

## Geographical Analysis of COVID-19 Epidemiology in Iran with Exploratory Spatial Data Analysis Approach (ESDA)

Mahdi Bazargan <sup>1\*</sup>, Mostafa Amirfakhriyan <sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD student, Geography and Urban Planning, University Ferdowsi of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Geography and Urban Planning, University Ferdowsi of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 16 April 2020 Accepted: 9 June 2020

### Abstract

**Background and Aim:** The use of geophysical analysis of the epidemiology to identify geographical factors affecting the prevalence of the disease can be effective on community health policies to control the prevalence of the virus. Therefore, the present study is a geographical analysis of the COVID-19 epidemiology in Iran.

Therefore, the purpose of this study is the geographical analysis of coronavirus transmission in the country.

**Methods:** This is a descriptive-analytical study and ArcGIS and GeoDa software has been used to analyze the data. The statistical population included the total number of people infected with COVID-19 (n=21638) in Iran during February 22, 2020, and March 22, 2020. Data entered ArcGIS software by each province. In order to show the spatial distribution of COVID-19 patients in Iran, point density has been used based on the mentioned time period. Then, by using the Moran coefficient, its spatial distribution was examined. Also, by using spatial correlation, the distance between the spread of coronavirus in all provinces of Iran was analyzed. Finally, by using the local index of the single-variable Moran spatial bond, the spatial clustering of the country's provinces was calculated based on the coronavirus.

**Results:** Statistics show that the age group of 21-50 years is the highest percentage of people infected with COVID-19. The results showed that the most important factor in the spatial spread of coronavirus in Iran is the distance and proximity of the provinces affected by this disease so that at a distance of 383.8 km between the provinces, the Moran coefficient is 0.66627 and shows a positive spatial correlation. It is located at a distance of 762.6 km between the provinces and the Moran coefficient is -0.040246, which indicates a negative spatial correlation, which means that this distance decreases after the number of people with COVID-19. In spatial clustering, HH clusters including provinces (Tehran, Alborz, Qom, Mazandaran, Gilan, Qazvin, Isfahan, Semnan, Markazi and Yazd) are known as the main spatial propagation centers of the Coronavirus epidemic, which should be controlled and reduced. Also, LH clusters (including Golestan, Khorasan Razavi, North Khorasan, Ardabil and Hamedan provinces) are the ring around the center of damage, which should be controlled in terms of spatial interaction and proximity to HH clusters. Serious travel bans should be put in place to prevent the spread of coronavirus to the provinces in the LH cluster.

**Conclusion:** One of the most important geographical factors affecting the prevalence of coronavirus is based on spatial distribution theory, distance and spatial proximity. Officials and planners should intelligently reduce the number of people visiting offices and organizations, and by providing telecommuting, to prevent the upward trend of the outbreak of coronavirus in Iran.

---

**Keywords:** Geographical Analysis, COVID-19, SARS-CoV-2, Exploratory Spatial Data Analysis Approach, Iran

\*Corresponding author: Mahdi Bazargan, Email: [mahdibazargan67@yahoo.com](mailto:mahdibazargan67@yahoo.com)

## تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹ در ایران با رویکرد تحلیل اکتشافی داده های مکانی (ESDA)

مهدی بازرگان<sup>۱\*</sup>، مصطفی امیرفخریان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** استفاده از تحلیل های جغرافیایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹، جهت شناسایی عوامل جغرافیایی مؤثر بر شیوع این بیماری می تواند بر سیاست گذاری های بهداشتی جامعه، مبنی بر کنترل روند شیوع این ویروس مؤثر واقع شود. از این رو، پژوهش حاضر به تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا در کشور پرداخته است.

**روش ها:** این تحقیق از نظر روش شناسی، توصیفی-تحلیلی بوده و برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای ArcGIS و GeoDa استفاده شد. جامعه آماری تحقیق، شامل تعداد مبتلایان به ویروس کرونا (۲۱۶۳۸ نفر) در استان های کشور و در محدوده زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ الی ۳ فروردین ۱۳۹۹ است. داده های مبتلایان به کرونا به تفکیک هر استان وارد نرم افزار ArcGIS شد. جهت نمایش پراکنندگی فضایی مبتلایان به کرونا در کشور بر اساس بازه زمانی مذکور از تراکم نقطه ای استفاده شد. سپس با استفاده از ضریب موران پراکنش فضایی آن بررسی شد. همچنین با استفاده از خودهمبستگی فضایی میزان فاصله گسترش شیوع ویروس کرونا در بین استان های کشور تحلیل شد. در نهایت با استفاده از شاخص محلی پیوند فضایی موران تک متغیره، خوشه بندی فضایی استان های کشور بر اساس ویروس کرونا صورت گرفت.

**یافته ها:** آمارها حاکی از آن است که گروه سنی ۲۱-۵۰ سال، بیشترین درصد مبتلایان به ویروس کرونا را تشکیل می دهند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مهمترین عامل انتشار فضایی ویروس کرونا در کشور، فاصله و مجاورت مکانی استان های درگیر با این بیماری است بطوریکه در فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری بین استان های کشور ضریب موران ۰/۱۳۶۶۲۷ می باشد و نشان دهنده خودهمبستگی مکانی مثبت است. در فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری بین استان ها ضریب موران برابر ۰/۰۴۰۲۴۶- است که نشان دهنده خودهمبستگی مکانی منفی بوده بدین معنی که از این فاصله به بعد از تعداد مبتلایان به کرونا کاسته می شود. در خوشه بندی فضایی، خوشه HH شامل استان های (تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد) به عنوان کانون اصلی انتشار فضایی اپیدمی ویروس کرونا شناخته می شوند که باید برای کنترل و کاهش شیوع این ویروس در کشور تمهیدات و محدودیت هایی در زمینه عبور و مرور بین استان های واقع در این خوشه و سایر استان ها اعمال شود. همچنین خوشه LH (شامل استان های گلستان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، اردبیل و همدان) به عنوان حلقه پیرامون کانون آسیب می باشند که به لحاظ تعامل فضایی و مجاورت با خوشه HH باید کنترل های جدی در زمینه ممنوعیت رفت و آمد به آنها صورت بگیرد تا از ادامه گسترش شیوع ویروس کرونا به استان های واقع در خوشه LH جلوگیری شود.

**نتیجه گیری:** از مهمترین عوامل جغرافیایی مؤثر بر شیوع ویروس کرونا بر اساس نظریه پخش فضایی، فاصله و مجاورت مکانی می باشد که مسئولان و برنامه ریزان باید با هوشمندسازی از مراجعه افراد به ادارات و سازمان ها کاسته و با فراهم نمودن زمینه دور کاری، از ادامه روند صعودی شیوع ویروس کرونا در کشور جلوگیری نمایند.

**کلیدواژه ها:** تحلیل جغرافیایی، کووید-۱۹، کرونا ویروس، رویکرد تحلیل اکتشافی داده های مکانی، ایران.

## مقدمه

در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹، یک عامل میکروبی ناشناخته به نام ویروس کرونا (SARS-CoV-2) در ووهان چین به سرعت از مرزهای این کشور عبور کرده و به همه کشورهای جهان شیوع یافت، بطوریکه تا ۲۵ مارس ۲۰۲۰، ۱۹۶ کشور جهان را تحت تأثیر قرار داده است (۱،۲). سازمان ملل متحد، بیماری ویروس کرونا را یک بحران عظیم اجتماعی، انسانی و اقتصادی توصیف کرده که عوارض ناشی از آن، حتی بر کشورهای توسعه یافته نیز تأثیر می‌گذارد بطوریکه؛ ادامه روند شیوع این بیماری، سیستم جامعه بهداشت جهانی را با مشکل مواجه خواهد کرد که نتیجه آن به وجود آمدن بحران جمعیتی بر روی کره زمین خواهد بود (۳،۴).

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه مبارزه با بیماری‌ها، هنوز بیماری‌های واگیر اهمیت خاصی در اپیدمیولوژی و بهداشت جامعه دارند (۵). یکی از کاربردهای اصلی علم اپیدمیولوژی یا همه‌گیرشناسی، تسهیل در امر شناسایی مناطق جغرافیایی و گروه‌های آسیب‌پذیر می‌باشند که در معرض خطر بیشتر ابتلا به بیماری‌ها و درگیری با عوامل خطر بروز مرگ و میر را دارند (۶). شناسایی این مناطق جغرافیایی و گروه‌های در معرض خطر به انتخاب مناسب اقدام‌های بهداشتی- درمانی و اجتماعی جهت کاهش عوامل خطر آفرین کمک می‌نماید (۷). کارشناسان بهداشت از حدود ۱۵۰ سال پیش جهت تجزیه و تحلیل مکانی بیماری‌ها از نقشه استفاده می‌کردند. به عنوان نمونه در سال ۱۸۴۰ میلادی در گلاسکو انگلستان از نقشه جهت نمایش ارتباط بین جمعیت و شیوع تب زرد استفاده و نشان داده شد که در مناطق مهاجرت پذیر شیوع این بیماری بیشتر می‌باشد (۸).

اپیدمیولوژی جغرافیایی، بخشی از همه‌گیرشناسی توصیفی است که به بررسی توزیع جغرافیایی میزان‌های ابتلا و مرگ و میر می‌پردازد (۹). یکی از مهمترین کاربردهای همه‌گیرشناسی جغرافیایی، دستیابی به سرخ‌هائی جهت تعیین علل بیماری‌ها، آسیب‌ها یا مرگ و میرها است (۱۰). نخستین مرحله در تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی، به تصویر کشیدن آنها به ویژه در قالب نقشه‌های جغرافیایی است (۱۱) که الگوی توزیع جغرافیایی بیماری‌ها، آسیب‌ها و مرگ و میرها را به نحو مشخصی نمایان کرده و راه را برای ایجاد فرضیه‌های سبب‌شناسی هموار می‌سازد (۱۰). از آنجا که جداول آماری در مقایسه با نقشه‌ها، از چنین توانایی برخوردار نیستند، طی سالیان اخیر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌ها در علوم بهداشتی و پزشکی افزایش چشمگیری داشته است (۱۲،۱۳). سالهاست که GIS در بخش‌های کشاورزی، اقتصادی، منابع طبیعی، طراحی شهری و بخش‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد و با مشکلاتی که عمدتاً به دلیل کمبود اطلاعات دقیق در GIS و کافی است، روبرو می‌باشد (۶). با این حال استفاده از GIS در مدیریت بهداشت و درمان در حال طی کردن مرحله ابتدایی است. به دلیل 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 می‌باشد (۱۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی وسیله‌ای برای جمع‌آوری، ذخیره، انسجام، مدیریت، بازیافت، تجزیه و تحلیل و همچنین نمایش اطلاعات مکانی می‌باشد که در تحقیقات اپیدمیولوژیکی و سیاست‌گذاری‌های بهداشتی می‌توان از آن استفاده نمود (۱۵،۱۶). کاربرد این سیستم در حوزه سلامت، نسبتاً جدید بوده و زمینه‌ای اختصاصی برای کاربرد GIS نمی‌باشد، ولی پیشرفت‌های اخیر حاکی از آن است که این سیستم در حوزه سلامت و حفاظت از محیط‌زیست، محیط‌شناسی بیماری‌ها و بهداشت جامعه یک ابزار ضروری و لازم‌الاجرا برای پردازش، آنالیز و قابل مشاهده کردن اطلاعات مکانی از طریق تولید نقشه‌ها می‌باشد، به عبارتی تعیین موضع و مکان بیماری‌ها، بررسی مکانی امکانات مراقبت‌ها و خدمات بهداشتی، تعیین حدود و مرزهای جغرافیایی جامعه از اجزای ضروری مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشتی به شمار رفته که از طریق این سیستم قابل دستیابی شده‌اند (۱۷،۱۸). کاربرد GIS راه حل کاملی برای درک توزیع بیماری‌ها و مشکلات موجود در زمینه بهداشت جامعه نمی‌باشد، اما می‌توان آن را روشی مهم برای فهم اینکه چگونه انسان با محیط خود تعامل نموده و سبب ارتقاء یا کاهش بهداشت محیط پیرامون خود می‌شود، دانست (۱۹). 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، بطوریکه در حال حاضر تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی یک ابزار عمده در تحقیقات و مدیریت بهداشتی در آفریقا می‌باشد، و از این سیستم در تحقیقات بهداشتی در زمینه بیماری‌های عفونی استفاده می‌شود (۲۰). در جغرافیا شناخت مفهوم تحولات فضایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۱). به گونه‌ای که فرکورت شیفر (۱۹۵۳) جغرافیا را علم قوانین حاکم بر نحوه پراکندگی و توزیع فضایی پدیده‌ها و چهره‌های ویژه سطح زمین می‌داند (۲۲،۲۳). رویکرد تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی، یکی از کارآمدترین ابزارها برای مطالعه نابرابری‌های درون شهری است که توسط محققان مختلفی بکار گرفته شده است (۲۴،۲۵). تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی، مجموعه‌ای از روش‌ها در جهت توصیف و نمایش توزیع‌های مکانی، شناسایی بی‌قاعدگی‌های مکانی، کشف الگوهای ارتباط مکانی، خوشه‌های مکانی و اشاره به رژیم‌های مکانی یا شکل‌های ناهمگن مکانی دیگر است (۲۶،۲۷). گسترش شیوع ویروس کرونا تمام کشورهای جهان را با یک بحران عظیم انسانی مواجه ساخته بطوریکه تا ۲۲ مارس ۲۰۲۰، آمار جهانی شیوع این بیماری نشان می‌دهد که تعداد ۱۹۱ کشور از همه قاره‌های جهان درگیر آن هستند که ۳۳۲۹۳۰ مورد مثبت بیماری کرونا در این کشورها ثبت شده که از این تعداد

درصد را نیز زنان تشکیل می دهند (شکل-۱). همچنین به طور متوسط در کشور ۲۱/۹۳ درصد از مبتلایان به کوید-۱۹ در گروه سنی ۱۲-۰ سال، ۱۱/۲ درصد در گروه سنی ۱۳-۲۰ سال، ۵۰/۱۹ درصد در گروه سنی ۲۱-۵۰ سال و ۱۶/۶۸ درصد هم در گروه سنی بیشتر از ۵۰ سال قرار دارند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که گروه سنی ۲۱-۵۰ سال، بیشترین درصد مبتلایان به ویروس کرونا را تشکیل می دهند. استان سیستان و بلوچستان در گروه سنی ۰-۱۲ سال و ۱۳-۲۰ سال، به ترتیب با ۳۴/۴ و ۱۵/۳ درصد بیشترین تعداد مبتلا به کرونا را در میان سایر استان های کشور دارد. همچنین در گروه سنی ۲۱-۵۰ سال استان البرز با ۵۳/۷ درصد و در گروه سنی بیشتر از ۵۰ سال استان گیلان با ۲۴/۱ درصد بیشترین تعداد مبتلایان را دارا می باشند (شکل-۲).

### پراکنندگی فضایی ویروس کرونا در کشور

شکل زیر گسترش شیوع ویروس کرونا را در کشور با استفاده از تراکم نقطه ای در بازه زمانی ۳ اسفند ۹۸ الی ۳ فروردین ۹۹ نشان می دهد. همانطور که در شکل-۳ مشاهده می شود، در تاریخ ۳ اسفند، مبتلایان به ویروس کرونا تنها در استان های قم، تهران، گیلان و مرکزی مشاهده می شوند. در تاریخ مذکور تعداد مبتلایان در کشور ۲۸ نفر می باشد که از این تعداد ۶۷/۸۶ درصد مبتلایان مربوط به استان قم است. از تاریخ ۱۱ اسفند به بعد، گسترش شیوع ویروس کرونا در کشور سیر صعودی به خود می گیرد بطوریکه به بالای ۱۰۰۰ نفر مبتلا در کشور می رسد. بررسی ها نشان می دهد که انتشار فضایی ویروس کرونا از استان های تهران، قم، گیلان، مرکزی، مازندران و اصفهان به نواحی پیرامون خود به سرعت در حال گسترش می باشد. تراکم انتشار فضایی ویروس کرونا بیشتر به سمت نواحی شمالی، مرکزی و شمال غربی کشور می باشد و کمترین میزان شیوع ویروس کرونا در نواحی شرق و جنوب شرقی کشور بوده است. در تاریخ ۳ فروردین ۹۹ تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در کشور به ۲۱۶۴۱ نفر رسیده 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 می باشد (شکل-۳).

### الگوی پراکنش فضایی ویروس کرونا در کشور

توزیع مکانی نقاط و نحوه قرارگیری آنها نسبت به یکدیگر موجب شکل گیری ساخت فضایی آنها می شود که بدین صورت سه الگوی پراکنش فضایی شامل تصادفی (Random)، خوشه ای (Clustered) و پراکنده (Dispersed) به وجود می آید (۳۱) (شکل-۴).

۱۴۵۰۹ (نرخ مرگ و میر ۴/۳٪) نفر جان باخته اند (۲۸). همچنین تا تاریخ ۳ فروردین ۱۳۹۹ در ایران تعداد مبتلایان ۲۱۶۳۸ نفر و ۱۶۸۵ نفر نیز جان باخته اند (۲۹،۳۰). لذا گسترش ویروس کرونا موجب افزایش تلفات جانی، رکود اقتصادی، فقر، جرم و جنایت و... در کشور خواهد شد که مشکلات ناشی از آن تا سال ها ادامه خواهد داشت، به همین منظور این تحقیق با هدف تحلیل جغرافیایی کروناویروس و شناسایی عوامل جغرافیایی مؤثر بر گسترش شیوع آن در کشور انجام گرفته است.

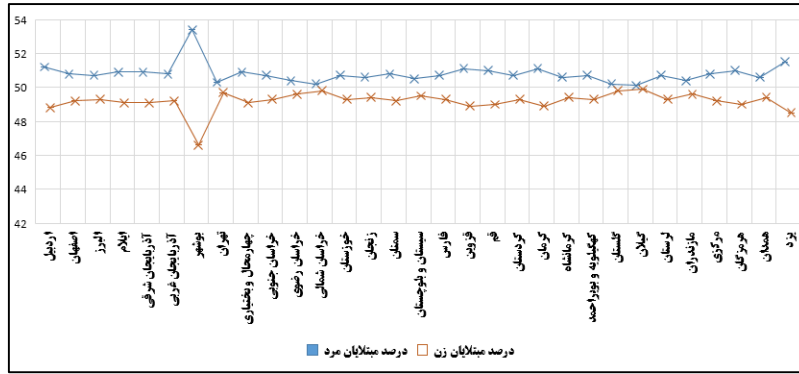
### روش ها

پژوهش حاضر براساس هدف، در زمره پژوهش های کاربردی قرار دارد و بر حسب روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی می باشد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای ArcGIS و GeoDa استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق، شامل تعداد مبتلایان به ویروس کرونا (۲۱۶۳۸ نفر) در استان های کشور و در محدوده زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ الی ۳ فروردین ۱۳۹۹ است. همچنین منطقه مورد مطالعه در این تحقیق ۳۱ استان کشور می باشد.

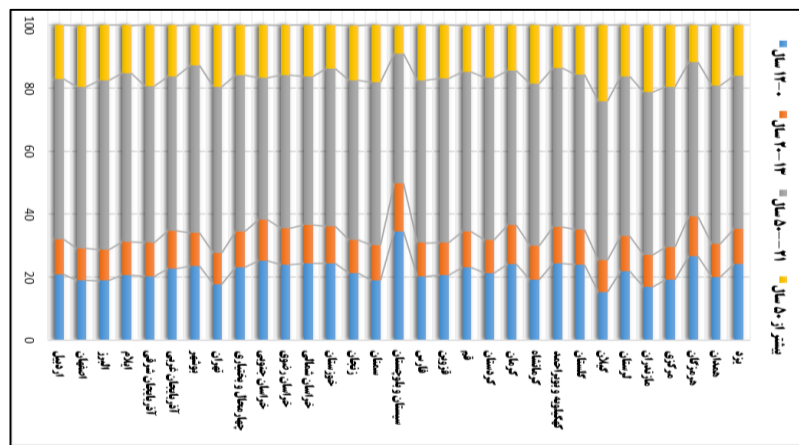
استفاده از آمار فضایی در پژوهش حاضر، به این جهت می باشد که بین مقادیر مختلف یک متغیر، از حیث فاصله و جهت قرار گرفتن آنها نسبت به هم، ارتباط برقرار شود. این ارتباط فضایی که معمولاً در قالب روابط ریاضی بیان می شود، ساختار فضایی نام دارد. همچنین همبستگی متغیرها در فضا را خودهمبستگی فضایی می نامند. در این تحقیق ابتدا داده های مبتلایان به کرونا به تفکیک هر استان وارد نرم افزار ArcGIS شد. جهت نمایش پراکنندگی فضایی مبتلایان به کرونا در کشور براساس بازه زمانی مذکور از تراکم نقطه ای (Point Density) استفاده شده است. سپس با استفاده از ضریب موران (Moran's) پراکنش فضایی آن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از خودهمبستگی فضایی (Spatial Autocorrelation by Distance) میزان فاصله گسترش شیوع ویروس کرونا در بین استان های کشور مورد تحلیل قرار گرفت. در نهایت با استفاده از شاخص محلی پیوند فضایی موران تک متغیره (Local indicator of Spatial Association-LISA Statistics) خودهمبستگی فضایی ویروس کرونا در استان های کشور مورد بررسی قرار گرفت

### نتایج

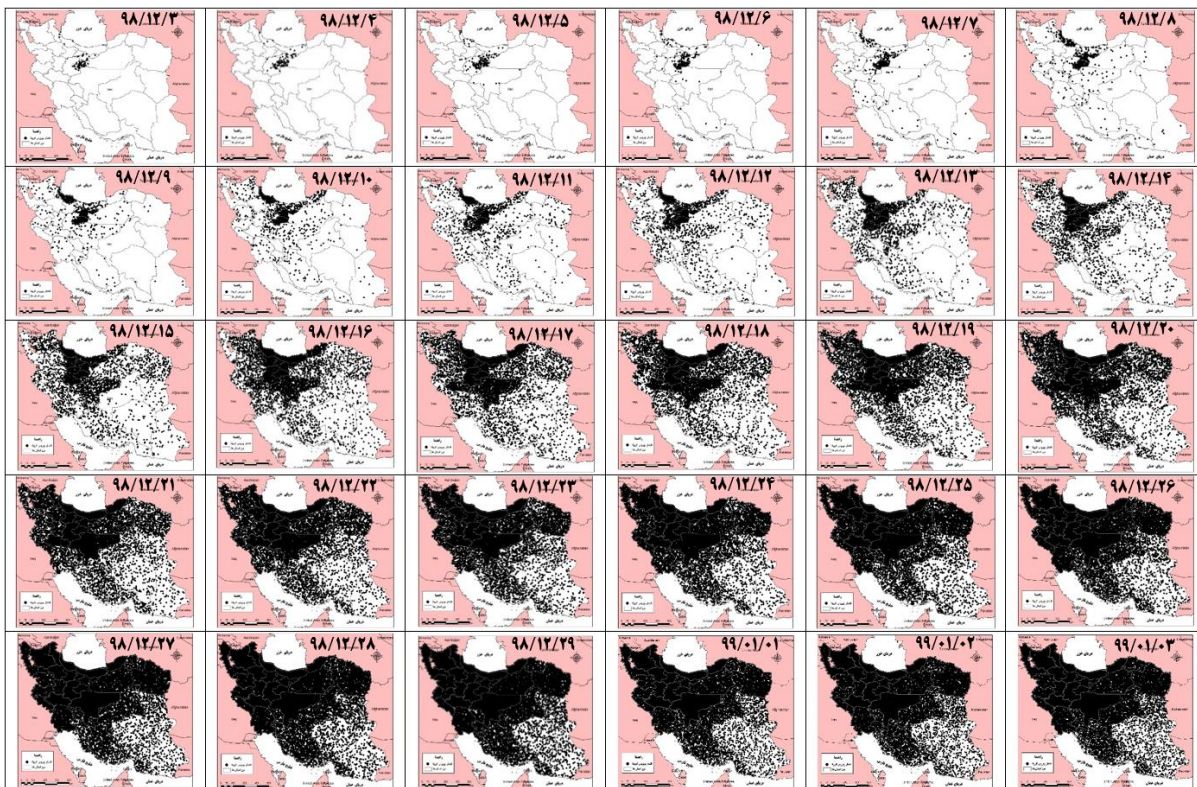
آمارها حاکی از آن است که در تمام استان های کشور تعداد مردان مبتلا به ویروس کرونا نسبت به زنان بیشتر می باشد. به طور میانگین از ۲۱۶۳۸ نفر مبتلا به کرونا در کشور ۵۰/۸۱ درصد را مردان و ۴۹/۱۹ درصد را زنان تشکیل می دهند. در بین استان های کشور تنها در بوشهر ۵۳/۴ درصد از مبتلایان را مردان و ۴۶/۶



شکل-۱. درصد جنسیت مبتلا به ویروس کرونا در کشور به تفکیک استان

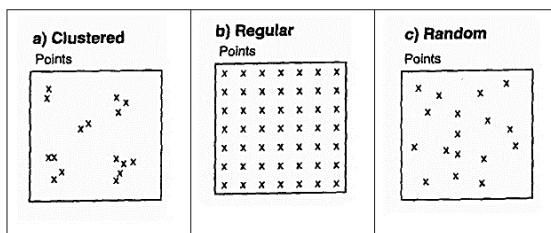


شکل-۲. درصد گروه سنی مبتلا به ویروس کرونا در کشور به تفکیک استان



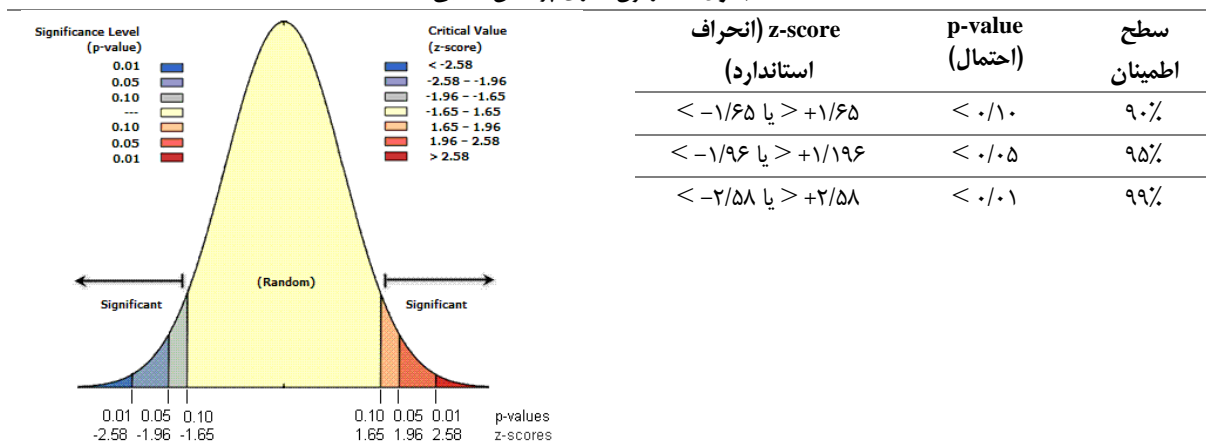
شکل-۳. انتشار فضایی ویروس کرونا در کشور (۳ اسفند ۹۸ الی ۳ فروردین ۹۹)





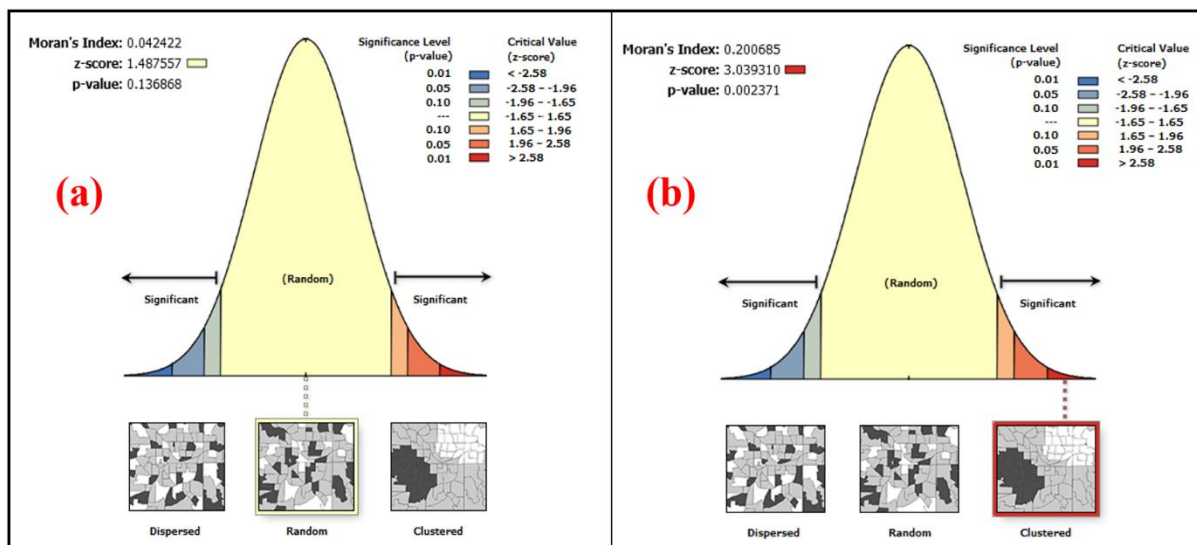
شکل-۴. انواع الگوی پراکنش فضایی

جدول-۱. آزمون آماری پراکنش فضایی



موران برابر ۰/۰۴۲۴۲۲، مقدار z-score برابر ۱/۴۸۵۵۷ و مقدار p- value برابر ۰/۱۳۶۸۶۸ می باشد که براساس آن الگوی پراکنش فضایی شیوع کرونا در کشور بصورت خوشه ای است که این نکته بیانگر تعداد بالای مبتلایان به ویروس کرونا در برخی استان ها نظیر تهران، اصفهان، مازندران، گیلان و قم است (شکل-۵).

نتایج نشان می دهد که در تاریخ ۳ اسفند ۹۸ ضریب موران برابر ۰/۰۴۲۴۲۲، مقدار z-score برابر ۱/۴۸۵۵۷ و مقدار p- value برابر ۰/۱۳۶۸۶۸ بدست آمده است که بر این اساس الگوی پراکنش فضایی ویروس کرونا در کشور بصورت تصادفی می باشد که به ترتیب در استان های قم، تهران، گیلان و مرکزی توزیع یافته است. با گسترش شیوع ویروس کرونا در تاریخ ۳ فروردین ۹۹



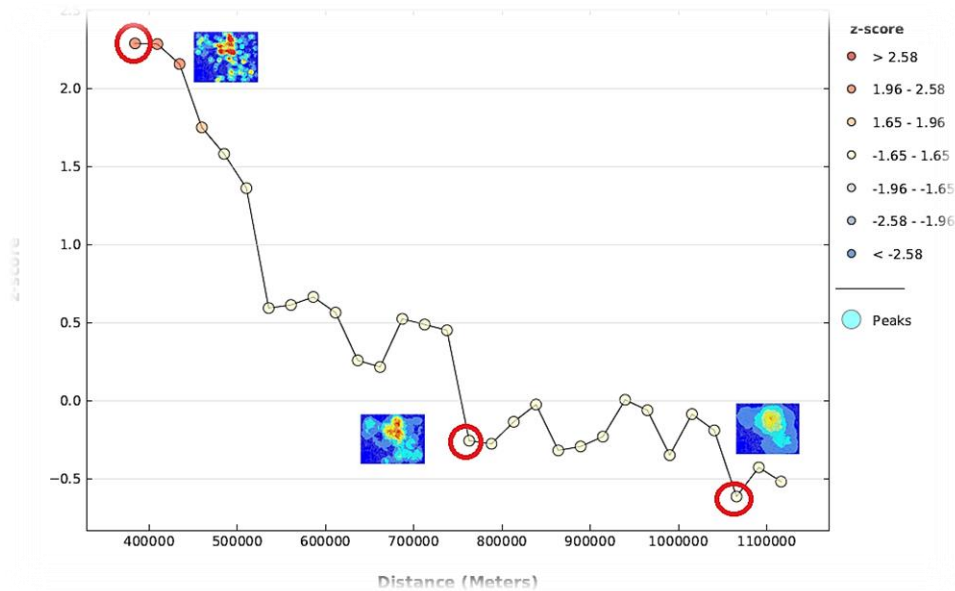
شکل-۵. الگوی پراکنش فضایی ویروس کووید-۱۹ در ایران (a) ۳ اسفند ۹۸ (b) ۳ فروردین ۹۹

score برابر با ۲/۲۹۲۶۳۴ است که این مقدار بیانگر خودهمبستگی مکانی مثبت کروناویروس در بین استان ها می باشد که در نتیجه با سطح اطمینان ۹۹ درصد بر اساس جدول زیر مورد پذیرش قرار

خودهمبستگی فضایی ویروس کرونا بر اساس فاصله یافته های تحقیق نشان می دهد که در فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری بین استان های کشور ضریب موران برابر ۰/۱۳۶۶۲۷ و مقدار z-

فاصله مکانی مهمترین عامل گسترش شیوع ویروس کرونا در کشور است که با تردد و جابجایی بین استان‌های کشور، فاصله مکانی کاهش یافته و ویروس کرونا از کانون به پیرامون انتشار می‌یابد (شکل-۶).

می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که در فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری بین استان‌های کشور ضریب موران برابر  $-0.40246$  و مقدار  $z$ -score برابر با  $-0.252883$  است که نشان‌دهنده خودهمبستگی مکانی منفی بوده بدین معنی که از این فاصله به بعد از تعداد مبتلایان به کرونا کاسته می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که



شکل-۶. خودهمبستگی فضایی ویروس کووید-۱۹ در ایران

چارک (LH) نواحی با ارزش‌های پایین اما احاطه شده به وسیله همسایه‌هایی با ارزش‌های بالا را نمایش می‌دهد. چارک (LL) نواحی با ارزش‌های پایین احاطه شده به وسیله همسایگانی با ارزش‌های پایین را نشان می‌دهد. چارک (HL) نواحی با ارزش‌های بالا احاطه شده به وسیله نواحی با ارزش‌های پایین را نشان می‌دهد. نواحی واقع شده در چارک‌های (LL و HH) خودهمبستگی مکانی مثبت را ارائه می‌دهند، بدان معنا که این نواحی خوشه‌هایی از ارزش‌های مشابه را شکل می‌دهند (شکل-۷). در طرف مقابل، چارک‌های (HL و LH) ارائه‌دهنده خودهمبستگی مکانی منفی می‌باشند، بدان معنا که این نواحی خوشه‌هایی از ارزش‌های غیرمشابه را شکل می‌دهند (۳۳).

### پراکنش آماره موران محلی (Moran's)

نمودار پراکنده موران با نمایش بازه مکانی متغیر در محور عمودی و ارزش متغیر در هر ناحیه بر روی محور افقی، ارائه ناپایداری و بی‌قاعدگی‌های مکانی محلی را تسهیل می‌سازد. همبستگی میان مقادیر متغیرهای یکسان در مکان‌های مختلف است. در واقع با استفاده از آن می‌توان مشابهت و عدم مشابهت هر جفت از واحدهای ناحیه‌ای مجاور را اندازه گرفت (۳۲). چارک (HH) نواحی را نشان می‌دهد که دارای ارزش‌های بالا برای متغیر مورد تحلیل بوده (ارزش‌های بالاتر از میانگین) و با نواحی دارای ارزش بالاتر از میانگین برای متغیر مورد تحلیل احاطه شده‌اند.

جدول-۲. نحوه تفسیر نتایج نمودار پراکنده موران

طبقه	چارک نمودار پراکنده	خودهمبستگی	تفسیر
HH	بالا سمت راست	مثبت	خوشه- ناحیه‌ای با ارزش بالا احاطه شده به وسیله نواحی با ارزش‌های بالا
HL	پایین سمت راست	منفی	بی‌قاعدگی- ناحیه‌ای با ارزش بالا در میان نواحی دارای ارزش پایین
LL	پایین سمت چپ	مثبت	خوشه- ناحیه‌ای با ارزش پایین در مجاورت نواحی دارای ارزش‌های پایین
LH	بالا سمت چپ	منفی	بی‌قاعدگی- ناحیه‌ای با ارزش پایین در میان نواحی دارای ارزش بالا

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{x})$$

آماره خودهمبستگی فضایی موران محلی به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

بختیاری، کرمان، کرمانشاه و آذربایجان غربی قرار دارند که هم در این استانها تعداد مبتلایان پایین است و هم در مجاورت استانهایی با تعداد مبتلایان پایین احاطه شدهاند. 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 عمدتاً 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 پایین است اما در مجاورت استانهایی با تعداد بالای مبتلا به ویروس کرونا قرار دارند. خودهمبستگی فضایی در این استانها منفی بوده 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 بدست آمده که نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی مثبت می‌باشد (شکل-۸).

در خودهمبستگی فضایی ویروس کرونا در استانهای کشور، خوشه HH به لحاظ پخش فضایی (کانون بیماری) و خوشه LH به لحاظ تعامل فضایی (گسترش بیماری) از اهمیت بیشتری برخوردارند. در این خوشه‌بندی فضایی، استانهای واقع در خوشه HH که در نواحی مرکزی و شمالی کشور قرار دارند، به عنوان کانون اصلی انتشار فضایی اپیدمی ویروس کرونا شناخته می‌شوند که باید برای کنترل و کاهش شیوع این ویروس در کشور باید تمهیدات و محدودیت‌هایی در زمینه عبور و مرور بین استانهای واقع در خوشه HH و سایر استانهای کشور اعمال شود تا از انتشار و پخش فضایی این ویروس (از کانون به پیرامون) در کشور کاسته شود. همچنین استانهای واقع در خوشه LH که در نواحی شمال شرقی و شمال غربی کشور قرار دارند، به لحاظ تعامل فضایی و مجاورت با استانهایی که تعداد بالای مبتلا به کرونا دارند باید توجه جدی شود تا از ادامه گسترش این بیماری در استانهای واقع در خوشه LH جلوگیری شود.

## بحث

اپیدمی ویروس کرونا در حال حاضر موجب مختل شدن زندگی انسان‌ها در سراسر جهان شده که پرداختن به این موضوع و بررسی آن از منظر ویژگی‌های جغرافیایی ضرورت می‌یابد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مهمترین عامل انتشار فضایی ویروس کرونا در کشور، فاصله و مجاورت مکانی استانهای درگیر با این بیماری است. بطوریکه تا فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری ضریب موران اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی مثبت بوده که بیانگر انتشار بیماری از کانون (استانهای تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد) به پیرامون می‌باشد. اما از فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری به بعد از انتشار

در این رابطه  $x_i$  خصیصه عارضه  $i$  میانگین خصیصه مربوطه و  $w_{i,j}$  وزن فضایی بین عارضه  $i$  و  $j$  می‌باشد که جمع وزن‌ها برابر ۱ است. در این رابطه  $S_i^2$  برابر است با:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

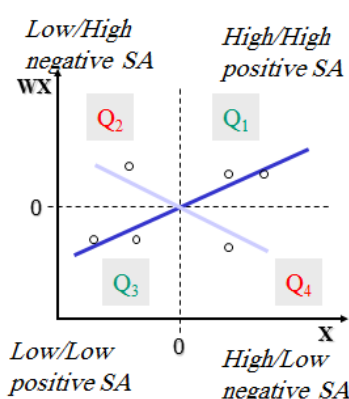
امتیاز  $Z_{ii}$  استاندارد برای آماره موران از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$z_{ii} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}}$$

که در آن:

$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n-1}$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2$$



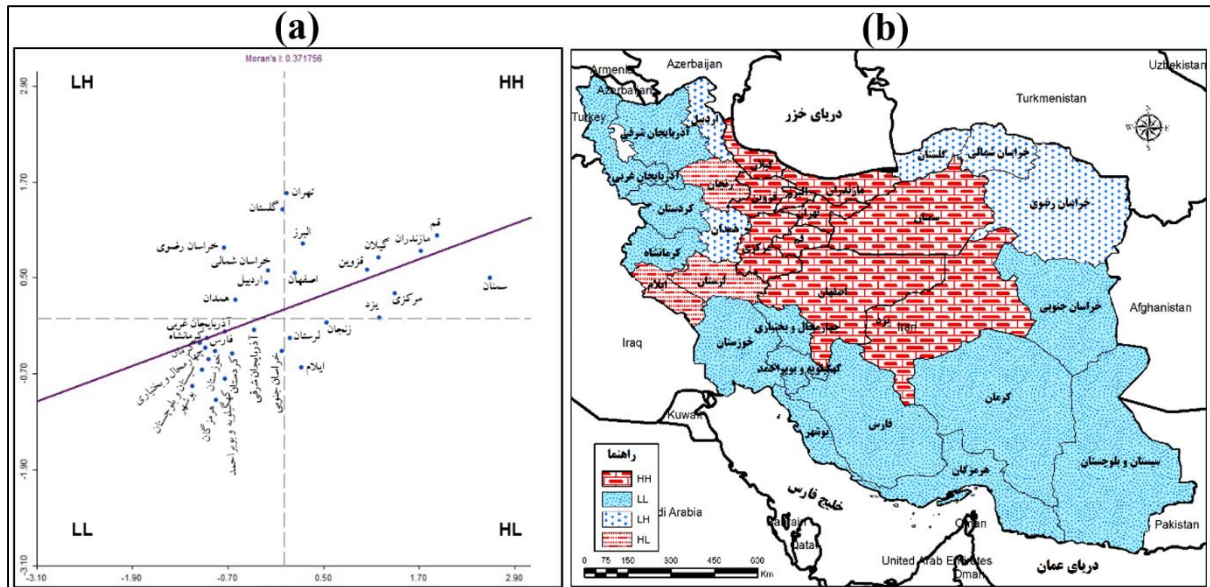
شکل-۷. نمودار پراکنندگی موران

همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، استانهای تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد در قسمت HH نمودار پراکنندگی موران قرار دارند که بدین معنی است تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در این استانها بالا بوده (ارزشهای بالاتر از میانگین) و توسط استانهایی با تعداد بالای (بالاتر از میانگین) مبتلا به کرونا احاطه شدهاند. خودهمبستگی فضایی در این استانها مثبت بوده و ۳۲/۲۶ درصد استانهای کشور در خوشه HH قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که استانهای واقع در خوشه HH کانون اصلی انتشار ویروس کرونا در کشور می‌باشند 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 وجود ناهمگنی مکانی در تعداد مبتلایان به کرونا در این استانها است که خوشه‌هایی با ارزشهای غیرمشابه را شکل داده است. در واقع، تعداد مبتلایان به کرونا در استانهای مذکور بالا بوده اما تعداد مبتلایان به کرونا در استانهای همجوار آنها پایین است. این خوشه ۹/۶۸ درصد استانهای کشور را در بر گرفته که عمدتاً 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



این بیماری در برخی استان‌ها و انتشار آن به استان‌های پیرامون می‌باشد.

ویروس کرونا به تدریج کاسته می‌شود. همچنین الگوی خوشه‌ای حاصل از پراکنش ویروس کرونا در کشور نشان‌دهنده متمرکز بودن



شکل ۱- (a) نمودار پراکنش موران ویروس کرونا در استان‌های کشور (b) خوشه‌بندی استان‌های کشور بر اساس LISA تک‌متغیره

استفاده نمایند. همچنین به گروه سنی ۲۱-۵۰ سال که نقش مهمی در افزایش جمعیت و اقتصاد- توسعه کشور دارند توجه جدی صورت گیرد تا کشور در آینده متحمل آسیب‌هایی در زمینه جمعیتی و اقتصادی نگردد.

### نتیجه‌گیری

تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی ویروس کرونا در کشور نشان داده که روند گسترش شیوع ویروس کرونا در کشور به سمت نواحی پیرامون استان تهران، نواحی شمال و غرب و شمال غرب کشور است و بیشترین انتشار فضایی ویروس کرونا در استان‌های تهران، البرز، قم، مازندران، گیلان، قزوین، اصفهان، سمنان، مرکزی و یزد صورت گرفته است. بررسی‌های مکانی و جغرافیایی صورت گرفته نشان می‌دهد که مهمترین عوامل انتشار ویروس کرونا در کشور، تمرکز جمعیت و فاصله مکانی بوده که سبب سرعت بخشیدن به انتشار این بیماری واگیردار شده است. به عبارت دیگر، تا شعاع فاصله ۳۸۳ کیلومتری استان‌ها تهران انتشار ویروس کرونا روند صعودی دارد و از ۷۶۲ کیلومتری به دلیل افزایش فاصله مکانی و کاسته شدن از تراکم جمعیت انتشار بیماری کاهش می‌یابد. بررسی الگوی پراکنش انتشار ویروس کرونا در کشور نشان داد که الگوی فضایی این بیماری در کشور از نوع خوشه‌ای می‌باشد. الگوی خوشه‌ای، بدترین الگوی پراکنش فضایی برای متغیرهایی مانند جرم و جنایت، بیماری، فقر، بیکاری و... است که نشان‌دهنده بروز مشکل جدی در زمینه‌های مذکور بوده و نشان از حاد بودن آن مشکل در جامعه دارد. به همین دلیل می‌توان گفت که ویروس- کرونا در شرایط فعلی در ۱۰ استان مذکور به شدت حاد می‌باشد

یکی از مهمترین عامل‌های انتشار فضایی کرونا در کشور، تمرکزگرایی توزیع جمعیت در نواحی پیرامون استان تهران می‌باشد. به دلیل انباشت سرمایه و توسعه بخش‌های خدماتی و صنعتی در تهران و استان‌های همجوار، افزایش تراکم جمعیت در این قسمت از کشور را به دنبال داشته که همین عامل در شرایط ویروس کرونا موجب انتشار و گسترش شیوع این بیماری واگیردار شده است. در مطالعه‌ای که در استان هوبی کشور چین انجام گرفته، نتایج حاصل از الگوهای فضایی ضریب موران نشان داد که خوشه‌های فضایی با روند افزایشی و تغییر ناگهانی، به دلیل تمرکز شدید جمعیت موجب شیوع ویروس کرونا در این استان شده است (۳۴). که در پژوهش حاضر نیز تمرکز جمعیت در استان تهران موجب شکل‌گیری الگوی خوشه‌ای در پراکنش این بیماری می‌باشد.

بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که گروه سنی ۲۱-۵۰ سال، ۵۰/۱۹ درصد مبتلایان به ویروس کرونا را تشکیل می‌دهند که این نکته بیانگر آن است که جمعیت فعال کشور بیشترین افراد مبتلا به ویروس کرونا بوده‌اند که در صورت بروز افزایش تلفات انسانی در این گروه سنی، کشور را با بحران جمعیتی و نیز به دنبال آن اقتصاد کشور را با مشکل مواجه خواهد کرد. مطالعاتی که تاکنون در زمینه ویژگی‌های اپیدمیولوژیک ویروس کرونا در داخل کشور صورت گرفته نیز نشان می‌دهد که نسبت مردان مبتلا به کرونا بیشتر از زنان بوده و بیشترین موارد در بازه سنی ۶۰-۵۰ سال قرار دارند (۳۵). لذا باید مسئولان و برنامه‌ریزان کشور به بخصوص وزارت بهداشت و درمان، ممنوعیت و محدودیت‌های بیشتری در زمینه تردد بین شهری و استانی را اعمال نمایند و حتی در صورت حاد شدن بیماری از جریحه‌های سنگین در راستای حفظ سلامت مردم

**نقش نویسندگان:** همه نویسندگان در ارائه ایده و طرح اولیه، جمع آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر داده‌ها و نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

**تضاد منافع:** نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

### منابع:

1. Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020; 395: 507-513. doi:10.1016/S0140-6736(20)30211-7
2. Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang B, Wu H, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*. 2020; 395: 565-574. doi:10.1016/S0140-6736(20)30251-8
3. World Health Organization (WHO), 2020. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Retrieved from: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>.
4. Mollalo A, Vahedi B, Rivera K. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of the Total Environment*. 2020; 728: 1-8. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138884
5. National Health Commission's briefing on the pneumonia epidemic situation. Released on 23 Feb 2020.
6. Wu F ZS, Bin Y, Chen YM, Wang W, Song ZG, Hu Y, et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. 2020. doi:10.1038/s41586-020-2202-3
7. Zhou P YX, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020.
8. World Health Organization. 10 facts on neglected tropical diseases [Online]. 2011. Available from: URL: [http://www.who.int/features/factfiles/neglected\\_tropical\\_diseases/en/](http://www.who.int/features/factfiles/neglected_tropical_diseases/en/).
9. Ghaedamini Asadabadi R, Tofighi S, Ghaedamini H, Azizian F, Amerieon A, Shokri M. 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*. 2012; 1(2): 113-123.
10. American Health Organization. Use of GIS in epidemiology. *Epidemiological Bulletin*. 1996;17:1-7.
11. Kandwal R, Garg PK, Garg RD. Health GIS and HIV/ AIDS studies: Perspective and retrospective. *J Biomed Inform*. 2009; 42: 748-755. doi:10.1016/j.jbi.2009.04.008

که در درجه اول باید با استفاده از همکاری مردم و سپس استفاده از توان علمی کشور به ویژه کادر پزشکی، نیروهای انتظامی و امنیتی، جغرافیدانان، روانشناسان ... از ادامه روند کنونی این بیماری در کشور جلوگیری کرد.

**تشکر و قدردانی:** بدین وسیله از سازمان نقشه برداری کشور تشکر و قدردانی می گردد.

12. Elliott P, Cuzik J, English D, Stern R. *Geographical & environmental epidemiology*. 1st edition. England. Oxford University Press. 1996. doi:10.1093/acprof:oso/9780192622358.001.0001
13. Rezaeian M. Geographical epidemiology, spatial analysis & geographical information system: a multidisciplinary glossary. *J Epidemiol Community Health*. 2007; 61: 98-102. doi:10.1136/jech.2005.043117
14. Bailey T, Gatrell A. *Interactive spatial data analysis*. 1st ed. Harlow. Longman. 1995.
15. Bell B, Broemeling L. A Bayesian analysis for spatial processes with application to disease mapping. *Stat Med*. 2000;19:974-975. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(20000415)19:7<957::AID-SIM396>3.0.CO;2-Q
16. Cliff A. Analyzing geographically related disease data. *Stat Methods Med Res*. 1995;4:93-101. doi:10.1177/096228029500400201
17. Joyce K. 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*. 2009; 15: 831-840. doi:10.1016/j.healthplace.2009.01.004
18. Scholten HJ, De Lepper MJ. The benefits of the application of geographical information systems in public & environmental health. *World Health Stat Q*. 1991; 44: 160- 170.
19. O Dwyer L, Burton D. Potential meets reality: GIS & public health research in Australia. *Aust J Public Health*. 1998; 22: 819-823. doi:10.1111/j.1467-842X.1998.tb01500.x
20. Kistemann T, Dangendorf F, Schweikart J. New perspectives on the use of Geographical Information Systems in environmental health sciences. *Int J Hyg Environ Health*. 2002; 205: 169 - 181. doi:10.1078/1438-4639-00145
21. Faruque FS, Lofton SP, Doddato TM, Mangum C. Utilizing Geographic Information systems in community assessment & nursing research. *J Community Health Nurs*. 2003; 20: 179 - 191. doi:10.1207/S15327655JCHN2003\_04
22. Ricketts TC. Geographic information system & public health. *Annu Rev Public Health*. 2003;24:1- 6. doi:10.1146/annurev.publhealth.24.100901.140924
23. Tanser FC, Le-Sueur D. The application of geographical information systems to important public

- health problems in Africa. *Int J Health Geography*. 2002; 9: 1- 4. doi:10.1186/1476-072X-1-4
24. Anselin, Luc. The Moran scatter plot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In Fischer M, Scholten H.J, Unwin D. (Eds.), *Spatial analytical perspectives in GIS* (pp. 111-125). London: Taylor & Francis. 1996. doi:10.1201/9780203739051-8
25. Le Gallo J, Dall'Erba S. Evaluating the temporal and spatial heterogeneity of the European convergence process, 1980-1999, *Journal of Regional Science*. 2006; 46(2): 269-288. doi:10.1111/j.0022-4146.2006.00441.x
26. Seifolddini F, Mansourian H. A Spatial Analysis of the Socio-economic and Environmental Variables of Tehran City, *Spaces and Flows*. 2012; 2: 53-67. doi:10.18848/2154-8676/CGP/v02i01/53833
27. Ertur C, Le Gallo J. An exploratory spatial data analysis of European disparities, 1980-1995, In Fingleton B. (Ed.), *European regional growth*. Berlin: Springer. 2003. doi:10.1007/978-3-662-07136-6\_3
28. Rey S. Spatial dependence in the evolution of regional income distributions, In Getis A, Mur J.N, Zoeller H. (Eds.), *Spatial econometrics and spatial statistics*. Hampshire: Palgrave Macmillan. 2004.
29. Guillain R, Le Gallo J, Boiteux-Orain, C. Changes in spatial and sectoral patterns of employment in Ile-de-France, 1978-1997, *Urban Studies*. 2006; 43(11): 1-24. doi:10.1080/00420980600945203
30. Baumont C, Ertur C, Le Gallo J. Spatial analysis of employment and population density: The case of the agglomeration of Dijon. *Geographical Analysis*. 2004; 36: 146-176. doi:10.1111/j.1538-4632.2004.tb01130.x
31. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report - 63. 23 March 2020.
32. Ministry of Health and Medical Education. 2020. <https://behdasht.gov.ir/uploads/1/2020>. <https://iransdi.ir/layersf/Crona>.
33. Ratcliff J.H. (2004), *The Hot spots Matrix: A Framework for the Spatial-Temporal Targeting of Crime Reduction, police practice and research*. 2004; 5(1): 5-23. doi:10.1080/1561426042000191305
34. Wentao Y, Min D, Chaokui L, Jincal H. Spatio-Temporal Patterns of the 2019-nCoV Epidemic at the County Level in Hubei Province, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17: 1-11. doi:10.3390/ijerph17072563
35. Nikpouraghdam M, Farahani AJ, Alishiri G, Heydari S, Ebrahimnia M, Samadinia H, et al. Epidemiological characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients in IRAN: A single center study. *Journal of Clinical Virology*. 2020. doi:10.1016/j.jcv.2020.104378