

Spatial Analysis of Covid-19 Disease in Hamadan Province

Ali Moradi¹, Mohammad Mirzaei², Pegah Ameri², Moharram Zangeneh³, Abas Moradi⁴, Fatemeh Darabi^{5*}

1. Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Department of Epidemiology, School of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Hamadan, Iran
3. Health Services Management Department, School of Medical Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Department of community medicine, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
5. Department of Public Health, Asadabad school of Medical Sciences, Asadabad, Iran

Received: 31 March 2023

Accepted for publication: 5 December 2023

[EPub ahead of print-3 January 2024]

Payesh: 2024; 23(2): 271- 287

Abstract

Objective(s): With the spread of COVID-19 pandemic, different countries have implemented various intervention to control the disease. Providing information on how the disease spreads and local risk factors can help policymakers and managers to control the disease. The aim of this study was to analyze the spatial factors of Covid-19 disease in Hamadan province, Iran.

Methods: All cases of Covid-19 in Hamadan province from the beginning of the epidemic (Jan 2020) to the end of March 2021 with a confirmed diagnosis of Covid-19 disease based on PCR test were included in the study. The required information was collected through the Covid-19 case registration system in Hamadan University of medical science, other provincial institutions and the Statistics Center of Iran. Statistical analyzes were performed in two parts: descriptive and analytical. Zoning maps were used to show the distribution of disease cases. Getis-Ord G statistic was used in the analytical analysis to analyze the hot spots.

Results: A total of 25197 patients suspected of Covid-19 were studied. Of these 10366 were positive based on PCR test. There were 1510 confirmed positive cases of the disease who died during the period of investigation. Population density, employment rate, development index, illiteracy rate, distance from the provincial center, air temperature, number of frosty days, average air humidity showed a significant relationship with the incidence of positive cases of Covid-19 in Hamadan province.

Conclusion: Based on the findings, the most important variables related to the increase in the death of covid-19 included the increase in population density and the level of development. The preparation of risk maps using GIS can help to plan a rapid response to the COVID-19 epidemic, focus on prevention programs in high-risk areas, and plan the necessary strategies appropriate to the epidemic trend to control COVID-19 and similar epidemics in the future.

Keywords: Covid-19, Geographic Information System, Spatial Analysis, Hamadan

* Corresponding author: Department of Public Health, Asadabad school of Medical Sciences, Asadabad, Iran
E-mail: f.darabi@asaums.ac.ir

تحلیل مکانی بیماری کووید-۱۹ در استان همدان

علی مرادی^۱، محمد میرزائی^۲، پگاه آمی^۳، محرم زنگنه^۴، عباس مرادی^۴، فاطمه دارابی^{۵*}

۱. مرکز تحقیقات سلامت و بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲. گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۳. گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۴. گروه پزشکی جامعه، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۵. گروه بهداشت عمومی، دانشکده علوم پزشکی اسدآباد، اسدآباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۱۴

[نشر الکترونیک پیش از انتشار - ۱۳ دی ۱۴۰۲]

نشریه پایش: ۲۸۷ - ۲۷۱ (۲): ۲۳(۲) ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: با شروع و گسترش پاندمی COVID-19 کشورهای مختلف به منظور کنترل بیماری برنامه های مداخله ای مختلفی را به اجرا گذاشتند. ارائه اطلاعات مرتبط با نحوه انتشار بیماری و عوامل خطر مکانی می تواند، سیاست گذاران و مدیران را در کنترل بیماری کمک کند. این مطالعه با هدف تحلیل عوامل مکانی بیماری کووید-۱۹ در استان همدان انجام شد.

مواد و روش کار: مطالعه حاضر به صورت گروهی و با طرح اکولوژیک اجرا شد. کلیه موارد کووید-۱۹ در استان همدان از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ با تشخیص قطعی بیماری کووید-۱۹ بر اساس آزمایش PCR وارد مطالعه شدند. اطلاعات مورد نیاز از طریق سامانه ثبت موارد کووید-۱۹ در استان همدان و سایر مؤسسات و سازمان های استانی و مرکز آمار ایران جمع آوری شد. تحلیل های آماری در دو بخش توصیفی و تحلیلی صورت گرفت. برای نمایش توزیع موارد بیماری و جهت تجزیه و تحلیل نقاط داغ (Hot Spots) از آماره Getis-Ord G استفاده شد.

یافته ها: یافته ها حاکی از آن بود که در مجموع ۲۵۱۹۷ بیمار مشکوک به کووید-۱۹ که ۱۰۳۶۶ نفر از آنها بر اساس نتایج آزمایش PCR مثبت قطعی بودند، وارد مطالعه شدند. ۱۵۱۰ نفر از موارد مثبت قطعی بیماری دچار مرگ شدند. شهرستان تویسرکان با ۱۷۵۶ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای بیش ترین و شهرستان درگزین با ۱۱۲۶ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای کم ترین میزان بروز موارد مشکوک بیماری از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ بوده اند. تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، میزان بی سواد، فاصله از مرکز استان، متوسط دمای هوا، تعداد روزهای یخبندان، متوسط رطوبت هوا با میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در استان همدان ارتباط معنی دار نشان دادند.

نتیجه گیری: براساس نتایج این مطالعه، مهم ترین متغیرهای مرتبط با افزایش مرگ کووید-۱۹ شامل افزایش تراکم جمعیت و میزان توسعه یافتگی بودند. عوامل محیطی و موقعیت جغرافیائی شهرستان های استان در تعیین میزان بروز و مرگ و میر ناشی از بیماری موثر بوده اند. تهیه نقشه های خطر با استفاده از GIS، می تواند به برنامه ریزی پاسخ سریع به اپیدمی COVID-19، تمرکز برنامه های پیشگیری در مناطق پرخطر و ابداع راهبردهای لازم متناسب با روند اپیدمی برای کنترل COVID-19 و همه گیری های مشابه در آینده کمک کند.

واژگان کلیدی: کووید-۱۹، سیستم اطلاعات جغرافیائی، تحلیل مکانی، همدان

کد اخلاق: IR. UMSHA.REC.1399.886

* نویسنده پاسخگو: گروه بهداشت عمومی، دانشکده علوم پزشکی اسدآباد، اسدآباد، ایران

E-mail: f.darabi@asaums.ac.ir

مقدمه

در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹، یک عامل بیماریزا ناشناخته به نام ویروس کرونا (SARS-CoV-2) در ووهان چین به سرعت از مرزهای ایران عبور کرده و به همه کشورهای جهان شیوع یافت، به طوری که تا ۲۵ مارس ۲۰۲۰، ۱۹۶ کشور جهان را تحت تأثیر قرار داده است [۱]. 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 می گذارد به طوری که، 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 [۲]. در اوایل فوریه ۲۰۲۰ مشخص شد که شیوع عفونت های کرونا ویروسی جدید به صورت نمائی در حال افزایش است [۳]. با توجه به شتاب امروزه رفت و آمد مسافران و انتقال کالا و خدمات در مناطق مختلف جهان، بیماری در سراسر دنیا و قاره های مختلف شامل؛ اروپا، آسیا، آمریکای شمالی و اقیانوسیه گسترش یافت [۴، ۵]. اگر چه مدتی است، پاندمی کووید-۱۹ فروکش کرده، بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی تاکنون عامل بیماری کلیه کشورهای جهان را آلوده کرده و موجب بیش از ۷۷۰ میلیون مورد ابتلاء و حدود ۷ میلیون مورد مرگ شده است [۶]. با توجه به اینکه تمام جهان تحت تأثیر این بیماری همه گیر قرار گرفته است، انجام مطالعات در مورد تحلیل مکانی همه گیری کوید-۱۹ از اهمیت بالایی برخوردار است [۷]. در ایران نیز اپیدمی فروکش کرده است اما بر اساس گزارش های رسمی، دامنه اپیدمی همه استان های کشور را فرا گرفت و موجب ابتلاء بیش از ۷ میلیون و ۶۰۰ هزار و مرگ بیش از ۱۴۶ هزار نفر شده است [۸]. با شروع و گسترش اپیدمی COVID-19 کشورهای مختلف به منظور پیشگیری از انتقال عامل بیماری و کنترل بیماری برنامه های مداخله ای مختلفی را به اجرا گذاشتند. در این میان اقدامات برخی از کشورها در پیشگیری از گسترش بیماری و یا کنترل اپیدمی بسیار موثر بوده و تجارب آنها می تواند درس های آموزنده ای را در اختیار مسئولان قرار دهد. ارائه اطلاعات مرتبط با نحوه انتشار بیماری، عوامل خطر و راه های کنترل آن می تواند، سیاست گذاران و مدیران را در کنترل بیماری کمک کند. تاکنون مطالعات مختلفی از کشورهای درگیر اپیدمی منتشر شده است. برخی از مطالعات به بررسی روش های انتقال بیماری [۹]، دوره کمون بیماری [۱۰]، خصوصیات بیماران و

علائم شایع [۱۱] عوامل خطر منجر به مرگ [۱۲]، سیر طبیعی این بیماری را در این بیماران گزارش کرده اند. مطالعاتی هم در خصوص ضریب نفوذ پایه این بیماری (R0) در جامعه انجام شده است که نتایج آنها نشان می دهد ضریب نفوذ پایه در جامعه کاملاً حساس حدود ۲/۱ تا ۳/۳ است [۱۳، ۱۴].

علاوه بر این برخی از مطالعات هم به پیش بینی بروز این بیماری پرداخته اند و بروز بیماری را تحت سناریوهای مختلف پیشگیرانه پیش بینی کرده اند [۱۵]. اپیدمیولوژی جغرافیائی، بخشی از همه گیری شناسی توصیفی است که به بررسی توزیع جغرافیائی میزان های ابتلاء و مرگ و میر می پردازد [۱۶]. یکی از مهم ترین کاربردهای همه گیرشناسی جغرافیائی، دستیابی به سرنخ هایی جهت تعیین علل بیماری ها، آسیب ها یا مرگ و میرها است [۱۷]. نخستین مرحله در تجزیه و تحلیل داده های جغرافیائی، به تصویر کشیدن آن ها به ویژه در قالب نقشه های جغرافیائی است، که الگوی توزیع جغرافیائی بیماری ها، آسیب ها و مرگ و میرها را به نحو مشخصی نمایان کرده و راه را برای ایجاد فرضیه های سبب شناسی هموار می سازد. از آنجا که جداول آماری در مقایسه با نقشه ها، از چنین توانایی برخوردار نیستند، طی سالیان اخیر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی و نقشه ها در علوم بهداشتی و پزشکی افزایش چشمگیری داشته است [۱۸]. سال هاست که GIS در بخش های کشاورزی، اقتصادی، منابع طبیعی، طراحی شهری و بخش های دیگر مورد استفاده قرار می گیرد و با مشکلاتی که عمدتاً به دلیل کمبود اطلاعات دقیق در GIS و کافی است، روبرو است [۱۹]. 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 توجه به توانایی های GIS در استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی برای مدیران این بخش ضروری است [۲۰].

سیستم اطلاعات جغرافیائی وسیله ای برای جمع آوری، ذخیره، انسجام، مدیریت، بازیافت، تجزیه و تحلیل و هم چنین نمائی اطلاعات مکانی است که در تحقیقات اپیدمیولوژیکی و سیاست گذاری های بهداشتی می توان از آن استفاده نمود [۲۱]. کاربرد این سیستم در حوزه سلامت، نسبتاً جدید بوده و زمینه ای اختصاصی برای کاربرد GIS نیست، ولی پیشرفت های اخیر حاکی از آن است

در سال) میزان باسوادی (درصد افراد باسواد در جمعیت بالای ۱۲ سال) و فاصله از مرکز استان (کیلومتر) جمع آوری شد. برای تحلیل اطلاعات، ابتدا داده‌ها وارد کامپیوتر شده سپس بوسیله نرم افزارهای STATA، GIS و GWR تحلیل اطلاعات در دو بخش توصیفی (میانگین و انحراف معیار، فراوانی مطلق و نسبی) و تحلیلی به شرح ذیل انجام شد.

تحلیل‌های مکانی: انجام این تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc-GIS نسخه ۱۰/۲،۲ به ترتیب مراحل ذیل انجام شد:

(۱) **آماده سازی فایل داده‌های جغرافیایی:** بر اساس آدرس محل موارد کووید-۱۹ مختصات جغرافیایی محل وقوع موارد را برحسب سیستم مختصات شبکه جهانی مرکاتور (UTM) به دست آمده و وارد رایانه شدند.

(۲) **تهیه نقشه‌های پهنه بندی:** با استفاده از نرم‌افزار Arc-Map لایه‌های مختلف اطلاعات جغرافیایی روی هم قرار گرفت و نقشه‌های پهنه بندی استخراج گردید.

(۳) **تعیین الگوی پراکنش موارد بیماری:** با استفاده از شاخص موران (Moran's index) الگوی پراکنش موارد بیماری و مرگ ناشی از آن از نظر خوشه‌ای و یا پراکنده بودن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. شایان ذکر است که شاخص موران متداول‌ترین شاخص مورد استفاده برای اندازه‌گیری خود همبستگی مکانی بین پدیده‌ها و وقایع است. خود همبستگی به رابطه بین مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خود همبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر یک متغیر که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک هستند باهم مرتبط باشند به عبارت دیگر تغییراتشان به صورت سامان مند رخ دهد. اگر عوارض و یا مقادیر متغیرهای مربوط به آنها به طور تصادفی در فضا توزیع شده باشند، ظاهراً نباید بین آنها ارتباطی وجود داشته باشد. شاخص موران الگوی پراکنش این عوارض را با در نظر گرفتن مقادیر خصیصه مورد مطالعه از نظر الگوی خوشه‌ای و یا پراکنده بودن مورد بررسی قرار می‌دهد. شاخص موران توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

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

که در آن N تعداد مشاهدات (نقاط یا پلی گون ها)، $\bar{x}$ میانگین متغیر، X_i اندازه متغیر در یک محل مورد نظر، X_j اندازه متغیر در

که این سیستم در حوزه سلامت و حفاظت از محیط زیست، محیط شناسی بیماری‌ها و بهداشت جامعه یک ابزار ضروری و لازم الاجرا برای پردازش، تحلیل و قابل مشاهده کردن اطلاعات مکانی از طریق تولید نقشه‌ها است، به عبارتی تعیین موضع و مکان بیماری‌ها، تعیین حدود و مرزهای جغرافیایی جامعه از اجزای ضروری مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشتی به شمار رفته که از طریق این سیستم قابل دستیابی شده اند [۲۲].

ظرفیت مدل‌سازی مکانی در GIS به طور مستقیم در درک تفاوت توزیع مکانی بیماری‌ها و ارتباط آن‌ها با عوامل محیطی و سیستم مراقبت‌های بهداشتی کاربرد دارد، به طوری که در حال حاضر فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی یک ابزار عمده در تحقیقات مدیریت بهداشتی در آفریقا است و از این سیستم در تحقیقات بهداشتی در زمینه بیماری‌های عفونی استفاده می‌شود [۲۳]. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان چارچوبی برای جمع آوری، مدیریت، تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌های جغرافیایی و مبتنی بر مکان به طور گسترده در مطالعات بهداشت عمومی [۲۹-۲۴] و در طول پاندمی کووید-۱۹ [۳۰، ۳۱] استفاده شده است و می‌تواند از برنامه‌ها و پروتکل‌های مختلف برای پیشگیری و کنترل شیوع COVID-19 پشتیبانی کند [۳۲]. لذا، این مطالعه با هدف تحلیل عوامل مکانی بیماری کووید-۱۹ در استان همدان انجام شد. با اجرای این مطالعه نقشه‌های خطر برای استان تهیه شد. هم چنین با تحلیل‌های فضایی نقش عوامل محیطی و محلی در توزیع بیماری مشخص شد.

مواد و روش کار

مطالعه حاضر به صورت گروهی با طرح اکولوژیک در استان همدان در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. کلیه موارد کووید-۱۹ در استان همدان با تشخیص قطعی از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ به روش سرشماری به عنوان نمونه وارد مطالعه شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل؛ تشخیص قطعی بیماری کووید-۱۹ بر اساس تست PCR مثبت و ساکن استان همدان بود.

در این مطالعه، اطلاعات مورد نیاز از طریق سامانه ثبت موارد کووید-۱۹ در استان همدان و سایر مؤسسات و سازمان‌های استانی و مرکز آمار ایران بر اساس متغیرهای شهرستان محل بروز بیماری کووید-۱۹، سطح توسعه یافتگی (درصد)، تراکم جمعیت (تعداد جمعیت در هر کیلومتر مربع)، میزان اشتغال (درصد افراد شاغل در سنین فعالیت)، وضعیت آب و هوا (تعداد روزهای بارانی و یخبندان

میانگین و انحراف معیار متغیر مورد نظر می باشند و بر اساس روابط زیر محاسبه می شوند:

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

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

در پژوهش حاضر این آماره برای نشان دادن نواحی که دارای وقوع بالا، پایین یا در حد میانگین کل جامعه از نظر موارد کووید-۱۹ و مرگ های ناشی از آنها هستند، به کار رفت. تفسیر مقادیر آماره G بر اساس مقایسه نسبت مقادیر مشاهده شده و منتظره صورت می گیرد. در صورتی که در یک ناحیه مقدار مشاهده شده آن از مقدار منتظره بیشتر باشد، آن ناحیه جزء نقاط داغ یا پرخطر و در صورتی که در یک ناحیه مقدار مشاهده شده آن از مقدار منتظره کمتر باشد، آن ناحیه جزء نقاط سرد یا کم خطر قرار می گیرد.

۵) تجزیه و تحلیل های چند متغیره: به منظور تحلیل های بیشتر در زمینه نقش عوامل محیطی و مکانی در میزان بروز موارد بیماری و مرگ ناشی از آن در واحدهای جغرافیایی از مدل های رگرسیونی نیز استفاده شد. با توجه به اینکه متغیر وابسته در این واحدها تعداد موارد می باشد، برای این منظور یکی از روش ها استفاده از مدل های رگرسیون دو جمله ای منفی است.

لازم به ذکر است که در مدل رگرسیون دو جمله ای منفی احتمال y_i یعنی مشاهده i -ام متغیر وابسته از رابطه زیر به دست می آید:

$$P(y_i) = \frac{\Gamma(y_i + r)}{y_i! \Gamma(r)} \left[\frac{\mu_i}{\mu_i + r} \right]^{y_i} \left[\frac{r}{\mu_i + r} \right]^r$$

میانگین شرطی y_i برای متغیرهای مستقل مشاهده شده از رابطه زیر به دست می آید:

$$E(y_i | x_i) = \mu_i = e^{x_i \beta}$$

در مدل توزیع دو جمله ای منفی تفاوت واریانس و میانگین توسط رابطه زیر بیان می شود.

$$V(Y) = \mu + \alpha \mu^2$$

که در آن $V(Y)$ واریانس تعداد وقایع (تعداد موارد مشکوک، قطعی و مرگ کووید ۱۹)، μ میانگین تعداد وقایع و α ضریب پراکندگی است. در صورتی که α صفر باشد، می توان بجای مدل دو جمله ای منفی از مدل پواسن استفاده نمود. در رگرسیون دو

محل دیگر و W_{ij} شاخص وزن دهی محل i نسبت به محل j است. بر اساس توزیع نرمال استاندارد با رابطه زیر:

$$Z = \frac{I - E(I)}{S_{error}(I)}$$

که در آن I اندازه آماره موران است که از روی نمونه محاسبه شده، $E(I)$ اندازه مورد انتظار I با فرض تصادفی بودن آن است و SI خطای معیار است، اندازه Z برای این آماره محاسبه می شود. بر این اساس می توان آزمون آماری نیز انجام داد. در این آزمون، فرض صفر عدم وجود خود همبستگی مکانی و فرض مقابل وجود همبستگی مکانی است. چنانچه اندازه Z محاسبه شده بیشتر از $1/96$ یا کمتر از $-1/96$ باشد، با اطمینان 95% فرض صفر رد می شود.

اندازه آماره موران بین مقادیر -1 تا $+1$ متغیر است. مقدار $+1$ بیانگر الگوی کاملاً تک قطبی (خوشه ای)، مقدار صفر بیانگر الگوی تجمع تصادفی یا چندقطبی و مقدار -1 بیانگر الگوی پراکنده است. هر چه این ضریب مقدار بالاتری داشته باشد، بیانگر تجمع زیاد و هر چه مقدار پایین تری داشته باشد، بیانگر پراکندگی است. به طور مثال برای تعیین نحوه پراکنش فضایی مدارس یک منطقه می توان از این مدل استفاده کرد. می توان مدل را برحسب فیلدهای مختلف (جمعیت، جنسیت و مانند این ها) اجرا نمود و نتیجه به صورت خوشه ای، تصادفی و یا پراکنده روی شکل خروجی مدل نشان داده می شود.

۴) تجزیه و تحلیل نقاط پرخطر: جهت انجام این تحلیل ها آماره G^*i Getis-Ord برای موارد بیماری و مرگ های ناشی از آن محاسبه شد. هم چنین نقشه های مربوطه استخراج گردید. لازم به توضیح است که اندازه Z این آماره نشان می دهد که متغیر مورد نظر از نظر مکانی تا چه اندازه به صورت خوشه ای توزیع شده که ممکن است وضعیت خوشه ای بودن آن از نظر آماری معنی دار باشد. آماره G^*i Getis-Ord توسط رابطه زیر محاسبه می شود:

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

که در آن x_j تعداد وقایع (تعداد موارد مشکوک، قطعی و مرگ کووید ۱۹) برای واحد جغرافیایی j ، w_{ij} وزن مکانی بین واحد جغرافیایی i و j ، n تعداد واحدهای جغرافیایی، $\bar{X}$ و S به ترتیب

شمال شرقی و غربی استان به ویژه شهرستان درگزین قرار داشته اند. آماره Getis-Ord General G ($P < 0.01$) نشان داد که توزیع نقاط پرخطر و کم بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ از نظر آماری معنی دار بوده است.

شکل ۵ نشان می دهد که نقاط پرخطر در استان همدان از نظر بروز موارد مثبت به کووید-۱۹ سال ۱۳۹۹ در تعدادی از شهرستان های مرکزی و جنوبی استان به ویژه شهرستان ملایر قرار داشته اند و نقاط کم خطر بیشتر در برخی از شهرستان های شمال شرقی و غربی استان به ویژه شهرستان اسدآباد قرار داشته اند. آماره Getis-Ord General G ($P < 0.01$) نشان می دهد که توزیع نقاط پرخطر و کم خطر بروز موارد مثبت به کووید-۱۹ از نظر آماری معنی دار بوده است.

شکل ۶ نشان می دهد که نقاط پرخطر در استان همدان از نظر بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ سال ۱۳۹۹ در تعدادی از شهرستان های مرکزی و شمالی استان به ویژه شهرستان رزن قرار داشته اند و نقاط کم خطر بیشتر در برخی از شهرستان های شمال شرقی، شمال غربی و غربی استان به ویژه شهرستان اسدآباد قرار داشته اند. آماره Getis-Ord General G ($P < 0.01$) نشان می دهد که توزیع نقاط پرخطر و کم خطر بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ از نظر آماری معنی دار بوده است.

بر اساس مدل رگرسیون دوجمله ای منفی متغیرهای تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، میزان بی سواد، فاصله از مرکز استان، متوسط دمای هوا، تعداد روزهای یخبندان، متوسط رطوبت هوا در مدل نهائی عوامل محیطی مرتبط با میزان بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ در استان همدان قرار گرفتند. در این میان متغیرهای میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، فاصله از مرکز استان و متوسط رطوبت هوا با متغیر وابسته در واحدهای جغرافیائی ارتباط معنی دار نشان دادند. در این میان با افزایش میزان اشتغال، فاصله از مرکز استان و متوسط رطوبت هوا میزان بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش و با افزایش میزان توسعه یافتگی میزان بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ در واحدهای مکانی کاهش یافته است (جدول ۱).

بر اساس مدل رگرسیون دوجمله ای منفی متغیرهای تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، میزان بی سواد، فاصله از مرکز استان، متوسط دمای هوا، تعداد روزهای یخبندان، متوسط رطوبت هوا در مدل نهائی عوامل محیطی مرتبط با میزان

جمله ای منفی علاوه بر ضرایب رگرسیون لازم است پارامتر پراکندگی ($\alpha = 1/r$) نیز برآورد شود. برای برآورد ضرایب رگرسیون دو جمله ای منفی نیز از روش حداکثر درست نمائی استفاده می شود. در مدل های دوجمله ای منفی شمار پیش بینی شده موارد بیماری یا مرگ ها (Y_i) میانگین شرطی یا شمار متوسط رخدادها به شرط X_i است [۳۳]. برازندگی مدل ها با استفاده از آماره های R^2 ، AIC و BIC ارزیابی شد.

یافته ها

بر اساس اهداف مطالعه کلیه بیماران مشکوک به کووید-۱۹ از ابتدای شروع اپیدمی در استان همدان تا پایان سال ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفتند. بنابراین در مجموع ۲۵۱۹۷ بیمار مشکوک به کووید-۱۹ که ۱۰۳۶۶ نفر از آنها بر اساس نتایج آزمایشات PCR مثبت قطعی بودند، وارد مطالعه شدند. ۱۵۱۰ نفر از موارد مثبت قطعی بیماری دچار مرگ شدند. شکل ۱ میزان بروز موارد مشکوک به بیماری کووید-۱۹ در استان همدان برحسب شهرستان نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که شهرستان تویسرکان با ۱۷۵۶ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای بیشترین و شهرستان درگزین با ۱۱۲۶ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای کمترین میزان بروز موارد مشکوک بیماری از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ بوده اند. شکل ۲ میزان بروز موارد مثبت قطعی بیماری کووید-۱۹ در استان همدان برحسب شهرستان را نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که شهرستان ملایر با ۶۷۱ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای بیشترین و شهرستان اسدآباد با ۳۸۲ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای کمترین میزان بروز موارد مثبت قطعی بیماری از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ بوده اند.

شکل ۳ میزان بروز موارد مرگ ناشی از بیماری کووید-۱۹ در استان همدان برحسب شهرستان را نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که شهرستان رزن با ۱۰۸/۰ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای بیشترین و شهرستان اسدآباد با ۵۶/۵ مورد در ۱۰۰ هزار نفر دارای کمترین میزان بروز مرگ ناشی از بیماری از ابتدای شروع اپیدمی تا پایان سال ۱۳۹۹ بوده اند.

شکل ۴ نشان می دهد که نقاط پرخطر در استان همدان از نظر بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ سال ۱۳۹۹ در تعدادی از شهرستان های مرکزی و شمالی استان به ویژه شهرستان تویسرکان قرار داشته اند و نقاط کم خطر بیشتر در برخی از شهرستان های

هم چنین موج پنجم از نظر موارد مشکوک و مثبت قطعی طولانی تر از امواج قبلی بوده است. نمودار ۲ روند تعداد موارد مشکوک و مثبت بستری کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ نگارش گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵) را نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که از شروع اپیدمی بیماری در استان تا دی ماه سال ۱۴۰۰ پنج موج ایجاد شده است که از نظر تعداد موارد مشکوک و دارای علائم و موارد مثبت قطعی به ترتیب از موج اول تا پنجم روند افزایشی وجود داشته و موج پنجم بسیار شدیدتر از ۴ موج قبلی بوده است. هم چنین موج پنجم از نظر موارد مشکوک و مثبت قطعی طولانی تر از امواج قبلی بوده است. مقایسه روند موارد سرپائی و بستری در طول اپیدمی در استان همدان نشان می دهد. موج اول موارد سرپائی که خفیف تر از امواج بعدی بوده در ابتدای اپیدمی وجود ایجاد شده، به عبارت دیگر بیشتر موارد در ابتدای اپیدمی بستری شده و تحت درمان های لازم قرار گرفته اند.

نمودار ۳ روند تعداد موارد مرگ ناشی کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ نگارش گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵) را نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که از شروع اپیدمی بیماری در استان تا دی ماه سال ۱۴۰۰ پنج موج ایجاد شده است که به ترتیب از موج اول تا پنجم روند افزایشی وجود داشته و در موج چهارم تعداد موارد مرگ روزانه از سایر امواج بیش تر بوده است. اما موج سوم و پنجم طولانی تر از سایر امواج مرگ ناشی از بیماری بوده اند. مقایسه روند موارد مرگ ناشی از بیماری با روند موارد سرپائی و بستری در طول اپیدمی در استان همدان نشان می دهد. امواج مرگ با امواج موارد بستری کاملاً مطابقت دارند.

بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در استان همدان قرار گرفتند. همه متغیرهای ذکر شده با متغیر وابسته در واحدهای جغرافیائی ارتباط معنی دار نشان دادند. در این میان با افزایش تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، فاصله از مرکز استان، روزهای یخبندان و متوسط رطوبت هوا میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش و با افزایش میزان باسواد و دمای هوا میزان بروز موارد مثبت قطعی کووید-۱۹ در واحدهای مکانی کاهش یافته است (جدول ۲). بر اساس مدل رگرسیون دوجمله ای منفی متغیرهای تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، میزان بی سواد، فاصله از مرکز استان، متوسط دمای هوا، تعداد روزهای یخبندان، متوسط رطوبت هوا در مدل نهائی عوامل محیطی مرتبط با میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در استان همدان قرار گرفتند. متغیرهای تراکم جمعیت، میزان توسعه یافتگی و میزان باسواد با متغیر وابسته در واحدهای جغرافیائی ارتباط معنی دار نشان دادند. در این میان با افزایش تراکم جمعیت و میزان توسعه یافتگی میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش و با افزایش میزان باسواد میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در واحدهای مکانی کاهش یافته است (جدول ۳).

نمودار ۱ روند تعداد موارد مشکوک و مثبت سرپائی کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ نگارش گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵) را نشان می دهد. این شکل بیانگر آن است که از شروع اپیدمی بیماری در استان تا دی ماه سال ۱۴۰۰ پنج موج ایجاد شده است که از نظر تعداد موارد مشکوک و دارای علائم به ترتیب از موج اول تا پنجم روند افزایشی وجود داشته و موج پنجم بسیار شدیدتر از ۴ موج قبلی بوده اما از نظر تعداد موارد مثبت در موج سوم افزایش موارد مثبت قطعی دیده نمی شود.

جدول ۱: برآورد ضرایب رگرسیونی میزان بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ در استان همدان سال ۱۳۹۹

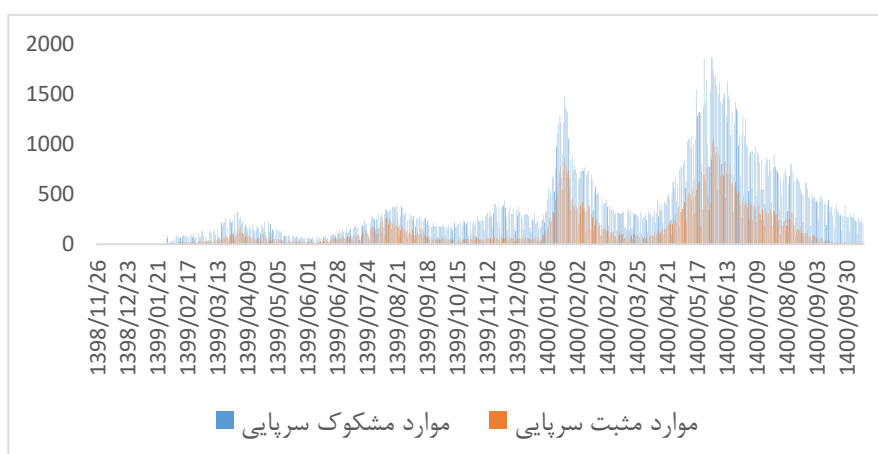
متغیر	ضریب	P-value	فاصله اطمینان ۹۵٪ ضریب
	حداکثر	حدانقل	
تراکم جمعیت	-۰.۷۶-۳/۳۹	۰/۷۷۲	-۰.۷۶-۴/۶۱
میزان اشتغال	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۱۱
میزان توسعه یافتگی	۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۱۵۶۷
میزان باسواد	-۰/۰۴۸۳	۰/۰۸۲	-۰/۰۲۷۴
فاصله از مرکز استان	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۰۳
متوسط دمای هوا	-۰/۰۷۵۹	۰/۲۷۲	-۰/۲۱۱۶۱
تعداد روزهای یخبندان	۰/۰۰۰۴	۰/۸۸۵	-۰/۰۰۵۲۸
متوسط رطوبت هوا	۰/۰۲۴۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴۶۴
ثابت مدل	۹/۰۷۳۱	۰/۰۰۱	۳/۶۴۱۸
معیارهای ارزیابی مدل	AIC=۱۲/۷۳ BIC= ۱۰/۷۳۳		

جدول ۲: برآورد ضرایب رگرسیونی میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در استان همدان سال ۱۳۹۹

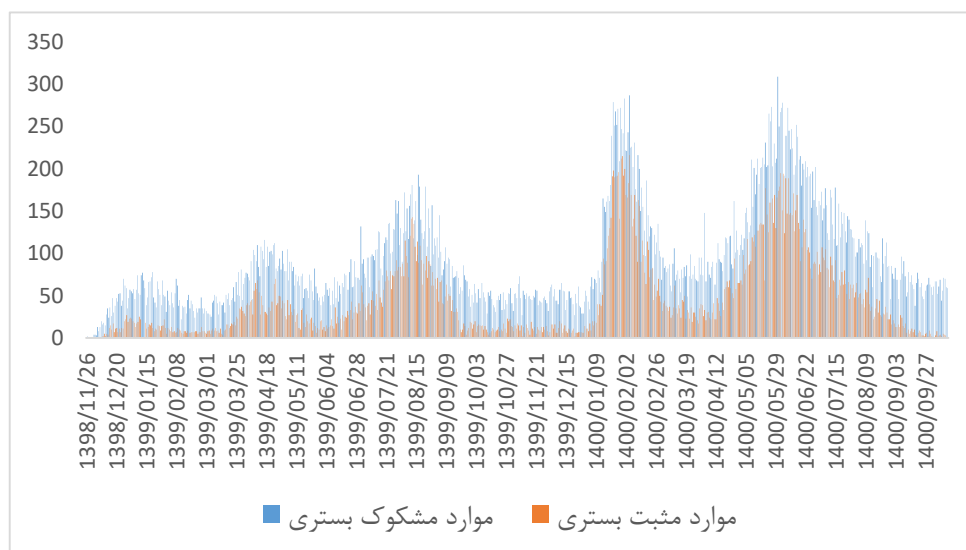
متغیر	ضریب	P-value	فاصله اطمینان ۹۵٪ ضریب
			حداکثر
حداقل			
تراکم جمعیت	-۰.۰۶۱/۳۰	۰/۰۰۰	-۰.۰۶۱/۹۲
میزان اشتغال	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۳
میزان توسعه یافتگی	۰/۰۳۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۲۱۰۸
میزان باسواد	-۰/۱۷۳۴	۰/۰۰۰	-۰/۲۳۸۰۸
فاصله از مرکز استان	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳۶۴
متوسط دمای هوا	-۰/۱۹۱۳	۰/۰۱۳	-۰/۳۴۳۰۲
تعداد روزهای یخبندان	۰/۰۱۳۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۹۷۳
متوسط رطوبت هوا	۰/۰۳۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸۷۹
ثابت مدل	۲۱/۱۳۶۵	۰/۰۰۰	۱۴/۷۵۴۴
معیارهای ارزیابی مدل		AIC=۱۰/۲۰ BIC=۸۲/۰۳	

جدول ۳: برآورد ضرایب رگرسیونی میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در استان همدان سال ۱۳۹۹

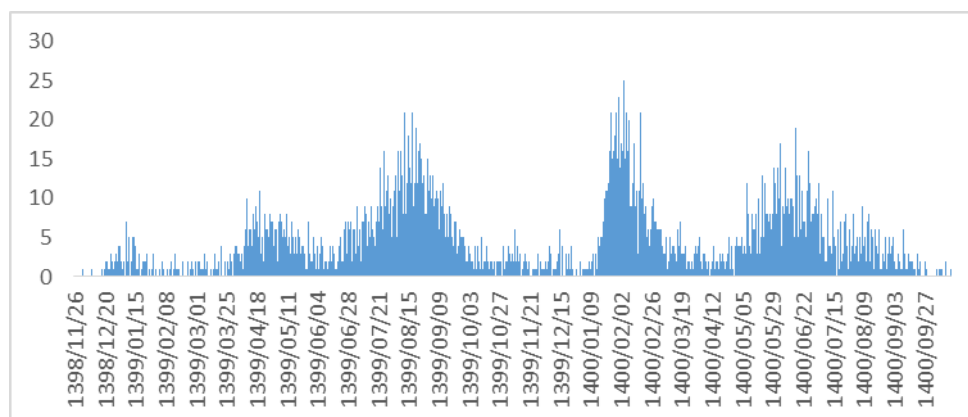
متغیر	ضریب	P-value	فاصله اطمینان ۹۵٪ ضریب
			حداکثر
حداقل			
تراکم جمعیت	-۰.۰۶۲/۱۹	۰/۰۰۶	-۰.۰۶۲/۷۷
میزان اشتغال	۰/۰۰۰۰۵	۰/۳۱۹	۰/۰۰۰۰۱۷
میزان توسعه یافتگی	۰/۰۴۸۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۱۵۵
میزان باسواد	-۰/۱۹۲۷۳	۰/۰۰۰	-۰/۴۵۶۳۹
فاصله از مرکز استان	۰/۰۰۷۵۴	۰/۰۷۸	۰/۰۱۵۹۳
متوسط دمای هوا	-۰/۲۳۲۷۶	۰/۲۴۶	-۰/۶۲۵۸۴
تعداد روزهای یخبندان	-۰/۰۱۳۳۰	۰/۱۲۶	-۰/۰۳۰۳۵
متوسط رطوبت هوا	۰/۰۲۰۰۱	۰/۴۹۱	-۰/۰۳۶۸۸
ثابت مدل	۳۰/۰۳۴۲	۰/۰۰۰	۱۳/۸۹۲۸
معیارهای ارزیابی مدل		AIC= ۸/۲۷ BIC= ۶۲/۷۹	



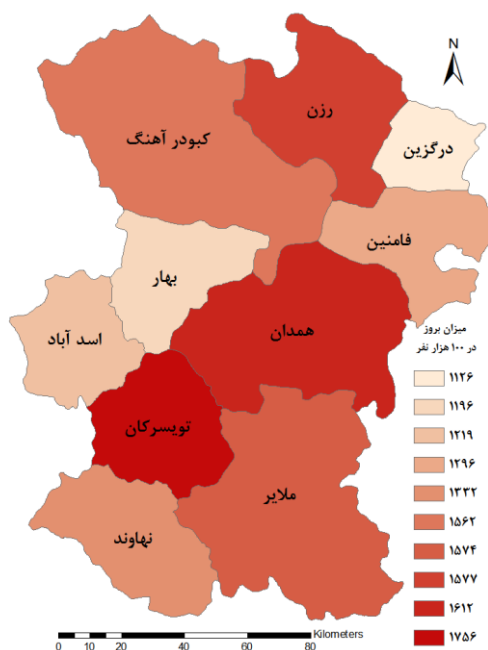
نمودار ۱: موارد مشکوک و مثبت سرپایی کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ نگارش گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵)



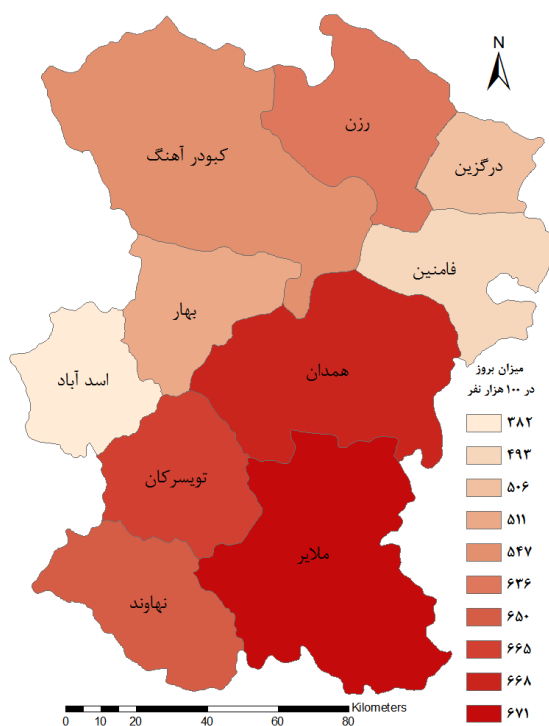
نمودار ۲: موارد مشکوک و مثبت بستری کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ تدوین گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵)



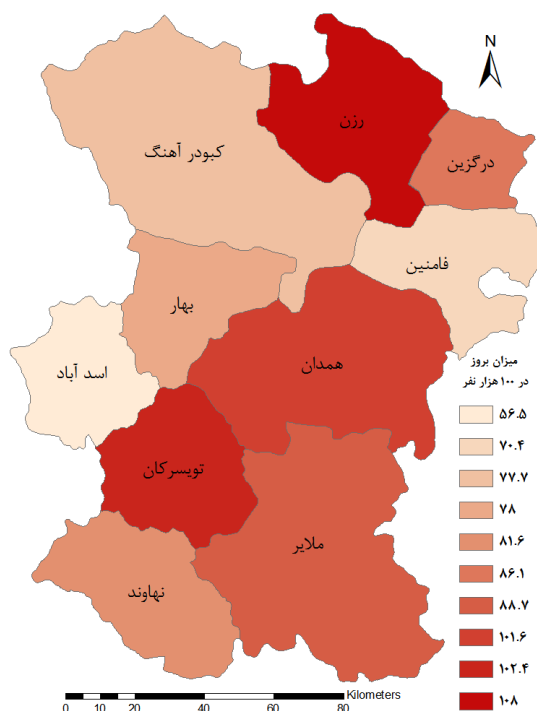
نمودار ۳: روند مرگ ناشی از بیماری کووید-۱۹ در استان همدان از شروع اپیدمی (۱۳۹۸/۱۱/۲۶) تا تاریخ تدوین گزارش (۱۴۰۰/۱۰/۱۵)



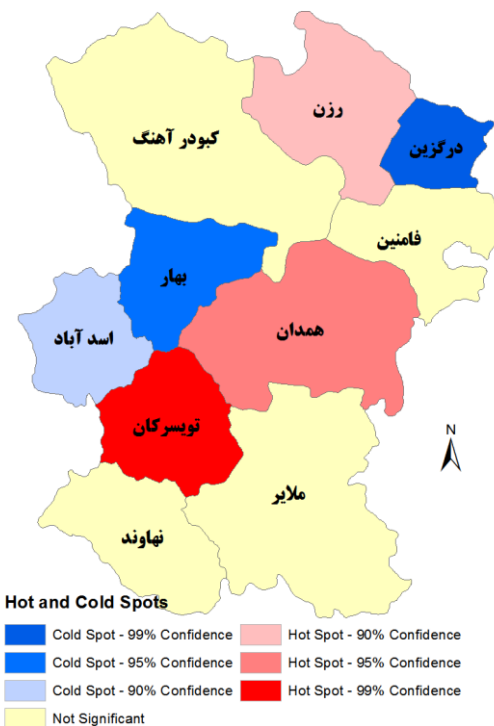
شکل ۱: میزان بروز موارد مشکوک بیماری کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹



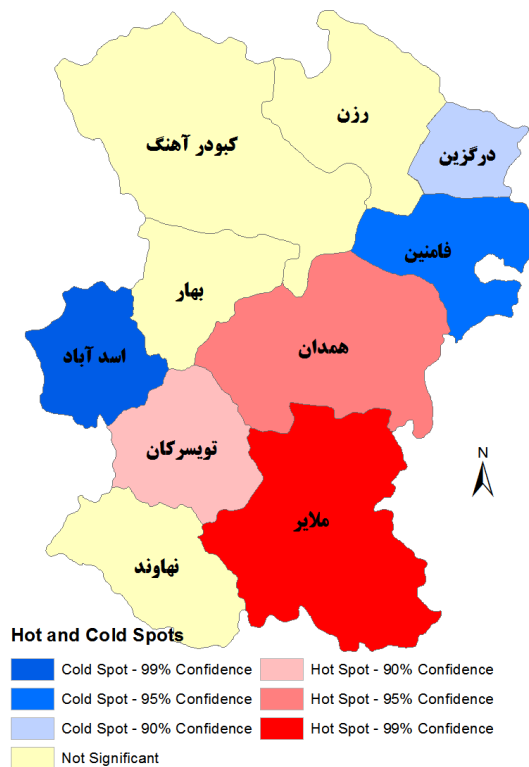
شکل ۲: میزان بروز موارد مثبت قطعی بیماری کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹



شکل ۳: میزان بروز مرگ ناشی از بیماری کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹



شکل ۴: مناطق کم خطر و پرخطر بروز موارد مشکوک کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹



شکل ۵: مناطق کم خطر و پرخطر بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹



شکل ۶: مناطق کم خطر و پرخطر بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در شهرستان های استان همدان، سال ۱۳۹۹

بحث و نتیجه گیری

امروزه بررسی توزیع جغرافیایی بیماری های 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 سامانه های اطلاعات مکانی را در نقشه سازی بیماری ها از سال ۱۹۹۳ شروع کرده است. برخی از کشورها برای برنامه ریزی اقدامات لازم جهت کنترل اپیدمی کووید-۱۹ در ابعاد ملی و منطقه ای از فناوری های سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می کنند. در این میان می توان هندوستان را نام برد که با استفاده از این روش ها مناطق پرخطر را مشخص و برنامه های کنترل بیماری را در آن مناطق متمرکز نمود [۳۴]. Ahasan و همکاران با انجام یک مطالعه مروری نشان دادند، استفاده از فناوری های GIS و تجزیه و تحلیل فضایی به طور قابل توجهی بر درک و شناخت بیشتر بیماری کووید-۱۹ تأثیر گذاشته و نه تنها برای جامعه علمی، بلکه برای سیاست گذاران و عموم مردم در ایجاد واکنش بلند مدت در مقابل همه گیری مفید می باشد [۳۵].

در این مطالعه مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی از ۸ متغیر که اطلاعات آنها بر حسب واحدهای مکانی (شهرستان) در دسترس بود و بطور بالقوه می توانستند، الگوی پراکندگی موارد بیماری کووید-۱۹ و میزان مرگ های ناشی از آن را در استان همدان توضیح دهند، جهت تجزیه و تحلیل های مکانی کووید-۱۹ استان همدان در سال ۱۳۹۹ استفاده شد. این متغیرها شامل تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، میزان باسواد، فاصله از مرکز استان، متوسط دمای هوا، تعداد روزهای یخبندان و متوسط رطوبت هوا بودند و می توان آنها را در سه دسته متغیرهای اقتصادی اجتماعی، محیطی و دموگرافیک دسته بندی نمود. بر این اساس با استفاده از مدل های رگرسیونی داده های شمارشی و تجزیه و تحلیل نقاط داغ و سرد میزان تأثیر هر یک از این متغیرها در افزایش یا کاهش میزان بروز موارد مشکوک، مثبت قطعی و مرگ ناشی از بیماری کووید-۱۹ تعیین شد.

مدل رگرسیون دوجمله ای منفی نشان داد، با افزایش میزان اشتغال، فاصله از مرکز استان و متوسط رطوبت هوا میزان بروز موارد مشکوک به کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش می یابد. از طرفی با افزایش تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، فاصله از مرکز استان، روزهای یخبندان و متوسط رطوبت هوا میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش

می یابد. در این میان می توان متغیرهای تراکم جمعیت، میزان اشتغال و میزان توسعه یافتگی را در گروه متغیر وضعیت اقتصادی اجتماعی قرار داد که در افزایش میزان بروز بیماری در واحدهای مکانی نقش زیادی دارند. مطالعات مشابه در سایر نقاط جهان نیز بیانگر آن هستند که وضعیت اقتصادی اجتماعی واحدهای مکانی نقش قابل توجهی در افزایش میزان بروز بیماری کووید-۱۹ دارند. از این دسته مطالعات می توان به مطالعه Mollalo و همکاران از ایالات متحده آمریکا اشاره کرد که نشان داد، برخی از متغیرهای اقتصادی اجتماعی از جمله بعد خانوار، میزان اشتغال، پوشش بیمه پایین، درآمد پایین، کمبود مواد غذایی و وضعیت بهداشتی ضعیف واحد های مکانی در مقیاس شهرستان با میزان شیوع کووید-۱۹ در واحدهای مکانی ارتباط دارند [۳۶]. مطالعه Ahmed و همکاران از نیویورک نشان داد، متغیرهای اقتصادی اجتماعی در بروز بیماری نقش زیادی ایفاء می کنند [۳۷].

مدل های میزان بروز موارد مشکوک و مثبت قطعی بیماری نشان می دهند برخی از عوامل محیطی از جمله؛ روزهای یخبندان و متوسط رطوبت هوا با افزایش میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در واحدهای مکانی ارتباط دارند. از این منظر نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه Ma و همکاران از چین قابل مقایسه است. این مطالعه که در شهر ووهان انجام شد نشان داد، تعداد موارد و مرگ روزانه ناشی از کووید-۱۹ با متوسط دمای روزانه در ارتباط بوده و با افزایش دمای هوا میزان مرگ بیماری افزایش یافته است [۳۸]. هم چنین مطالعه Diao و همکاران [۱۱] از چین نشان داد، با افزایش دمای هوا میزان بروز بیماری کاهش می یابد که نتایج آن با مطالعه حاضر هم خوانی دارد. اما مطالعه ای نشان داد، که با افزایش رطوبت هوا میزان بروز بیماری کاهش می یابد، که با نتایج مطالعه حاضر هم راستا نیست [۱۰]. مطالعه Hasan و همکاران که در مقیاس جهانی انجام شده است و ارتباط دما و رطوبت هوا را با میزان بروز بیماری را در کشورهای گرمسیری با کشورهای دارای آب و هوای معتدل مورد بررسی و مقایسه قرار داده اند، نیز نشان داده است که با افزایش دما و رطوبت میزان بروز موارد بیماری افزایش می یابد اما برخی از محققان این ارتباط ها را واقعی نمی دانند. استدلال آنها این است که اکثر کشورهای نیمه گرمسیری و گرمسیری جزء کشورهای در حال توسعه هستند و این کشورها به علت ساختار ضعیف سیستم های بهداشتی درمانی و کمبود منابع امکان انجام آزمایش برای تشخیص و درمان موارد بیماری در

ویژه افراد دارای بیماری های زمینه ای، سالمندان، زنان باردار و کودکان تشدید شود.

یکی از مهم ترین محدودیت های این مطالعه عدم وجود اطلاعات و داده های لازم برای سایر متغیرهای اقتصادی - اجتماعی، دموگرافیک و محیطی به تفکیک واحدهای مکانی مورد مطالعه (شهرستان) و واحدهای کوچک تر مکانی شامل مانند بخش و دهستان بود. در صورت فراهم بودن داده های متغیرهای بیش تر و با تفکیک جزئی تر واحدهای مکانی می توان تجزیه و تحلیل های دقیق تری با استفاده از مدل های داده های شمارشی مانند رگرسیون دو جمله ای منفی و پواسن در نرم افزارهای آماری و مدل های اطلاعات مکانی مانند: *Geographically Weighted Regression (GWR)* در نرم افزارهای مرتبط و تجزیه و تحلیل های مکانی مانند تحلیل خوشه ها و نقاط داغ و سرد در محیط نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیائی انجام داد. بنابراین پیشنهاد می شود با کمک سازمان های مرتبط زیرساخت های مناسب و در دسترس برای محققان در زمینه متغیرهای مختلف اقتصادی - اجتماعی، دموگرافیک و محیطی به تفکیک کوچک ترین واحدهای مکانی در استان ایجاد شود. هم چنین، عدم وجود اطلاعات لازم از برآورد تعداد موارد بدون علامت بیماری در سطح استان محدودیت دیگر این مطالعه بود. با توجه به نقش این موارد در انتشار بیماری و تغییر الگوهای اپیدمیولوژیک آن لازم است در فواصل زمانی مشخصی با انجام مطالعه سرولوژیک میزان شیوع موارد بدون علامت به تفکیک واحدهای مکانی مشخص و در اختیار پژوهشگران قرار گیرد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که، با افزایش تراکم جمعیت، میزان اشتغال، میزان توسعه یافتگی، فاصله از مرکز استان، روزهای یخبندان و متوسط رطوبت هوا میزان بروز موارد مثبت کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش می یابد و مهم ترین متغیرهای مرتبط با افزایش مرگ کووید-۱۹ شامل افزایش تراکم جمعیت و میزان توسعه یافتگی هستند.

امروزه از مدل های مکانی - زمانی در تحلیل اپیدمی COVID-19 بطور گسترده ای استفاده می شود. مهم ترین دلیل آن این است که می توانند تا حدی نابرابری های جغرافیایی در این شیوع را روشن کنند. هم چنین، مدل های مکانی - زمانی مانند رگرسیون، *GWR*، مدل های مبتنی بر تعداد یا میزان رویدادها یا موارد بیماری در واحدهای مکانی مانند رگرسیون دو جمله ای منفی، مدل های

مقیاس گسترده ندارند و به همین دلیل نسبت به کشورهای دارای آب و هوای معتدل که اکثراً کشورهای توسعه یافته اروپا و شمال آمریکا می باشند دارای میزان های بروز پایین بیماری هستند [۳۹]. در این میان با افزایش تراکم جمعیت و میزان توسعه یافتگی میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در واحدهای مکانی افزایش و با افزایش میزان باسوادی میزان بروز مرگ ناشی از کووید-۱۹ در واحدهای مکانی کاهش یافته است. مطالعه Rahman و همکاران در بنگلادش نشان داده که بسیاری از متغیرهای دموگرافیک و محیطی با افزایش میزان بروز بیماری ارتباط دارند. از جمله این متغیرها می توان تراکم جمعیت اشاره کرد که با افزایش میزان بروز موارد بیماری ارتباط دارد. افزایش فاصله از پایتخت با کاهش موارد بیماری همراه بوده است [۴۰]. در ایران نیز مقایسه میزان های بروز بیماری برحسب استان بیانگر آن است که با افزایش فاصله استان ها از پایتخت میزان بروز بیماری کاهش می یابد و بیش ترین میزان بروز بیماری در تهران و استان های همجوار به ویژه استان های شمالی کشور مشاهده شده است [۴۱] که با نتایج مطالعه حاضر که نشان داد با افزایش فاصله از مرکز استان میزان بروز موارد بیماری کاهش می یابد هم راستا نیست. این اختلاف را می توان به تفاوت دو مطالعه از نظر وسعت منطقه جغرافیائی تحت مطالعه و انجام مطالعه رحمان [۴۰] در سطح کل کشور بنگلادش و در مطالعه حاضر در سطح تنها یک استان ربط داد. از طرفی نسبت پایین تر رعایت شیوه نامه های بهداشتی به ویژه استفاده از ماسک در شهرستان های دور دست استان نسبت به مرکز استان می تواند یکی از دلایل افزایش میزان بروز موارد و در نتیجه مرگ ناشی از آن با افزایش فاصله از مرکز استان باشد.

مطالعات انجام شده در زمینه میزان شیوع سرمی کووید-۱۹ در مناطق مختلف کشور در ماه های ابتدائی شروع اپیدمی از جمله مطالعه شکبیا و همکاران در استان گیلان [۴۲]، بیانگر شیوع نسبتاً فراوان بیماران بدون علامت در سطح استان هستند که با وجود برنامه های غربالگری انجام شده و آزمایش نمونه های تعداد زیادی از بیماران مشکوک که براساس علائم بالینی بیماری انجام شده اند، شناخته نشده اند که به دلیل سیر طبیعی بیماری است. با توجه به امکان انتقال ویروس از بیماران بدون علامت به افراد سالم، به ویژه در سویه جدید ویروس تحت عنوان امیکرون و هم چنین بیماری زائی و قدرت انتقال بیش تر این سویه لازم است، برنامه های بیماریابی در گروه های در معرض خطر عوارض شدید بیماری به

پرخاطر و ابداع راهبردهای لازم متناسب با روند اپیدمی برای کنترل COVID-19 و همه‌گیری‌های مشابه در آینده کمک کند.

سهم نویسندگان

علی مرادی: مجری طرح، طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل اطلاعات، تهیه گزارش، تصحیح و ویراستاری نسخه نهایی مقاله
محمد میرزائی: همکار اصلی طرح، همکاری در همه مراحل طرح و گزارش طرح و مقاله

پگاه آمری: همکاری در اجرای طرح و جمع‌آوری داده‌ها
محرم زنگنه: همکاری در اجرای طرح و جمع‌آوری داده‌ها
عباس مرادی: همکاری در اجرای طرح و جمع‌آوری داده‌ها
فاطمه دارابی: تجزیه و تحلیل اطلاعات، تصحیح و ویراستاری نسخه نهایی مقاله

تشکر و قدردانی

این مقاله دارای تأییدیه کمیته اخلاق (IR.UMSHA.REC.1399.886) از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان بود. نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی افراد و سازمان‌هایی که در اجرای مطالعه مشارکت نمودند اعلام می‌کنند.

منابع

- Hawkins RB, Charles EJ, Mehaffey JH. Socio-economic status and COVID-19-related cases and fatalities. *Public Health* 2020;189:129-34
- 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
- Collivignarelli MC, Abbà A, Bertanza G, Pedrazzani R, Ricciardi P, Miino MC. Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality? *Science of The Total Environment* 2020;732:139280
- Strang P, Fürst P, Schultz T. Excess deaths from COVID-19 correlate with age and socio-economic status. A database study in the Stockholm region. *Upsala Journal of Medical Sciences* 2020;125:297-304
- Chan JF-W, Yuan S, Kok K-H, To KK-W, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *The Lancet* 2020;395:514-23

مبتنی بر عامل، داده کاوی و رویکردهای یادگیری ماشینی می‌توانند روابط مکانی، جغرافیایی و زمانی بین شدت شیوع COVID-19 و هر محیطی، اجتماعی و جمعیتی، و ویژگی‌های زیرساختی را روشن کنند. بر همین اساس، با توجه به مشخصه پویای شیوع COVID-19، تهیه نقشه‌های خطر با مقیاس‌های مختلف، راهبرد مناسبی برای بیان انتشار مکانی - زمانی موارد جدید، موارد تأیید شده، بیماران بهبودیافته و مرگ و میر، در اختیار محققان و سیاست‌گذاران سیستم‌های بهداشت و درمان قرار می‌دهد. این ابزارها و روش‌ها توسط WHO نیز در طول اوج‌های مختلف اپیدمی بکار گرفته شده و راه کارهای مناسب و مؤثری برای کنترل اپیدمی در اختیار کشورهای مختلف قرار داده است. علاوه بر این، تهیه موقعیت‌های مکانی عوامل مؤثر در انتشار بیماری با ارائه زیرساخت‌هایی که از پروتکل‌های فاصله‌گذاری اجتماعی WHO در فعالیت‌های روزانه پشتیبانی می‌کنند، نقش کلیدی در کاهش خطرات شیوع ویروس کرونا دارد. از سوی دیگر، ارائه خدمات مبتنی بر مکان با کمک اینترنت می‌تواند، فعالیت‌های میدانی را برای کنترل شیوع COVID-19 بهبود بخشد. هم‌چنین تهیه نقشه‌های خطر با استفاده از GIS، می‌تواند به برنامه‌ریزی پاسخ سریع به اپیدمی COVID-19، تمرکز برنامه‌های پیشگیری در مناطق

- Kent AJ. Mapping and Counter-Mapping COVID-19: From Crisis to Cartocracy. *The Cartographic Journal* 2020; 57:187-95
- L. R. de A. Morais, G. S. da S. Gomes. Applying Spatio-temporal Scan Statistics and Spatial Autocorrelation Statistics to identify Covid-19 clusters in the world - A Vaccination Strategy?. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology* 2021;39:100461
- Eskandari N, Raisi M, Abbasi M. Explanation of the Management Challenges of Health System Reform in Health Care Domain city QOM: A Qualitative Study (Iran). *Qom University of Medical Sciences Journal* 2019;13:78-89 [Persian]
- Liu J, Liao X, Qian S, Yuan J, Wang F, Liu Y, et al. Community Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. *Emerging Infectious Diseases* 2020;26: 1320-1323
- Lauer SA, Grantz KH, Bi Q, Jones FK, Zheng Q, Meredith HR, et al. The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Annals of Internal Medicine* 2020; 172:577-82

11. Diao B, Wang C, Tan Y, Chen X, Liu Y, Ning L, Chen L, Li M, Liu Y, Wang G, Yuan Z. Reduction and functional exhaustion of T cells in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Frontiers in immunology* 2020;3:827
12. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, Xiang J, Wang Y, Song B, Gu X, Guan L. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *The lancet* 2020;395:1054-62
13. You C, Deng Y, Hu W, Sun J, Lin Q, hou F, et al. Estimation of the time-varying reproduction number of COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2020; 228:113555
14. Zhang S, Diao M, Yu W, Pei L, Lin Z, Chen D. Estimation of the reproductive number of novel coronavirus (COVID-19) and the probable outbreak size on the Diamond Princess cruise ship: A data-driven analysis. *International Journal of Infectious Diseases* 2020;93:201-4
15. Gosoni L, Msengwa A, Lengeler C, Vounatsou P. Spatially explicit burden estimates of malaria in Tanzania: bayesian geostatistical modeling of the malaria indicator survey data. *PLoS ONE* 2012;7: e23966
16. Siddik M, Mohamed SM, Thowiba E.A, Rania M, Elmustafa SA, Rashid AS. Development of Health Digital GIS Map for Tuberculosis Disease Distribution Analysis in Sudan. *Journal of Healthcare Engineering* 2023; 6479187
17. Jijón, A F, Costa R, Nicova K, iDATA, PLANTS, Furnari G. Review of the Use of GIS in Public Health and Food Safety. *EFSA supporting publication* 2022; 19: 7639E
18. Causey K, Burkart K, Collman G, Hu H, Brauer M, London SJ. Increasing the Impact of Environmental Epidemiology in the Global Burden of Disease Project. *Epidemiology*. 2021; 3:1-5
19. 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; 579:265-9
20. Gatrell AC, Bailey TC. Interactive spatial data analysis in medical geography. *Social science & medicine* 1996; 42:843-55
21. Liu Y, Li B. Epidemic Situation of Novel Coronavirus Pneumonia in China mainland. *Medrxiv* 2020; 2020-02
22. Joyce K. To me it's just another tool to help understand the evidence: Public health decisionmakers' perceptions of the value of geographical information systems (GIS). *Health Place* 2009; 15: 831-840
23. Leah Rosenkrantz. Leveraging geographic information systems (GIS) for environmental public health practice. *Environmental Health Review* 2022; 65: 31-36
24. Waller LA, Carol A, Gotway (2020) *Applied spatial statistics for public health data*. 2004; 368
25. Mathur M. Spatial autocorrelation analysis in plant population: an overview. *J Appl and Nat Sci* 2015;7:501-13
26. Ren Z, Wang D, Ma A, Hwang J, Bennett A, Sturrock HJ, Fan J, Zhang W, Yang D, Feng X, et al. Predicting malaria vector distribution under climate change scenarios in China: challenges for malaria elimination. *Sci Rep* 2016;6:20604
27. Zambrano LI, Sierra M, Lara B, Rodríguez-Núñez I, Medina MT, Lozada-Riascos CO, Rodríguez-Morales AJ. Estimating and mapping the incidence of dengue and chikungunya in Honduras during 2015 using Geographic Information Systems (GIS). *Journal of infection and public health* 2017; 10:446-56
28. using Geographic Information Systems (GIS). *J Infect Public Health* 2017. 2015;10:446-56
29. Musso D, Rodriguez-Morales AJ, Levi JE, Cao-Lormeau VM, Gubler DJ. Unexpected outbreaks of arbovirus infections: lessons learned from the Pacific and tropical America. *Lancet Infect Dis* 2018;18:e355-61
30. Bazargan M, Amirfakhriyan M. Geographical Analysis of COVID-19 Epidemiology in Iran with Exploratory Spatial Data Analysis Approach (ESDA). *Journal of Military Medicine* 2020; 22:542-552 [Persian]
31. Mollalo A, Vahedi B, Rivera KM. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of The Total Environment* 2020; 28:138884
32. Sarwar S, Waheed R, Sarwar S, Khan A. COVID-19 challenges to Pakistan: Is GIS analysis useful to draw solutions?. *Science of the Total Environment* 2020;730:139089
33. Hilbe JM. *Negative binomial regression: 1st Edition*, Cambridge University Press; Cambridge University Press, Cambridge: UK, 2011
34. Kanga S, Sudhanshu, Meraj G, Farooq M, Nathawat MS, Singh SK. Reporting the management of COVID-19 threat in India using remote sensing and GIS based approach. *Geocarto International* 2020;17:1-8

35. Ahasan R, Alam MS, Chakraborty T, Hossain MM. Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: a systematic review. *F1000Research* 2020 27;9:1379
36. Mollalo A, Vahedi B, Rivera KM. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of The Total Environment* 2020;728:138884
37. Ahmed F, Ahmed Ne, Pissarides C, Stiglitz J. Why inequality could spread COVID-19. *The Lancet Public Health* 2020;5:e240
38. Ma Y, Zhao Y, Liu J, He X, Wang B, Fu S, et al. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Science of The Total Environment* 2020;724:138226
39. Hasan NA, Haque MM. Predict the next moves of COVID-19: reveal the temperate and tropical countries scenario. *MedRxiv* 2020;2020-04
40. Rahman MH, Zafri NM, Ashik FR, Waliullah M. GIS-based spatial modeling to identify factors affecting COVID-19 incidence rates in Bangladesh. *medRxiv* 2020:2020-08
41. Arab-Mazar Z, Sah R, Rabaan AA, Dhama K, Rodriguez-Morales AJ. Mapping the incidence of the COVID-19 hotspot in Iran–Implications for Travellers. *Travel Medicine and Infectious Disease* 2020;34:101630
42. Shakiba M, Nazari SSH, Mehrabian F, Rezvani SM, Ghasempour Z, Heidarzadeh A. Seroprevalence of COVID-19 virus infection in Guilan province, Iran. *MedRxiv* 2020. Available at: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.26.20079244V1.full> [Access date 01/03/2024]