attack and stroke mortality: comparison of