فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال نهم، شماره سوم (پیاپی ۳۳)، پاییز ۱۳۹۹
شاپای چاپی ۲۳۲۲-۲۱۳۱ شاپای الکترونیکی ۴۷۶X- ۲۵۸۸
http://serd.khu.ac.ir
صفحات ۴۸-۲۵

مدل‌سازی الگوی پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در مناطق روستایی و شهری ایران

محمدرحیم رهنما؛ استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
مهدی بازرگان*؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

چکیده

ظرفیت مدل‌سازی مکانی در GIS اهمیت فراوانی در درک تفاوت توزیع جغرافیایی بیماری‌های واگیردار و عفونی و نیز مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشت جامعه دارد. یکی از این بیماری‌های واگیردار و عفونی در قرن ۲۱، ویروس‌کرونا (کووید-۱۹) است که از اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹ به صورت شیوع پنومونی از ووهان چین به سراسر جهان در حال گسترش است. از این رو بررسی جغرافیایی این بیماری در جهت کنترل و پیشگیری آن امری ضروری است؛ بنابراین در پژوهش کاربردی و توصیفی- تحلیلی حاضر، با استفاده از آمار فضایی به مدل-سازی پخش‌فضایی اپیدمیولوژی ویروس‌کرونا درروستاها و شهرهای کشور به صورت توزیع منطقه‌ای و استانی کشور پرداخته است. جامعهٔ آماری پژوهش حاضر، ۳۱ استان کشور است که داده‌های مبتلایان به ویروس‌کرونا در بازه زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ الی ۳ فروردین ۱۳۹۹ (۲۱۶۳۸ نفر) و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران دربارهٔ توزیع فضایی ویروس‌کرونا در تاریخ ۳ اسفند ۹۸، مقدار z-score برابر ۱/۴۸۵ و الگوی آن از نوع تصادفی بوده اما در تاریخ ۳ فروردین ۹۹، مقدار z-score برابر ۳/۰۳۹ و خوشه‌ای بودن توزیع بیماری را در نواحی کشور نشان می‌دهد. تحلیل خودهمبستگی فضایی براساس فاصله نشان می‌دهد که در فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری از استان قم، ضریب‌موران برابر ۰/۱۳۶۶۲۷ و مثبت است؛ اما در فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری از استان قم، ضریب‌موران برابر ۰/۰۴۰۲۴۶- و منفی بدست آمده و بیانگر این است که از این فاصله به بعد، تعداد مبتلایان به کرونا کاهش یافته است. همچنین تحلیل لکه‌های داغ در خصوص تعداد مبتلایان به ویروس‌کرونا نشان داد که استان‌های (قم، تهران، گلستان، سمنان، اصفهان، مازندران و البرز) به عنوان مناطق با جمعیت روستایی و شهری بالا، در خوشه‌های داغ و استان‌های (بوشهر، ایلام و کرمانشاه) به عنوان مناطق با جمعیت روستایی و شهری کمتر، در خوشه‌های سرد قرار دارند. نتایج حاصل از تحقیق بیانگر آن است که مهمترین عامل جغرافیایی انتشار ویروس‌کرونا در کشور، فاصله و مجاورت مکانی استان‌های درگیر با این بیماری بوده و از الگوی پخش فضایی سازش‌پذیر تبعیت می‌کند.

واژگان کلیدی: کووید ۱۹، مناطق روستایی – شهری، الگوی پخش، انتشار فضایی، ایران.

* mahdibazargan67@yahoo.com

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

۱) مقدمه

در قرن حاضر، شیوع پنومونی ویروس‌کرونا (کووید-۱۹) به عنوان بیماری واگیردار، تهدیدات بهداشتی بزرگی را برای سلامتی عمومی جهان ایجاد کرده است (Jalali Farahani et al, 2020: 2). با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه مبارزه با بیماری‌ها، هنوز بیماری‌های واگیردار اهمیت خاصی در اپیدمیولوژی و بهداشت جامعه دارند (Salahi-Moghaddam et al, 2012: 31). یکی از کاربردهای اصلی علم اپیدمیولوژی یا همه‌گیرشناسی، تسهیل در امر شناسایی مناطق جغرافیائی و گروه‌های آسیب‌پذیر می‌باشند که در معرض خطر بیشتر ابتلا به بیماری‌ها و درگیری با عوامل خطر بروز مرگ و میر را دارند (Ghaedamini Asadabadi et al, 2012: 115). شناسایی این مناطق جغرافیائی و گروه‌های در معرض خطر به انتخاب مناسب اقدام‌های بهداشتی– درمانی و اجتماعی جهت کاهش عوامل خطرآفرین کمک می‌نماید (AHO, 1996: 5). کارشناسان بهداشت از حدود ۱۵۰ سال پیش جهت تجزیه‌وتحلیل مکانی بیماری‌ها از نقشه استفاده می‌کردند. به عنوان نمونه در سال ۱۸۴۰ میلادی در گلاسکوی انگلستان از نقشه جهت نمایش ارتباط بین جمعیت و شیوع تب زرد استفاده و نشان داده شد که در مناطق مهاجرت‌پذیر شیوع این بیماری بیشتر می‌باشد (Kandwal et al, 2009: 750). همه‌گیرشناسی جغرافیائی، بخشی از همه‌گیرشناسی توصیفی است که به بررسی توزیع جغرافیائی میزان‌های ابتلا و مرگ و میر می‌پردازد (Elliott et al, 1996: 25). یکی از مهمترین کاربردهای همه‌گیرشناسی جغرافیائی، دستیابی به سرنخ‌هائی جهت تعیین علل بیماری‌ها، آسیب‌ها یا مرگ‌ومیرها است (Rezaeian, 2007: 99). نخستین مرحله در تجزیه‌وتحلیل داده‌های جغرافیائی، به تصویر کشیدن آن‌ها به ویژه در قالب نقشه‌های جغرافیائی است (Bailley & Gatrell, 1995: 10). که الگوی توزیع جغرافیائی بیماری‌ها، آسیب‌ها و مرگ‌ومیرها را به نحو مشخصی نمایان کرده و راه را برای ایجاد فرضیه‌های سبب‌شناسی هموار می‌سازد (Rezaeian, 2007: 100). از آنجا که جداول آماری در مقایسه با نقشه‌ها، از چنین توانائی برخوردار نیستند، طی سالیان اخیر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی و نقشه‌ها در علوم بهداشتی و پزشکی افزایش چشمگیری داشته است (Bell & Broemeling, 2000: 974; Cliff, 1995: 97). مهر و موم‌هاست 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 (Ghaedamini Asadabadi et al, 2012: 115). 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 (Joyce, 2009: 835). سیستم اطلاعات جغرافیائی 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 (Scholten & De Lepper, 1991: 165; O Dwyer & Burton, 1998: 820

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

). کاربرد این سیستم در حوزه سلامت، نسبتاً جدید بوده و زمینه‌ای اختصاصی برای کاربرد GIS نمی-باشد، ولی پیشرفت‌های اخیر حاکی از آن است که این سیستم در حوزه سلامت و حفاظت از محیط-زیست، 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 جغرافیائی جامعه از اجزای ضروری مطالعات اپیدمیولوژیکی و بهداشتی به شمار رفته که از طریق این سیستم قابل دستیابی شده‌اند (Kistemann et al, 2002: 175; Faruque et al, 2003: 183). کاربرد GIS راه‌حل 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 (Ricketts, 2003: 4). ظرفیت مدل‌سازی مکانی در GIS به طور مستقیم در درک تفاوت توزیع مکانی بیماری‌ها و ارتباط آن‌ها با فاکتورهای محیطی و سیستم مراقبت-های بهداشتی کاربرد دارد، بطوریکه در حال حاضر تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیائی یک ابزار عمده در تحقیقات و مدیریت بهداشتی در آفریقا می‌باشد، و از این سیستم در تحقیقات بهداشتی در زمینه بیماری‌های عفونی استفاده می‌شود (Tanser & Le-Sueur, 2002: 3). درواقع، توسعه فناوری GIS تولید و مدل‌سازی داده‌ها را دگرگون کرد و افق‌های جدیدی را برای مدل‌سازی داده‌ها گشود (بخشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰). پس از آن موضوعاتی مانند وابستگی فضایی، پیوندهای فضایی، ناهمگونی فضایی، اثر مقیاس فضایی، خوشه‌بندی فضایی و... در مدل‌های فرآیند فضایی بکار گرفته شدند (فرجی‌سبکبار، ۱۳۹۱: ۸۶). در جغرافیا شناخت مفهوم تحولات فضایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شکوئی، ۱۳۸۶: ۱۰۵). به گونه‌ای که فرکورت شیفر (۱۹۵۳) جغرافیا را علم قوانین حاکم بر نحوه پراکندگی و توزیع فضایی پدیده‌ها و چهره‌های ویژه سطح زمین می‌داند (شکوئی، ۱۳۸۷: ۱۸۱). بر اساس رویکرد تحلیل فضایی، پراکندگی پدیده‌های جغرافیایی، گرچه بی‌نظم به نظر می‌آیند، اما از اصولی منظم تبعیت می-کنند که قابل درک و شناخت است و می‌توان مبتنی بر اصول آن، به قوانین کلی خارج از شمول مکان و زمان دست یافت (افراخته، ۱۳۹۹: ۲). گسترش شیوع ویروس‌کرونا 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 ۱۴۵۰۹ (نرخ مرگ‌ومیر ۴/۳ ٪) نفر جان باخته‌اند (WHO, 2020: 24). همچنین تا تاریخ ۳ فروردین ۱۳۹۹ در ایران، تعداد ۲۱۶۳۸ مورد مثبت کرونا اعلام شد و تعداد ۱۶۸۵نفر نیز جان باخته‌اند (وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۹). به همین منظور این تحقیق با هدف بررسی جغرافیایی ویروس‌کرونا به مدل‌سازی انتشار فضایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹ در کشور انجام گرفته است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

۲) مبانی نظری

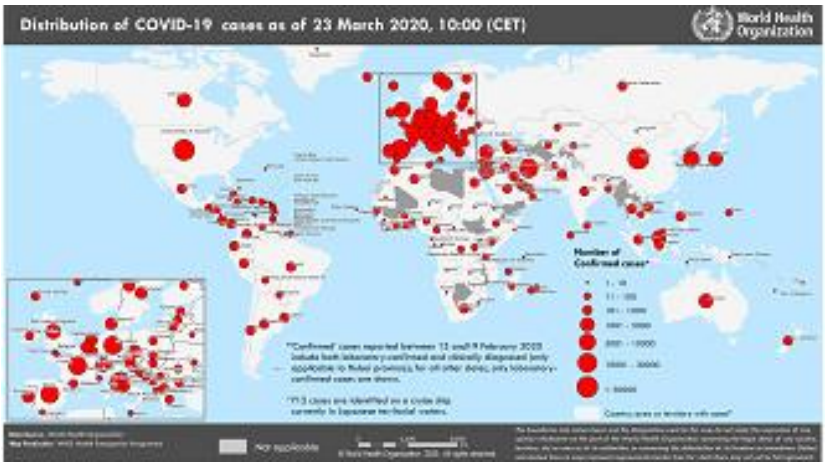
اپیدمیولوژی ویروس کرونا

کرونا ویروس‌ها گروهی از ویروس‌ها هستند که هم در انسان وهم در برخی حیوانات می‌توانند باعث بیماری شوند. در انسان چندین نوع ویروس باعث عفونت‌های تنفسی می‌شوند از سرماخوردگی گرفته تا بیماری‌های شدیدتر مانند سندرم تنفسی خاورمیانه[1]و سندروم تنفسی حاد شدید[2].بیماری کرونا، ویروس جدید یک بیماری ویروسی و بسیار مسری است که اولین بار در شهر ووهان کشور چین شناسایی گردید. علائمی شبیه آنفلوانزا، سارس و سایر بیماری‌های شدید تنفسی دارد. عامل این بیماری به اختصار COVID-19 نام‌گذاری شده است. بعد از شناسایی موارد اولیه بیماری در شهر ووهان چین به علت مسری بودن شدید، این بیماری به شهرهای دیگر چین هم گسترش پیدا کرد سپس مواردی از بیماری هم در کشورهای دیگر مانند ایتالیا، ایران، فرانسه و... مشاهده گردید و سپس به صورت یک بیماری اپیدمی تمامی کشورهای جهان را درگیر کرد (مرکز بهداشت غرب تهران، ۱۳۹۸).

در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹، یک سری موارد غیرقابل توضیح در مورد پنومونی در ووهان چین گزارش شد. دولت و محققان حوزه بهداشت در چین اقدامات سریع را برای کنترل همه‌گیری آن انجام دادند و تحقیقات اتیولوژیک را آغاز کردند. در ۲۱ ژانویه سال ۲۰۲۰، سازمان بهداشت جهانی[3]به طور موقت این ویروس جدید را به عنوان کروناویروس نوین- ۲۰۱۹ نام‌گذاری کرد. در ۳۰ ژانویه سال ۲۰۲۰، سازمان بهداشت جهانی همه‌گیری کروناویروس نوین- ۲۰۱۹ را به عنوان فوریت بهداشت عمومی با نگرانی بین‌المللی[4]اعلام کرد. در ۱۱ فوریه سال ۲۰۲۰، سازمان بهداشت جهانی رسماً بیماری ایجاد شده توسط کروناویروس نوین- ۲۰۱۹ را بیماری کووید- ۱۹ نام‌گذاری کرد. در ۲۳ فوریه ۲۰۲۰، تعداد ۷۷۰۴۱ مورد عفونت کووید- ۱۹ در چین تأیید شد. این تعداد عفونت از شیوع سندرم تنفسی حاد شدید در سال ۲۰۲۰ در چین فراتر رفته است (Gorbalenya, 2020: 5). بررسی اپیدمیولوژیک موارد اولیه ابتلا به پنومونی کروناویروس‌نوین-۲۰۱۹ نشان داد که بسیاری از موارد، در معرض بازار غذاهای دریایی هانان[5]در ووهان چین قرار داشته‌اند (Wu et al, 2020; Zhou et al, 2020). گزارش سازمان بهداشت جهانی نیز بیان می‌کند که کروناویروس در نمونه‌های محیطی جمع‌آوری شده از بازار غذاهای دریایی هانان تشخیص داده شده است، اما هنوز به‌طور کامل مشخص نشده که چه گونه‌های خاصی از حیوانات حامل کروناویروس باشند (Jalali Farahani et al., 2020: 3).

[1]- MERS
[2]- Severe Acute Respiratory Syndrome
[3]- World Health Organization
[4]- PHEIC
[5]- Huanan

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]



شکل ۱. گسترش شیوع کووید– ۱۹ تا تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۲۰ در جهان (WHO, 2020)

نظریه پخش فضایی هاگراستراند

مباحث پیرامون بسط الگوهای برنامه‌ریزی فضایی از آن جهت اهمیت دارند که خواسته‌های گروه‌های مختلف جامعه درباره فعالیت‌های تولید مکان را بازگو می‌کنند (هافتون، ۱۳۸۷: ۶۷). برای تشریح نظریه پخش فضایی[1] لازم است نخست مفهوم «فضا» و «مکان» و تلقی جغرافیدانان از این مفاهیم تا حدودی تبیین شود. «مکان» به عنوان کانون جغرافیا در واقع مرکز عمل آگاهانه و ارادی انسان‌هاست. مفهوم «فضا» در جغرافیا از دهه ۱۹۵۰ با مقاله فرکورت شیفر در مورد استثناگرایی وارد ادبیات جغرافیایی شد. هر واقعیت عینی دارای محل استقرار ویژه و مشخص است. پراکندگی‌های فضایی واقعیت‌های عینی بدانسان آرایش یافته‌اند که می‌توان از نظر تراکم، الگویابی و پخش، به تحلیل و تدوین قوانین مربوط به آن‌ها پرداخت. ابعاد فضا از فاصله، جهت و موقعیت نسبی تشکیل می‌شوند. درون‌مایه یک فضا به همراه پراکندگی نابرابر پدیده‌های طبیعی و انسانی سبب تحرک در جامعه می‌گردد (شکوئی، ۱۳۸۶: ۲۹۱). نخستین بار تورستن هاگراسترند[2] نظریه پخش را با همکاران خود در زمینه گسترش نوآوری‌ها و پدیده‌های کشاورزی به کار گرفت (Hagerstrand, 1968: 67). در نظریه پخش فضایی این فرض مطرح است که یک الگوی فرهنگی مشترک یا واقعیت‌های فرهنگی مشابه، از یک منبع منحصربه‌فرد به وجود می‌آیند و بدعت‌گذاری تنها یک بار اتفاق می‌افتد و در زمان‌های مختلف توسط گروه‌های مختلف تکرار نمی‌شود (هریسون، ۱۳۷۷: ۱۲). هاگراستراند در زمینهٔ گسترش پدیده‌های گوناگون که تأثیرات اجتماعی-اقتصادی شدیدی بر بخشی از نواحی جغرافیایی و مردم آن تحمیل می‌کند، سؤالات متعددی در خصوص این نوع گسترش و مراحل چگونگی پخش پدیده‌ها، مطرح است که برخی از این سؤالات به شرح ذیل می‌باشند:

۱) پدیده‌های جغرافیایی چگونه بین نواحی جریان می‌یابد، جابجا می‌شود و یا به گسترش کافی می‌رسد؟

۲) مراکز اصلی این پدیده‌ها کجاست؟ و این مراکز از چه شرایط برخوردارند؟

[1]- Spatial Diffusion Theory
[2]- Toresten Hager strand

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

۳) چرا پدیده‌ها به مسیر و جهت معینی گسترش می‌یابند؟ (هاگت، ۱۳۷۵: ۸۵).

بر مبنای این نظریه که جغرافیای کاربردی از مراحل مهم در روند تحلیل فضایی جغرافیایی شناخته می‌شود، فرآیند پخش فضایی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارند. برخی از این عوامل عبارت‌اند از: مشخصات پدیده یا پدیده‌ها و میزان جاذبیت پدیده‌ها، کیفیت گسترش پدیده‌ها، کانون یا کانون‌های پدیده‌ها، جمعیت آماده پذیرش با زمینه‌های متفاوت پذیرش، مقاومت‌های مختلف جمعیت در برابر نوآوری‌ها یا اشتیاق و هواخواهی آن‌ها از نوآوری‌ها و پدیده‌ها، سهم فاصله در فرآیند توزیع اطلاعات و گسترش پدیده‌ها، موانع اخذ اطلاعات در مکان‌های مختلف، نقش رسانه‌ها و نقش دولت‌ها، سهم زمان در مقاومت یا پذیرش پدیده‌ها و نوآوری‌ها میان جمعیت، نقش کیفیت ارتباطات، ساختار اجتماعی و نقش مسئولان، انتخاب و تصمیم‌گیری (شکوئی، ۱۳۸۷: ۳۰۵). از نگاه تئوری پخش، ماهیت انتشار فضایی در دو سطح مورد بررسی قرار می‌گیرد که شامل پخش ناحیه‌ای و جابجایی مکانی پخش می‌باشد.

۱- پخش ناحیه‌ای: مرحله‌ای است که در آن اطلاعات، مواد، کالا، مد، امراض، تولیدات و نظایر این‌ها از ناحیه‌ای به ناحیهٔ دیگر می‌رسد و بین جمعیت ناحیهٔ جدید گسترش می‌یابد. گاهی شدت نوآوری‌ها و پدیده‌ها در ناحیهٔ جدید بیش از خاستگاه اصلی پدیده‌ها و نوآوری‌هاست.

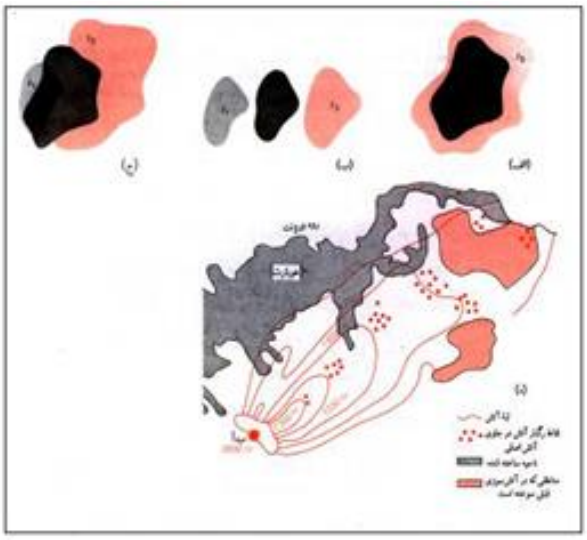
۲- جابجایی مکانی پخش: همان مراحل پخش گسترشی را می‌گذراند، اما مکان اصلی پخش اطلاعات، مواد، امراض و نوآوری‌ها به تدریج از اطلاعات، مواد و امراض خالی می‌شود و سرچشمهٔ پخش می‌خشکد. بدین‌سان که به موازات پخش از مکان اصلی به مکان دیگر، خاستگاه پخش اهمیت و اعتبار خود را از دست می‌دهد. چنانکه مهاجرت‌های روستایی از روستا به شهر، جابجایی آراء انتخاباتی احزاب، دور شدن گتونشینان از گتوهای اصلی در شهرها، نمونه‌هایی از این نوع پخش می‌باشد (Kevin, 1972: 91).

در یک تقسیم بندی دیگر گسترش پخش پدیده‌ها به دو شکل پخش سازش‌پذیر و پخش سلسله-مراتبی تفکیک شده است.

الف- پخش سازش‌پذیر: در این مرحله انتقال پخش یا تراوش مستقیماً صورت می‌گیرد؛ نظیر سرایت امراض از شخصی به شخص دیگر و یا از محله‌ای به محلهٔ مجاور در شهرها، این مرحله با عامل فاصله رابطهٔ نزدیکی دارد. بدینسان که مجاورت یک محله یا شهر با خاستگاه امراض، ایدئولوژی‌ها، مدها، ورزش‌ها، سبک معماری و غیره سبب می‌شود که این پدیده‌ها و نوآوری‌ها به سرعت به محلهٔ مجاور و یا شهر مجاور برسد و به جهت فاصلهٔ کم، ابتدا محلات و شهرهای نزدیک را تحت تأثیر قرار دهد در حالی که اثرات نوآوری‌ها و پدیده‌ها در افراد، شهرها و روستاهای دوردست، شاید با گذشت زمان درازتری ظاهر شود (ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۴: ۲۸). (شکل ۲).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]



شکل ۲. انتشار و پخش فضایی گسترشی (ابراهیم‌زاده و بذرافشان، ۱۳۸۶: ۶۴)

در شکل شماره ۳، منبع شیوع بیماری وبا در ناحیه خیابان براد (شهر لندن) در سال ۱۸۵۲ نشان داده شده است. پمپ آب آلوده با نقطه قرمز مشخص شده است. گسترش شیوع بیماری وبا به تماس مستقیم بستگی دارد. این فرآیند به دلیل فاصله زیاد تحت تأثیر قرار می‌گیرد زیرا افراد یا مناطق نزدیک به چاه آب، احتمال تماس بسیار بالاتری نسبت به افراد یا مناطق دورافتاده دارند (Lilienfeld, 1976: 65).

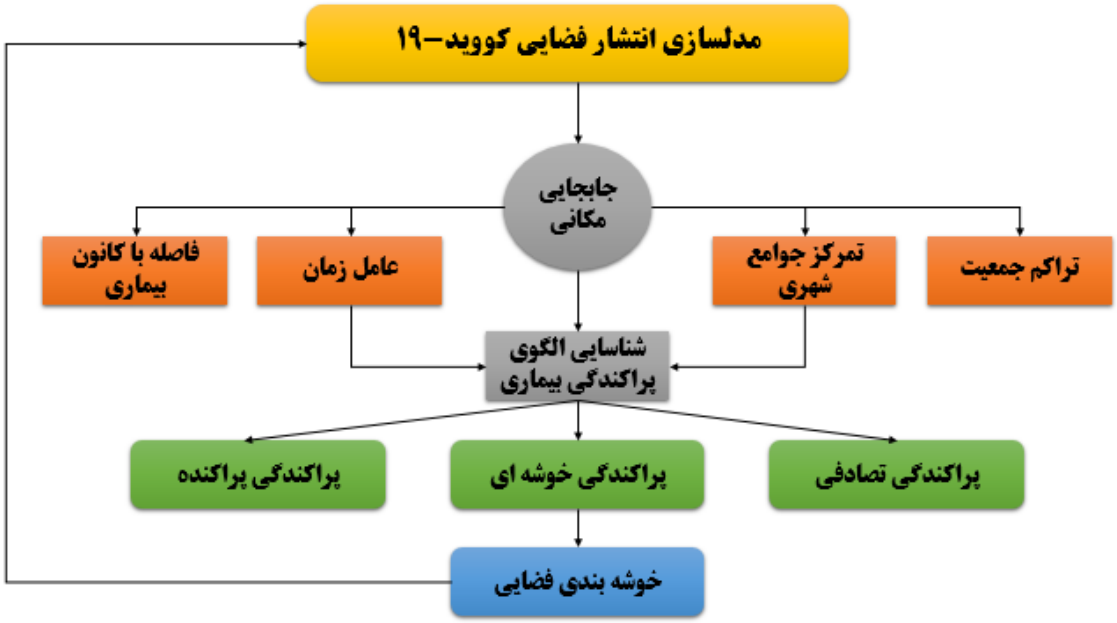
شکل ۳. موقعیت چاه آب آلوده و انتشار بیماری وبا در ناحیه خیابان براد شهر لندن (Lilienfeld, 1976)

ب- پخش سلسله مراتبی: در این مرحله از پخش، پدیده‌ها و نوآوری‌ها به صورت منظم و در قالب سلسله مراتب فضایی گسترش می‌یابند. در مجموع بررسی نظریه پخش فضایی هاگراستراند نشان می‌دهد که عامل فاصله، نقش عمده‌ای در ارتباط‌پذیری پدیده‌ها دارد. مراد از عامل فاصله در اینجا، هم فاصلهٔ جغرافیایی و هم فاصلهٔ اجتماعی- اقتصادی میان گروه‌های درآمدی و میان شهرها و روستا می‌باشد (ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۴: ۲۸). نتایج مطالعات هاگراستراند در کشورهای اروپایی و به ویژه امریکا، نظر بسیاری از جغرافی‌دانان و اندیشمندان را به خود معطوف داشت و این نظریه برای تبیین چرایی رخداد گسترش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

پدیده‌ها در حوزه‌ها و رشته‌های مختلف به کار گرفته شد (شکوئی، ۱۳۹۱: ۱۱۱). به طوری که رابرت مک کول جغرافیدان آمریکایی (۱۹۷۳)، این نظریه را در باب خاستگاه جنگ‌های ویتنام، کوبا و ناآرامی‌های گتوهای سیاهان آمریکا بررسی نمود و خصوصیات این اعتراضات را با توجه به شرایط اجتماعی و محیطی این مناطق تحلیل کرد (Morrill et al, 1988: 114). ریچارد فرانسوا انتشار گسترده‌ی موزیک در آمریکا را از دیدگاه تئوری پخش فضایی مورد تحلیل قرار داده و معتقد است که این موزیک هر چند سراسر آمریکا را تحت تأثیر قرار داده است. هاگراستراند چگونگی پذیرش یارانه‌های زراعتی در بخش غربی سوئد و عدم پذیرش آن را در شرق این ناحیه مورد تحلیل قرار داد و روند تغییرات این پذیرش در طول زمان را با توجه به عامل فاصله مدل‌سازی نمود (Francaviglia, 1973: 90). جرالد پل، جغرافیدان آمریکایی (۱۹۷۳)، مطالعه‌اش تحت عنوان «پخش جغرافیایی و مرض وبا» را در تطابق با تئوری هاگراستراند مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و اثر عامل مجاورتی در پخش این مرض را مؤثر دانسته و در عین حال معتقد است که در سطوح سلسله مراتبی، این مرض به سمت پایین جریان یافته است. همچنین عامل زمان، محیط‌زیست شهری، توسعه کالبدی شهرها، مسیرهای حمل‌ونقل و نواحی زاغه‌نشین را در پیدایش و گسترش آن مؤثر دانسته است (خانی و سادات موسوی، ۱۳۹۶: ۱۰۲). پیتر هاگت (۱۹۷۵)، در مطالعه‌اش درخصوص نظریه پخش و توقف انتشار (ریشه‌کنی آبله در آسیا و آفریقا) به این نتیجه رسید که انتشار معکوس ریشه‌کنی آبله نیز با تئوری هاگراستراند قابل بررسی است. چنانکه در دهۀ ۱۹۶۰ سازمان بهداشت جهانی، برنامه مداوم و پیگیر واکسیناسیون جمعی را به منظور ریشه‌کنی آبله از پناهگاه‌های باقی‌مانده آمریکای لاتین، آفریقا و آسیا شروع و در سال ۱۹۷۹ ریشه‌کنی قطعی آن در دنیا اعلام کرد. این روند با مراحل انتشار و به خصوص، مرحله توقف انتشار مدل هاگراستراند قابل تبیین است (شکوئی، ۱۳۸۶: ۱۲۹-۱۲۷). شکل شماره ۴، مدل مفهومی تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۴. مدل مفهومی تحقیق

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

۳) روش تحقیق

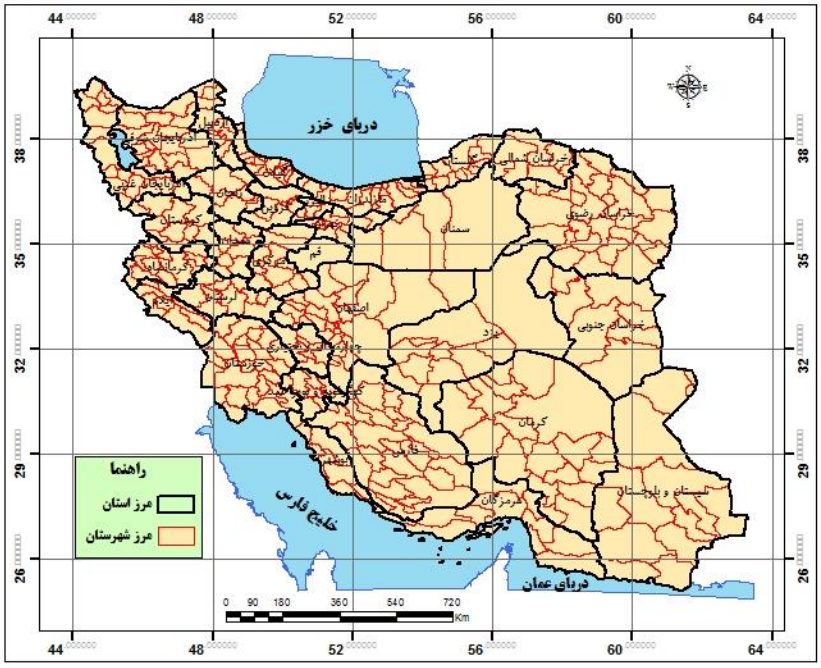
پژوهش حاضر براساس هدف، در زمرهٔ پژوهش‌های کاربردی قرار دارد و برحسب روش‌تحقیق، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق، شامل تعداد مبتلایان به ویروس کرونا (۲۱۶۳۸ نفر) در استان‌های کشور و در محدوده زمانی۳ اسفند ۱۳۹۸ الی ۳ فروردین ۱۳۹۹ است. همچنین منطقه موردمطالعه در این تحقیق ۳۱ استان کشور می‌باشد. استفاده از آمار فضایی در پژوهش حاضر، به این جهت می‌باشد 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 می‌شود، ساختار فضایی نام دارد. همچنین همبستگی متغیرها در فضا را خودهمبستگی فضایی می‌نامند. در این تحقیق ابتدا داده‌های مبتلایان به کرونا به تفکیک هر استان و به‌صورت روزانه در بازه زمانی ۳ اسفند ۹۸ تا ۳ فروردین ۹۹ وارد نرم‌افزار ArcGIS شد. با استفاده از تراکم نقطه‌ای[1] پراکندگی جغرافیایی مبتلایان به کرونا در کشور به‌صورت روزانه در بازه زمانی مذکور نمایش داده شد. همچنین جهت شناسایی میزان تمرکز و یا پراکندگی تعداد مبتلایان و نیز جهت کشف الگوی توزیع جغرافیایی ویروس کرونا در کشور از فاصله استاندارد و بیضی انحراف استاندارد استفاده شده است. سپس جهت شناسایی الگوی پراکنش فضایی ویروس کووید-۱۹ در کشور از خودهمبستگی فضایی موران استفاده شد. همچنین با استفاده از خودهمبستگی فضایی براساس فاصله، میزان فاصله گسترش شیوع ویروس کرونا در بین استان‌های کشور مورد تحلیل قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، ۳۱ استان کشور براساس تعداد مبتلایان به ویروس‌کرونا به ۵ خوشه تقسیم شدند تا از طریق آمار فضایی خوشه‌های همگن شکل‌گرفته، وضعیت استان‌های کشور به لحاظ شیوع ویروس کووید-۱۹ موردبررسی قرار گیرد. همچنین با استفاده از آمار فضایی تحلیل لکه‌های داغ، استان‌های کشور با توجه به همبستگی فضایی در تعداد مبتلایان به ویروس کرونا مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

کشور ایران با وسعتی بیش از ۱/۶ میلیون کیلومترمربع در نیمه جنوبی منطقه معتدل شمالی بین ۲۵ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۴ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا 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، جمعیت کشور برابر با ۷۹۹۲۶۲۷۰ نفر بوده (۵۰/۷٪ مرد و ۴۹/۳٪ زن) که در مقایسه با سرشماری سال ۹۰، متوسط رشد سالانه جمعیت معادل ۱/۲ درصد بوده است. در سرشماری سال ۹۵، تعداد ۲۴/۱ میلیون خانوار در کشور وجود داشته که از این تعداد حدود ۷۴/۹ درصد در نقاط شهری و ۲۵/۰ درصد در نقاط روستایی ساکن بوده‌اند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷). شکل شماره ۵، موقعیت جغرافیایی کشور ایران را نشان می‌دهد.

[1]- Point Density

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

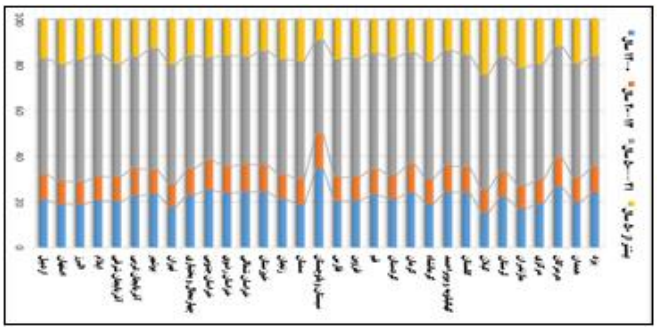


شکل ۵. موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

۴) یافته‌های تحقیق

آمارها حاکی از آن است که در تمام استان‌های کشور تعداد مردان مبتلا به ویروس کرونا نسبت به زنان بیشتر می‌باشد. به طور میانگین از ۲۱۶۳۸ نفر مبتلا به کرونا در کشور ۵۰/۸۱ درصد را مردان و ۴۹/۱۹ درصد را زنان تشکیل می‌دهند. در بین استان‌های کشور تنها در بوشهر ۵۳/۴ درصد از مبتلایان را مردان و ۴۶/۶ درصد را نیز زنان تشکیل می‌دهند. همچنین به طور متوسط در کشور ۲۱/۹۳ درصد از مبتلایان به کووید-۱۹ در گروه سنی ۰-۱۲ 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 می‌توان نتیجه گرفت که گروه سنی ۲۱-۵۰ سال، بیشترین درصد مبتلایان به ویروس کرونا را تشکیل می‌دهند. 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 استان‌های کشور دارد. همچنین در گروه سنی ۵۰-۲۱ 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 می‌باشند (شکل ۶).

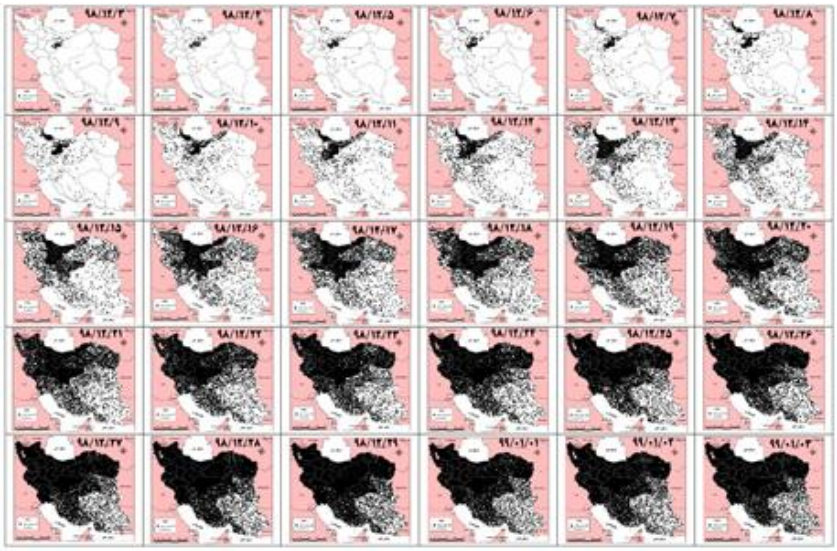
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]



شکل ۶. درصد گروه سنی مبتلا به ویروس کرونا در کشور به تفکیک استان

پراکندگی جغرافیایی کووید-۱۹ در کشور

شکل زیر گسترش شیوع ویروس‌کرونا را در کشور با استفاده از تراکم نقطه‌ای در بازه زمانی ۳ اسفند ۹۸ الی ۳ فروردین ۹۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، در تاریخ ۳ اسفند، مبتلایان به ویروس‌کرونا تنها در استان‌های قم، تهران، گیلان و مرکزی مشاهده می‌شوند. در تاریخ مذکور تعداد مبتلایان در کشور ۲۸ نفر می‌باشد که از این تعداد ۶۷/۸۶ درصد مبتلایان مربوط به استان قم است. از تاریخ ۱۱ اسفند به بعد، گسترش شیوع ویروس‌کرونا در کشور سیر صعودی به خود می‌گیرد بطوریکه به بالای ۱۰۰۰ نفر مبتلا در کشور می‌رسد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که انتشارفضایی ویروس‌کرونا از استان‌های تهران، قم، گیلان، مرکزی، مازندران و اصفهان به نواحی پیرامون خود به سرعت در حال گسترش می‌باشد. تراکم انتشارفضایی ویروس‌کرونا بیشتر به سمت نواحی شمالی، مرکزی و شمال غربی کشور می‌باشد و کمترین میزان شیوع ویروس‌کرونا در نواحی شرق و جنوب شرقی کشور بوده است. در تاریخ ۳ فروردین ۹۹ تعداد مبتلایان به ویروس‌کرونا 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 می‌باشد (شکل ۷).

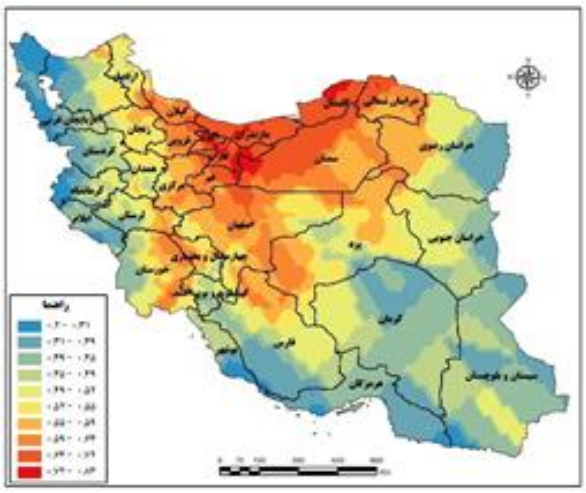


شکل ۷. پراکندگی جغرافیایی کووید-۱۹ در کشور- بازه زمانی ۳ اسفند ۹۸ الی ۳ فروردین ۹۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، استان‌های تهران و قم، بیشترین میزان تراکم مبتلایان به ویروس کرونا را در کشور دارند. همچنین کمترین میزان 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 و پخشایش ویروس‌کرونا (استان قم) از تراکم تعداد مبتلایان کاسته می‌شود. بیشترین تراکم بیماران کرونایی در نواحی شمالی و مرکزی کشور مشاهده می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸. تراکم مبتلایان به کووید-۱۹ در کشور

فاصله استاندارد[1]

این شاخص میزان تمرکز و یا پراکندگی عوارض پیرامون میانگین مرکزی را اندازه‌گیری می‌کند (Mohammadi & Noori, 2019: 101). فاصله استاندارد از رابطه ریاضی زیر بدست می‌آید (Mitchell, 2005: 163):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

که x_i و y_i مختصات ویژگی i هستند، $\{\bar{X}, \bar{Y}\}$ مرکز میانگین ویژگی‌ها را نشان می‌دهد، و n برابر با تعداد کل ویژگی‌ها است.

بیضی انحراف استاندارد[2]

برای اندازه‌گیری روند در مجموعه‌ای از نقاط یا نواحی به کار رفته می‌شود. بیضی انحراف استاندارد این امکان را می‌دهد که اگر توزیع عوارض در فضا از الگوی جهت‌داری برخوردار باشد آن را شناسایی نماید (Asgary, 2011: 23). بیضی انحراف استاندارد از رابطه ریاضی زیر بدست می‌آید:

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

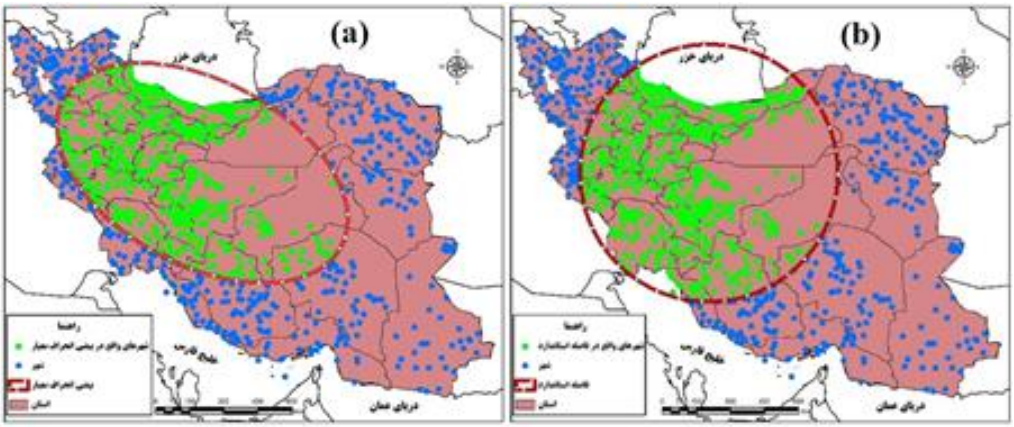
[1]- Standard Distance
[2]- Standard Deviational Ellipse

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

که x_i و y_i مختصات ویژگی i هستند، $\{\bar{X}, \bar{Y}\}$ مرکز میانگین ویژگی‌ها را نشان می‌دهد، و n برابر با تعداد کل ویژگی‌ها است.

سنجش اندازه‌گیری توزیع جغرافیایی مبتلایان به ویروس‌کرونا در کشور با استفاده از فاصله استاندارد نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز فضایی تعداد این مبتلایان پیرامون استان‌های قم و تهران می‌باشد. در شعاع این فاصله استاندارد، تعداد ۶۰۲ شهر (۴۸/۳ درصد از شهرهای کشور) قرار دارند که نشان‌دهنده تمرکز بالای این مبتلایان در استان‌های همجوار قم و تهران است. جهت کشیدگی بیضی انحراف استاندارد شیوع ویروس‌کرونا در کشور بیشتر به سمت شمال غربی کشور می‌باشد. در واقع جهت کشیدگی انتشار کرونا بیانگر آن است که روند پراکندگی جغرافیایی این بیماری واگیردار بیشتر به سمت استان‌های شمالی و شمال غربی کشور بوده است. همچنین تعداد ۶۲۷ شهر (۵۰/۳ درصد از شهرهای کشور) در شعاع بیضی انحراف استاندارد، پراکندگی جغرافیایی اپیدمیولوژی ویروس‌کرونا قرار دارند (شکل ۹).



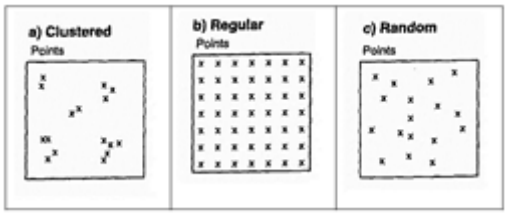
شکل ۹. a) الگوی جهت‌دار بیضی انحراف استاندارد b) سنجش توزیع جغرافیایی مبتلایان براساس فاصله استاندارد

خودهمبستگی فضایی موران[1]

توزیع مکانی نقاط و نحوه قرارگیری آن‌ها نسبت به یکدیگر موجب شکل‌گیری ساخت فضایی آن‌ها می‌شود که بدین‌صورت سه الگوی پراکنش فضایی شامل تصادفی[2]، خوشه‌ای[3] و پراکنده[4] به وجود می‌آید (Ratcliff, 2004: 32). (شکل ۱۰).

[1]- Spatial Autocorrelation Moran's I
[2]- Random
[3]- Clustered
[4]- Dispersed

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

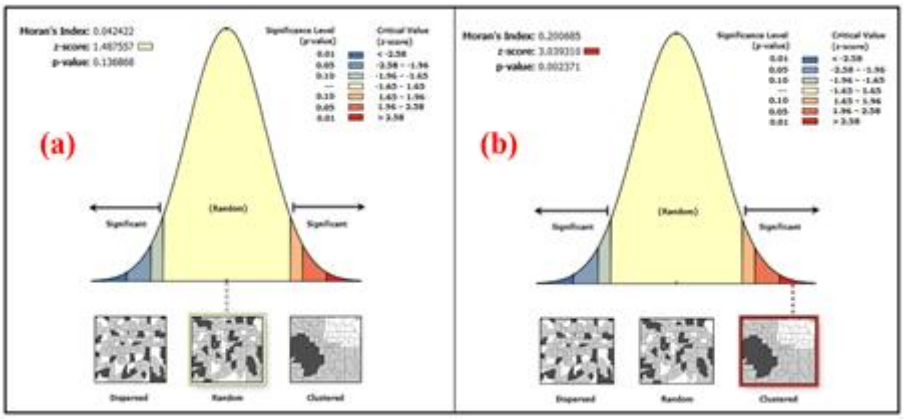


شکل ۱۰. انواع الگوی پراکنش فضایی

جدول ۱. آزمون آماری پراکنش فضایی

سطح اطمینان	p-value (احتمال)	z-score(انحراف استاندارد)
٪۹۰	< ۰,۱۰	+۱,۶۵ < یا -۱,۶۵ >
٪۹۵	< ۰,۰۵	+۱,۹۶ < یا -۱,۹۶ >
٪۹۹	< ۰,۰۱	+۲,۵۸ < یا -۲,۵۸ >

نتایج نشان می‌دهد که در تاریخ ۳ اسفند ۹۸ ضریب موران برابر ۰/۰۴۲۴۲۲، مقدار z-score برابر ۱/۴۸۵۵۷ و مقدار p-value ۰/۱۳۶۸۶۸ بدست آمده است که بر این اساس الگوی پراکنش فضایی ویروس کرونا در کشور بصورت تصادفی می‌باشد که به ترتیب در استان‌های قم، تهران، گیلان و مرکزی توزیع یافته است. با گسترش شیوع ویروس کرونا در تاریخ ۳ فروردین ۹۹ ضریب موران برابر ۰/۲۰۰۶۸۵، مقدار z-score برابر ۳/۰۳۹۳۱۰ و مقدار p-value ۰/۰۰۲۳۷۱ می‌باشد که براساس آن الگوی پراکنش فضایی شیوع کرونا در کشور بصورت خوشه‌ای است که این نکته بیانگر تعداد بالای مبتلایان به ویروس کرونا در برخی استان‌ها نظیر تهران، اصفهان، مازندران، گیلان و قم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. الگوی پراکنش فضایی کووید- ۱۹ در ایران a) ۳ اسفند ۹۸ b) ۳ فروردین ۹۹

تحلیل لکه‌های داغ[1]

تحلیل لکه‌های داغ آماره‌ی گتیس-ارد جی ارا برای همهٔ عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌کند (Rogerson, 2006: 58). امتیاز z-score به دست آمده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با

[1]- Hot Spot Analysis

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند (Jacquez & Greiling, 2003: 63). برای امتیازz-score مثبت و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیازz-score بزرگتر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیازz-score منفی و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز z-score کوچکتر باشد به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این‌ها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند (Zhang et al, 2008: 215). آماره Gi از فرمول زیر بدست می‌آید:

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

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 ویژگی‌ها است:

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

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

همانطور که در شکل زیر 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 می‌باشد. درواقع، در این استان‌ها تعداد مبتلایان به ویروس‌کرونا بالاست. استان‌های واقع در لکه-های داغ ۲۲/۵ درصد استان‌های کشور را در برگرفته که عمدتاً در قسمت‌های شمالی و مرکزی کشور قرار دارند. همچنین استان‌های بوشهر، ایلام و کرمانشاه به عنوان لکه‌های سرد شناسایی شده‌اند. در استان‌های مذکور امتیاز z-score منفی بدست آمده، که نشان دهندهٔ خودهمبستگی فضایی بالا و منفی در این استان‌ها از نظر تعداد پایین مبتلایان به ویروس‌کرونا است که منجر به شکل‌گیری لکه‌های سرد در این ۳ استان شده است. استان‌های واقع در لکه‌های سرد ۹/۶۷ درصد استان‌های کشور را دربرگرفته و این لکه‌ها عمدتاً در نواحی غرب و جنوب غربی کشور قرار دارند.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که استان‌های پیرامون قم، لکه‌های داغ را به لحاظ تعداد بالای مبتلایان به ویروس کرونا تشکیل داده‌اند و با فاصله گرفتن از استان قم، امتیاز z-score کوچکتر و منفی شده و ضریب خودهمبستگی فضایی در تعداد پایین مبتلایان، افزایش می‌یابد که در حقیقت لکه‌های سرد شکل می‌گیرند (شکل ۱۲).

[1]- Getis-Ord Gi* statistic

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

شکل ۱۲. تحلیل لکه‌های داغ کووید–۱۹ در کشور با استفاده از آزمون آماری Gi

تحلیل خوشه‌ای[1]

ابزار تحلیل خوشه‌ای به ارزیابی اثربخشی گروه‌های تقسیم‌بندی می‌پردازد و به فهم و درک بهتر از داده‌ها کمک می‌کند و خوشه‌های طبیعی مخفی در اطلاعات را برجسته می‌سازد. در تحلیل خوشه‌ای، تعداد گروه‌ها براساس آماره F مشخص می‌شود. بزرگ بودن این آماره نشان‌دهنده حداکثرسازی تشابه بین اعضای یک گروه و حداکثرسازی تمایز گروه‌ها با هم است (ESRI, 2018). نسبت منعکس کننده شباهت درون گروه و تفاوت بین گروه:

$$\frac{\left(\frac{R^2}{n_c-1}\right)}{\left(\frac{1-R^2}{n-n_c}\right)}$$

که:

$$R^2 = \frac{SST - SSE}{SST}$$

و SST نشان‌دهنده اختلاف بین گروهی و SSE بیانگر شباهت داخل گروهی است:

$$SST = \sum_{i=1}^{n_c}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{k=1}^{n_v}(V_{ij}^k - \overline{V^k})^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^{n_c}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{k=1}^{n_v}(V_{ij}^k - \overline{V_t^k})^2$$

n = تعداد ویژگی

n_i = تعداد ویژگی‌های گروه i

n_c = تعداد کلاس‌ها (گروه‌ها)

n_v = تعداد متغیرهایی استفاده شده برای ویژگی‌های گروه

V_{ij}^k = مقدار متغیر k^{th} از ویژگی j^{th} در گروه i^{th}

[1]- Grouping Analysis

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

$\overline{V^k}$ = میانگین مقدار متغیر k^{th}

$\overline{V_t^k}$ = میانگین مقدار متغیر k^{th} در گروه i

براساس این روش خوشه‌بندی، انواع پدیده‌ها با خصوصیات مشابه در گروه‌های یکسان قرار می‌گیرند که امکان نمایش بصری خوشه‌بندی‌های فضایی را فراهم می‌سازد. تعداد بهینه گروه‌ها نشان‌دهنده وضعیتی است که در تعداد کمتر یا بیشتر از آن ماکزیمم مقادیر تشابه درون‌گروهی و تمایز برون‌گروهی حاصل نمی‌شود و در یک فرآیند تقسیم متوالی گروه‌ها مشخص می‌شود (Riahi Madvar & Seifi, 2016: 154). همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، استان‌های کشور براساس تعداد مبتلایان به ویروس‌کرونا به پنج خوشه طبقه‌بندی شده‌اند. در این طبقه‌بندی، خوشه‌های ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به استان‌های قم و تهران است. استان قم به دلیل کانون اصلی انتشار فضایی اپیدمیولوژی ویروس‌کرونا در کشور و استان تهران نیز به دلیل تعداد بالای مبتلایان به این ویروس هر کدام در یک خوشه قرار گرفته‌اند. در خوشه ۳ استان‌های مازندران، گیلان، البرز، مرکزی و اصفهان قرار دارند. یافته‌ها حاکی از آن است که الگوی پخش فضایی اپیدمیولوژی کرونا از کانون به پیرامون از نوع پخش سازش‌پذیر بوده چرا که این نوع پخش فضایی براساس نظریه هاگراستراند با عامل فاصله رابطه مستقیمی دارد. بدین صورت که مجاورت استان‌های مجاور مازندران، گیلان، البرز، مرکزی و اصفهان با کانون بیماری کرونا (قم و تهران) سبب شده تا این بیماری واگیردار به سرعت به شهرها و استان‌های مجاور به جهت فاصله مکانی کم شیوع یافته و با گذشت زمان (در حدود ۱۰ اسفند ۹۸ به بعد) به استان‌های دورتر نظیر استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان سرایت کرده است. در خوشه ۴ استان‌های خراسان رضوی، سمنان، گلستان، یزد، فارس، خوزستان، لرستان، قزوین و آذربایجان شرقی قرار دارند که این تعداد، ۲۹ درصد استان‌های کشور را در برمی‌گیرد. همچنین ۴۸/۳ درصد استان‌ها در خوشه ۵ قرار دارند که عبارتند از: استان‌های خراسان شمالی و جنوبی، سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، ایلام، کرمانشاه، همدان، کردستان، زنجان، اردبیل و آذربایجان غربی. خوشه‌بندی فضایی استان‌های کشور براساس گسترش شیوع ویروس‌کرونا نشان داد که عامل فاصله مکانی- زمانی مهمترین عامل در پخش فضایی بیماری واگیردار کرونا از کانون (استان قم) به سایر استان‌ها می‌باشد و از الگوی پخش فضایی سازش‌پذیر تبعیت می‌کند (شکل ۱۳).

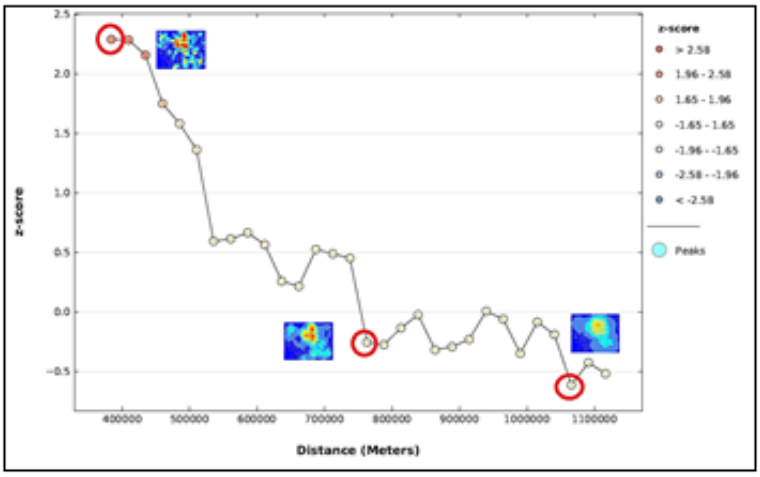
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

شکل ۱۳. خوشه‌بندی فضایی استان‌ها براساس میزان مبتلایان به کووید-۱۹

خودهمبستگی فضایی براساس فاصله[1]

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری از استان قم ضریب موران برابر ۰/۱۳۶۶۲۷ و مقدار z-score برابر با ۲/۲۹۲۶۳۴ است که این مقدار بیانگر خودهمبستگی مکانی مثبت بوده که با سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد پذیرش قرار می‌گیرد. خودهمبستگی فضایی مثبت نشان دهندهٔ تعداد بالای مبتلایان به ویروس‌کرونا تا شعاع ۳۸۳ کیلومتری است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری از استان قم ضریب موران برابر ۰/۰۴۰۲۴۶- و مقدار z-score برابر با ۰/۲۵۲۸۸۳- 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 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 ۱۴).



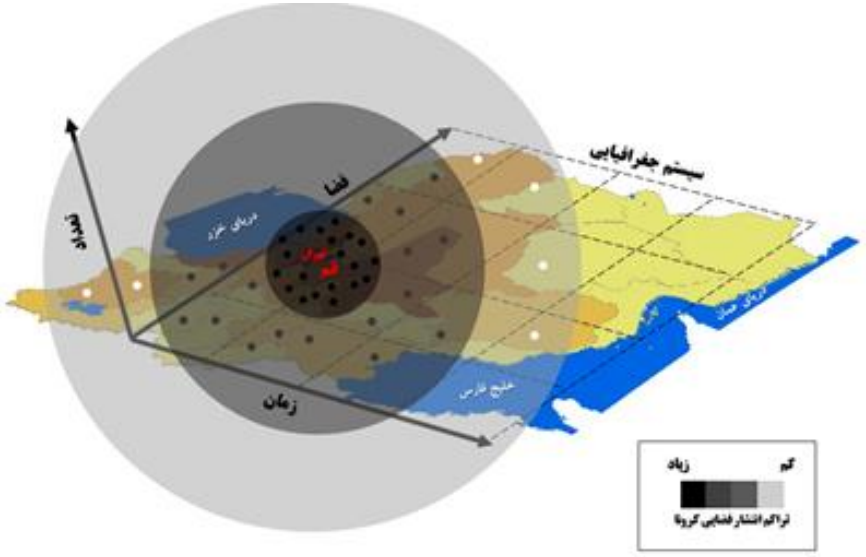
شکل ۱۴. خودهمبستگی فضایی کووید- ۱۹ در ایران

[1]- Spatial Autocorrelation by Distance

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

مدل‌سازی الگوی فرآیند پخش فضایی کووید-۱۹

شکل شماره ۱۵، مدل‌سازی الگوی فرآیند پخش فضایی کووید-۱۹ را در کشور نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، کانون اصلی این اپیدمی در کشور، استان قم است و از این استان به سایر استان‌های کشور، فرآیند پخش و انتشار فضایی ویروس‌کرونا صورت گرفته است. در نواحی پیرامون استان قم و به ویژه تهران (به دلیل وجود تراکم جمعیتی زیاد) شدت تراکم مبتلایان به این بیماری وجود دارد. با افزایش زمان و فاصله مکانی از کانون این بیماری (استان قم) از تعداد مبتلایان کاسته می‌شود. لذا به لحاظ ویژگی‌های جغرافیایی، دو عامل زمان و فاصله مکانی تأثیر زیادی در انتشار فضایی این ویروس در کشور داشته‌اند. بطوریکه آمارها حاکی از آن است که استان بوشهر نسبت به سایر استان‌ها دیرتر درگیر این بیماری شده است.



شکل ۱۵. مدل‌سازی الگوی فرآیند پخش فضایی کووید-۱۹ در کشور

۵) نتیجه‌گیری

شیوع 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. بطوریکه 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 ویروس‌کرونا طی بازه زمانی ۳ اسفند ۱۳۹۸ الی ۳ فروردین ۱۳۹۹ در کشور پرداخته است. آمارها حاکی از آن است که از ۲۱۶۳۸ نفر مبتلا به ویروس‌کرونا در کشور ۵۰/۸۱ درصد را مردان و ۴۹/۱۹ درصد را زنان تشکیل می‌دهند. همچنین ۲۱/۹۳ درصد از مبتلایان به کووید-۱۹ در گروه سنی ۰-۱۲ 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 می‌توان نتیجه گرفت که

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

گروه سنی ۲۱-۵۰ سال، بیشترین درصد مبتلایان به ویروس کرونا را تشکیل می‌دهند. بیشترین توزیع جغرافیایی بیماران کرونایی در نواحی شمالی و مرکزی کشور مشاهده می‌شود. همچنین، نواحی شمال غربی، جنوب و جنوب شرقی کشور، کمترین پراکندگی مبتلایان به ویروس کرونا را دارند. بررسی شعاع فاصله استاندارد توزیع جغرافیایی ویروس‌کرونا نشان می‌دهد که تعداد ۶۰۲ شهر (۴۸/۳ درصد از شهرهای کشور) در این شعاع قرار دارند. همچنین جهت کشیدگی بیضی انحراف استاندارد شیوع ویروس‌کرونا در کشور بیانگر آن است که روند پراکندگی جغرافیایی این بیماری واگیردار بیشتر به سمت استان‌های شمالی و شمال غربی کشور در حال حرکت است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که الگوی پراکنش فضایی ویروس‌کرونا در کشور در تاریخ ۳ اسفند ۹۸ از نوع تصادفی بوده اما این الگو در تاریخ ۳ فروردین ۹۹ از نوع خوشه‌ای تبعیت می‌کند. بررسی جغرافیایی الگوی پراکنش فضایی کووید-۱۹ در بازۀ زمانی ۳ اسفند بیانگر این نکته است که هنوز ویروس‌کرونا به مرحلۀ اپیدمولوژی (همه‌گیری) نرسیده و در برخی از استان‌های کشور به صورت تصادفی وجود دارد. اما در تاریخ ۳ فروردین الگوی پراکنش فضایی به صورت خوشه‌ای بوده که نشان دهندۀ گسترش شیوع ویروس‌کرونا در کشور بوده و این بیماری واگیردار وارد مرحلۀ اپیدمیولوژی شده و به سرعت در حال گسترش است. در واقع، 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. 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 لکه‌های‌داغ قرار دارند و استان‌های بوشهر، ایلام و کرمانشاه (۹/۶۷ درصد استان‌های کشور) به عنوان لکه‌های‌سرد 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 سایر استان‌ها بوده و از الگوی پخش فضایی سازش-پذیر تبعیت می‌کند.

۶) منابع

- ابراهیم‌زاده، عیسی، (۱۳۸۴)، **بررسی چگونگی توسعه و گسترش فضایی زعفران در جنوب خراسان بر اساس مدل هاگراستراند (مدل پخش فضایی)**، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ابراهیم‌زاده، عیسی، بذرافشان، جواد، (۱۳۸۶)، **مدل پخش فضایی هاگراستراند و پخشایش فضایی زعفران در خراسان**، جغرافیا و توسعه، شماره ۹، صص ۷۶-۵۷.
- افراخته، حسن، (۱۳۹۹)، **تحول پارادایمی در اقتصاد فضا (عبور از رویکرد تحلیل فضایی)**، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال نهم، شماره ۱، صص ۲۰-۱.
- بخشی، زهرا، مطیعی‌لنگرودی، سیدحسن، فرجی‌سبکبار، حسنعلی، قدیری‌معصوم،مجتبی، (۱۳۹۸)، **تحلیل فضایی پایداری اقتصادی سکونتگاه‌های روستایی (منطقه سبزوار-نیشابور)**، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال هشتم، شماره ۳، صص ۳۲-۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

- خانی، فضیله، سادات موسوی، سمیه، (۱۳۹۶)، **تحلیل نظریه پخش فضایی در کارآفرینی و نقش آن در توسعه کالبدی نواحی روستایی (مورد مطالعه: دهستان سولقان)**، برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، سال ۲، شماره ۳، صص ۱۱۶-۹۹.
- شکوئی، حسین، (۱۳۸۶)، **اندیشه‌های نو در فلسفه جغرافیا**، تهران: انتشارات گیتاشناسی.
- شکوئی، حسین، (۱۳۸۷)، **جغرافیای کاربردی و مکتب‌های جغرافیایی**، تهران: انتشارات به‌نشر.
- شکوئی، حسین، (۱۳۹۱)، **جغرافیای اجتماعی شهرها**، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- فرجی‌سبکبار، حسنعلی، (۱۳۹۱)، **تحلیل نابرابری‌های فضایی سکونتگاه‌های روستایی ایران، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی**، سال ۱، شماره ۱، صص ۱۰۰-۸۳.
- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۷)، **سالنامه آماری کشور**، تهران: انتشارات دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاری‌های بین-الملل مرکز آمار ایران.
- مرکز بهداشت غرب تهران، (۱۳۹۸)، گزارش خودمراقبتی، مهمترین راه جلوگیری از ابتلا به کروناویروس جدید.
- هافتون، گراهام، (۱۳۸۷)، **منطقه، راهبردهای فضایی و توسعه پایدار**، ترجمه عارف اقوامی مقدم، تهران: انتشارات آذرخش.
- هاگت، پیتر، (۱۳۷۵)، **جغرافیا ترکیبی نو**، ترجمه شاپورگودرزی‌نژاد، تهران: انتشارات سمت.
- هریسون، دیوید، (۱۳۷۷)، **جامعه‌شناسی نوسازی و توسعه**، ترجمه علیرضا کلدی، تهران: انتشارات دانشگاه علوم بهزیستی و توان بخشی.
- 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.
- American Health Organization (AHO), 1996, **Use of GIS in epidemiology**, Epidemiological Bulletin, Vol. 17, PP. 1 – 7.
- Asgary, A., 2011, **Space statistics analysis with GIS**, First edition, Tehran: Municipality Information and Communication Technology Organization.
- Bailley, T., Gatrell, A., 1995, **Interactive spatial data analysis**, Harlow: Longman.
- Bell, B., Broemeling, L., 2000, **A Bayesian analysis for spatial processes with application to disease mapping**, Stat Med, Vol. 19, PP. 974 – 989.
- Cliff, A., 1995, **Analyzing geographically related disease data**, Stat Methods Med Res, Vol. 4, PP. 93 – 101.
- Dwyer, L., Burton, D., 1998, **Potential meets reality: GIS & public health research in Australia**, Aust J Public Health, Vol. 22, PP. 819 – 823.
- Elliott, P., Cuzik, J., English, D., Stern, R., 1996, **Geographical & environmental epidemiology**, 1st edition. England, Oxford University Press.
- ESRI, 2018, **How Grouping Analysis works**. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/how-grouping-analysis-works.htm. (Accessed 26 May 2020).
- 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, Vol. 20, PP. 179 – 191.
- Francaviglia, R., 1973, **Diffusion and popular Culture, An invitation to Geography**, McGraw-Hill, London.
- 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, Vol. 1, No. 2, PP. 113-123.
- Gorbalenya, A.E., 2020, **Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus–The species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group**. BioRxiv.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

- Hagerstrand, T., 1968, **Innovation Diffusion as a Spatial Process**, university of Chicago Press, Chicago.
- Jacquez, G.M., Greiling, D.A., 2003, **Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island**, NewYork, Int J Health Geographics, Vol. 2, No. 3, PP. 1-12.
- 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, Vol. 22, No. 1, PP. 1-11.
- 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, Vol. 15, PP. 831-840.
- Kandwal, R., Garg, P.K., Garg, R.D., 2009, **Health GIS and HIV/ AIDS studies: Perspective and retrospective**, J Biomed Inform, Vol. 42, PP. 748-755.
- Kevin, R.C., 1972, **Location and Behavior**, John Wiley, London.
- 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, Vol. 205, PP. 169 – 181.
- Lilienfeld, A.M., 1976, **Foundations of Epidemiology**, London. New York, NY: Oxford University Press.
- Mitchell, A., 2005, **The ESRI Guide to GIS Analysis**, ESRI Press, United States of America.
- Mohammadi, A., Noori, S., 2019, **The Analysis of Spatial Distribution Pattern of Ardabil Province Industries by Spatial Statistics in GIS Environment**, Geographical Researches, Vol. 34, No. 1, PP. 97-108.
- Morrill, R., Gary, L.G., Grant, T., 1988, **Spatial Diffusion**, SAGE. Nineteenth century, An invitation to Geography, McGraw-Hill, London.
- Ratcliff J.H. (2004), T**he Hot spots Matrix: A Framework for the Spatial-Temporal Targeting of Crime Reduction**, police practice and research, Vol. 5, No. 1, PP. 5-23.
- Rezaeian, M., 2007, **Geographical epidemiology, spatial analysis& geographical information system: a multidisciplinary glossary**, J Epidemiol Community Health, Vol. 61, PP. 98-102.
- Riahi Madvar, H., Seifi, A., 2016, **Spatial Grouping Analysis and Fuzzy Spatial Analysis of Shahr-e-Babak Plain Groundwater Quality for Drinking and Irrigation**, Iran-Water Resources Research, Vol. 12, No. 2, PP. 152-157.
- Ricketts, T.C., 2003, **Geographic information system & public health**, Annu Rev Public Health, Vol. 24, PP. 1 – 6.
- Rogerson, P.A., 2006, **Statistics Methods for Geographers: students Guide**, SAGE Publications. Los Angeles, California.
- Salahi-Moghaddam, A., Khoshdel, A., Noori Fard, M., Pezeshkan, R., 2012, **Mapping the Important Communicable Diseases of Iran**, Health & Development, Vol. 1, No. 1, PP. 31-46.
- 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, Vol. 44, PP. 160– 170.
- Tanser, F.C., Le-Sueur, D., 2002, **The application of geographical information systems to important public health problems in Africa**, Int J Health Geography, Vol. 9, PP. 1- 4.
- World Health Organization (WHO), 2020, **Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation** Report – 63. 23 March 2020.
- Wu, F., Bin, Y., Chen, Y.M., Wang, W., Song, Z.G., Hu, Y., 2020, **A new coronavirus associated with human respiratory disease in China**, Nature.
- 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, Vol. 398, PP. 212-221.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]

- Zhou, Y.X., Wang, X.G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., 2020, **A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin**, Nature.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.33.2.9]