



## Analysis of Spatial Distribution of Corona Disease in Urban Areas<sup>1</sup>

Zeynab Yazdan panah<sup>1</sup>, Hossein Nazmfar<sup>\*2</sup>, Chiman Karami<sup>3</sup>, Towhid Hatami Khanqahi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. PhD Candidate, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>2</sup>. Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>3</sup>. Assistant Professor, Department of Microbiology, Parasitology and Immunology, Faculty of Medicine, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

<sup>4</sup>. Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Faculty of Technical Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

**Received Date:** 16 November 2024 **Accepted Date:** 21 January 2025

### Abstract

**Background and Aim:** The COVID-19 outbreak began in late 2019 and rapidly spread globally. The main objective of this study is to investigate the spatial distribution of the coronavirus disease in the five districts of Ardabil city.

**Methods:** The research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of nature and method. Spatial statistics methods in Arc GIS software were used to analyze the results. The data collection method was library-based, and the statistical population of the study consisted of individuals infected with coronavirus disease in the five districts of Ardabil city in 2020. Statistical methods including central mean, standard deviation ellipse, and nearest neighbor analysis were used to investigate disease distribution patterns.

**Findings and Conclusion:** The results show that the spatial distribution of coronavirus disease in different districts of Ardabil city was heterogeneous. In district one, the values are (z-score: 7.72) and (p-value: 0.000), and the distribution of patients was observed as dispersed and regular with a high concentration in the central part of the city. In district two, the values are (z-score: -4.96) and (p-value: 0.00001), showing a clustered pattern with the disease spreading from southwest to northeast. In district three, the values are (z-score: -0.52) and (p-value: 0.6013), and the distribution of patients was random in the northeast direction. In district four, the values are (z-score: -1.96) and (p-value: 0.094), with a clustered distribution of patients from south to north. In district five, the values are (z-score: -3.24) and (p-value: 0.0011), exhibiting a clustered pattern spreading from east to west.

**Key words:** Spatial Distribution, Corona Disease, Spatial Statistics, Ardabil

This article is extracted from the first author's PhD dissertation entitled "Analysis of the Spatial Distribution of Coronavirus Disease in Urban Areas (Case Study: Ardabil Province)".

\* **Corresponding Author Email:** nazmfar@uma.ac.ir

**Cite this article:** yazdanpanah, Z. , Nazmfar, H. , Karami, C. and Hatami Khanqahi, T. (2025). Analysis of Spatial Distribution of Corona Disease in Urban Areas. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(1), 198-218.



## تحلیل توزیع فضایی بیماری کرونا در مناطق شهری<sup>۱</sup>

زینب یزدان پناه<sup>۱</sup>، حسین نظم فر<sup>۲\*</sup>، چیمین گرمی<sup>۳</sup>، توحید حاتمی خانقاهی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار، ویروس شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی و پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۴- دانشیار، گروه معماری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** شیوع کووید-۱۹ از اواخر سال ۲۰۱۹ آغاز شد و به سرعت در سطح جهانی گسترش یافت. هدف اصلی این پژوهش، بررسی توزیع فضایی بیماری کرونا در مناطق پنج گانه شهر اردبیل است.

**روش بررسی:** نوع تحقیق بر اساس هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی-تحلیلی است. برای تحلیل نتایج، از روش‌های آمار فضایی در محیط نرم افزاری Arc GIS استفاده شده است. روش گردآوری اطلاعات، کتابخانه ای بوده، جامعه آماری تحقیق، مبتلایان به بیماری کرونا در مناطق پنج گانه شهر اردبیل در سال ۱۳۹۹ است. روش‌های آماری شامل میانگین مرکزی، منحنی انحراف استاندارد و تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی برای بررسی الگوهای توزیع بیماری استفاده شده‌اند.

**یافته‌ها و نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهند که توزیع فضایی بیماری کرونا در مناطق مختلف شهر اردبیل به صورت غیرهمگن بوده است. در منطقه یک میزان (z-score: 7.72) و (p-value: 0.000) می‌باشد و پراکندگی بیماران به صورت پراکنده و منظم و با تمرکز بالا در بخش مرکزی شهر مشاهده شده است در منطقه دو میزان (z-score: -4.96) و (p-value: 0.00001) است و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و پراکندگی بیماری در جهت جنوب غربی به شمال شرقی گسترش یافته است. در منطقه سه میزان (z-score: -0.52) و (p-value: 0.6013) می‌باشد و توزیع بیماران به صورت تصادفی و در جهت شمال شرقی بوده است. در منطقه چهار میزان (z-score: -1.96) و (p-value: 0.094) می‌باشد و پراکندگی بیماران به صورت خوشه‌ای و در جهت جنوب به شمال است و در منطقه پنج میزان (z-score: -3.24) و (p-value: 0.0011) می‌باشد و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و در جهت شرق به غرب گسترش یافته است.

**کلید واژه‌ها:** توزیع فضایی، بیماری کرونا، آمار فضایی، اردبیل

<sup>۱</sup> این مقاله مستخرج از رساله دکتری تحت عنوان «تحلیل توزیع فضایی بیماری کرونا در مناطق شهری (مطالعه موردی: استان اردبیل)» نویسنده اول است.

\* نویسنده مسئول nazmfar@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: یزدان پناه، زینب، نظم فر، حسین، گرمی، چیمین و حاتمی خانقاهی، توحید. (۱۴۰۴). تحلیل توزیع فضایی بیماری کرونا در مناطق شهری. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۱)، ۱۹۸-۲۱۸.

## مقدمه و بیان مسأله

اواخر سال ۲۰۱۹، یک شیوع ناشناخته از ذات‌الریه در ووهان، استان هوبئی چین ظاهر شد که بعدها توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) کووید-۱۹ نام‌گذاری شد. این رویداد توجه جهانی را به خود جلب کرد و در ماه‌های بعد، شیوع کووید-۱۹ به سرعت در سراسر جهان گسترش یافت و از ووهان منشأ گرفت و چالش‌های قابل توجهی را ایجاد کرد. در اوایل مارس ۲۰۲۰، سازمان جهانی بهداشت رسماً آن را به عنوان یک همه‌گیری جهانی اعلام کرد (Zhi et al, 2024: 2). بر اساس آخرین داده‌های گزارش شده توسط WHO، تا اوت ۲۰۲۳، پاندمی کووید-۱۹ بیش از ۷۶۸,۹ میلیون مورد تأیید شده و ۶,۹ میلیون مرگ در سراسر جهان به‌دنبال داشته است (WHO, 2023). علائم بیماری کووید-۱۹ که توسط سازمان جهانی بهداشت گزارش شده است شامل تب، سرفه خشک، تنگی نفس، خستگی شدید و لنفونیتی می‌باشد. در موارد شدیدتر، عفونت‌های ویروسی ذات‌الریه می‌توانند به سندرم حاد تنفسی و حتی مرگ منجر شود (Adham et al, 2021: 2).

شیوع ویروس کرونا در ایران از ۲۸ بهمن ۱۳۹۹ آغاز شد. با گذشت زمان تمامی استان‌های کشور یعنی ۳۱ استان، نقاط شهری و روستایی و ... درگیر این بیماری شدند. پراکندگی و توزیع فضایی بیماری کرونا در سطح استان‌های کشور، نقاط شهری و روستایی و ... ناهمگن بوده است (عزیزپور و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۲). همچنین ایران یکی از کشورهایی بوده که به شدت تحت تأثیر همه‌گیری بیماری کرونا ویروس قرار گرفته است. تا تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۲۲، این کشور ۶,۷ میلیون مورد ابتلا به COVID-19 داشته که از نظر تعداد موارد، دوازدهمین کشور در جهان بوده و ۱۳۳ هزار مرگ تأییدشده رسمی ناشی از این بیماری ثبت شده است (Ebrahimoghli et al, 2023: 2). اگرچه کشورها استراتژی‌های مختلفی مانند قرنطینه خانگی، استفاده از ماسک و فاصله‌گذاری اجتماعی را اتخاذ کرده‌اند (Montemurro, 2020: 2)، اما این بیماری همچنان می‌تواند اثرات مضر و پنهانی بر سلامت عمومی داشته باشد. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در تمام کشورهای جهان برای کنترل بیماری، بیماری‌های عفونی همچنان در اپیدمیولوژی و سلامت اجتماعی اهمیت دارند (Sharifi and Khavarian, 2020: 5).

اپیدمیولوژی، به عنوان علمی که به مطالعه توزیع و عوامل تعیین‌کننده سلامت و بیماری در جمعیت‌ها می‌پردازد، نقش حیاتی در حفظ و ارتقای سلامت عمومی ایفا می‌کند (Wu et al, 2020:3). یکی از شاخه‌های مهم اپیدمیولوژی، اپیدمیولوژی جغرافیایی است که به بررسی توزیع جغرافیایی میزان‌های ابتلا و مرگ و میر می‌پردازد و به دنبال یافتن سرنخ‌هایی برای تعیین علل بیماری‌ها، آسیب‌ها و مرگ و میرهاست (Ghaedamini et al, 2012: 115). استفاده از نقشه‌ها برای تحلیل مکانی بیماری‌ها سابقه‌ای طولانی دارد. به عنوان مثال، در سال ۱۸۵۴ میلادی در گلاسکو، انگلستان، از نقشه برای نشان دادن ارتباط بین جمعیت و شیوع تیفوس استفاده شد و نشان داده شد که در مناطق مهاجرت‌پذیر، شیوع این بیماری بیشتر است (WHO, 2012). این رویکرد، پایه و اساس اپیدمیولوژی جغرافیایی نوین را شکل داد. اپیدمیولوژی جغرافیایی، با تمرکز بر توزیع فضایی بیماری‌ها، زمینه را برای ایجاد فرضیه‌های سبب‌شناسی (علت‌شناسی) فراهم می‌کند. نمایش بصری داده‌ها در قالب نقشه‌های جغرافیایی، الگوهای توزیع بیماری‌ها، آسیب‌ها و مرگ و میرها را به وضوح نشان می‌دهد، در حالی که جداول آماری فاقد چنین قابلیت‌هایی هستند (بازرگان و امیرفخریان، ۱۳۹۹: ۵۴۴). به همین دلیل، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نقشه‌ها در علوم بهداشتی و پزشکی در سال‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است.

یکی از کاربردهای اصلی علم اپیدمیولوژی (همه‌گیرشناسی)، شناسایی مناطق جغرافیایی و گروه‌های آسیب‌پذیر است که بیشتر در معرض خطر ابتلا به بیماری‌ها و عوامل خطر مرگ و میر قرار دارند. این شناسایی به انتخاب اقدامات بهداشتی، درمانی و اجتماعی مناسب برای کاهش عوامل خطر کمک می‌کند (Wu et al, 2020:3). بنابراین تحلیل فضایی بیماری کرونا می‌تواند به ما کمک کند تا درک بهتری از الگوهای انتشار بیماری و عوامل موثر در آن داشته باشیم. با این اطلاعات، مسئولان بهداشتی و سایر نهادها می‌توانند اقدامات مناسب برای کنترل و پیشگیری از انتشار بیماری را برنامه‌ریزی کنند. شهر اردبیل یکی از شهرهای شمال‌غربی ایران است که به شدت تحت تأثیر بیماری کرونا بوده است. اولین مورد مثبت بیماری کرونا ویروس در استان اردبیل از ۵ اسفندماه ۱۳۹۸

گزارش گردید (حبیب زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۳۰۶). در همین راستا این پژوهش سعی دارد توزیع فضایی بیماری کووید-۱۹ در مناطق شهری اردبیل را با استفاده از نرم افزار ARC GIS ارزیابی و تحلیل نماید.

## مبانی نظری پژوهش

### اپیدمیولوژی ویروس کرونا

کرونا ویروس ها گروهی از ویروس ها هستند که هم در انسان و هم در برخی حیوانات می توانند باعث بیماری شوند. در انسان چندین نوع ویروس باعث عفونتهای تنفسی می شوند از سرماخوردگی گرفته تا بیماری های شدیدتر مانند سندرم تنفسی خاورمیانه او سندروم تنفسی حاد شدید. 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 بیماری های شدید تنفسی دارد. عامل این بیماری به اختصار COVID-19 نام گذاری 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 (رهنما و بازگان، ۱۳۹۹: ۲۸).

### پیشینه پژوهش

در ارتباط با موضوع پژوهش، پژوهش‌هایی در داخل و خارج از کشور انجام شده که به اهم آن‌ها اشاره می‌شود: موراسائه و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان «عوامل اجتماعی موثر بر نابرابری‌های مکانی کووید-۱۹ در سراسر انگلستان: یک تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی چند مقیاس» با استفاده از یک روش آماری به نام "تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی چند مقیاس" به بررسی عوامل اجتماعی موثر بر نابرابری‌های مکانی کووید-۱۹ در سراسر انگلستان پرداخته است. همچنین این مطالعه نشان داده است که چگونه عواملی مانند سطح تحصیلات پایین، درآمد کم یا دسترسی محدود به خدمات بهداشتی، افراد ساکن در مناطق خاص را در معرض خطر بیشتری برای پیامدهای جدی کووید-۱۹ قرار داده است. ایراندوست و همکاران (۲۰۲۳) پژوهشی با عنوان «تحلیل فضایی تراکم جمعیت و اثرات آن در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ در سنج، ایران» انجام داده است. این مطالعه نشان داده است که تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی در مناطق شهری توانسته بر شیوع کووید-۱۹ تأثیر بگذارد. همچنین تراکم جمعیت بالا و تراکم بالای واحدهای مسکونی منجر به افزایش تماس‌های انسانی شده است که خطر ابتلا به ویروس را افزایش داده است.

ماهانتا<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «کاربرد سیستم داده‌های مکانی برای نظارت بر بیماری‌های عفونی: مطالعه موردی همه‌گیری کووید-۱۹ در شمال شرقی هند» با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش خودهمبستگی موران و شناسایی نقاط داغ به برنامه ریزی و مدیریت سلامت در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ در شمال شرقی هند پرداخته است و همچنین راهنمای ارزشمندی برای پیاده‌سازی فناوری‌های علوم اطلاعات جغرافیایی در پایش و ردیابی همه‌گیری است.

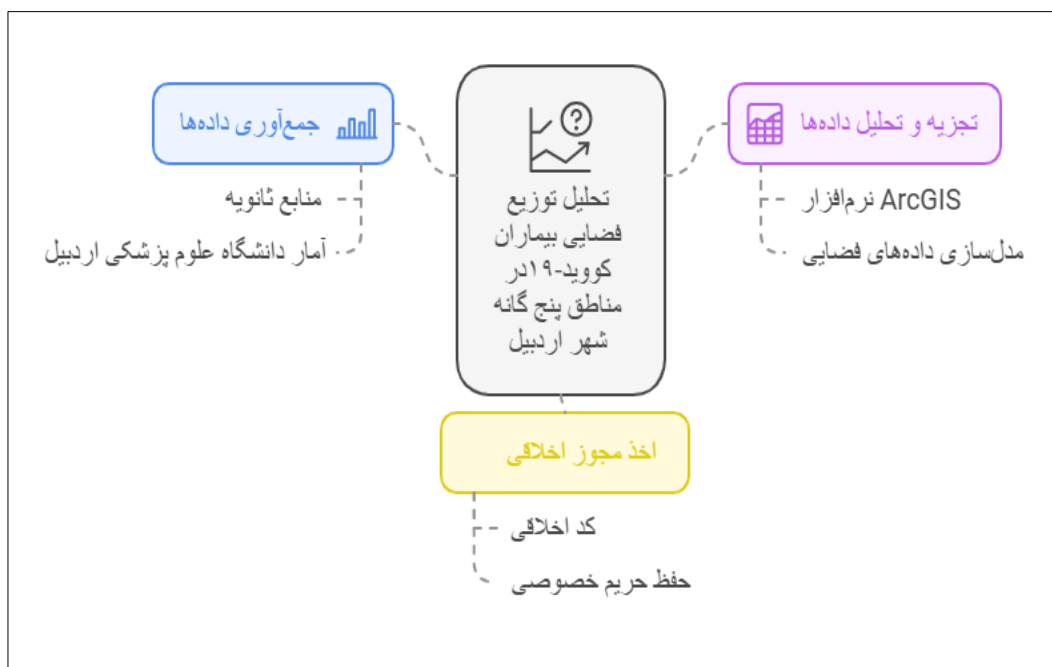
بگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «درک الگوی مکانی - زمانی شیوع COVID-19 در هند با استفاده از GIS و واکنش هند در مدیریت همه‌گیری» الگوی مکانی-زمانی گسترش ویروس کرونا در هند را از طریق خوشه بندی مکانی، شناسایی لکه‌های داغ، همگونی و ناهمگونی فضایی و همچنین جهت روند تغییر Covid-19 با استفاده از تحلیل‌های آماری مکانی طی دوره ۳۰ ژانویه تا ۲۰ ژوئن ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار داده است و ناهمگونی مثبت فضایی در خصوص بیماری کووید-۱۹ را نشان داده است و در آخر سیاست‌های مناسبی برای شروع برنامه‌ریزی استراتژیک دولت توصیه کرده است.

1. Morasae  
2. Mahanta  
3. Bag

محمدی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان «تحلیل فضایی-زمانی شیوع کووید-۱۹ در سطح محلات شهر تهران» از روش های توصیفی و تحلیل فضایی برای رسیدن به هدف پژوهش استفاده کرده است. بررسی شیوع کووید - ۱۹ طی ۲۰ ماه در محله های شهر تهران نشان داده که توزیع ابتلا در محلات ناهمگون بوده است. مردان بیش از زنان در معرض ابتلا قرار داشته و گروه سنی ۴۵ تا ۶۴ سال، ابتلای بیشتری به نسبت سایر گروه های سنی داشته اند. یک خوشه ی فضایی - زمانی قابل توجه در مرکز به سمت جنوب و جنوب شرق شناسایی شد که نشان داد احتمالاً خوشه های شیوع باید تحت تاثیر ویژگی های خاص محله های شهری قرار گرفته باشند.

## روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی است و مستقیماً بر حل مسائل خاص در جامعه یا صنعت تمرکز دارد. هدف اصلی این مطالعه، تحلیل توزیع فضایی بیماران کووید-۱۹ در مناطق پنج گانه شهر اردبیل و ارائه راهکارهایی برای بهبود مدیریت بحران سلامت در این مناطق شهری است. از نظر روش شناسی، این مطالعه توصیفی-تحلیلی است. در ابتدا، داده های توصیفی مربوط به افراد مبتلا جمع آوری شد و سپس توزیع فضایی بیماری با استفاده از ابزارهای تحلیلی مورد بررسی قرار گرفت. روش جمع آوری داده ها در این پژوهش کتابخانه ای و با استفاده از منابع ثانویه مانند مقالات علمی، کتاب ها، گزارش ها و داده های آماری موجود بود. بدین منظور پس از دریافت آمار و اطلاعات مربوط به مبتلایان این بیماری از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، که بالغ بر ۹۲۶ بیمار کرونایی بوده است در مرحله اول موقعیت مکانی هر کدام از مبتلایان را بر روی نقشه مشخص کرده و سپس نقشه توزیع فضایی مبتلایان تهیه شد. جامعه آماری شامل کلیه افراد در مناطق پنج گانه شهر اردبیل است که در سال ۱۳۹۹ از طریق PCR تست مثبت کووید-۱۹ داشته اند و تعداد آنها ۹۲۶ مورد است. با توجه به اینکه تعداد موارد در این دوره مشخص و در دسترس بود، از روش سرشماری کامل استفاده شد و کلیه موارد مثبت در تجزیه و تحلیل ها بررسی شدند که دقت و جامعیت نتایج را افزایش می دهد. همچنین این پژوهش با رعایت ملاحظات اخلاقی انجام شده و با کد IR.UMA.REC.1401.056 از کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی مجوز اخلاقی دریافت کرده است. اخذ مجوز اخلاقی برای مطالعات مرتبط با بهداشت عمومی، که اغلب شامل اطلاعات شخصی حساس هستند، حیاتی است. کد اخلاقی تضمین می کند که حریم خصوصی و حقوق شرکت کنندگان رعایت شده و از داده های شخصی آنها سوء استفاده نمی شود. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS نسخه ۱۰,۸,۲ انجام شد. ArcGIS ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل جغرافیایی و فضایی است که به محققان امکان مدل سازی و تحلیل داده های فضایی را می دهد. در این مطالعه، از این نرم افزار برای ایجاد نقشه های توزیع فضایی بیماران و بررسی الگوهای انتشار بیماری استفاده شد.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش (مأخذ: نویسندگان)

### معرفی محدوده مورد مطالعه

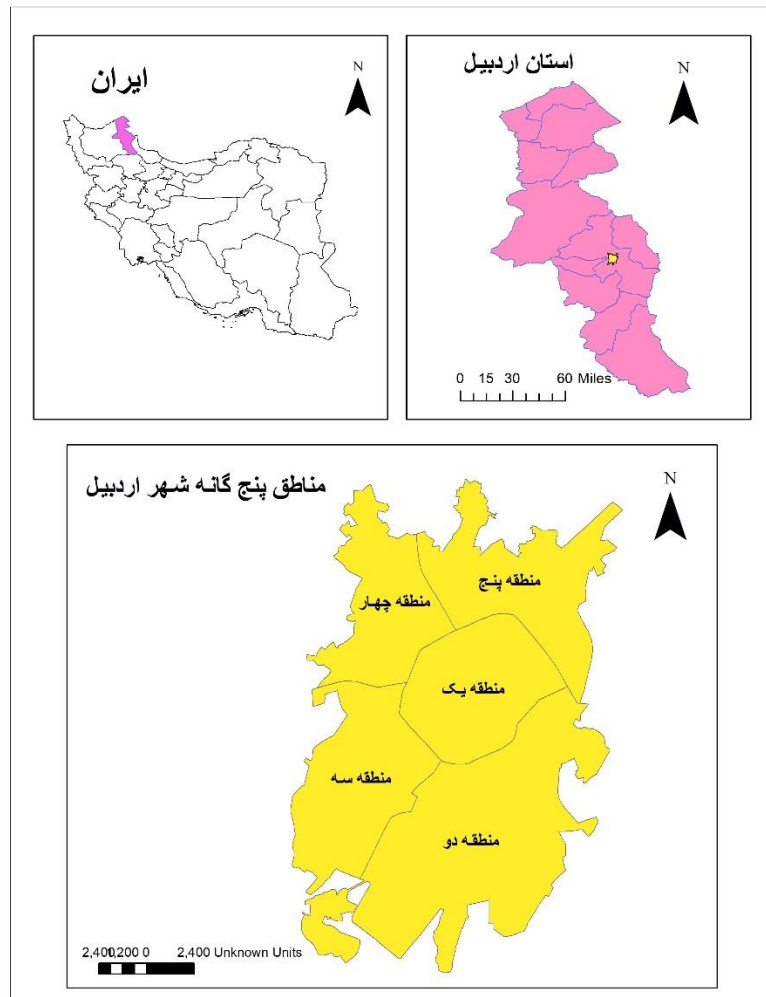
شهر اردبیل به عنوان مرکزیت اداری-سیاسی استان اردبیل در دشتی به همین نام و به صورت شعاعی گسترش یافته است. براساس آخرین آمارگیری رسمی کشور در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر اردبیل ۵۲۹۳۷۴ نفر و مساحت آن بیش از شش هزار و ۱۰۰ هکتار گزارش شده است. همچنین براساس آخرین گزارشات شهرداری اردبیل، شهر اردبیل دارای ۵ منطقه شهری، ۴۴ ناحیه شهری و ۱۹۷ محله شهری است (یاری حصار و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۱). در جدول (۱) جمعیت مناطق آورده شده است، شکل (۱) هم نشان‌دهنده موقعیت مناطق پنج‌گانه شهر اردبیل است.

جدول ۱. جمعیت و درصد جمعیت مناطق پنج‌گانه شهر اردبیل

مناطق	منطقه یک	منطقه دو	منطقه سه	منطقه چهار	منطقه پنج	کل
جمعیت	۱۱۳۴۷۶	۱۱۰۵۸۹	۱۰۰۵۰۴	۱۰۳۸۱۲	۱۰۰۹۹۳	۵۲۹۳۷۴
درصد	۲۱/۴	۲۰/۹	۱۹/۰	۱۹/۶	۱۹/۱	۱۰۰

جمعیت

مأخذ: استانداری اردبیل



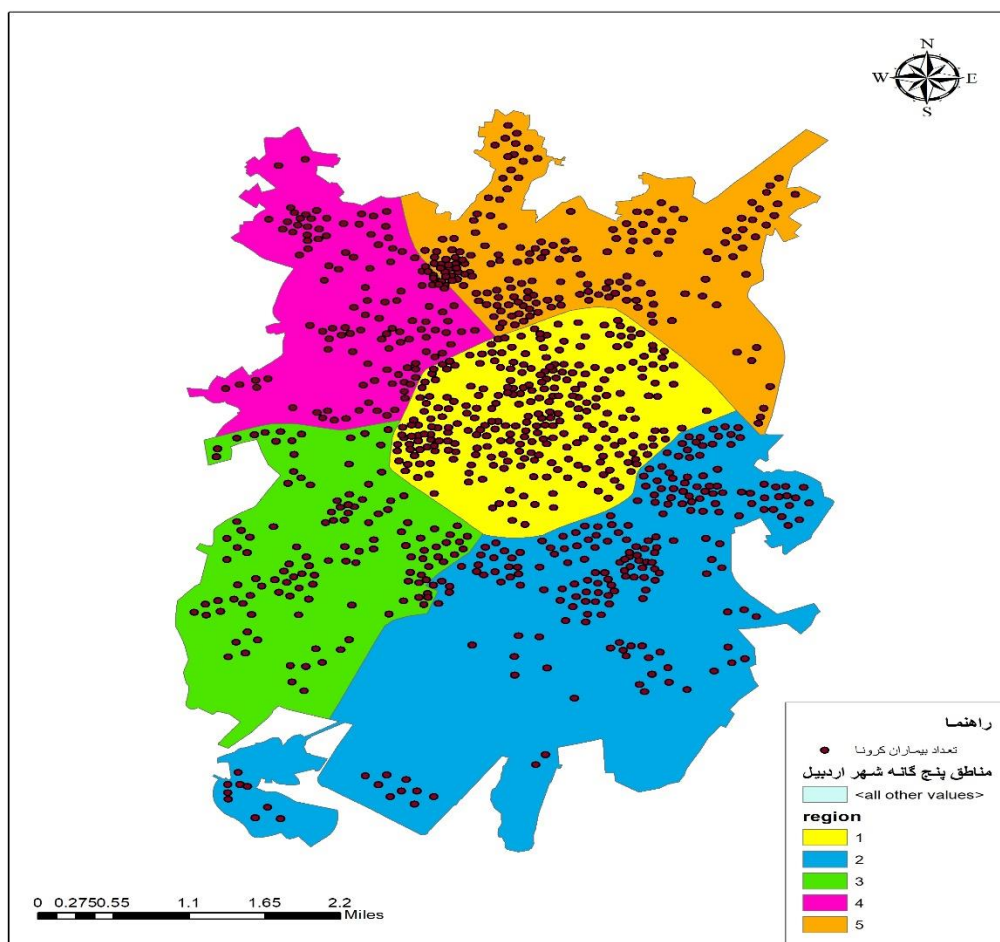
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی مناطق پنج گانه شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش از پژوهش، با هدف تحلیل الگوی مکانی شیوع بیماری کووید-۱۹ در شهر اردبیل، از روش‌های آماری فضایی میانگین مرکزی، منحنی انحراف استاندارد و تحلیل نزدیکترین همسایگی بهره گرفته شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، شامل تعداد کل بیماران مبتلا به کووید-۱۹ در سال ۱۳۹۹ (۹۲۶ نفر) بوده که بر اساس آدرس محل سکونت آن‌ها، به صورت نقاط مکانی در محیط نرم‌افزار ArcGIS وارد شده‌اند (شکل ۳). سپس، این نقاط مکانی بر روی نقشه شهر اردبیل نمایش داده شده و به پنج منطقه تقسیم‌بندی گردیده‌اند. جدول (۲)، تعداد بیماران هر منطقه را نشان می‌دهد. با استفاده از روش‌های آماری مذکور، توزیع فضایی بیماری در مناطق مختلف شهر مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲. تعداد افراد مبتلا به بیماری کرونا به ازای جمعیت مناطق پنج گانه شهر اردبیل

مناطق	منطقه یک	منطقه دو	منطقه سه	منطقه چهار	منطقه پنج	کل
جمعیت	۱۱۳۴۷۶	۱۱۰۵۸۹	۱۰۰۵۰۴	۱۰۳۸۱۲	۱۰۰۹۹۳	۵۲۹۳۷۴
مساحت به هکتار	۹۶۴	۱۶۸۹	۱۰۹۴	۸۵۸	۱۰۸۷	۶۲۸۹
مبتلایان به بیماری کرونا	۲۸۲	۲۱۷	۱۲۶	۱۲۴	۱۷۷	۹۲۶
درصد مبتلایان به بیماری کرونا	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۷



شکل ۳. نقشه پراکنش بیماران کرونایی در مناطق پنج گانه شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

### تحلیل الگوی توزیع فضایی

روش میانگین مرکزی: این تحلیل مشابه میانگین در آمار معمولی است و به صورتی مشابه محاسبه می‌شود. این تحلیل مرکز جغرافیایی و یا مرکز ثقل مجموعه‌ای از عوارض را شناسایی می‌کند. خروجی این ابزار یک الیه جدید خواهد بود که در آن نقطه میانگین مرکزی عوارض قابل مشاهده می‌باشد (یزدانی و سعیدی، ۱۴۰۲: ۳۴۰).

**روش منحنی انحراف استاندارد:** توزیع بسیاری از پدیده‌های جغرافیایی در فضا جهت‌دار بوده و نمی‌توان آنها را با دایره نشان داد. در این موارد میتوان با محاسبه واریانس محورهای X و Y به صورت جداگانه و مستقل روند و جهت توزیع پدیده‌ها در فضا را نشان داد که بیان می‌کند توزیع عوارض جغرافیایی در فضا به صورت جهت‌دار صورت گرفته اند و یا خیر (یزدانی و سعیدی، ۱۴۰۲: ۳۴۰).

### روش تحلیل نزدیکترین همسایگی:

در تحلیل نزدیکترین همسایگی، پراکندگی نقاط بر اساس فاصله بین یک نقطه و نزدیکترین همسایگان آن کمی‌سازی می‌شود (Gao, 2022: 121). ابزار میانگین نزدیکترین فاصله همسایگی ابتدا فاصله بین نقطه مرکزی هر عارضه را با نقطه مرکزی نزدیکترین همسایه‌اش اندازه‌گیری کرده و سپس میانگین تمامی این نزدیکترین همسایگی‌ها را محاسبه می‌کند. اگر میانگین فاصله محاسبه شده از میانگین توزیع فضایی فرضی کمتر باشد، توزیع پدیده مورد بررسی در فضا به صورت خوشه ای و اگر بزرگتر باشد، عوارض به صورت پراکنده در فضا توزیع شده اند (یزدانی و سعیدی، ۱۴۰۲: ۳۴۱). در بکارگیری این روش شاخصی به نام میزان مجاورت حاصل می‌شود، که دامنه آن بین صفر تا ۲/۱۵ است. که هر چقدر به صفر نزدیکتر باشد، نشانگر الگوی توزیع متراکم و خوشه ای و هرچه به ۲/۱۵ نزدیکتر باشد، بیانگر الگوی توزیع منظم و عدد یک نیز بیان کننده الگوی تصادفی توزیع فضایی پارامتر مورد نظر است (سرایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۸).

میانگین نزدیکترین فاصله همسایگی از نظر آماری با استفاده از فرمول ۱ محاسبه می‌شود:

رابطه (۱):

$$ANN = \frac{\overline{DO}}{D_E}$$

که در آن DO میانگین فاصله مشاهده شده بین کاربری مراکز درمانی و نزدیکترین همسایگانش است که با فرمول ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه (۲):

$$\overline{DO} = \frac{\sum_{i=1}^n d_j}{n}$$

در این فرمول  $D_E$  میانگین فاصله بین بیماری و نزدیکترین همسایگانش است در صورتی که توزیع بیماری به صورت تصادفی انجام گرفته باشد و به صورت فرمول ۳ بیان می‌شود:

رابطه (۳):

$$\overline{D_E} = \frac{0.5}{\sqrt{N/A}}$$

در معادله بالا، N تعداد کل عوارض، و A مساحت کل محدوده مورد مطالعه است.

امتیاز استاندارد ZANN نیز با استفاده از فرمول ۴ محاسبه می‌شود:

رابطه (۴):

$$ZANN = \frac{\overline{DO} - D_E}{SE}$$

و SE با استفاده از فرمول ۵ برابر است با:

رابطه (۵):

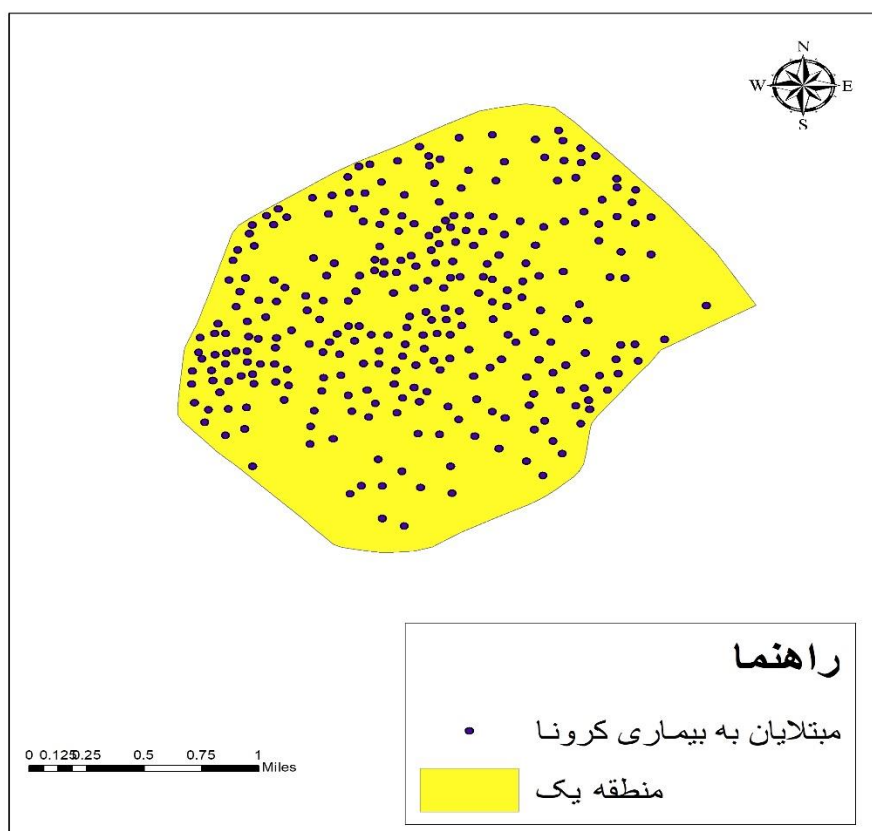
$$SE = \frac{0.026136}{\sqrt{N^2/A}}$$

مقدار P Value تقریبی از مساحت زیر منحنی برای توزیع معین خواهد بود که با آزمون آماری محدود می‌شود (عسگری، ۱۳۹۰:

(۴۱).

### منطقه یک

منطقه یک، منطقه مرکزی شهر اردبیل است که دارای قدمت بسیار بوده و بخش زیادی از آن فرسوده است. در این منطقه اکثراً افراد بومی اردبیل سکونت دارند. جمعیتی بالغ بر ۱۱۳۴۷۶ نفر داشته و مساحت آن ۹۶۴ هکتار است. طبق آمار رسمی گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تعداد مبتلایان به بیماری کرونا در این منطقه در سال ۱۳۹۹، ۲۸۲ نفر بوده است. شکل (۴) پراکنش بیماری کرونا در منطقه مرکزی (منطقه یک) اردبیل را نشان می‌دهد.



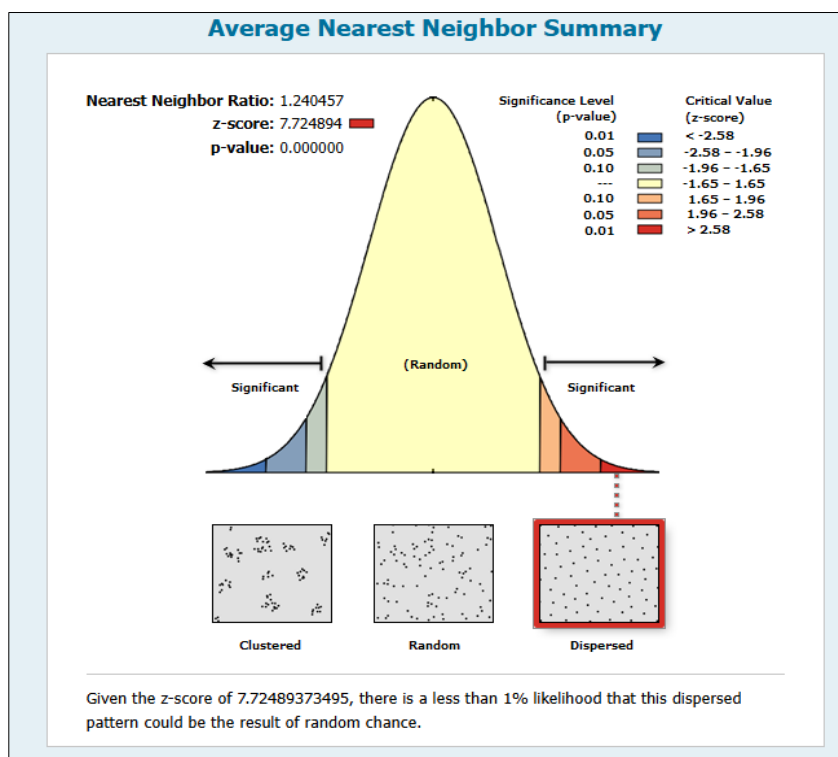
شکل ۴. پراکنش بیماری کرونا در منطقه یک شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)



شکل ۵. مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری کرونا در منطقه یک شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

جهت تعیین پراکنش فضایی بیماری کرونا در منطقه یک و تعیین مرکزیت هندسی استقرار بیماری و توزیع فضایی پیرامون آن از روش های اندازه گیری میانگین مرکزی و منحنی انحراف استاندارد در شکل (۵) استفاده شده است. مطابق با شکل، پراکنش بیماری کرونا در سطح منطقه گسترش یافته است. به ویژه که منطقه مرکزی بیشترین تمرکز و نقطه ثقلی را تشکیل داده است، توزیع این عناصر در جهت غرب به شرق شهر متمرکز شده است که بیضی انحراف استاندارد موید این امر است.

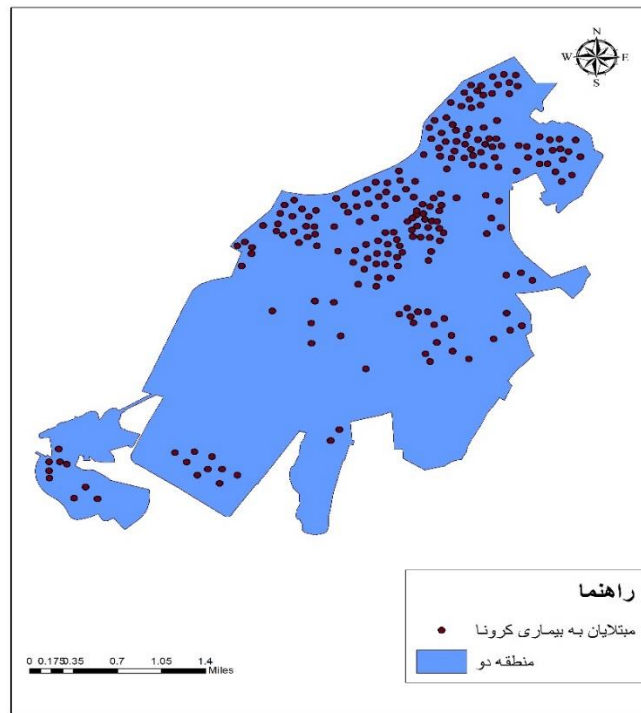
## روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی



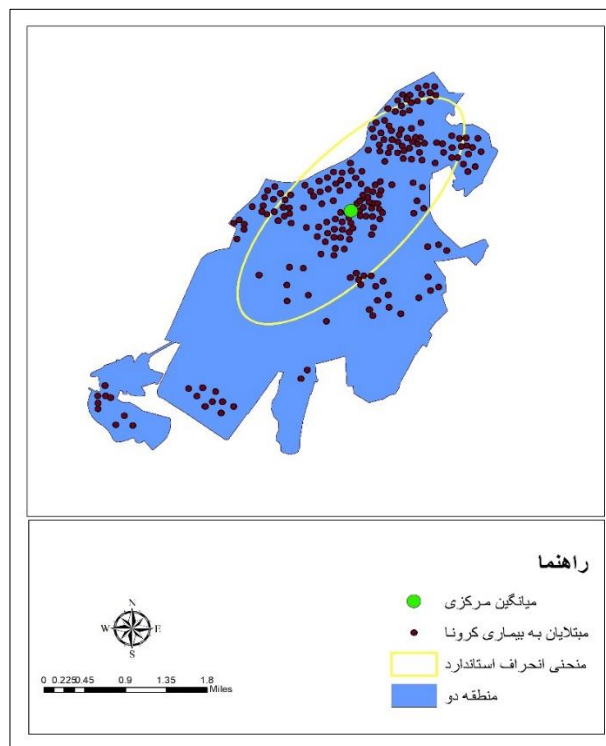
شکل ۶. الگوی پراکنش بیماری کرونا در منطقه یک شهر اردبیل با استفاده از تحلیل نزدیکترین همسایگی (مأخذ: نویسندگان) براساس نمودار تحلیل نزدیکترین همسایگی (شکل ۶) بیماری کرونا در منطقه یک شهر اردبیل به صورت پراکنده و معنادار گسترش یافته است. میزان Z-SCORE به دست آمده (۷/۷۲) می باشد. این مقدار مثبت و بسیار بزرگ است، به این معنا که پراکندگی نقاط از نظر آماری معنادار است و نمی توان آن را به شانس یا تصادف نسبت داد. و میزان (p-value: 0.0000) است که احتمال اینکه این الگو به دلیل تصادف ایجاد شده باشد، کمتر از ۱٪ است و این مقدار سطح اطمینان بالایی را ارائه می دهد که نشان دهنده پراکندگی معنادار نقاط است.

## منطقه دو

منطقه دو با مساحتی حدود ۱۶۸۹ هکتار در قسمت جنوبی شهر اردبیل واقع شده است. و جمعیتی بالغ بر ۱۱۰۵۸۹ نفر را در خود جای داده است. طبق آمار رسمی گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تعداد افراد مبتلا به بیماری کرونا در سال ۱۳۹۹، در این منطقه ۲۱۷ نفر بوده است. . شکل (۷) پراکنش بیماری کرونا در منطقه دو شهر اردبیل را نشان می دهد.



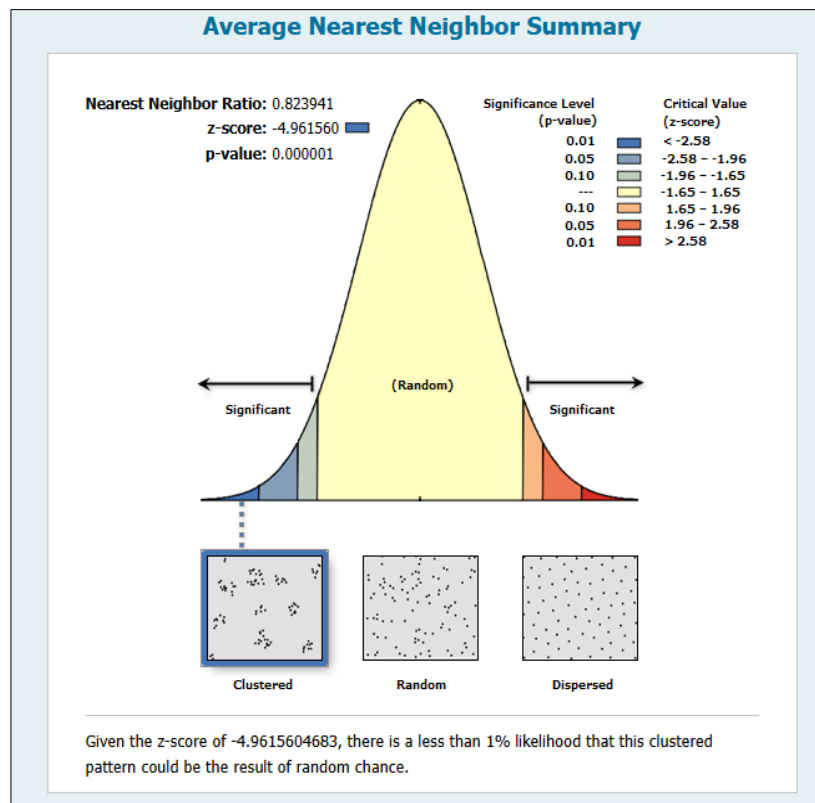
شکل ۷. پراکنش بیماری کرونا در منطقه دو شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)



شکل ۸. مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری کرونا در منطقه دو شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

جهت تعیین پراکنش فضایی بیماری کرونا در منطقه دو و تعیین مرکزیت هندسی استقرار بیماری و توزیع فضایی پیرامون آن از روش های اندازه گیری میانگین مرکزی و منحنی انحراف استاندارد در شکل (۸) استفاده شده است. مطابق با شکل، میانگین مرکزی در قسمت شمال شرقی منطقه قرار گرفته است. این مکان نشان می‌دهد که بخش عمده مبتلایان در اطراف این نقطه متمرکز هستند. بیضی انحراف استاندارد نشان می‌دهد که پراکندگی مبتلایان بیشتر در جهت جنوب غربی به شمال شرقی است. این می‌تواند بیانگر الگوی فضایی غالب در انتشار بیماری باشد.

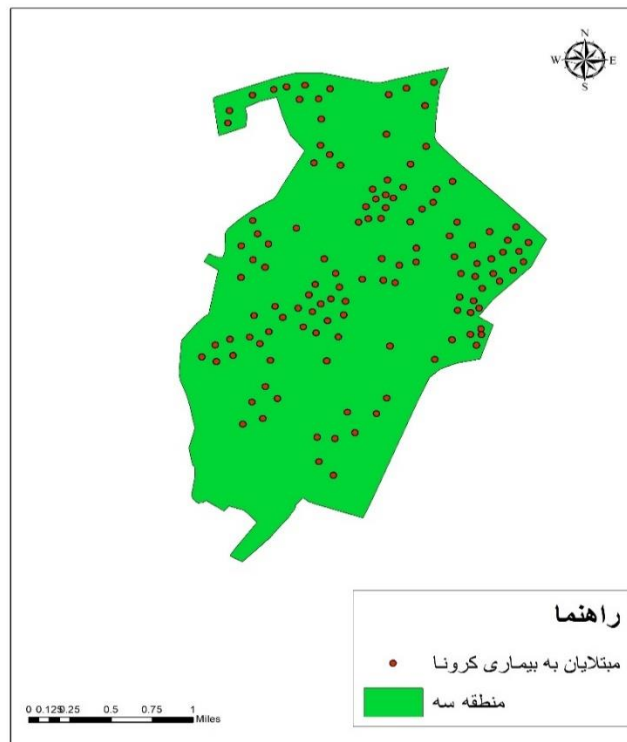
### روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی



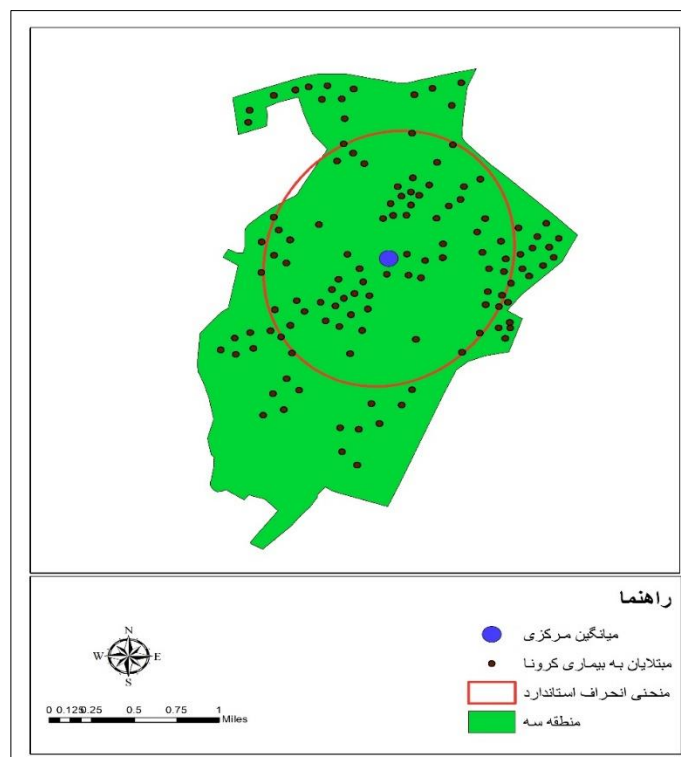
شکل ۹. الگوی پراکنش بیماری کرونا در منطقه دو شهر اردبیل با استفاده از تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (مأخذ: نویسندگان) براساس نمودار تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (شکل ۹) بیماری کرونا در منطقه دو شهر اردبیل به صورت خوشه‌ای گسترش یافته است. میزان Z-SCORE به دست آمده (-۴/۹۶) می‌باشد و میزان (p-value: 0.00001) است که دارای ارتباط معناداری می‌باشد و نشان دهنده تجمع بیماری در محلات مناطق مختلف شهر می‌باشد.

### منطقه سه

منطقه سه از قدیمی‌ترین بخش‌های شهر اردبیل می‌باشد، مساحت آن ۱۰۹۴ هکتار بوده است و جمعیتی بالغ بر ۱۰۰۵۰۴ نفر دارد. طبق آمار گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تعداد افراد مبتلا به بیماری کرونا در این منطقه، ۱۲۶ نفر بوده است. شکل (۱۰) پراکنش بیماری کرونا در منطقه سه شهر اردبیل را نشان می‌دهد.



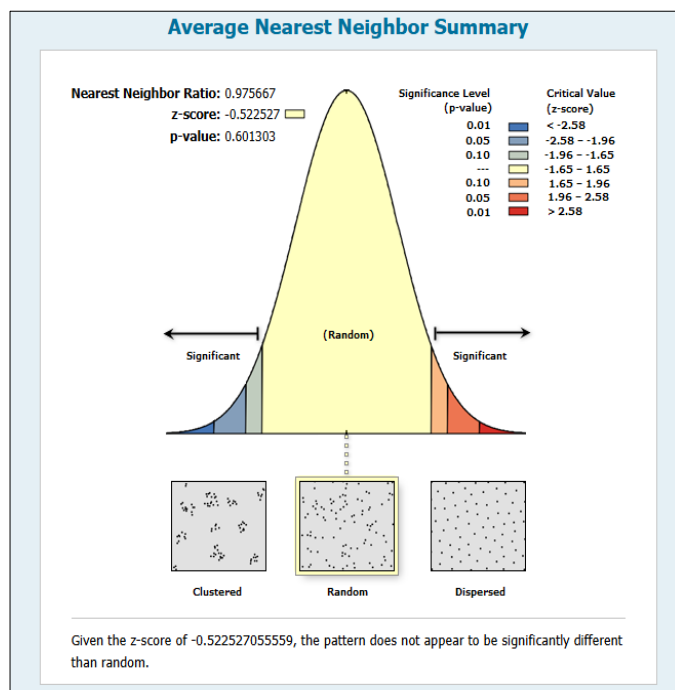
شکل ۱۰. پراکنش بیماری کرونا در منطقه سه شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)



شکل ۱۱. مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری کرونا در منطقه سه شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

مطابق با شکل، پراکنش بیماری کرونا در سطح منطقه سه شهر گسترش یافته است. توزیع این عناصر در جهت شمال شرقی شهر متمرکز شده است که بیضی انحراف استاندارد موید این امر است.

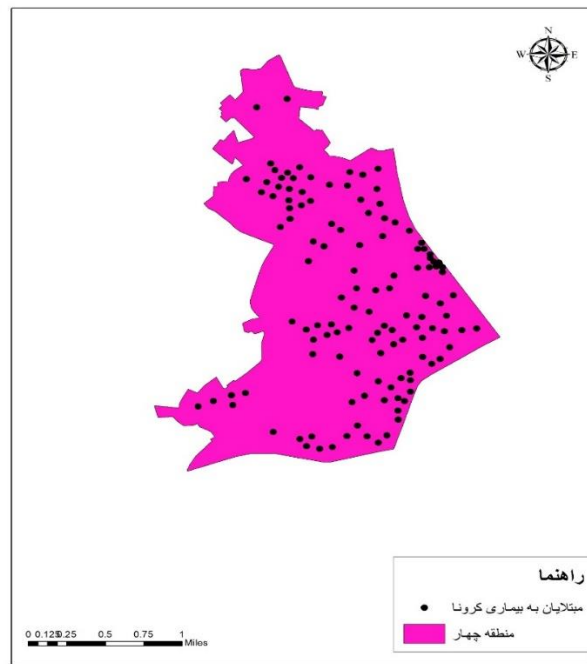
### روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی



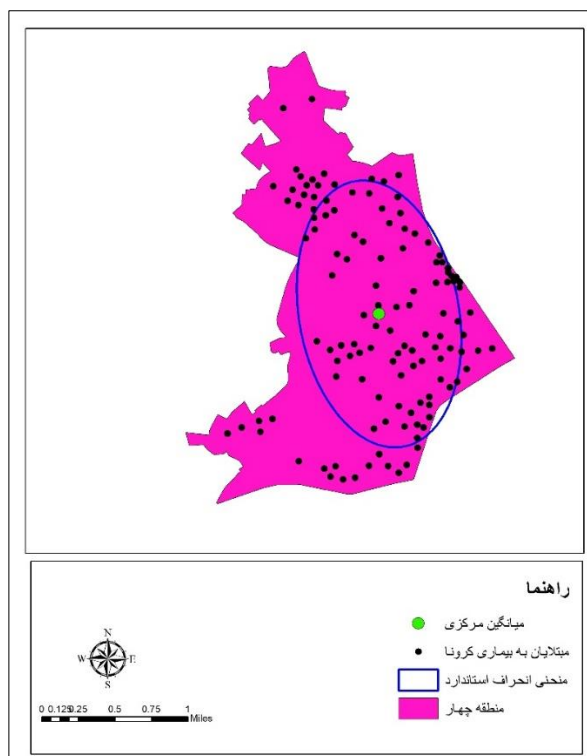
شکل ۱۲. الگوی پراکنش بیماری کرونا در منطقه سه شهر اردبیل با استفاده از تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (مأخذ: نویسندگان) براساس نمودار تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (شکل ۱۲) بیماری کرونا در منطقه سه شهر اردبیل به صورت رندوم (تصادفی) گسترش یافته است. میزان Z-SCORE به دست آمده (۰/۵۲-) می باشد و میزان (p-value:0.6013) است.

### منطقه چهار

منطقه چهار با مساحتی حدود ۸۵۸ هکتار و جمعیتی بالغ بر ۱۰۳۸۱۲ نفر را در خود جای داده است. طبق آمار رسمی گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تعداد افراد مبتلا به بیماری کرونا در سال ۱۳۹۹، در این منطقه ۱۲۴ نفر بوده است. . شکل (۱۳) پراکنش بیماری کرونا در منطقه چهار شهر اردبیل را نشان می‌دهد.



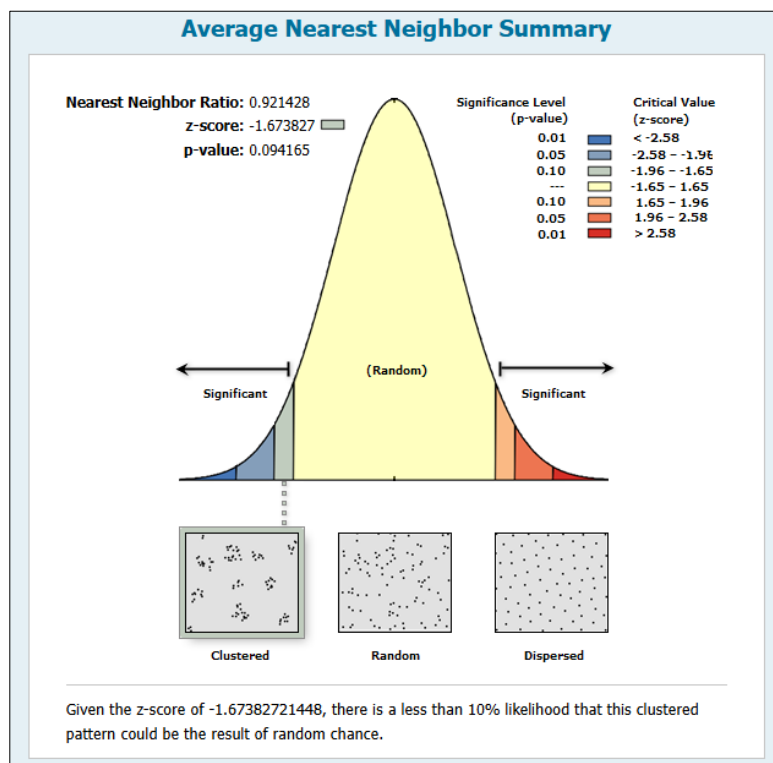
شکل ۱۳. پراکنش بیماری کرونا در منطقه چهار شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)



شکل ۱۴. مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری کرونا در منطقه چهار شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

مطابق با شکل (۱۴)، پراکنش بیماری کرونا در سطح منطقه چهار شهر گسترش یافته است. توزیع این عناصر در جهت جنوب به شمال متمرکز شده است که بیضی انحراف استاندارد موید این امر است.

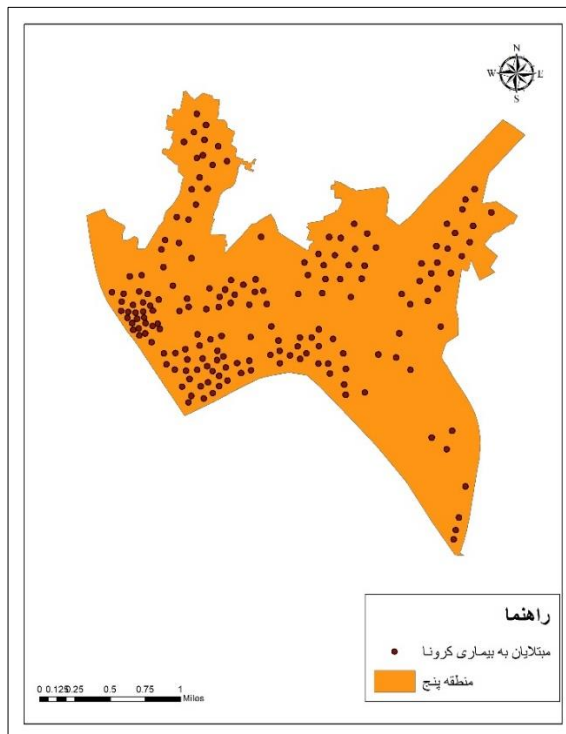
### روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی



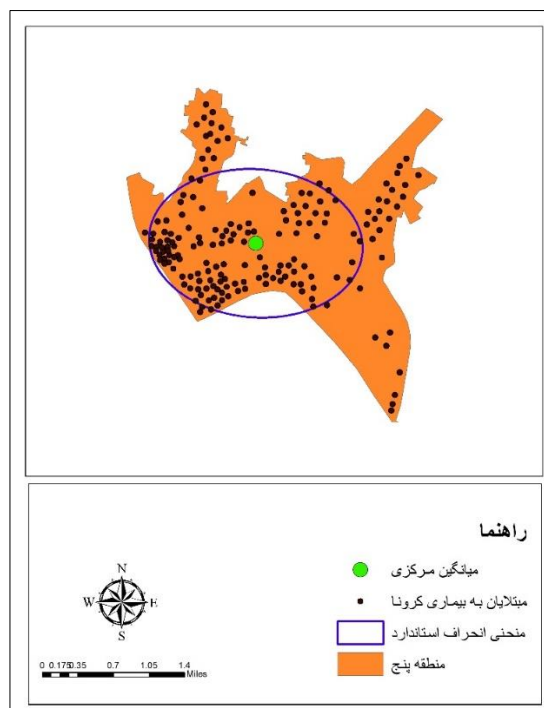
شکل ۱۵. الگوی پراکنش بیماری کرونا در منطقه چهار شهر اردبیل با استفاده از تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (مأخذ: نویسندگان) براساس نمودار تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (شکل ۱۵) بیماری کرونا در منطقه چهار شهر اردبیل به صورت خوشه‌ای گسترش یافته است. میزان Z-SCORE به دست آمده (-۱/۶۷) می‌باشد و میزان (p-value:0.094) است که دارای ارتباط معناداری می‌باشد و نشان دهنده تجمع بیماری در محلات مناطق مختلف شهر می‌باشد.

### منطقه پنج

منطقه پنج مساحتی حدود ۱۰۸۷ هکتار و جمعیتی بالغ بر ۱۰۰۹۹۳ نفر را در خود جای داده است. طبق آمار رسمی گرفته شده از دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تعداد افراد مبتلا به بیماری کرونا در سال ۱۳۹۹، در این منطقه ۱۷۷ نفر بوده است. (شکل (۱۶) پراکنش بیماری کرونا در منطقه پنج شهر اردبیل را نشان می‌دهد.



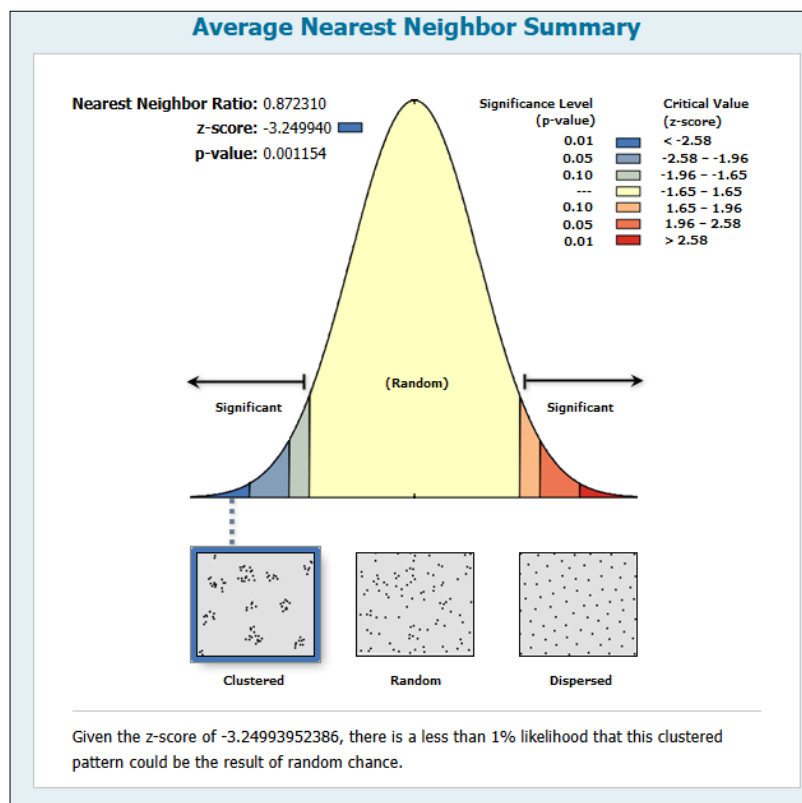
شکل ۱۶. پراکنش بیماری کرونا در منطقه پنج شهر اردبیل (مأخذ نویسندگان)



شکل ۱۷. مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری کرونا در منطقه پنج شهر اردبیل (مأخذ: نویسندگان)

مطابق با شکل (۱۷)، پراکنش بیماری کرونا در سطح منطقه پنج شهر گسترش یافته است. توزیع این عناصر در جهت شرق به غرب متمرکز شده است که بیضی انحراف استاندارد موید این امر است.

### روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی



شکل ۱۸. الگوی پراکنش بیماری کرونا در منطقه پنج شهر اردبیل با استفاده از تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (مأخذ: نویسندگان) براساس نمودار تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی (شکل ۱۸) بیماری کرونا در منطقه پنج شهر اردبیل به صورت خوشه‌ای گسترش یافته است. میزان Z-SCORE به دست آمده (۳/۲۴-) می‌باشد و میزان (p-value:0.0011) است که دارای ارتباط معناداری می‌باشد و نشان دهنده تجمع بیماری در محلات مختلف شهر می‌باشد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بیماری کووید-۱۹ که توسط ویروس SARS-CoV-2 ایجاد می‌شود، در اواخر سال ۲۰۱۹ برای اولین بار در شهر ووهان چین شناسایی شد و به سرعت به یک پاندمی جهانی تبدیل شد. این بیماری با علائمی مانند تب، سرفه، تنگی نفس و در موارد شدیدتر، نارسایی تنفسی و مرگ همراه است. سازمان جهانی بهداشت (WHO) در مارس ۲۰۲۰ این بیماری را به‌عنوان یک وضعیت اضطراری جهانی اعلام کرد. گسترش سریع این ویروس و تأثیرات گسترده آن بر سلامت عمومی، سیستم‌های بهداشتی، اقتصاد و زندگی اجتماعی، آن را به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن بیستم‌ویکم تبدیل کرده است. بررسی عوامل موثر بر انتشار ویروس و تحلیل الگوهای فضایی آن نقش مهمی در مدیریت بحران و تدوین راهکارهای کنترل و پیشگیری داشته است. این مقاله به بررسی توزیع فضایی بیماری کووید-۱۹ در مناطق پنج‌گانه شهر اردبیل پرداخته است. این تحلیل با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از موارد ثبت‌شده و با استفاده از ابزارهای GIS انجام شده است. روش‌هایی نظیر تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی، میانگین مرکزی و منحنی انحراف استاندارد برای ارزیابی الگوی توزیع بیماران در مناطق مختلف استفاده شده است. طبق تحلیل‌های انجام شده در منطقه یک پراکنندگی بیماران

به صورت پراکنده و با تمرکز بالا در بخش مرکزی شهر مشاهده شده است در منطقه دو نیز دارای الگوی خوشه‌ای بوده، اما تمرکز بیماران به سمت جنوب غربی به شمال شرقی میل دارد. منطقه سه: توزیع بیماران در این منطقه به صورت تصادفی بوده است و در جهت شمال شرقی متمرکز شده است. منطقه چهار: پراکندگی بیماران در این منطقه به صورت خوشه‌ای و در جهت جنوب به شمال متمرکز شده است. منطقه پنج: این منطقه نیز دارای الگوی خوشه‌ای بوده، اما تمرکز بیماران به سمت شرق به غرب است. تحلیل فضایی بیماری کووید-۱۹ در شهر اردبیل نشان داده است که توزیع بیماری به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های جمعیتی و محیطی مناطق مختلف قرار دارد. مناطق مرکزی و قدیمی‌تر با تراکم جمعیتی بالا و محدودیت دسترسی به خدمات بهداشتی، بیشترین میزان ابتلا را نشان داده‌اند. این نتایج بر اهمیت برنامه‌ریزی دقیق و متمرکز برای کنترل بیماری و کاهش خطرات بهداشتی در این مناطق تأکید دارد. به طور کلی، استفاده از فناوری‌های GIS نقش مهمی در شناسایی الگوهای توزیع بیماری و اولویت‌بندی اقدامات بهداشتی داشته است. پیشنهاد می‌شود که مسئولان بهداشتی به:

- افزایش امکانات بهداشتی در مناطق با تراکم بالای بیماران.
- ارائه برنامه‌های آموزشی برای پیشگیری از انتقال بیماری.
- تحلیل داده‌های جدید برای ارزیابی اثرات اقدامات انجام‌شده و به‌روزرسانی استراتژی‌ها بردارند. همچنین این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مدلی برای دیگر شهرهای مشابه استفاده شود و کمک کند تا سیاست‌های بهداشتی به شکلی دقیق‌تر طراحی شوند.

## منابع و مآخذ

- بازرگان، مهدی، و امیرفخریان، مصطفی. (۱۳۹۹). تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹ در ایران با رویکرد تحلیل اکتشافی داده‌های مکانی. مجله طب نظامی، دوره ۲۲، شماره ۶.
- رهنما، محمدرحیم و بازرگان، مهدی (۱۳۹۹). «مدلسازی الگوی پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در مناطق روستایی و شهری ایران». فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال نهم، شماره سوم، صص ۴۸-۲۵
- سرایبی، محمدحسین، دستا، فرزانه، حاضری مهین (۱۳۹۵) تحلیل توزیع فضایی خدمات آموزشی سطح شهر یزد، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جغرافیایی، دوره سی و یکم، شماره ۲: ۶۲-۷۵
- عزیزپور، فرهاد، ریاحی، وحید و عزیزی، سمیه (۱۳۹۹). تحلیل فضایی شیوع کرونا در ناحیه روستایی شهرستان دماوند. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹. صص ۲۱-۴۰
- عسگری، علی (۱۳۹۰). تحلیل‌های آمار فضایی با GIS ARC، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
- محمدی، علیرضا، توکلی نیا، جمیله، فنی، زهره، پیشگر، الهه، پیشگر، وحید (۱۴۰۲). «تحلیل فضایی-زمانی شیوع کووید-۱۹ در سطح محلات شهر تهران». مجله مطالعات علوم محیط زیست، دوره هشتم، شماره سوم، فصل پاییز، سال ۱۴۰۲، صص ۷۱۵۸-۷۱۶۷
- یزدانی، محمدحسن و سعیدی زارنجی، سمیرا (۱۴۰۲). تحلیلی بر پراکنش فضایی مدارس در محلات منطقه ۲ شهرداری اردبیل. مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۵، شماره ۴، صص ۳۲۹-۳۵۱.

Adham D, Habibzadeh S, Ghobadi H, Jajin SA, Abbasi-Ghahramanloo A, Moradi-Asl E. Epidemiological characteristics and mortality risk factors among COVID-19 patients in Ardabil, Northwest of Iran. BMC Emergency Medicine. 2021;21(1):1-6.

Bag, R.; Ghosh, M.; Biswas, B.; Chatterjee, M.(2020). Understanding the spatio-temporal pattern of COVID-19 outbreak in India using Gis and India's response in managing the pandemic. Reg. Sci. Policy Pract. 2020, 12, 1063–1103.

Ebrahimoghli, R., Abbasi-Ghahramanloo, A., Moradi-Asl, E., & Adham, D. (2023). The COVID-19 pandemic's true death toll in Iran after two years: an interrupted time series analysis of weekly all-cause mortality data. *BMC Public Health*, 23(1), 442.

Gao, J., (2022). *Fundamentals of Spatial Analysis and Modelling*.

Ghaedamini Asadabadi, R., Tofighi, S., Ghaedamini, H., Azizian, F., Amerieon, A., & Shokri, M. (2012). A review of some infectious diseases distribution based on geographic information system (GIS) in the area of Chahar Mahal and Bakhtiari. *Journal of police Medicine*, 1(2), 113-124.

Irandoost, K., et al., Spatial analysis of population density and its effects during the Covid-19 pandemic in Sanandaj, Iran. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2023. **22**(2): p. 635-642.

Khedmati Morasae, E., et al., Social determinants of spatial inequalities in COVID-19 outcomes across England: a multiscale geographically weighted regression analysis. *SSM-Population Health*, 2024. **25**.

Kistemann T, Dangendorf F, Schweikart J. New perspectives on the use of Geographical Information Systems in environmental health sciences. *Int J Hyg Environ Health*. 2002; 205: 169 – 181.

Mahanta, A., Application of Geospatial Technology for Infectious Disease Surveillance: A Study of Covid-19 Pandemic in North-east India. *Journal of Health Sciences & Surveillance System*, 2022. **10**(2): p. 158-167.

Montemurro, N. (2020). The emotional impact of COVID-19: From medical staff to common people. *Brain, behavior, and immunity*, 87, 23.

Morasae, E. K., Derbyshire, D. W., Amini, P., & Ebrahimi, T. (2024). Social determinants of spatial inequalities in COVID-19 outcomes across England: A multiscale geographically weighted regression analysis. *SSM-population health*, 25, 101621

Mouratidis, K., COVID-19 and the compact city: Implications for well-being and sustainable urban planning. *Science of the Total Environment*, 2022. **811**: p. 152332.

Sharifi, A., & Khavarian-Garmsir, A. R. (2020). The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. *Science of the total environment*, 749, 142391.

WHO. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. 2023. Available from: <https://covid19.who.int/>

World Health Organization. 10 facts on neglected tropical diseases [Online]. 2011. Available from: URL: <http://www.who.int/features/factfiles/en/>

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.

Zhi, G., Meng, B., Lin, H., Zhang, X., Xu, M., Chen, S., & Wang, J. (2024). Spatial co-location patterns between early COVID-19 risk and urban facilities: a case study of Wuhan, China. *Frontiers in Public Health*, 11, 1293888.