

مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق) / دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ / ص ۱۲۷-۱۱۳

DOI: 10.22059/jhsci.2020.304976.571

تحلیل الگوهای مکانی-زمانی اپیدمی ویروس کووید ۱۹ و مخاطرات آن در ایران

محمد رحیم رهنما

استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مهدی بازگان*

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۴/۳ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۶/۱)

چکیده

کووید ۱۹ یکی از بیماری‌های واگیردار و عفونی قرن بیست و یکم است که از اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹ به صورت شیوع پنومونی از ووهان چین به سراسر جهان گسترش یافت. تحلیل الگوهای مکانی-زمانی ویروس کرونا با استفاده از GIS در درک تفاوت توزیع جغرافیایی این اپیدمی و نیز مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشت جامعه در کشور اهمیت فراوانی دارد. از این رو بررسی جغرافیایی این بیماری به منظور کنترل و پیشگیری آن ضروری است. در پژوهش کاربردی و توصیفی-تحلیلی حاضر، با استفاده از آمار فضایی به تحلیل مکانی-زمانی و نیز مدل‌سازی پخش فضایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا در کشور پرداخته شده است. جامعه آماری پژوهش، ۳۱ استان کشور است که داده‌های مبتلایان به ویروس کرونا در دامنه زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردین ۱۳۹۹ (۲۱۶۳۸ نفر) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل از خودهمبستگی فضایی نشان می‌دهد که استان‌های تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد در خوشه HH قرار دارند، بدین معنا که تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در این استان‌ها بیشتر از میانگین بوده که ۳۲/۲۶ درصد استان‌های کشور را در بر می‌گیرد. همچنین تحلیل لکه‌های داغ در خصوص تعداد مبتلایان به ویروس کرونا نشان داد که استان‌های قم، تهران، گلستان، سمنان، اصفهان، مازندران و البرز در خوشه‌های داغ و استان‌های بوشهر، ایلام و کرمانشاه در خوشه‌های سرد قرار دارند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که مهم‌ترین عامل جغرافیایی انتشار ویروس کرونا در کشور، فاصله و مجاورت مکانی استان‌های درگیر با این بیماری بوده که از الگوی پخش فضایی سازش‌پذیر تبعیت می‌کند. از این رو ممنوعیت سفر به شهرهای زیارتی به‌ویژه مشهد و ارائه خدمات سازمان‌ها و ادارات به صورت الکترونیکی و غیر حضوری با هدف کاهش حضور مردم در جامعه، پیشنهادهای پژوهش حاضر به منظور کاهش شیوع بیماری کرونا در کشور است.

واژه‌های کلیدی: اپیدمیولوژی، انتشار فضایی، ایران، تحلیل مکانی-زمانی، کووید ۱۹، مخاطرات.

مقدمه

در قرن حاضر، شیوع بیماری واگیردار کووید ۱۹، تهدیدهای بهداشتی بزرگی را برای سلامت عمومی جهان ایجاد کرده است [۱۶]. با وجود پیشرفت‌های شایان توجه در زمینه مبارزه با بیماری‌ها، هنوز بیماری‌های واگیردار اهمیت خاصی در اپیدمیولوژی و بهداشت جامعه دارند [۲۵]. یکی از کاربردهای اصلی علم اپیدمیولوژی یا همه‌گیرشناسی، تسهیل شناسایی مناطق جغرافیایی و گروه‌های آسیب‌پذیر است که در معرض خطر بیشتر ابتلا به بیماری‌ها و درگیری با عوامل خطر بروز مرگ‌ومیر قرار دارند [۱۴]. شناسایی این مناطق جغرافیایی و گروه‌های در معرض خطر به انتخاب مناسب اقدام‌های بهداشتی - درمانی و اجتماعی برای کاهش عوامل خطر آفرین کمک می‌کند [۷]. کارشناسان بهداشت از حدود ۱۵۰ سال پیش برای تجزیه و تحلیل مکانی بیماری‌ها از نقشه استفاده می‌کردند. برای نمونه در سال ۱۸۴۰ میلادی در گلاسکو با بهره‌گیری از نقشه برای نمایش ارتباط بین جمعیت و شیوع تب زرد، نشان داده شد که در مناطق مهاجرپذیر شیوع این بیماری بیشتر است [۱۸]. همه‌گیرشناسی جغرافیایی، بخشی از همه‌گیرشناسی توصیفی است که به بررسی توزیع جغرافیایی شدت ابتلا و مرگ‌ومیر می‌پردازد [۱۲]. یکی از مهم‌ترین کاربردهای همه‌گیرشناسی جغرافیایی، دستیابی به سرنخ‌هایی برای تعیین علل بیماری‌ها، آسیب‌ها یا مرگ‌ومیرهاست [۲۲]. آستانه سازگاری جغرافیایی ویروس کرونا در کشورهای مختلف یکسان نیست [۵]. نخستین مرحله در تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی، به تصویر کشیدن آنها به‌ویژه در قالب نقشه‌های جغرافیایی است [۹] که الگوی توزیع جغرافیایی بیماری‌ها، آسیب‌ها و مرگ‌ومیرها را به‌نحو مشخصی نمایان می‌کند و راه را برای ایجاد فرضیه‌های سبب‌شناسی هموار می‌سازد [۲۲]. از آنجا که جدول‌های آماری در مقایسه با نقشه‌ها، از این توانایی برخوردار نیستند، در سالیان اخیر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌ها در علوم بهداشتی و پزشکی افزایش چشمگیری داشته است [۱۰، ۱۱]. سال‌هاست که GIS در بخش‌های کشاورزی، اقتصادی، منابع طبیعی، طراحی شهری و بخش‌های دیگر کاربرد دارد. اما با وجود این، یکی از مشکلات اصلی در زمینه GIS، کمبود داده‌ها و اطلاعات به‌هنگام و به‌روزرسانی شده است [۱۴]. با این حال استفاده از GIS در مدیریت بهداشت و درمان در مرحله ابتدایی است. به‌دلیل گستردگی و فعال بودن خدمات بهداشتی و درمانی در ایران، تمرکز بخش مدیریتی بهداشت و درمان در کشور، مشکلات موجود در اختصاص خدمات درمانی و بهداشتی به مناطق شهری و روستایی و نیز با توجه به توانایی‌های GIS استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدیران این بخش ضروری است

[۱۷]. سیستم اطلاعات جغرافیایی وسیله‌ای برای جمع‌آوری، ذخیره، انسجام، مدیریت، بازیافت، تجزیه و تحلیل و همچنین نمایش اطلاعات مکانی است که در تحقیقات اپیدمیولوژیکی و سیاست‌گذاری‌های بهداشتی می‌توان از آن استفاده کرد [۲۱، ۲۶]. کاربرد این سیستم در حوزه سلامت، به نسبت جدید است و زمینه‌ای اختصاصی برای کاربرد GIS نیست، ولی پیشرفت‌های اخیر حاکی از آن است که این سیستم در حوزه سلامت و حفاظت از محیط زیست، محیط‌شناسی بیماری‌ها و بهداشت جامعه، ابزاری ضروری و لازم‌الاجرا برای پردازش، آنالیز و قابل مشاهده کردن اطلاعات مکانی از طریق تولید نقشه هاست. به عبارتی تعیین موضع و مکان بیماری‌ها، بررسی مکانی امکانات مراقبت‌ها و خدمات بهداشتی و تعیین حدود و مرزهای جغرافیایی جامعه از اجزای ضروری مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشتی است که از طریق این سیستم قابل دستیابی شده‌اند [۱۳، ۱۹]. کاربرد GIS راه حل کاملی برای درک توزیع بیماری‌ها و مشکلات موجود در زمینه بهداشت جامعه نیست، اما به کمک آن می‌توان دریافت که انسان چگونه با محیط خود تعامل می‌کند و سبب ارتقا یا کاهش بهداشت محیط پیرامون خود می‌شود [۲۳]. ظرفیت مدلسازی مکانی در GIS به طور مستقیم در درک تفاوت توزیع مکانی بیماری‌ها و ارتباط آنها با فاکتورهای محیطی و سیستم مراقبت‌های بهداشتی کاربرد دارد، به طوری که در حال حاضر فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی، ابزاری مهم در تحقیقات و مدیریت بهداشتی در آفریقا است و از آن در پژوهش در زمینه بیماری‌های عفونی استفاده می‌شود [۲۷]. در جغرافیا شناخت مفهوم تحولات فضایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲]. فرکورت شیفر جغرافیا را علم قوانین حاکم بر نحوه پراکندگی و توزیع فضایی پدیده‌ها و چهره‌های ویژه سطح زمین می‌داند [۳]. گسترش شیوع ویروس کرونا همه کشورهای جهان را با یک بحران عظیم انسانی مواجه کرده، به طوری که تا ۲۹ جولای ۲۰۲۰، براساس آمار جهانی شیوع این بیماری، ۱۷۰۰۳۸۰۵ مورد مثبت بیماری کرونا در جهان ثبت شده که از این تعداد ۶۶۵۶۶۳ نفر (۳/۹ درصد) جان باخته‌اند [۲۸]. در ایران تا ۸ مرداد ۱۳۹۹، تعداد ۲۹۸۹۰۹ مورد مثبت کرونا اعلام شد و ۱۶۳۴۳ نفر (۵/۴ درصد) نیز جان باخته‌اند [۶]. این تحقیق با هدف بررسی جغرافیایی شیوع ویروس کرونا، به تحلیل الگوهای مکانی-زمانی ویروس کرونا و مدلسازی انتشار فضایی آن در کشور انجام گرفت.

روش تحقیق

پژوهش حاضر براساس هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار دارد و برحسب روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. جامعه

آماري تحقيق، تعداد مبتلايان به ويروس کرونا (۲۱۶۳۸ نفر) در استان‌هاي کشور در محدوده زماني ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردين ۱۳۹۹ و منطقه تحت بررسي ۳۱ استان کشور بود. استفاده از آمار فضايي در پژوهش حاضر، به اين دليل است که بين مقادير مختلف یک متغير، از حيث فاصله و جهت قرار گرفتن آنها نسبت به هم ارتباط برقرار شود. اين ارتباط فضايي که به‌طور معمول در قالب روابط رياضي بيان می‌شود، ساختار فضايي نام دارد. همچنين همبستگي متغيرها در فضا را خودهمبستگي فضايي^۱ می‌نامند. در اين تحقيق ابتدا داده‌هاي مبتلايان به کرونا به تفکيک هر استان و به‌صورت روزانه در دوره زماني ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردين ۱۳۹۹ وارد نرم‌افزار ArcGIS شد. با استفاده از تراکم نقطه‌اي^۲، پراکندي جغرافيايي مبتلايان به کرونا در کشور به‌صورت روزانه در دوره زماني مذکور نمايش داده شد. در اين پژوهش ۳۱ استان کشور، براساس تعداد مبتلايان به کوويد ۱۹ و با استفاده از خودهمبستگي فضايي به چهار خوشه (بالا-بالا، پايين-پايين، بالا-پايين و پايين-بالا) تقسيم شدند تا از طريق آمار فضايي خوشه‌هاي همگن شکل گرفته، وضعيت استان‌هاي کشور به لحاظ شيوع ويروس کوويد ۱۹ بررسي شود. همچنين با استفاده از آمار فضايي تحليل لکه‌هاي داغ^۳، استان‌هاي کشور با توجه به همبستگي فضايي در تعداد مبتلايان به ويروس کرونا تجزيه و تحليل شدند.

خودهمبستگي فضايي، نشان‌دهنده همبستگي ميان مقادير متغيرهاي یکسان در مکان‌هاي مختلف است [۲۰]. انسليين معتقد است که مکان دارای دو نوع تأثیر فضايي وابستگي فضايي و ناهمگوني فضايي است: اولي، همان همبستگي فضايي يا پیوستگي فضايي است که به‌طور مستقيم از قانون توپلر پیروي می‌کند. در نتيجه، ارزش‌هاي مشابه یک متغير گرايش دارند که در مکان‌هاي نزديک به هم اتفاق بيفتند و به تجمع فضايي منجر می‌شوند. اما نوع دوم تأثیر فضايي متعلق به تفاوت‌هاي منطقه‌اي يا فضايي است که از بي‌نظير بودن ذاتي هر مکان پیروي می‌کند [۸]. در سال ۱۹۹۵، انسليين شاخص محلي پیوند فضايي را پیشنهاد داد که می‌کوشد نقاط محلي و چگونگي اثرگذاري مکان‌هاي انفرادي بر پیوندهاي فضايي را تشخيص دهد [۳۰]. اين شاخص برای منطقه i پیوند فضايي بين یک ارزش را در i و نزديک به آن به‌صورت زیر تعريف می‌کند:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S_x^2} \sum_j [W_{ij}(x_{ij} - \bar{x})]$$

به‌طوري که $S_x^2 = \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2 / n$ واريانس معادله بالاست. I_i مثبت نشان می‌دهد که

1. Spatial Autocorrelation
2. Point Density
3. Hot Spot Analysis

مناطق با ارزش زیاد با مناطق با ارزش زیاد (High-High) و مناطق با ارزش کم با مناطق با ارزش کم (Low-Low) محصور شده است. I_i منفی نشان می‌دهد که ارزش کم با ارزش زیاد (Low-High) یا ارزش زیاد با ارزش کم (High-Low) احاطه شده است [۱].

تحلیل لکه‌های داغ آماره گتیس-ارد جی^۱ را برای همه عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌کند [۲۴]. امتیاز z-score به دست آمده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند [۱۵]. برای امتیاز z-score مثبت و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز z-score بزرگ‌تر باشد، مقادیر زیاد تا حد زیادی خوشه‌بندی می‌شوند و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیاز z-score منفی و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز z-score کوچک‌تر باشد، به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر کم خواهد بود و اینها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند [۳۰]. آماره G_i از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

در جایی که x_j مقدار ویژگی برای ویژگی j است، $w_{i,j}$ وزن مکانی بین ویژگی i و j است؛ n برابر با تعداد کل ویژگی‌هاست:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

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

محدوده تحقیق

ایران جمعیتی بالغ بر ۷۹۹۲۶۲۷۰ نفر (۵۰/۷ درصد مرد و ۴۹/۳ درصد زن) را در وسعتی در حدود ۱/۶ میلیون کیلومتر مربع جای داده است. در سال ۱۳۹۵ ایران دارای ۳۱ استان، ۴۲۹ شهرستان، ۱۰۵۸ بخش، ۱۲۴۶ شهر و ۲۵۸۹ دهستان بوده است. براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۹۵، تعداد ۹۵۴ بیمارستان فعال و ۱۵۷۳۰۳ تخت ثابت در کشور برای ارائه خدمات فعال بوده که ۱۶/۹۸ درصد بیمارستان‌ها و ۲۲/۴۹ درصد از تخت ثابت کشور مربوط به استان تهران است [۴]. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایران را نشان می‌دهد.

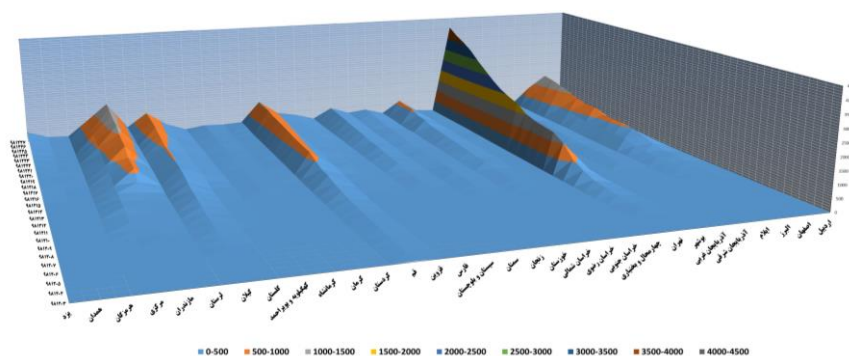
1. Getis-Ord G_i^* statistic



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده تحقیق

یافته‌ها و بحث

در ۳ اسفند ۱۳۹۹، تعداد مبتلایان به کرونا در کشور ۲۸ مورد در چهار استان اعلام شد که ۶۷/۸ درصد مبتلایان مربوط به استان قم بود. در ۹ اسفند، تعداد مبتلایان در استان تهران با شیب صعودی به بیش از ۱۰۰ نفر رسید. این تعداد در ۱۱ اسفند به مرز ۱۰۰۰ نفر مبتلا در کشور رسید. در ۱۳ اسفند تعداد مبتلایان در کشور ۲۲۸۱ مورد گزارش شد که ۴۵/۷ درصد آن مربوط به استان تهران بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، استان تهران با شیب صعودی، بیشترین تعداد مبتلایان به ویروس کرونا را در کشور داشت.



شکل ۲. پراکنش زمانی ویروس کرونا در کشور

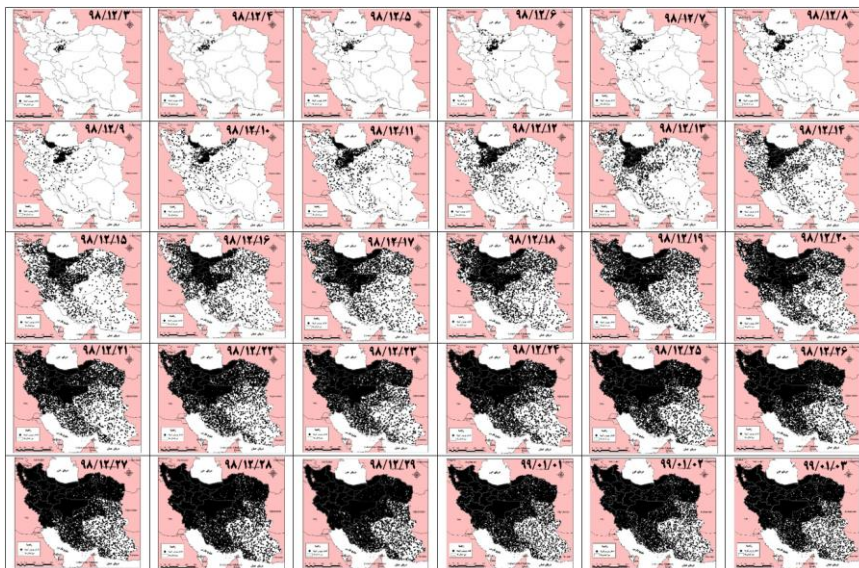
پراکندگی جغرافیایی ویروس کرونا در کشور

شکل ۳، گسترش شیوع ویروس کرونا را در کشور با استفاده از تراکم نقطه‌ای در دوره زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردین ۱۳۹۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ۳ اسفند، مبتلایان به ویروس کرونا تنها در استان‌های قم، تهران، گیلان و مرکزی مشاهده شدند.

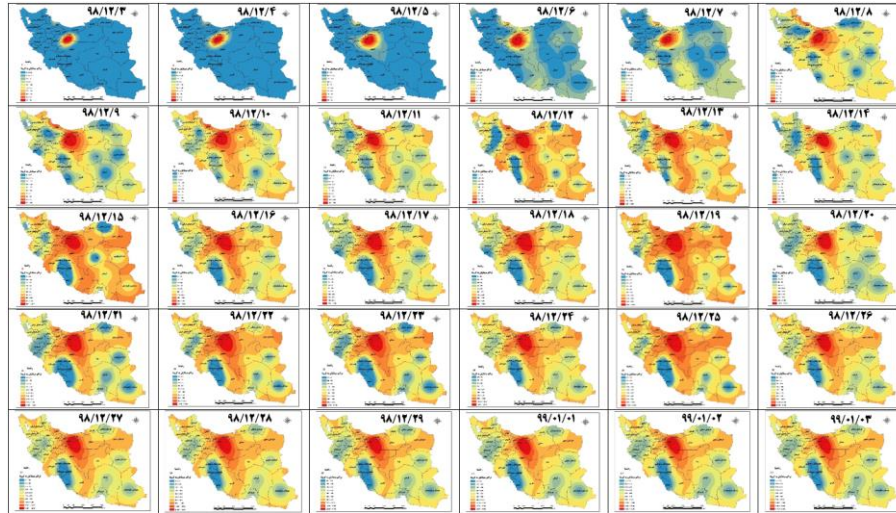
بررسی‌ها نشان می‌دهد که انتشار فضایی ویروس کرونا از استان‌های تهران، قم، گیلان، مرکزی، مازندران و اصفهان به نواحی پیرامون خود به سرعت در حال گسترش بود. تراکم انتشار فضایی ویروس کرونا بیشتر به سمت نواحی شمالی، مرکزی و شمال غربی کشور و کمترین شیوع ویروس کرونا در نواحی شرق و جنوب شرقی کشور بود.

در ۳ فروردین ۱۳۹۹ تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در کشور به ۲۱۶۴۱ نفر رسید که از این تعداد ۲۳/۶ درصد مربوط به استان تهران، ۹/۱ درصد مربوط به استان اصفهان و ۷/۹ درصد مربوط به استان مازندران بود.

شکل ۴، تراکم مبتلایان به کووید ۱۹ را نشان می‌دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که ویروس کرونا از استان قم به سمت نواحی شمال غرب، شمال شرق و مرکز کشور در حال گسترش بود. بیشترین تراکم مبتلایان به کووید ۱۹ در نواحی مرکزی کشور و کمترین تعداد مبتلایان در نواحی جنوب و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود.

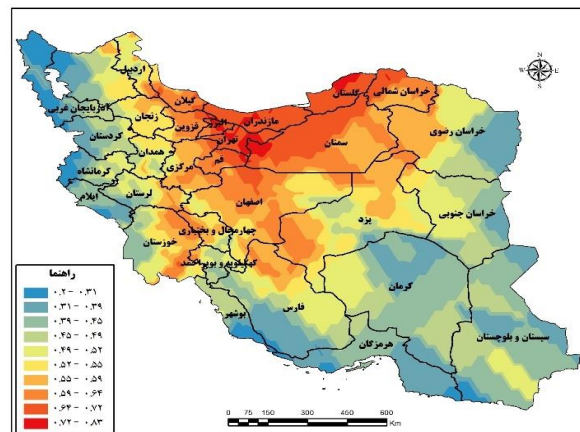


شکل ۳. پراکندگی جغرافیایی ویروس کرونا در کشور؛ دوره زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردین ۱۳۹۹



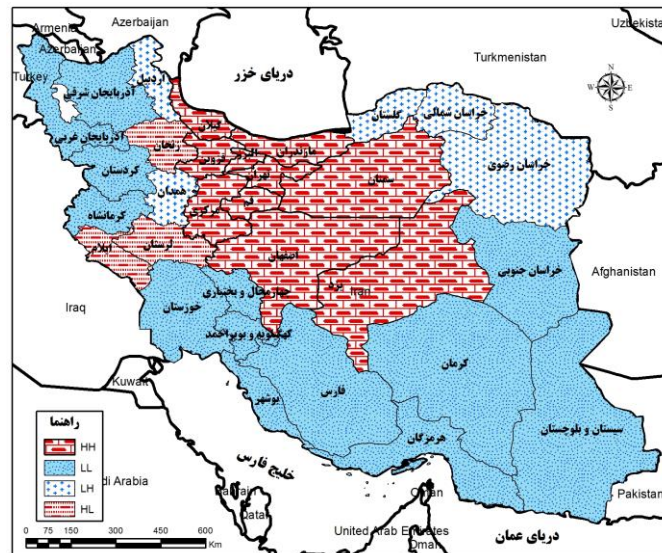
شکل ۴. تراکم مبتلایان به ویروس کرونا در کشور؛ دوره زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردین ۱۳۹۹

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، استان‌های تهران و قم، بیشترین تراکم مبتلایان به ویروس کرونا را در کشور دارند. همچنین کمترین تراکم مبتلایان به ویروس کرونا در نواحی شمال غربی، جنوب و جنوب شرقی کشور پراکنده شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که با دور شدن از کانون انتشار ویروس کرونا (استان قم) از تراکم مبتلایان کاسته شده است. بیشترین تراکم بیماران کرونایی در نواحی شمالی و مرکزی کشور مشاهده می‌شود.



شکل ۵. تراکم مبتلایان به ویروس کرونا در کشور

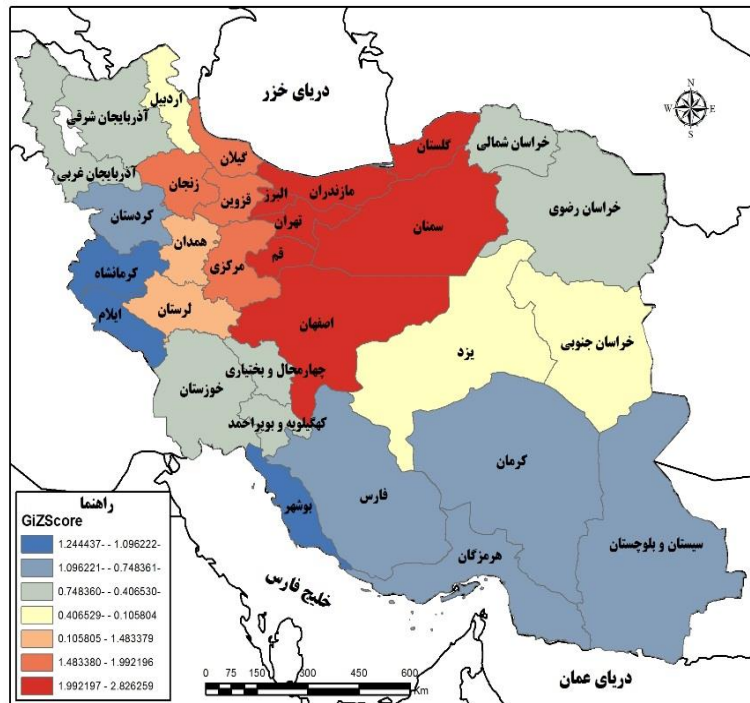
همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، استان‌های تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد در قسمت HH نمودار پراکندگی موران قرار دارند که نشان‌دهنده تعداد زیاد مبتلایان به ویروس کرونا در این استان‌هاست (ارزش‌های بیشتر از میانگین) که استان‌هایی با تعداد زیاد (بیشتر از میانگین) مبتلا به کرونا آنها را احاطه کرده‌اند. خودهمبستگی فضایی در این استان‌ها مثبت بوده و ۳۲/۲۶ درصد استان‌های کشور در خوشه HH قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استان‌های واقع در خوشه HH کانون اصلی انتشار ویروس کرونا در کشورند که در قسمت‌های شمالی و مرکزی ایران قرار دارند. استان‌های زنجان، لرستان و ایلام در خوشه HL قرار دارند که بیانگر خودهمبستگی فضایی منفی و ناهمگنی مکانی در تعداد مبتلایان به کرونا در این استان‌هاست که خوشه‌هایی با ارزش‌های غیرمشابه را شکل داده است. در واقع تعداد مبتلایان به کرونا در استان‌های مذکور زیاد است، اما تعداد مبتلایان به کرونا در استان‌های همجوار آنها کم است. این خوشه ۹/۶۸ درصد استان‌های کشور را در بر گرفته و بیشتر این استان‌ها در غرب کشور قرار دارند. در خوشه LL استان‌های خراسان جنوبی، آذربایجان شرقی، کردستان، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان، خوزستان، فارس، بوشهر، سیستان و بلوچستان، چهارمحال و بختیاری، کرمان، کرمانشاه و آذربایجان غربی قرار دارند که هم تعداد مبتلایان کمی داشته و هم در مجاورت استان‌هایی با تعداد مبتلایان کم قرار دارند. خودهمبستگی فضایی در استان‌های مذکور مثبت است؛ بدان معنا که این استان‌ها خوشه‌هایی از ارزش‌های مشابه را شکل داده‌اند. خوشه مذکور ۴۱/۹۴ درصد استان‌های کشور را در بر گرفته و اغلب در نواحی جنوب، شرق، جنوب شرقی و شمال شرقی کشور قرار دارند. در خوشه LH استان‌های گلستان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، اردبیل و همدان قرار گرفته‌اند که تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در این استان‌ها کم است، اما در مجاورت استان‌هایی با تعداد زیاد مبتلا به ویروس کرونا قرار دارند. خودهمبستگی فضایی در این استان‌ها منفی است و ۱۶/۱۳ درصد استان‌های کشور در خوشه LH قرار دارند که این استان‌ها در قسمت‌های شمال شرقی و شمال غربی کشور واقع شده‌اند. همچنین ضریب موران پراکنش ویروس کرونا در کشور ۰/۳۷۱۷۵۶ به دست آمده که نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی مثبت است.



شکل ۶. خوشه‌بندی استان‌های کشور براساس خودهمبستگی فضایی موران

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، استان‌های قم، تهران، گلستان، سمنان، اصفهان، مازندران و البرز لکه‌های داغ را تشکیل داده‌اند. امتیاز z-score برای استان‌های مذکور مثبت و به لحاظ آماری معنادار است. در این استان‌ها تعداد مبتلایان به ویروس کرونا زیاد است. استان‌های واقع در لکه‌های داغ ۲۲/۵ درصد استان‌های کشورند که بیشتر در قسمت‌های شمالی و مرکزی کشور قرار دارند. استان‌های بوشهر، ایلام و کرمانشاه هم به‌عنوان لکه‌های سرد شناسایی شده‌اند. در استان‌های مذکور امتیاز z-score منفی به‌دست آمده که نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی زیاد و منفی در این استان‌ها از نظر تعداد کم مبتلایان به ویروس کرونا است که به شکل‌گیری لکه‌های سرد در این سه استان منجر شده است. استان‌های واقع در لکه‌های سرد ۹/۶۷ درصد استان‌های کشور را در بر گرفته و این لکه‌ها بیشتر در نواحی غرب و جنوب غربی کشور قرار دارند.

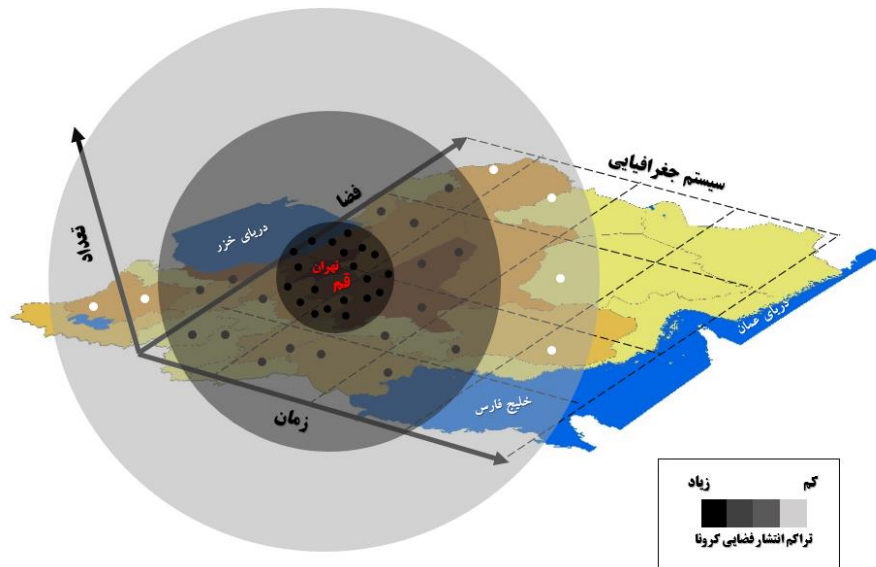
یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که استان‌های پیرامون قم، لکه‌های داغ را به لحاظ تعداد زیاد مبتلایان به ویروس کرونا تشکیل داده‌اند و با فاصله گرفتن از استان قم، امتیاز z-score کوچک‌تر و منفی می‌شود و ضریب خودهمبستگی فضایی در تعداد کم مبتلایان، افزایش می‌یابد که در حقیقت لکه‌های سرد شکل می‌گیرند.



شکل ۷. تحلیل لکه‌های داغ ویروس کرونا در کشور با استفاده از آزمون آماری Gi

مدلسازی الگوی فرایند پخش فضایی ویروس کرونا

شکل ۸، مدلسازی الگوی فرایند پخش فضایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا را در کشور نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کانون اصلی این اپیدمی در کشور، استان قم است و فرایند پخش و انتشار فضایی ویروس کرونا از این استان به استان‌های دیگر صورت گرفته است. در نواحی پیرامون استان قم و به‌ویژه تهران (به‌دلیل تراکم جمعیتی زیاد) تراکم مبتلایان به این بیماری زیاد است. با افزایش زمان و فاصله مکانی از کانون این بیماری (استان قم) از تعداد مبتلایان کاسته می‌شود. از این‌رو به لحاظ ویژگی‌های جغرافیایی، دو عامل زمان و فاصله مکانی تأثیر زیادی در انتشار فضایی این ویروس در کشور داشته‌اند. به‌طوری که آمارها حاکی از آن است که استان بوشهر دیرتر از استان‌های دیگر درگیر این بیماری شده است.



شکل ۸. مدل‌سازی الگوی فرایند پخش فضایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا در کشور

نتیجه‌گیری

شیوع ویروس کووید ۱۹ به یک تهدید بالینی برای جوامع در سراسر جهان تبدیل شده است. امروزه بررسی توزیع جغرافیایی بیماری‌های واگیردار در جهان، اهمیت فراوانی در کشف علل و شرایط مسبب گسترش بیماری در هر منطقه دارد، به طوری که سازمان بهداشت جهانی موضوع استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی را در نقشه‌سازی بیماری‌ها از سال ۱۹۹۳ شروع کرده است. پژوهش حاضر به مدل‌سازی انتشار و پخش فضایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا در طی دوره زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ تا ۳ فروردین ۱۳۹۹ در کشور پرداخته است. بیشترین توزیع جغرافیایی بیماران کرونایی در نواحی شمالی و مرکزی کشور مشاهده می‌شود. نواحی جنوب و جنوب شرقی کشور، کمترین پراکندگی مبتلایان به ویروس کرونا را دارند. نتایج حاصل از خودهمبستگی فضایی نشان داد که ۳۲/۲۶ درصد استان‌های کشور (تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد) در خوشه HH، ۹/۶۸ درصد استان‌ها (زنجان، لرستان و ایلام) در خوشه HL، ۴۱/۹۴ درصد استان‌ها (خراسان جنوبی، آذربایجان شرقی، کردستان، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان، خوزستان، فارس، بوشهر، سیستان و بلوچستان، چهارمحال و بختیاری، کرمان، کرمانشاه و آذربایجان غربی) در خوشه LL و ۱۶/۱۳ درصد استان‌ها (گلستان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، اردبیل و همدان) هم در خوشه LH قرار دارند.

نتایج تحلیل آماری- فضایی لکه‌های داغ نشان می‌دهد که استان‌های قم، تهران، گلستان، سمنان، اصفهان، مازندران و البرز عنوان (۲۲/۵ درصد استان‌های کشور) در لکه‌های داغ قرار دارند و استان‌های بوشهر، ایلام و کرمانشاه (۹/۶۷ درصد استان‌های کشور) به‌عنوان لکه‌های سرد شناسایی شدند. همچنین خوشه‌بندی فضایی استان‌های کشور نشان داد که عامل فاصله مکانی- زمانی مهم‌ترین عامل در پخش فضایی بیماری واگیردار کرونا از کانون (استان قم) به استان‌های دیگر بوده و از الگوی پخش فضایی سازش‌پذیر تبعیت می‌کند. پیشنهادهای پژوهش حاضر، به‌منظور کاهش شیوع بیماری کرونا در کشور عبارت‌اند از:

- اعمال ممنوعیت و محدودیت بیشتر در زمینه تردد بین‌شهری و استانی توسط مسئولان و برنامه‌ریزان کشور به‌خصوص ستاد ملی پیشگیری از کرونا و حتی در نظر گرفتن جریمه‌های سنگین در صورت حاد شدن بیماری با هدف حفظ سلامت مردم؛

- خدمات‌رسانی ادارات و سازمان‌ها به‌صورت الکترونیکی و غیرحضوری به‌منظور کاهش حضور مردم در جامعه،

- ممنوعیت سفر به شهرهای زیارتی به‌ویژه شهر مشهد مقدس،

- ارائه بسته رایگان اینترنتی به روستاها به‌منظور دسترسی به خدمات الکترونیکی دولت، تردد نکردن روستاییان به شهرها و جلوگیری از انتشار بیماری به روستاها.

منابع

- [۱]. برتاو، عیسی؛ حاجی‌نژاد، علی؛ عسگری، علی؛ و گلی، علی (۱۳۹۲). «بررسی الگوهای سرقت مسکونی با به‌کارگیری رویکرد تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی (مطالعه موردی: شهر زاهدان)»، پژوهش‌های راهبردی امنیت و نظم اجتماعی، دوره ۲، ش ۲، ص ۱-۲۳.
- [۲]. شکوئی، حسین (۱۳۸۶). *اندیشه‌های نو در فلسفه جغرافیا، تهران: گیتاشناسی.*
- [۳]. شکوئی، حسین (۱۳۸۷). *جغرافیای کاربردی و مکتب‌های جغرافیایی، تهران: به‌نشر.*
- [۴]. مرکز آمار ایران (۱۳۹۷). *سالنامه آماری کشور، تهران: انتشارات دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاری‌های بین‌الملل مرکز آمار ایران.*
- [۵]. مقیمی ابراهیم (۱۳۹۹). *آستانه سازگاری جغرافیایی با کرونا، خبرگزاری ایسنا* <https://www.isna.ir/news/98122116637>، ۱۳۹۹/۱۲/۲۳
- [۶]. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (۱۳۹۹). *به‌روزرسانی مدلسازی کووید ۱۹، گزارش شماره ۱۲، کمیته اپیدمیولوژی کووید ۱۹ و مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر،* <http://corona.behdasht.gov.ir>
- [7]. American Health Organization (AHO) (1996). "Use of GIS in epidemiology", *Epidemiological Bulletin*, 17, PP: 1-7.
- [8]. Anselin, L. (1992). "Spatial data analysis with GIS: An introduction to application in the social sciences", National Center for Geographic Information and Analysis University of California, Santa Barbara, CA 93106, Technical Report 92-10.
- [9]. Bailey, T.; & Gatrell, A. (1995). *Interactive spatial data analysis*, Harlow: Longman.
- [10]. Bell, B.; & Broemeling, L. (2000). "A Bayesian analysis for spatial processes with application to disease mapping", *Stat Med*, 19, PP: 974-989.
- [11]. Cliff, A. (1995). "Analyzing geographically related disease data", *Stat Methods Med Res*, 4, PP: 93-101.
- [12]. Elliott, P.; Cuzik, J.; English, D.; & Stern, R. (1996). *Geographical and environmental epidemiology*, 1st edition, England, Oxford University Press.
- [13]. Faruque, F.S.; Lofton, S.P.; Doddato, T.M.; & Mangum, C. (2003). "Utilizing Geographic Information systems in community assessment & nursing research", *J Community Health Nurs*, 20, PP: 179-191.
- [14]. Ghaedamini Asadabadi, R.; Tofighi, S.; Ghaedamini, H.; Azizian, F.; Amerieon, A.; & Shokri, M., (2012). "A review of some infectious diseases distribution based on geographic information system (GIS) in the area of Chahar Mahal and Bakhtiari", *Journal of Police Medicine*, 1(2), PP: 113-123.
- [15]. Jacquez, G.M.; & Greiling, D.A. (2003). "Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island", New York, *Int J Health Geographics*, 2(3), PP: 1-12.

- [16]. Jalali Farahani, A.; Farnoosh, G.R.; Alishiri, G.H.; Hosseini Zijoud, R.; & Dorostkar, R. (2020). "Understanding the Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and Coronavirus Disease (COVID-19) Based on Available Evidence - A Narrative Review", *Military Medicine*, 22(1), PP: 1-11.
- [17]. Joyce, K. (2009). "To me it's just another tool to help understand the evidence: Public health decision-makers' perceptions of the value of geographical information systems (GIS)", *Health Place*, 15, PP: 831-840.
- [18]. Kandwal, R.; Garg, P.K.; & Garg, R.D., (2009). "Health GIS and HIV/ AIDS studies: Perspective and retrospective", *J Biomed Inform*, 42, PP: 748-755.
- [19]. Kistemann, T.; Dangendorf, F.; & Schweikart, J. (2002). "New perspectives on the use of Geographical Information Systems in environmental health sciences", *Int J Hyg Environ Health*, 205, PP: 169-181.
- [20]. Lee, S.I. (2000). "Developing a bivariate spatial association measure: An integration of Pearson's r and Moran's I", *Journal of geographical systems*, 3(4), pp: 369-385.
- [21]. Odwyer, L.; & Burton, D. (1998). "Potential meets reality: GIS & public health research in Australia", *Aust J Public Health*, 22, PP: 819-823.
- [22]. Rezaeian, M. (2007). "Geographical epidemiology, spatial analysis & geographical information system: a multidisciplinary glossary", *J Epidemiol Community Health*, 61, PP: 98-102.
- [23]. Ricketts, T.C. (2003). "Geographic information system & public health", *Annu Rev Public Health*, 24, PP: 1-6.
- [24]. Rogerson, P.A. (2006). *Statistics Methods for Geographers: students Guide*, SAGE Publications. Los Angeles, California.
- [25]. Salahi-Moghaddam, A.; Khoshdel, A.; Noori Fard, M.; & Pezeshkan, R. (2012). "Mapping the Important Communicable Diseases of Iran", *Health & Development*, 1(1), PP: 31-46.
- [26]. Scholten, H.J.; & De Lepper, M.J. (1991). "The benefits of the application of geographical information systems in public & environmental health", *World Health Stat Q*, 44, PP: 160-170.
- [27]. Tanser, F.C.; & Le-Sueur, D. (2002). "The application of geographical information systems to important public health problems in Africa", *Int J Health Geography*, 9, PP: 1-4.
- [28]. World Health Organization (WHO) (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report.
- [29]. Yamada, L. Thill, J.C. (2006). "Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Point Patterns", *Geographical Analysis*, 39, pp: 268-292.
- [30]. 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, PP: 212-221.