Shahid Bahonar University of Kerman

Urban Social Geography

Online ISSN: 2645-7784

Homepage: https://jusg.uk.ac.ir

Modeling and Identifying the foci of the Spread of the Covid-19 virus in Religious Tourism Cities using a Location-Based Model in GIS (Case study: Mashhad Metropolis)

Mahdi Bazargan, Masoomeh Tavangar [1]✉, Alireza Moeini

[1]- Researcher of Mashhad Academic Jihad Tourism Research Institute, Mashhad, Iran.

[2]- Member of the academic staff of Mashhad Academic Jihad Tourism Research Institute, Mashhad, Iran. **E-mail:** masoomeh_tavangar@yahoo.com

[3]- Researcher of Mashhad Academic Jihad Tourism Research Institute, Mashhad, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: *28 May 2023*

Revised: *15 October 2023*

Accepted: *06 December 2023*

Published online: *20 March 2024*

Keywords:

Spatial Modeling,

Covid-19,

Location-Based Model,

Religious Tourism,

Mashhad

ABSTRACT

Introduction: The Covid-19 epidemic is one of the infectious diseases with a very high prevalence rate, which has led to deep and complex changes in urban spaces. For this purpose, the present article has been carried out with the aim of identifying places with the potential to spread the epidemic of the Covid-19 disease in the city of Mashhad.

Data and Method: In terms of purpose, the current research is applied research and in terms of method, it is descriptive-analytical and based on spatial analysis. In this study, in order to identify the urban areas that have a high possibility of the spread of the Covid-19 disease, spatial modeling was used based on the location-based model, and spatial data analysis was performed with ArcGIS software.

Results: Spatial modeling of the places of outbreak of covid-19 in Mashhad showed that in the central part of Mashhad (areas 1, 2, 3, 6 and 8), especially around the holy shrine of Razavi, the rate of covid-19 is very high. Also, the results of Moran's spatial autocorrelation model showed that at a distance of 1482 meters from the city center, the autocorrelation is positive and strong, and at a distance of 4850 meters, the autocorrelation is positive but weak, which means that the spread of Corona will decrease from this distance.

Conclusion: The spread of the corona virus in religious tourism cities, especially Mashhad metropolis (around the Holy Shrine of Razavi) is high due to the arrival of pilgrims and tourists, which can lead to the spread of this epidemic throughout the country. Therefore, knowing the outbreak centers of covid-19 in urban spaces can help to manage and take preventive measures in this field.

Cite this article: Bazargan, Mahdi. Tavangar, Masoomeh. Moeini, Alireza. (2024). Modeling and Identifying the foci of the Spread of the Covid-19 virus in Religious Tourism Cities using a Location-Based Model in GIS (Case study: Mashhad Metropolis). *Urban Social Geography*, 11 (1), 213-231. http//doi.org/10.22103/JUSG.2024.2125

© The Author(s).

Publisher: *Shahid Bahonar University of Kerman*.

DOI: http//doi.org/10.22103/JUSG.2024.2125

[1]- **Corresponding Author: Tavangar, M.**, Member of the academic faculty of Mashhad University Jihad Tourism Research Institute, Mashhad, Iran. ✉ masoomeh_tavangar@yahoo.com ☎ (+98) 05131997501

English Extended Abstract

Introduction

The Covid-19 epidemic is one of the infectious diseases with a very high prevalence rate, which has led to deep and complex changes in urban spaces. For this reason, the spatial distribution of this disease in societies, especially metropolises, as a branch of science called epidemiology, becomes more prominent. In fact, epidemiology is the science of studying the spread of diseases with the aim of finding out the factors involved in their occurrence; And the act of transmission and how the disease spreads spatially is one of the most important aspects of studying its effect. The behavior of epidemics, like all living and biological systems, is chaotic. Therefore, when spreading, the virus shows a chaotic behavior; Because viruses are spread by using infected people. As a result, the movement of people makes viruses survive. The dynamics of infectious diseases can be described as a complex phenomenon; Due to the high interaction in human societies, each infected person transmits the virus to other people with whom they are in contact. In fact, the main factor in the spread of Covid-19 is urban spaces and ways of behaving in them. Considering that the sensitivity of spatial factors affecting the spread of the corona virus has not been comprehensively investigated so far, this research aims to model and identify the foci of the spread of the covid-19 virus in the religious city of Mashhad in the form of a location-based framework using information systems. Geographical has been paid.

Data and Method

The present research method is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method and based on the use of spatial analysis models. In this study, in order to identify places with the possibility of the spread of Covid-19 in the city of Mashhad, spatial modeling was used based on the location-based model, and ArcGIS software was also used to analyze the spatial data. Therefore, by conducting library-documentary studies, the spread of the Covid-19 virus in urban spaces was investigated based on demographic factors and land use. In the next step, by referring to Mashhad municipality, urban land use layers were prepared and for data analysis, a spatial information database was formed in GIS environment. Also, in order to spatially model dangerous places in terms of the spread of the Covid-19 disease in Mashhad, first of all, the uses that generate the most production and attraction of daily trips (13 uses) were identified, which is based on the use of density patterns. were measured.

Results

The results show that around the holy shrine of Razavi and the central parts of Mashhad (regions 1, 2, 3, 6 and 8) due to the presence of pilgrims and pilgrims, the areas of informal settlements of Tus, Khajah Rabi, Sanqab and Sidi among 8 Marginal areas of Mashhad city have the highest spatial spread of covid-19 due to the high concentration of population as well as fine-grained texture (parts less than 75 square meters) and high social interactions in these areas. In fact, the findings showed that the central part of Mashhad city is considered the most active part of the city (24-hour cities) and attracts intra-city trips due to the presence of the holy shrine of Razavi, residential, commercial centers, etc., which with population density There is a lot to face. Also, due to the presence of pilgrims and people nearby to the holy shrine of Razavi, especially on special days such as Wednesdays (pilgrimage day of Imam Reza (a.s.)), public transportation vehicles provide services with their full capacity, which is why the spread of diseases Epidemic and infectious in this area is high. By moving away from the central part of Mashhad, the spread of the epidemic will decrease due to the reduction of traffic in urban areas.

Conclusion

The risk management of the covid-19 epidemic, like other risks, should be considered in the form of four stages of risk prevention and reduction, preparedness, response and rehabilitation. In this cycle, deterrence dimensions are prioritized in the stages of risk prevention and reduction and preparedness and are potentially more effective than response and resilience measures. However, risk prevention measures

English Extended Abstract

should be prioritized in planning, and if it is not possible to eliminate risk or avoid it, risk reduction measures and preparation against it can be a decisive factor in reducing the losses and damages of the society. Each of the mentioned stages includes various physical and non-physical dimensions in the urban space. Therefore, measures such as redesigning restaurants, coffee shops, etc. in open spaces and sidewalks, especially in the city center, according to the traffic density of pilgrims and neighbors, managing urban layers and using them in the geographic information management system (GIS) related to the spatial spread of the Covid-19 virus in the city of Mashhad, preparing maps related to the outbreak of the disease and preparing scenarios based on spatial-temporal trends, organizing the transport system of the city of Mashhad by blocking some roads leading to the sector The center of the city was carried out in order to reduce population mobility and... in order to control infectious diseases.

جغرافیای اجتماعی شهری
شاپا الکترونیکی: ۲۶۴۵-۷۷۸۴
Homepage: https://jusg.uk.ac.ir

مدل‌سازی و شناسایی کانون‌های شیوع ویروس کووید-۱۹ در شهرهای گردشگری مذهبی با استفاده از مدل مکان‌مبنا در GIS (مطالعهٔ موردی: کلانشهر مشهد)

مهدی بازرگان، معصومه توانگر[۱] ✉، علیرضا معینی

[۱]- پژوهشگر پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران.
[۲]- عضو هیات علمی پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: masoomeh_tavangar@yahoo.com
[۳]- پژوهشگر پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: *مقالهٔ پژوهشی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
مدل‌سازی فضایی، کووید-۱۹، مدل مکان‌مبنا، گردشگری مذهبی، مشهد.

چکیده

مقدمه: اپیدمی کووید-۱۹ از جمله بیماری‌های عفونی واگیردار با میزان شیوع بسیار زیاد است که منجر به ایجاد تحولات عمیق و پیچیده‌ای در فضاهای شهری شده است. به‌همین‌منظور، مقاله حاضر با هدف شناسایی مکان‌های باقابلیت انتشار همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ در شهر مشهد انجام گرفته است.

داده و روش: پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و به لحاظ روش از نوع توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر تحلیل‌های فضایی است. در این مطالعه جهت شناسایی فضاهای شهری که امکان شیوع بیماری‌کووید-۱۹ بالایی دارند، از مدل‌سازی بر مبنای تحلیل‌های فضایی و براساس مدل مکان‌مبنا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفته است.

یافته‌ها: مدل‌سازی فضایی مکان‌های شیوع کووید-۱۹ در شهر مشهد نشان داد که در بخش مرکزی مشهد (مناطق ۱، ۲، ۳، ۶ و ۸) به ویژه پیرامون حرم مطهر رضوی میزان شیوع کووید-۱۹ بسیار بالا است. همچنین نتایج حاصل از مدل خودهمبستگی فضایی موران نشان داد که در فاصله ۱۴۸۲ متری از مرکز شهر خوهمبستگی مکانی مثبت و قوی است و از فاصله ۴۸۵۰ متری خودهمبستگی مکانی مثبت اما ضعیف بوده که بیانگر آن است از این فاصله به بعد از میزان شیوع کرونا کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری: شیوع ویروس کرونا در شهرهای گردشگری مذهبی بخصوص کلانشهر مشهد (پیرامون حرم مطهر رضوی) در اثر ورود زائران و گردشگران زیاد است که این عامل می‌تواند منجر به شیوع و پخشایش فضایی این اپیدمی به کل کشور شود. لذا شناخت کانون‌های شیوع کووید-۱۹ در فضاهای شهری می‌تواند به مدیریت و انجام اقدامات پیشگیرانه در این زمینه کمک شایانی نماید.

استناد: بازرگان، مهدی؛ توانگر، معصومه؛ معینی، علیرضا (۱۴۰۳). مدل‌سازی و شناسایی کانون‌های شیوع ویروس کووید-۱۹ در شهرهای گردشگری مذهبی با استفاده از مدل مکان‌مبنا در GIS (مطالعهٔ موردی: کلانشهر مشهد). *جغرافیای اجتماعی شهری*، ۱۱ (۱)، ۲۳۱-۲۱۳. DOI: http//doi.org/10.22103/JUSG.2024.2125

ناشر: *دانشگاه شهید باهنر کرمان.*

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22103/JUSG.2024.2125

[۱]- **نویسنده مسئول:** معصومه توانگر، عضو هیات علمی پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: masoomeh_tavangar@yahoo.com تلفن: ۰۵۱۳۱۹۹۷۵۰۱

مقدمه

بیماری‌ها همواره نقش مهمی در تاریخ بشر ایفا کرده‌اند (Anderson & May, 1992: 52). بیماری‌های عفونی تأثیر چشمگیری در رشد جمعیت، پیروزی در جنگ‌ها، و اقتصاد کشورها داشته‌اند (آزرمی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۷). در واقع، شیوع بیماری‌های واگیردار و همه‌گیر همواره با تأثیرات و تغییرات بسیاری در حیات تمدنی بشر همراه بوده است و جوامع انسانی را با تحولات عمیق و پیچیده مواجه کرده است (محمدی و کوزه‌گری، ۱۳۹۹: ۱۱۱). این تغییرات که ناشی از تلفات و مرگ و میر فراوان، ایجاد بیکاری و رکود اقتصادی است، ساختارهای تمدنی در جوامع بشری را نیز مختل می‌کند (Bauch, 2008: 298). در قرن بیست و یک، اپیدمی کروناویروس یا اصطلاحاً کووید-۱۹ به تهدیدی جدی برای جوامع تبدیل شده است. این ویروس در اواخر دسامبر ۲۰۱۹، از ووهان چین به سرعت از مرزهای این کشور عبور کرده و به همه کشورهای جهان شیوع یافت (بازرگان و امیرفخریان، ۱۳۹۹: ۵۴۴). بطوریکه تا ۱۵ می ۲۰۲۳ تعداد موارد ابتلا و مرگ ناشی از این ویروس در جهان به ترتیب ۷۶۶,۴۴۰,۷۹۶ و ۶,۹۳۲,۵۹۱ نفر گزارش شده است (WHO, 2023). به همین دلیل چگونگی انتشار فضایی این بیماری در جوامع به ویژه کلانشهرها، به عنوان شاخه‌ای از علم که اپیدمیولوژی خوانده می‌شود را پررنگ‌تر می‌کند (Levins et al, 1994: 53). در واقع، اپیدمیولوژی علم مطالعه انتشار بیماری‌ها با هدف پی بردن به عوامل دخیل در وقوع آنها است؛ و عمل انتقال و چگونگی شیوع مکانی بیماری یکی از مهمترین جنبه‌های مطالعه تأثیر آن است (Oldstone, 2020: 34). از این رو، مدل‌سازی ریاضی اپیدمی‌ها و گسترش مکانی و زمانی بیماری‌های واگیردار در جوامع انسانی از اهمیت فراوانی برخوردار است. فرموله کردن و شبیه‌سازی اپیدمیک بیماری‌های مسری، تاکنون موضوع تعدادی از مطالعات بوده است (Briggs et al, 2016: 15). به عنوان مثال، تا سال ۱۹۸۴ شبکه بیماری‌های واگیردار فرانسوی که بر اساس داده‌های هشت بیماری واگیردار، طراحی و پیشنهاد شده بود، به بررسی پویایی فضایی- زمانی پیچیده بیماری‌های شبه‌آنفلوانزا کمک می‌کرد (Garnerin & Valleron, 1992: 190). در سال ۱۹۹۸، توبیانا و ویبرت یک مدل مبتنی بر شبکه عصبی برای شبیه‌سازی انتشار بیماری‌های همه‌گیر پیشنهاد کردند که تکامل مکانی و زمانی اپیدمی آنفلوانزا را شبیه‌سازی می‌کرد و با داده‌های واقعی مشاهده شده از نظر کیفی مطابقت داشت (Toubiana & Vibert, 1998: 251). پیرز و دراجسویک نیز در سال ۲۰۰۹ یک مدل اپیدمیولوژیک مبتنی بر عامل سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شبیه‌سازی شیوع بیماری در محیط شهری را مورد مطالعه قرار دادند که به عنوان یک نتیجه از تعاملات افراد در یک محیط مکانی، شبیه‌سازی می‌شود. مدل ارائه شده، دینامیک مکانی و زمانی انتشار بیماری‌های مسری را شبیه‌سازی می‌کند و با استفاده از شیوع سرخک در یک محیط شهری به عنوان یک مطالعه موردی پیاده‌سازی شده است (Perez & Dragicevic, 2009: 2).

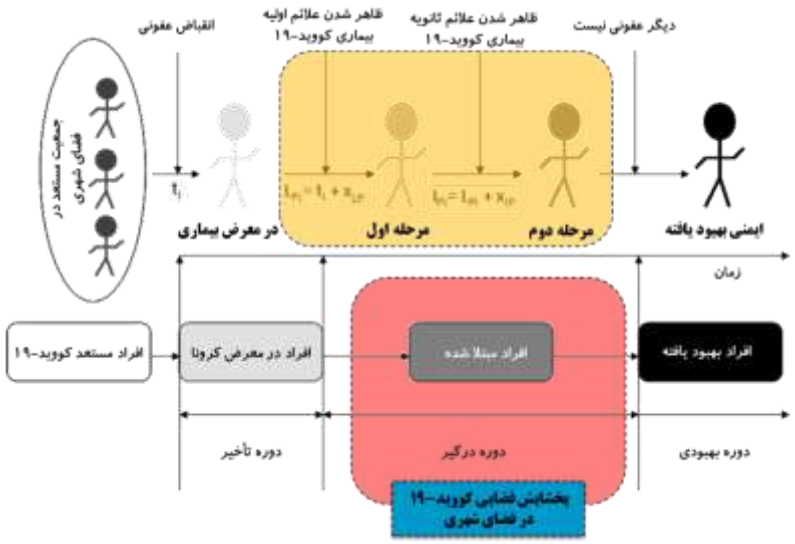
رفتار اپیدمی‌ها مانند تمام سیستم‌های زنده و بیولوژیکی، آشوبگون است. بنابراین هنگام شیوع، ویروس رفتاری آشوبگون از خود نشان می‌دهد؛ چراکه ویروس‌ها با استفاده از افرادی که آلوده شده‌اند، پخش می‌شوند. درنتیجه، حرکت افراد باعث زنده ماندن ویروس‌ها می‌شود. پویایی بیماری‌های واگیردار را می‌توان به عنوان یک پدیده پیچیده توصیف کرد؛ به واسطه وجود بالای تعاملات در جوامع انسانی، هر فرد مبتلا، ویروس را به افراد دیگر که با آنها در ارتباط است، منتقل می‌کند (Verity et al, 2020: 670). درواقع، عامل اصلی انتشار و گسترش کووید-۱۹، فضاهای شهری و شیوه‌های رفتار در آن است (Wardekker et al, 2020). در این میان حضور گردشگران در شهرهای گردشگری در زمان کرونا به عنوان یک تهدید منجر به شیوع و گسترش این بیماری شده است. بطوریکه انتشار ویروس کرونا در کشور از شهر مذهبی قم صورت گرفت و در کمتر از ۱۰ روز، بیش از ۱۹ استان کشور درگیر این ویروس شد (صابری‌فر، ۱۳۹۹: ۲۶). در این مدت، استان خراسان رضوی با ورود برخی از زائران و مسافران به این استان و بخصوص شهر مشهد، تعداد مبتلایان به کرونا بیش از ۱۰۰ برابر شد و به حدود ۶ هزار نفر رسید (معاونت درمان دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۹۹).

لذا استفاده از مدلسازی‌های ریاضیاتی و شبیه‌سازی‌های محاسباتی متعددی برای درک رفتار این بیماری می‌تواند، منجر به کسب دانش روشن‌تر از پویایی انتقال بیماری، اتخاذ رفتارهای پیشگیرانه و همچنین در نظر گرفتن راهبردهای کنترلی شود. با توجه به اینکه حساسیت عوامل مکانی مؤثر بر شیوع ویروس کرونا تاکنون به صورت جامع بررسی نشده-اند، این پژوهش به مدل‌سازی و شناسایی کانون‌های شیوع ویروس کووید-۱۹ در شهر مذهبی مشهد به صورت یک چارچوب مکان‌مبنا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پرداخته است.

پیشینهٔ نظری

همه‌گیری جهانی (پاندمی) ویروس کووید-۱۹ از اواخر سال ۲۰۱۹ از شهر ووهان چین آغاز شد و طی مدت کوتاهی تمام کشورهای جهان را درگیر کرد (Lu et al, 2020) و چالش‌های عدیده‌ای را پیش روی برنامه‌ریزان و مدیران شهری قرار داد. به دنبال آن موجی از تحولات در ابعاد اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی ایجاد کرد بطوریکه این پدیده از یک پدیدهٔ پزشکی به پدیدهٔ اجتماعی، اقتصادی و در پی آن شهر و شهرنشینی تبدیل شد (قاسمی، ۱۳۹۹: ۲۳۰). در این میان گسترش همه‌گیری کرونا نشان داد که می‌بایست در ماهیت فضای شهری تجدیدنظر و فضاهای عمومی، حمل و نقل، ارتباطات شهری و اقتصاد شهری را از نو پیکربندی کنیم. از ابتدا تاکنون، کشورها در واکنش به گسترش این بحران، راهبردهای مختلفی اتخاذ کرده‌اند. در این میان، برخی بر تغییرات کلی سیاست تأکید دارند، برخی دیگر موضوعات اساسی برنامه‌ریزی مانند تقویت سیستم حمل‌ونقل را راه چاره می‌شمارند. برخی نیز بر جنبه‌های طراحی شهری مانند بستن خیابان‌ها روی خودرو و اختصاص خیابان‌ها برای دوچرخه‌سواران و پیاده‌ها تأکید دارند (Daneshpour, 2020). پاسخ‌های موضعی به همه‌گیری به طور قابل توجهی مبتنی بر قابلیت مکان‌های شهری، برای مقابله با بحران هستند. با بهره‌گیری از توان ساختار فضایی- عملکردی شهرها و نحوهٔ مدیریت مکانی، زمانی و کارکردی هنگام بروز بیماری‌های همه‌گیر می‌توان تاب‌آوری شهری را بالا برد، به گونه‌ای مؤثر با اینگونه حوادث مواجه شد و اثرات منفی آن را کاهش داد. این مهم نیازمند داشتن قابلیت‌ها و سیستم پشتیبانی کارآمد هنگام بروز حوادث و نیز توانایی سازگاری با بحران‌ها و انعطاف در واکنش به بحران‌هاست (Harapan et al, 2020). در این میان، مدل‌سازی فرآیند شیوع کووید-۱۹ به منظور بررسی اثرات رفتار فردی یا گروهی بر سرنوشت کل جمعیت ضرورت دارد. نقشه‌هایی که به صورت پویا و زنده، سیاستگذاران را در تخمین تأثیرگذاری هر یک از روش‌های مداخله یاری می‌رسانند (پندار و همکاران، ۱۴۰۱: ۳۲).

از نگاه سازمان بهداشت جهانی، هنگام برخورد با یک بیماری عفونی مانند کووید-۱۹، مدیران شهری باید به موقع سیاست‌های صحیح را اتخاذ و مهمتر از همه، متناسب با منافع مشترک جامعه دست به انتخاب بزنند. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی در اپیدمیولوژی و زمان انتقال بیماری می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی‌ها برای یک شهر مفید واقع شود (Yang & Blakemore, 2021: 3) (شکل ۱).



شکل ۱- مدل انتشار فضایی کووید-۱۹ در فضای شهری براساس زمان اپیدمیولوژیک مبتلایان به کرونا (Yang & Blakemore, 2021: 3)

با تجربهٔ جهانی از شیوع بیماری کووید-۱۹، تاکنون راهبردهای مختلفی در خصوص مواجه شهرها با کرونا پیشنهاد شده است که از طریق آنها می‌توان پیامدهای ناشی از این بیماری را کاسته و شرایطی را فراهم آورد تا با استفاده از نظام عملکردی-فضایی شهرها به مدیریت اینگونه بحران‌ها پرداخت. به طور کلی، مدیریت بحران‌های بیولوژیک در شهرها از سه طریق عمده امکان‌پذیر می‌شود: ۱- مدیریت حرکت و دسترسی مردم در جهت تشخیص و درمان بیماری با استفاده از داده‌های مکان‌مبنا در عرصه‌های عمومی و فضاهای شهری توسط مدیران شهری؛ ۲- مدیریت مراکز درمانی و خدمات‌رسانی بر اساس ظرفیت‌های لحظه‌ای؛ و ۳- مدیریت مکانی- فضایی توسط مدیریت شهر و سازمانهای مرتبط شامل جداسازی‌های جمعیتی، مکانیابی مناسب و کارآمد خدمات و توزیع کاربری‌ها. اینگونه مداخلات در کند کردن تهاجم ویروس به مکان‌های جدید مؤثر هستند (پندار و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۷).

تمرکز خدمات در شهرهای گردشگرپذیر موجب تشکیل تجمع‌های بزرگ انسانی در برخی مکان‌های خاص می‌شود که در اینصورت احتمال انتقال ویروس افزایش می‌یابد. یکی از آثار این جنبه که در زمینه توزیع کاربری‌ها اهمیت دارد، به کارگیری مراکز خرید بزرگ مقیاس است که عملاً احتمال در معرض قرار گرفتن افراد را بیشتر می‌کند. همچنین در این شهرها به دلیل استفاده بیشتر از حمل و نقل عمومی، اساساً ارتباط مردم با یکدیگر بیشتر خواهد بود؛ در مقابل، در شهرهای غیرگردشگری هر یک از بخش‌های شهر با دارا بودن خودکفایی نسبی، راحت‌تر با سیاست قرنطینه تطابق می-یابند و با محدود شدن رفت و آمدها، کنترل همگانی و شکستن زنجیره انتقال ویروس کرونا سریع‌تر میسر خواهد شد (احمدی‌پور و نصیرزاده، ۱۴۰۰: ۱۶۵). لذا در زمان شیوع بیماری‌های فراگیر کلید کنترل اپیدمی، کنترل جمعیت به ویژه محدود کردن آمد و شدها در مکان‌های عمومی است (Leki´c Glavan et al, 2022). تجارب کشورهایی همچون چین، ثابت کرده است تجهیز سامانه و پایگاه برخط از اطلاعات مکان‌مبنا مرتبط با گسترش مکانی ویروس به منظور مکانیابی، برنامه‌ریزی و تجهیز مراکز درمانی در راستای تکمیل شبکهٔ مراقبت‌های ویژه و قرنطینه‌های پیشگیرانه و متناسب با روند گسترش بیماری در حوزه‌های شهری، امکان استفاده از آنها را با هدف مدیریت لایه‌های شهری توسط متخصصان و حتی استفاده‌های عمومی‌تر توسط مردم فراهم می‌کند. از این‌رو بررسی و بازبینی لایه‌های مکانی جهت

ایزولاسیون مناطق شهری و محلات مسکونی به صورت برخط، امکان خروجی اطلاعات لازم را در قالب محلات شهری به منظور تحلیل لایه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ایجاد می‌کند (پندار و همکاران، ۱۴۰۱: ۳۱).

پیشینهٔ عملی

استان خراسان رضوی تا پیش از بحران کرونا پذیرای سالانه حدود ۳۰ میلیون زائر و گردشگر از اقصی نقاط ایـران و جهان بوده است و ۲۳۰۰ واحد و تأسیسات گردشـگری در اختیـار دارد و بیشـترین مراکـز اقـامتی آن در مشـهد مقـدس متمرکزشده است اما به دلیل شیوع بیماری کرونا متأسفانه بیش از دوسوم این ظرفیت‌ها خالی و بلااسـتفاده مانـده اسـت بیشترین آسیب را دیده است و علاوه بر تبعات مستقیم و کوتاه مدت که شامل خالی ماندن و تعطیلی هتل‌ها و واحـدهای اقامتی، بیکار شدن برخی پرسنل هتل یا مشاغل مرتبط با صنعت گردشگری و هتلداری، انبار شدن مواد غذایی خریـداری شده برای ایام عید و ضررهای مالی شدید به علت لغو رزروها و قراردادها است، نتایج بلندمدت نقدینگی هتل‌ها و بسیاری از مسائل دیگر را نیز در پی خواهد داشت (خبرگزاری جمهوری اسلامی[۱]، ۱۳۹۹). تـاکنون در مـورد زیان‌هـای اسـتخراج شده ناشی از ویروس کرونا بیشترین خسارت های اقتصادی مربوط به حوزه هتل‌داری ، صنایع دستی ، دفـاتر خـدماتی و آژانس های مسافرتی در خراسان رضوی بوده است. بعد از شیوع ویروس کرونا و تعطیلی همه تورها بسیاری از راهنمایان گردشگری در این استان بیکار شده اند که خسارت های ناشی از آن ۳۶ میلیارد تومان برآورد شده اسـت. بـه طـور کلـی بیش از ۳۸ هزار و ۵۰۰ نفر به صورت مستقیم در حوزه گردشگری خراسان رضوی اشتغال داشته اند که با شـیوع کرونـا بیش از ۱۹ هزار نفر از این تعداد بیکار شده‌اند (خبرگزاری کـار ایـران[۲]، ۱۳۹۹). میـزان خسـارت صـنعت گردشـگری در خراسان رضوی ۴ هزار و ۲۰۰ میلیارد تومان برآورد شده است به این معنی که بیش از ۳۰ درصـد از سـهم خسـارت وارد شده به گردشگری کشور متوجه خراسان رضوی است. هتل های مشهد نیز با خسارت سنگینی روبرو شـده انـد. از تعـداد ۹۰۰۰ نیروی شاغل در هتل های مشهد نیز نزدیک به ۷۲۰۰ نفر شغل خود را از دست داده اند این رقـم بیـانگر بیکـاری ۸۰ درصد فعالان گردشگری در استان خراسان رضوی است (شهرآرانیوز[۳]، ۱۳۹۹).

کلان‌شهر مشهد با محوریت«گردشگری زیارت» همیشه مورد استقبال میلیون‌ها زائر و مسافر داخلی و خارجی بوده و همین امر صنعت گردشگری را به یکی از پایه‌های مهم اقتصاد در استان خراسان رضوی بدل کرده است. در دوره بحران اپیدمیک کرونا نه‌تنها میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری انجام‌شده در حوزه صنعت گردشـگری مشـهد و خراسـان در معـرض نابودی از ناحیه شیوع ویروس کرونا قرارگرفت بلکه ارتباط نزدیک و مؤثر ایـن صـنعت بـا صـنایع و بخـش هـای دیگـر همچون صنایع‌دستی و میراث فرهنگی، مراکز درمانی ارائه دهنده خـدمات گردشـگری سـلامت، بازارهـای ارائـه دهنـده سوغات و... را نیز مبتلا به خود کرد. لذا با توجه به ماهیت توریستی و زیارتی شهر مشهد و تفاوت فـاحش میـزان تـراکم جمعیت در پهنه ها و محورهای دارای کارکرد گردشگری با سایر مناطق شهر مشهد، بررسی و شناسایی کانون‌های شیوع ویروس کووید-۱۹ در این شهر، به برنامه ریزی و مدیریت و کنترل انتشار بیماری کمک نموده و از هزینه های مـادی و معنوی مرتبط با این موضوع برای شهروندان و زائران و گردشگران می کاهد. این پژوهش مبنای علمـی مناسـبی بـرای برنامه ریزی فضاهای کلانشهری چندکارکردی در مواقع بحرانی فراهم خواهد نمـود و مـدیران شـهری را بـرای عکـس

۱ https://www.irna.ir/news/84231964

۲ https://www.ilna.news/

۳ https://shahraranews.ir/fa/news/60793

العمل سریع و منطبق با اصول و استانداردهای پدافند غیرعامل شهری یاری خواهد رساند. در همین راستا تحقیقات متعـدد دیگری در ایران صورت گرفته که به تعدادی از انها در ادامه بحث پرداخته شده است.

زارع و واثق (۱۳۹۹) به مدل‌سازی و تحلیل گسترش کووید-۱۹ در ایران با استفاده از مدل کلاسیک SIR پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد از آنجا که پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی ناشی از این ویروس فاجعه بار است، استفاده از نتایج مدلسازی ریاضی به دست آمده جهت شناخت عوامل مؤثر بر گسترش بیماری می‌تواند گامی جهت اقدامات آتی برای کنترل این بیماری باشد.

رهنما و بازرگان (۱۳۹۹) به مدل‌سازی الگوی پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در مناطق روستایی و شهری ایران پرداختند که نتایج پژوهش حاصل از مدل خودهمبستگی فضایی براساس فاصله نشان داد که در فاصله ۳۸۳/۸ کیلومتری از استان قم، ضریب موران برابر ۰/۱۳۶۶ و مثبت می‌باشد اما در فاصله ۷۶۲/۶ کیلومتری از این استان، ضریب موران ۰/۰۴۰۲- بدست آمده که بیانگر این است که از این فاصله به بعد، تعداد مبتلایان به کرونا کاهش یافته است.

عزیزپور و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل فضایی شیوع کرونا در ناحیه روستایی دماوند پرداختند که نتایج پژوهش حاصل از تحلیل لکه‌های داغ نشان داد، بیشترین لکه‌های داغ در سمت غرب و شمال غربی شهرستان قرار دارند و روستاهای قرار گرفته در این لکه‌ها با برخورداری کم از مراکز بهداشتی-درمانی تقریباً دارای تراکم جمعیتی بالایی هستند که در مجاورت یکدیگر و نزدیک به شهرها و در مسیر و جاده اصلی قرار دارند.

دوستوندی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی انعطاف‌پذیری فضاهای شهری در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ پرداختند. یافته‌های پژوهش آنها نشان داد که افزایش تاب‌آوری در فضاهای شهری از طریق تبیین رویکردهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت و همچنین از طریق توجه توأمان به عوامل کالبدی و غیر کالبدی همچون مسائل اجتماعی، رفتاری، اقتصادی و غیره، امکان پذیر بوده است.

پندار و همکاران (۱۴۰۱) به بازتعریف راهبردهای واکنش کارکردی- فضایی شهرها در برابر شیوع کووید-۱۹ در ایران پرداختند که نتایج پژوهش آنها نشان داد تشکیل یک سیستم مداخله‌ای مبتنی بر مدیریت و حکمرانی یکپارچه شهری اهمیت بسزایی دارد تا بتواند به صورت قوی و منظم قبل از رسیدن وضعیت همه‌گیری به شهرها کمک کند تا در ابتدا نیروی انسانی و منابع خود را متمرکز کنند و در شرایط غیرقابل کنترل همه‌گیری، با تشکیل ساختار خوشه‌ای به مناطق همگن از نظر خدمات‌رسانی و با تأکید بر جامعهٔ محلی، تقسیم کل شهر به مناطق نسبتاً مستقل برای اعزام پرسنل پزشکی و خدماتی اقدام نماید.

نایبی‌پور و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی تحلیل فضایی تغییرات مسافران حمل و نقل عمومی (اتوبوس‌های درون شهری) در دوران پاندمی کرونا در شهر مشهد پرداختند که نتایج به‌دست‌آمده حاکی از تفاوت معنادار در تغییرات تعداد مسافران در پهنهٔ فضایی شهر مشهد است. به گونه‌ای که در ۱۶/۵ درصد از ایستگاه‌ها (۶۰۲ ایستگاه)، تعداد مسافران پس از کرونا با افزایش معنادار و در ۸۳/۵ درصد با کاهش همراه بوده است.

پاردو و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به تحلیل فضایی و GIS در مطالعه کووید-۱۹ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تلاش‌ها برای همبستگی بین رشته‌ای، مداخلات سیاست بهداشتی را برای مکان‌یابی خدمات و کنترل‌های بهداشتی، ردیابی حرکت انسان، فرمول‌بندی پاسخ‌های علمی و سیاسی مناسب و پیش‌بینی انتشار فضایی و روندهای زمانی بررسی می‌کنند.

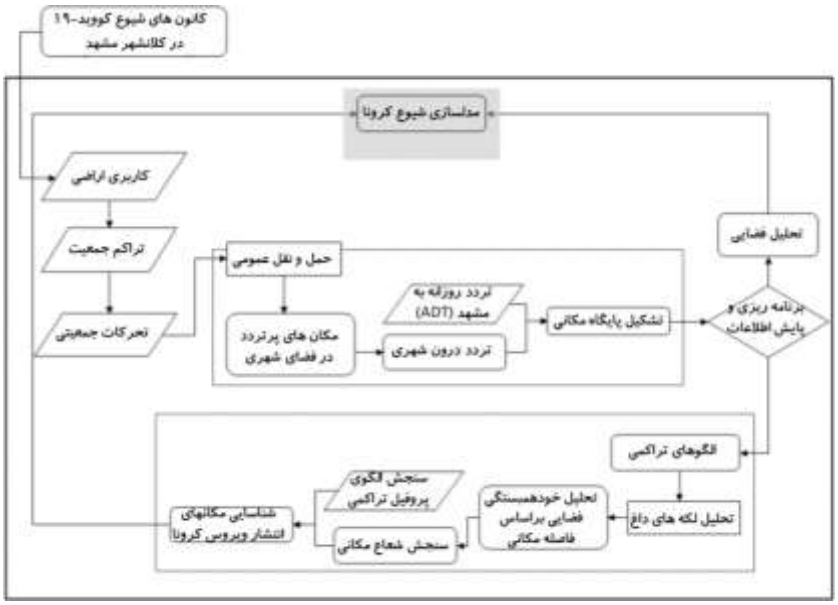
جانا و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی تغییر فضایی خوشه‌های کووید-۱۹ و ارتباط بیماری با پارامترهای محیطی در هند: تجزیه و تحلیل سری زمانی پرداختند که نتایج نشان داد جابجایی فضایی موارد کووید-۱۹ از غرب به جنوب و سپس شرق هند به خوبی مشاهده شد. میزان عفونت در اکثر مناطق غربی و جنوبی هند بسیار متمرکز بود، در حالی که CFR در شمال هند و ماهاراشترا تمرکز بیشتری را نشان می‌دهد. چهار خوشه فضایی اصلی عفونت در طول

دوره مطالعه شناسایی شد. تجزیه و تحلیل سری زمانی نشان می دهد که CFR به طور قابل توجهی بیشتر با AOD، O^3 و NO^2 بالاتر در هند است.

وانگ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی روش جدیدی برای پیش‌بینی انتقال مکانی- زمانی کووید-۱۹ در چین پرداختند. نتایج حاصل از مدل‌سازی انتشار کووید-۱۹ نشان داد که روش LSTM-CA دقت آماری بالاتری نسبت به روش LSTM و دقت فضایی نسبت به CA دارد که می‌تواند اثربخشی مدل پیشنهادی را نشان دهد. این روش می‌تواند برای انتقال زمانی و مکانی رویدادهای مهم بهداشت عمومی جهانی باشد. به خصوص در مراحل اولیه اپیدمی، می‌توانیم به سرعت روند و چرخه توسعه آن را درک کنیم تا مرجع مهمی برای پیشگیری و کنترل همه‌گیری و مشاوره احساسات عمومی ارائه شود.

داده‌ها و روش‌شناسی

روش پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از حیث روش، توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل فضایی است. در این مطالعه، به منظور شناسایی مکان‌هایی با امکان شیوع کووید-۱۹ در شهر مشهد از مدل‌سازی فضایی و براساس مدل مکان‌مبنا استفاده شده و همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی از نرم‌افزار ArcGIS بهره گرفته شده است. از این رو با انجام مطالعات کتابخانه‌ای- اسنادی در باب شیوع ویروس کووید-۱۹ در فضاهای شهری براساس عوامل جمعیتی و کاربری اراضی بررسی شد. در گام بعد با مراجعه به شهرداری مشهد لایه‌های کاربری اراضی شهری تهیه گردید و جهت تحلیل داده‌ها، پایگاه اطلاعات مکانی در محیط GIS تشکیل گردید. همچنین جهت مدلسازی فضایی مکان‌های مخاطره‌آمیز به لحاظ انتشار بیماری‌کووید-۱۹ در مشهد ابتدا کاربری‌هایی که بیشترین تولید و جذب سفر روزانه را ایجاد می‌نمایند، (تعداد ۱۳ کاربری) مورد شناسایی قرار گرفتند که براین اساس با بهره‌گیری از الگوهای تراکمی مورد سنجش قرار گرفتند. سپس تمامی لایه‌ها در GIS با یکدیگر ترکیب شده و با استفاده از مدل آماره‌ی گتیس اُرد.جی (در ادامه نحوه محاسبه این آماره توضیح داده شده است)، مکان‌های انتشار ویروس‌کرونا به صورت لکه‌های داغ در شهر مشهد شناسایی شدند. در نهایت با استفاده از پروفیل‌های تراکمی میزان شیوع کووید-۱۹ در بخش‌های مختلف مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. شکل شماره ۲، مدل مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مدل مفهومی تحقیق

تحلیل لکه‌های داغ[1] (آماره‌ی گتیس ـ اُرد.جی[2])

جهت آشکارسازی مکانی پدیده‌ها از تحلیل لکه‌های داغ از آماره‌ی گتیس ـ اُرد.جی استفاده می‌شود. در این آماره امتیاز z-score محاسبه شده، نشان می‌دهد که در کدام مناطق پدیده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است (شکل ۳). درواقع، عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز z-score برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی[3] عارضه و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (Chandra Pal et al, 2023). نحوه محاسبه لکه‌های داغ از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

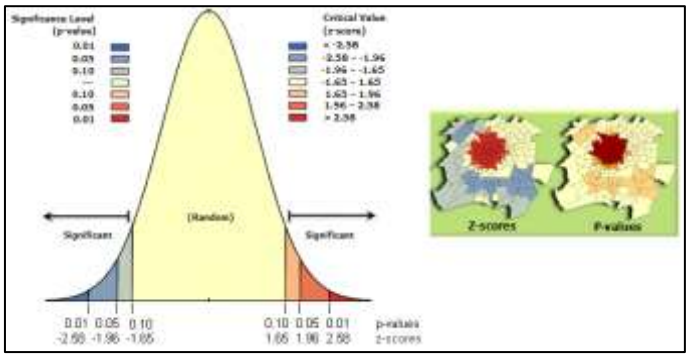
$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}x_i x_j}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j}, \ \forall j \neq i$$

$$z_G = \frac{G - \mathrm{E}[G]}{\sqrt{\mathrm{V}[G]}}$$

$$\mathrm{E}[G] = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}}{n(n-1)}, \ \forall j \neq i$$

$$\mathrm{V}[G] = \mathrm{E}[G^2] - \mathrm{E}[G]^2$$

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.



شکل ۳- سطح معناداری Z-score و P-value در GIS

الگوی تراکمی

هدف از برآورد تراکم، برآورد شدت یک فرآیند نقطه در مکان‌های داده شده است (شکل ۴). شدت یک فرآیند نقطه در یک مکان مشخص به عنوان تراکم محدودی از نقاط (به عنوان مثال، تعداد نقاط در واحد سطح)، به عنوان محدوده اطراف مکان داده کوچکتر تعریف می‌شود (Zhang, 2022: 5).

$$Density = \frac{1}{(radius)^2}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{3}{\pi}\cdot pop_i\left(1-\left(\frac{dist_i}{radius}\right)^2\right)^2\right]$$

For $dist_i < radius$

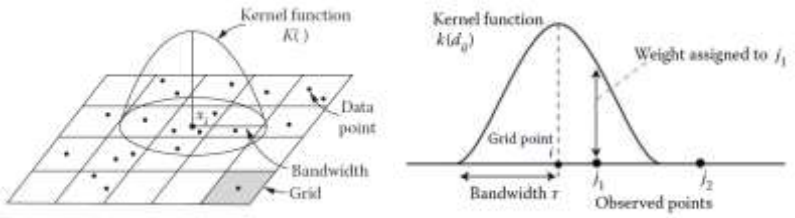
[1]- Hot Spot Analysis

[2] Getis–Ord Gi

[3]- Local sum

$i = 1, \dots, n$ نقاط ورودی هستند. فقط در صورتی نقاطی را در مجموع لحاظ کنید که در شعاع فاصله مکان (x,y) باشند.

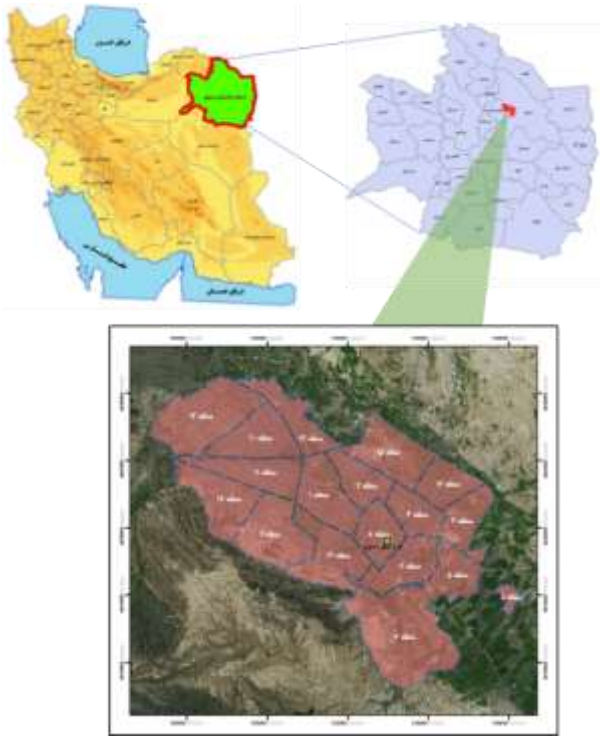
$dist_i$ فاصله بین نقطه i و مکان (x,y) است.



شکل ۴- برآورد تراکم کرنل (Yu & Ai, 2014: 3)

قلمرو پژوهش

شهر مشهد به عنوان دومین کلانشهر کشور، با جمعیتی بالغ بر ۳,۰۶۲,۲۴۲ نفر در وسعتی در حدود ۳۵,۳۴۵ هکتار در ۵۹,۳۵ درجه طول شرقی و ۳۶,۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. کلانشهر مشهد براساس تقسیمات شهرداری متشکل از ۱۷ منطقه و ۱۷۰ محله است (آمارنامه شهر مشهد، ۱۴۰۰). این شهر به واسطه وجود حرم مطهر امام رضا (ع) سالانه مقصد زائران و گردشگران زیادی از اقصی نقاط جهان است. بطوریکه؛ در سال ۱۴۰۰ تعداد کل گردشگران ورودی به استان خراسان رضوی و شهر مشهد به ترتیب ۴۲,۵۸۵,۲۸۸ و ۲۹,۳۸۷,۷۸۷ نفر می باشد. همچنین ۱۳,۳۲ درصد گردشگران از طریق جاده‌ای، ۱۰,۸۹ درصد از طریق ریلی، ۵,۲۴ درصد از طریق هوایی و ۷۰,۵۵ درصد به صورت شخصی وارد این شهر شده‌اند (سالنامه آماری خراسان رضوی، ۱۴۰۰). شکل شماره ۵، موقعیت جغرافیایی شهر مشهد را در تقسیمات سیاسی کشور نشان می‌دهد.



شکل ۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: شهر مشهد (ترسیم: نگارندگان)

یافته‌ها

به منظور مدل‌سازی مکان‌های شیوع ویروس‌کووید-۱۹ در شهر مشهد، ابتدا مدل پیشنهادی طراحی شد و در نهایت با استفاده از داده‌های مکانی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدل‌سازی براساس کاربری اراضی و مکان‌های پرتردد شهری و نیز تحرکات جمعیتی انجام گرفته است. لذا کاربری‌هایی که بیشترین میزان تولید و جذب سفرهای روزانه شهری را دارا می‌باشند مشتمل بر ۱۳ کاربری در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). همچنین خصوصیات و فرضیات اصلی مدل پیشنهادی بدین صورت می‌باشند:

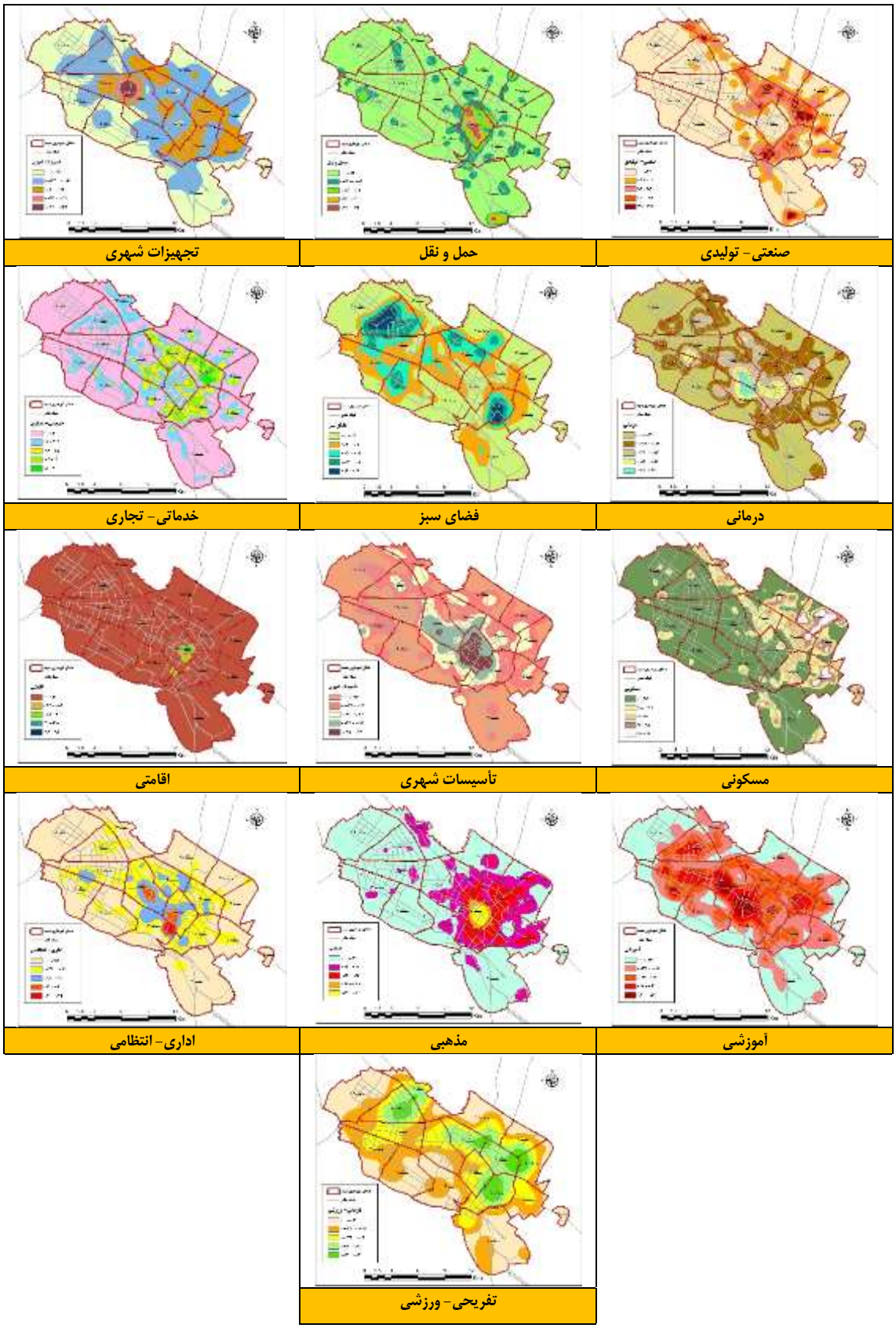
- توزیع جمعیت ناهمگن است یعنی تعداد افرادی که در هر سلول زندگی می‌کنند، متفاوت می‌باشد.
- انتشار آلودگی در مکان‌های پرتردد شهری صورت می‌گیرد.
- افراد مبتلا به ویروس کووید-۱۹ از سلول خودشان به سلول دیگری حرکت می‌کنند، بنابراین بیماری به مناطقی انتشار می‌یابد که دارای تجمع و تراکم جمعیت باشند.

جدول ۱- مکان‌های پرتردد در فضای شهری

کاربری	فعالیت‌های شهری
درمانی	پایگاه‌های اورژانس و فوریت‌های پزشکی، درمانگاه‌ها، مراکز جامع بهداشت شهری، داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها، مطب پزشک
خدماتی- تجاری	پاساژها و مجتمع‌های تجاری، سوپرمارکت‌ها، نانوایی‌ها، آموزشگاه‌ها، آرایشگاه‌ها، رستوران‌ها، تالارها، آموزشگاه‌های رانندگی، مراکز تعویض پلاک، دفاتر امور مشترکین، خواربارفروشی، بقالی، قصابی، عرضه مواد پروتئینی، لبنیاتی ، میوه و سبزی فروشی و سایر مایحتاج اولیه
اداری- انتظامی	ادارات و سازمان‌ها، بانک‌ها، کلانتری‌ها، دادگاه‌ها و مجتمع قضایی، زندان، پزشکی قانونی، شوراهای حل اختلاف
آموزشی	مدارس
حمل و نقل	پایانه‌ها و ایستگاه‌های اتوبوس، ایستگاه‌های مترو، پایانه‌های مسافربری برون شهری، فرودگاه، راه‌آهن
مسکونی	بافت ریزدانه و تراکم بالای مسکونی
مذهبی	حرم مطهر رضوی، مساجد و حسینیه‌ها، بقاع متبرکه و امامزاده ها
تجهیزات شهری	آرامستان‌ها، میدان مرکزی میوه و تره‌بار، پمپ‌بنزین‌ها و مراکز سوخت CNG
تأسیسات شهری	سرویس‌های بهداشتی عمومی
فضای سبز	پارک‌ها و بوستان‌های شهری
اقامتی	هتل، هتل آپارتمان، سوئیت، مسافرخانه، مهمانپذیر، زائرسراها، مهمانسراها
تفریحی- ورزشی	مجموعه‌ها و مراکز تفریحی- ورزشی
صنعتی- تولیدی	واحدهای تولیدی و کارگاهی

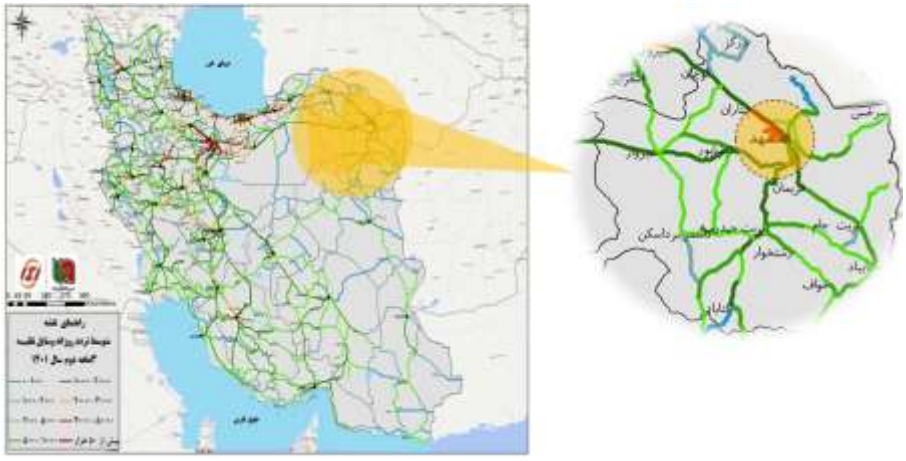
(مأخذ: نگارندگان)

بررسی تراکم کاربری‌های شهری پرتردد و توزیع فضایی آنها بیانگر، الگوی حرکتی جمعیت در سطح فضای شهر مشهد است. همانطور که نقشه‌های زیر نشان می‌دهد توزیع کاربری‌های صنعتی-تولیدی، حمل و نقل، درمانی، خدماتی-تجاری، تأسیسات شهری، اقامتی، مذهبی و اداری- انتظامی در بخش مرکزی شهر مشهد (منطقه ۸ شهرداری) متمرکز است. لذا این بخش از شهر به دلیل کاربری‌های خدماتی از یک‌سو و از سوی دیگر به دلیل وجود حرم مطهر رضوی، بیشترین میزان تولید و جذب سفر روزانه (کار، تحصیل، خرید کالا و زیارت) را به خود اختصاص داده است. شکل شماره ۶، پراکنش فضایی کاربری‌های پرتردد در فضای شهر مشهد را نشان می‌دهد.



شکل ۶- پراکنش فضایی کاربری‌های پرتردد در فضای شهر مشهد (ترسیم: نگارندگان)

آمارها حاکی از آن است که درحدود ۱۴,۵۵۳,۷۸۷ گردشگر از طریق فرودگاه، راه‌آهن و پایانه مسافربری در سال ۱۴۰۰ وارد شهر مشهد شدند. براساس آمار مکانی از متوسط تردد روزانه (ADT) وسایل نقلیه در سه ماهه دوم سال ۱۴۰۱، محور مشهد–چناران با روزانه بیش از ۵۰ هزار تردد، بیشترین حجم عبوری را به شهر مشهد داشته است. همچنین برای محور مشهد– نیشابور روزانه ۳۰–۵۰ هزار تردد ثبت شده است. درمجموع، آمارها حاکی از آن است که به طور متوسط ماهانه ۳ میلیون تردد به مقصد شهر مشهد از طریق مبادی ورودی این شهر با اهداف مختلف سفر، براساس آمار تردد روزانه صورت گرفته است. شکل شماره ۷، متوسط تردد روزانه (ADT) کل وسایل نقلیه را در ۳ ماهه دوم سال ۱۴۰۱ نشان می‌دهد.



شکل ۷– متوسط تردد روزانه (ADT) کل وسایل نقلیه ۳ ماهه دوم سال ۱۴۰۱ (ترسیم: مرکز مدیریت راه‌های کشور)

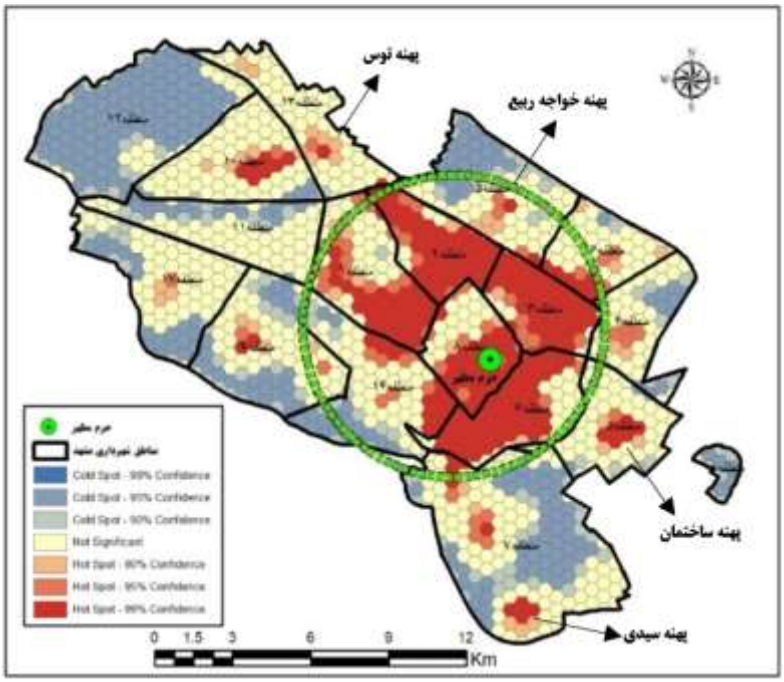
در اسفند سال ۱۳۹۸ به دنبال شیوع کووید–۱۹ و افزایش آمار مبتلایان و جانباختگان آن در کشور ناگزیر براساس مصوبه ستاد ملی کرونا، بستن درهای حرم مطهر حضرت ثامن‌الحجج علی بن موسی‌الرضا(ع) به روی زائران برای حفظ سلامت جامعه با هدف جلوگیری از شکل‌گیری جمعیت انبوه، انتقال ویروس و شیوع بیماری همه‌گیر کرونا صورت گرفت. شکل شماره ۸، بسته شدن حرم مطهر رضوی در زمان همه‌گیری کووید–۱۹ در اسفند ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد.

شکل ۸– بسته شدن حرم مطهر رضوی در زمان همه‌گیری کووید–۱۹ سال ۱۳۹۹

با مصوبه ابلاغی ستاد ملی مدیریت و مبارزه با بیماری کرونا به منظور جلوگیری از شیوع مجدد کرونا تنها بخش‌های غیرمسقف حرم مطهر رضوی (صحن‌ها) بازگشایی شدند. پس از مدتی و با بازگشایی جاده‌های بین استانی سیل عظیمی از زائران به قصد زیارت وارد شهر مشهد شدند (شکل ۹). لذا در چنین شرایطی می‌توان گفت این شهر کانون انتقال ویروس بیماری کرونا خواهد بود زیرا به این ترتیب زائران و مسافرانی که به قصد زیارت امام هشتم (ع) به شهر مشهد سفر می‌کنند، در صورت ناقل بودن به کرونا منجر به شیوع این بیماری در شهر مشهد خواهند شد و چنانچه در این شهر در اثر تراکم جمعیتی به ویژه در در مکان‌های مسقف نظیر پاساژها، رستوران‌ها، مراکز اقامتی و... به کووید-۱۹ مبتلا شوند به واسطهٔ بازگشت به شهر مبدأ، آن را به دیگر نقاط کشور منتقل خواهند کرد.

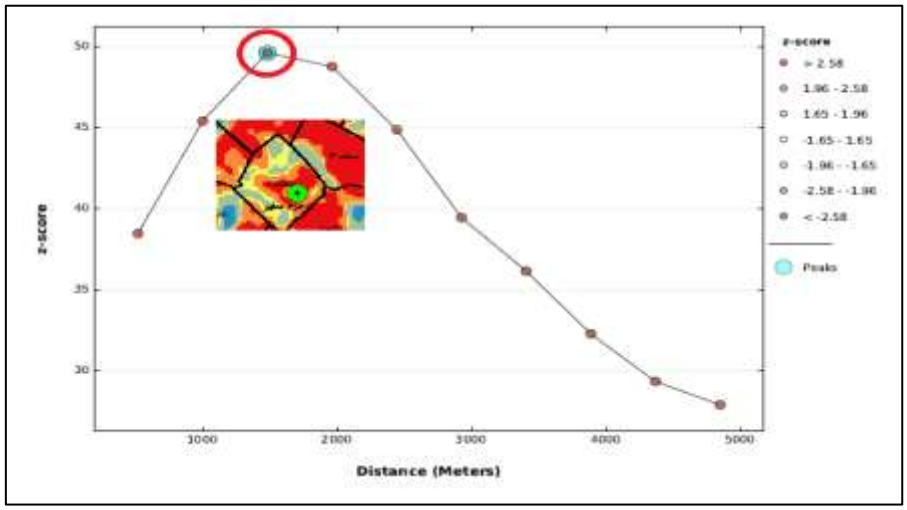
شکل ۹- تراکم جمعیت زائران و مجاوران در حرم مطهر رضوی و خیابان‌های پیرامون سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱

همانطور که در شکل شماره ۱۰، مشاهده می‌شود، به علت نقش مذهبی شهر مشهد و تعداد بالای زائر و گردشگر در این شهر بخصوص در پیرامون حرم مطهر رضوی و بخش‌های مرکزی شهر مشهد (مناطق ۱، ۲، ۳، ۶ و ۸)، میزان شیوع کووید-۱۹ بسیار بالا است. تردد روزانه بسیاری به این بخش از شهر به دلیل قرارگیری کاربری‌ها و فعالیت‌های مهم شهری از قبیل حرم مطهر رضوی، مراکز اداری- سیاسی، تجاری، اقامتی، درمانی و... انجام می‌گیرد. در واقع، بخش مرکزی شهر مشهد (CBD) جذب و تولید بیشترین میزان سفرهای روزانه شهر مشهد را به خود اختصاص داده است که همین عامل منجر به ایجاد تراکم جمعیتی بسیار زیادی در این منطقه شده است. بنابراین می‌توان گفت که به دلیل مسری بودن این بیماری عفونی، و با فرض انتشار آلودگی در مکان‌های پرتردد شهری از طریق مبتلایان به افراد سالم جامعه و نیز بحث پخشایش فضایی این بیماری توسط افراد مبتلا به ویروس کووید-۱۹ از سلول خودشان به سلول دیگری (از ناحیه مرکزی شهر به سایر مناطق)، بخش مرکزی شهر مشهد کانون انتقال ویروس کرونا محسوب می‌شود. همچنین نتایج حاصل از تحلیل لکه‌های داغ آماره‌ی گتیس ـ اُرد.جی در شهر مشهد نشان داد که علاوه بر بخش مرکزی شهر به دلیل حضور زائران و مجاران، پهنه‌های سکونتگاه‌های غیررسمی توس، خواجه‌ربیع، ساختمان و سیدی در میان ۸ پهنه حاشیه‌ای شهر مشهد به دلیل تمرکز بالای جمعیتی و همچنین بافت ریزدانه (قطعات کمتر از ۷۵ مترمربع) و تعاملات اجتماعی زیاد در این محلات، بیشترین میزان انتشار فضایی کووید- ۱۹ را دارا می‌باشند.



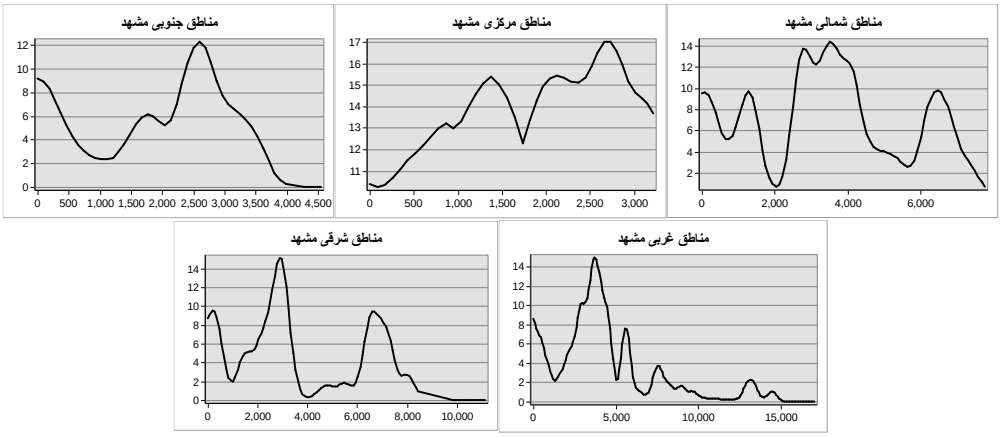
شکل ۱۰- شناسایی مکان‌های شیوع کووید-۱۹ در شهر مشهد (ترسیم: نگارندگان)

نتایج حاصل از تحلیل خودهمبستگی فضایی انتشار کووید-۱۹ براساس فاصله مکانی نشان داد که در فاصله ۱۴۸۲ متری از مرکز شهر مشهد (حرم مطهر رضوی) ضریب موران برابر ۰/۳۵۳۴۰۲ و مقدار z-score برابر با ۴۹/۵۹۲۲۸۳ است که این مقدار بیانگر خودهمبستگی مکانی مثبت و قوی شیوع کووید-۱۹ در فضاهای پرتردد و عمومی در این شهر می‌باشد که در نتیجه با سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد پذیرش قرار می‌گیرد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در فاصله ۴۸۵۰ متری از مرکز شهر مشهد ضریب موران برابر ۰/۰۶۳۴۴۹ و مقدار z-score برابر با ۲۷/۸۷۷۱۷۸ است که نشان‌دهنده خودهمبستگی مکانی مثبت اما ضعیف بوده بدین معنی که از این فاصله به بعد از میزان شیوع کرونا کاسته می‌شود. در مجموع یافته‌ها نشان داد که بخش مرکزی شهر مشهد به دلیل وجود حرم مطهر رضوی، مراکز اقامتی، تجاری و... به عنوان فعال‌ترین بخش شهری (شهرهای ۲۴ ساعته) و جاذب سفرهای درون شهری محسوب می‌شود که با تراکم جمعیت زیادی روبرو است. همچنین به دلیل حضور زائران و مجاوران به حرم مطهر رضوی به خصوص در ایام خاص نظیر روزهای چهارشنبه (روز زیارتی امام رضا (ع))، وسایط حمل و نقل عمومی با تمام ظرفیت خود به ارائه خدمات می‌پردازند که به همین دلیل شیوع بیماری‌های همه‌گیر و عفونی در این منطقه بالا است. با فاصله گرفتن از بخش مرکزی شهر مشهد، از میزان شیوع همه‌گیری به دلیل کاهش تردد در فضاهای شهری کاسته می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تحلیل خودهمبستگی فضایی انتشار کووید-۱۹ براساس فاصله مکانی در شهر مشهد

در شکل شماره ۱۲، میزان قابلیت شیوع کرونا در فضاهای پرتردد شهر مشهد نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، از مرکز شهر به سمت مناطق واقع در شمال (تا فاصله ۵۰۰۰ متری)، جنوب (تا فاصله ۳۰۰۰ متری)، غرب (تا فاصله ۵۰۰۰ متری)، و شرق مشهد (تا فاصله ۸۰۰۰ متری)، میزان شیوع کووید-۱۹ زیاد است و به تدریج با فاصله گرفتن از مرکز شهر از میزان شیوع کرونا کاسته می‌شود. بالا بودن میزان شیوع کرونا در مناطق شمالی و شرقی به واسطهٔ قرارگیری سکونتگاه‌های غیررسمی در این نواحی می باشد که دارای بافت ریزدانه با تراکم جمعیتی زیاد است. بطوریکه تراکم در برخی از این محلات نظیر محله التیمور واقع در شمال مشهد، درحدود ۲۷۰ نفر در هکتار است. همچنین به دلیل قرارگیری حوزه‌های درآمدی بالا در مناطق غربی مشهد و افزایش کیفیت زندگی در این نواحی، میزان رعایت پروتکل‌های بهداشتی بالاست. از طرفی تراکم جمعیتی در این بخش از شهر مشهد به دلیل وجود قطعات مسکونی درشت دانه، پایین است که می‌تواند در پایین بودن شیوع کووید-۱۹ در این منطقه اثرگذار باشد.



شکل ۱۲- روند میزان شیوع کووید-۱۹ در مناطق شهر مشهد

در این پژوهش به منظور مدل‌سازی مکان‌های شیوع ویروس‌کووید-۱۹ در شهر مشهد، تعداد ۱۳ کاربری مهم شامل (درمانی، خدماتی- تجاری، اداری- انتظامی، آموزشی، حمل و نقل، مسکونی، مذهبی، تجهیزات شهری، تأسیسات شهری، فضای سبز، اقامتی و تفریحی- ورزشی) به همراه فعالیت‌های مهم شهری در مدل‌سازی فضایی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تا فاصله ۱۴۸۲ متری از مرکز شهر مشهد (حرم مطهر رضوی) میزان شیوع کرونا در اثر شلوغی و تراکم جمعیت زیاد است و از فاصله ۴۸۵۰ متری به بعد از میزان شیوع کاسته می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش هانی روزیز و همکاران (۲۰۲۰)، پندار و همکاران (۱۴۰۱) و نصیری‌زارع و همکاران (۱۴۰۱) همسو می باشد. می‌توان گفت در شهرهای گردشهری مذهبی نظیر مشهد به دلیل حضور زائران و گردشگران از اقصی نقاط کشور و جهان، میزان شیوع و پخشایش فضایی کووید-۱۹ نسبت به سایر شهرها بیشتر است. به عبارت دیگر، تحرک و جابجایی جمعیت یکی از علل اصلی شیوع در این بیماری عفونی محسوب می شود که از یک-سو ناقلان این بیماری در جابجایی‌ها در فضای شهر مقصد (مشهد) موجب گسترش شیوع کرونا خواهند شد و از سویی دیگر چنانچه زائران و گردشگران در شهر مقصد به این بیماری مبتلا شوند با عنوان ناقل بیماری در جابجایی‌های بین شهر مقصد و مبدأ می‌توانند موجب شیوع کووید-۱۹ شوند. همچنین مطالعات انجام گرفته در زمینه شناسایی مکان‌های آلوده به ویروس‌کووید-۱۹ نشان می‌دهد که مراکز عمومی مانند نانوایی‌ها، سوپرمارکت‌ها، مراکز درمانی و آزمایشگاه‌ها، وسایل حمل و نقل عمومی، آرایشگاه‌ها، مراکز خرید و پاساژها، رستوران‌ها، باشگاه‌های ورزشی و... آلوده‌ترین مکان‌ها به ویروس‌کرونا می‌باشند که با نتایج و مدل‌سازی در این پژوهش مشابهت دارند.

نتیجه‌گیری

مدیریت خطر بیماری همه‌گیری کووید-۱۹ همانند دیگر خطرات در قالب چهار مرحلهٔ جلوگیری و کاهش خطر، آمادگی، پاسخ و بازتوانی باید مورد بررسی قرار گیرد. در این چرخه، ابعاد بازدارنده در مراحل جلوگیری و کاهش خطر و آمادگی در اولویت قرار دارند و به طور بالقوه از اقدامات پاسخ و باتوانی مؤثرترند. ولی تمهیدات جلوگیری از خطر می-بایست در اولویت برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرند و چنانچه از بین بردن خطر یا دوری از آن ممکن نباشد، اقدامات کاهش خطر و آمادگی در برابر آن می‌تواند عامل تعیین کننده‌ای در کاهش تلفات و خسارات جامعه باشند. هر یک از مراحل مذکور شامل ابعاد کالبدی و غیرکالبدی متنوعی در سطح فضای شهری است.

امروزه شهرها به عنوان مراکز مهم جمعیتی و فعالیت‌های اجتماعی- اقتصادی در برابر تهدیدهای ناشی از همه‌گیری کرونا بسیار آسیب‌پذیر هستند. شیوع این بیماری علاوه بر مرگ و میر ساکنان مناطق شهری، پیامدهای شدید اقتصادی و اجتماعی را در پی داشته است. نکته مهم دیگر این است که مراکز شهری به مجرای انتقال کووید-۱۹ تبدیل شده‌اند. بطوریکه سرمنشأ اصلی بیماری‌های عفونی نوظهور در سالیان اخیر در فضاهای شهری مشاهده می‌شود، به عنوان مثال در این مورد می‌توان به شیوع بیماری کووید-۱۹ در شهر ووهان چین اشاره کرد که این بیماری به سرعت در فضاهای شهری گسترش یافت. در واقع عامل اصلی انتشار و گسترش این بیماری، فضاهای شهری و شیوه‌های رفتار در آن بوده است. شهر مذهبی مشهد به دلیل وجود حرم مطهر رضوی مقصد سفر زائران و مسافران از اقصی نقاط کشور و جهان بوده که در زمان شیوع ویروس‌کرونا بسیاری از افراد مبتلا به این بیماری به این شهر عزیمت می‌نمایند. قرارگیری کاربری‌های اقامتی، مراکز خرید و پاساژها، مراکز درمانی و سایر مکان‌های عمومی شهر مشهد در پیرامون حرم امام رضا (ع) موجب شده تا از یک‌سو شهروندان مشهد به این بخش از شهر تردد نمایند و از سوی دیگر، زائران و مسافران جهت زیارت، خرید و اقامت در بخش مرکزی شهر رفت و آمد نمایند که همین عامل باعث شده تا تراکم جمعیت در این بخش از شهر بسیار بالا باشد و به دلیل وجود افراد مبتلا به کرونا در این محدوده، میزان شیوع کووید-۱۹ در پیرامون حرم مطهر رضوی نسبت به سایر مناطق شهر مشهد بیشتر است.

پیشنهادها

- بازطراحی رستوران‌ها، کافی‌شاپ‌ها و... در فضای باز و محورهای پیاده‌رو به ویژه در بخش مرکز شهر، برحسب تراکم تردد زائران و مجاوران؛
- تهیه نقشه های مرتبط با روند شیوع بیماری و تهیه سناریوهای مبتنی بر روندهای مکانی-زمانی؛

- مکانیابی، برنامه‌ریزی و تجهیز مراکز درمانی جهت تکمیل شبکهٔ مراقبت‌های ویژه و قرنطینه‌های پیشگیرانه به ویژه برای زائران متناسب با روند گسترش بیماری؛
- مدیریت لایه‌های شهری و استفاده از آنها در سامانه پایگاه مدیریت اطلاعات جغرافیایی (GIS) مرتبط با گسترش مکانی ویروس کووید-۱۹ در فضای شهر مشهد؛
- ساماندهی سیستم حمل و نقل شهر مشهد از طریق مسدود کردن برخی معابر منتهی به بخش مرکزی شهر به منظور کاهش تحرک جمعیتی؛
- استفاده از وسایل جایگزین مانند دوچرخه، اسکوتر و ماشین‌های برقی در فضای پیرامون حرم مطهر رضوی؛
- ممانعت از ورود خودرو به محدوده پیرامون حرم مطهر رضوی به منظور کاهش حجم بار ترافیکی؛
- کنترل و ممانعت از ورود بیماران از مبادی ورودی به شهرمشهد (ترمینال، فرودگاه، راه‌آهن و...)؛
- بازگشایی رهباغ‌های منتهی به حرم مطهر رضوی به منظور افزایش فضاهای شهری باز در بخش مرکزی شهر مشهد؛
- افزایش ناوگان حمل و نقل عمومی در خیابان‌های منتهی به حرم مطهر رضوی؛
- نظارت مستمر بر واحدهای اقامتی و خرید در پیرامون حرم مطهر رضوی به منظور رعایت دستورالعمل‌های بهداشتی.

منابع

احمدی‌پور، زهرا؛ نصیرزاده، عزیز. (۱۴۰۰). ***سیاست‌های شهری در مدیریت بحران کرونا***. آمایش سیاسی فضا، ۳(۳)، ۱۷۸-۱۶۳. DOI: 20.1001.1.26455145.2021.3.3.3.0

آزرمی، سیما؛ بنی‌یعقوبی، فائضه؛ حسینی‌شکوه، سیدجواد؛ تاج شریفی‌فر، سیمین. (۱۴۰۰). ***مروری بر شیوع بیمای های عفونی پس از زلزله در ایران با تأکید بر نقش و جایگاه نظام سلامت***. فصلنامه ابن‌سینا، ۲۳(۱)، ۷۵-۶۵. Doi: 10.22034/23.1.65

آمارنامه شهر مشهد (۱۴۰۰). فصل حمل و نقل، شهرداری مشهد.

بازرگان، مهدی؛ امیرفخریان، مصطفی. (۱۳۹۹). ***تحلیل جغرافیایی اپیدمیولوژی کووید-۱۹ در ایران با رویکرد تحلیل اکتشافی داده های مکانی (ESDA)***. مجله طب نظامی، ۲۲(۶)، ۵۴۲-۵۵۲. Doi: 10.30491/JMM.22.6.542

پندار، هادی؛ رستگار ژاله، سحر؛ محسن‌نژاد، سارا. (۱۴۰۱). ***بازتعریف راهبردهای واکنش کارکردی-فضایی شهرها در برابر شیوع کووید-۱۹ در ایران با تأکید بر تجربهٔ شرق آسیا (چین)***. باغ نظر، ۱۹(۱۱۵)، ۳۸-۲۱. DOI: 10.22034/BAGH.2022.225869.4510

دوستوندی، میلاد؛ اکبری، مریم؛ کتاب‌اللهی، کسری. (۱۴۰۱). ***بررسی انعطاف‌پذیری فضاهای شهری در دوران همه-گیری کووید-۱۹***. پژوهش‌های مکانی فضایی، ۶(۳)، ۴۴-۲۵.

رهنما، محمدرحیم؛ بازرگان، مهدی. (۱۳۹۹). ***مدل‌سازی الگوی پخش فضایی ویروس کووید-۱۹ در مناطق روستایی و شهری ایران***. فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۹(۳)، ۴۸-۲۵.

سالنامه آماری استان خراسان رضوی (۱۴۰۰). فصل حمل و نقل و انبارداری، مرکز آمار ایران.

شهرابی‌فراهانی، مهدیه. (۱۴۰۰). ***نقش بازدید مذهبی مجازی در تاب‌آوری در دوران کرونا***. گردشگری و اوقات فراغت، ۶(۱۲)، ۱۲۱-۱۰۷.

صابری‌فر، رستم. (۱۳۹۹). ***بررسی توزیع جغرافیایی مبتلایان به ویروس کرونا در شهر مشهد بر اساس روش شکار مجدد و کاربرد سیستم های اطلاعات جغرافیایی***. پژوهش های سلامت محور، ۶(۱)، ۳۸-۲۵.

عزیزپور، فرهاد؛ ریاحی، وحید؛ عزیزی، سمیه. (۱۳۹۹). ***تحلیل فضایی شیوع کرونا در ناحیه روستایی دماوند***. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۷(۴)، ۴۰-۲۱.

قاسمی، ایرج. (۱۳۹۹). ***پیامدهای کرونا بر شهر و شهرسازی آینده***. فصلنامه ارزیابی تأثیرات اجتماعی، ۲، ۲۵۳-۲۲۷.

محمدی، فاطمه؛ کوزه‌گری، سعیده. (۱۳۹۹). ***پیش‌بینی شیوع بیماری کووید-۱۹ و مرگ و میرهای ناشی از آن در ایران براساس نمای لیاپانوف***. مجله دانشگاه علوم پزشکی قزوین، ۲۴(۲)، ۱۲۲-۱۰۸. Doi: 10.32598/JQUMS.24.2.2415.1

معاونت درمان دانشگاه علوم پزشکی مشهد (۱۳۹۹). کمیته مراقبت و درمان کرونا در دانشگاه علوم پزشکی مشهد: مرگ مشکوک. مشهد.

نصیری زارع، سعید؛ پریزادی، طاهر؛ حکیمی، مجتبی. (۱۴۰۱). ***آسیب‌شناسی مناطق روستایی از خطرات شیوع بیماری کرونا (مورد مطالعه: نواحی روستایی شهرستان ایجرود استان زنجان)***. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۱(۴۱)، ۲۳۴-۲۱۷. DOI:10.22067/geoeh.2021.72004.1098

References

Anderson, R..M, & May, R.M. (1992). ***Infectious diseases of humans: dynamics and control***. Oxford University Press. DOI:10.1017/S0950268800059896

Bauch, CT. (2008). ***The Role of Mathematical Models in Explaining Recurrent Outbreaks of Infectious Childhood Diseases***. Berlin: Springer. In: Brauer F, van den Driessche, P.; Wu, J.; editors. Mathematical Epidemiology. Berlin: Springer; 2008; 297-319. DOI:10.1007/978-3-540-78911-6_11

Briggs ADM, Wolstenholme J, Blakely T, Scarborough P. (2016). ***Choosing an epidemiological model structure for the economic evaluation of non-communicable disease public health interventions***. Popul Health Metr, 14:17. DOI:10.1186/s12963-016-0085-1

Chandra Pal, Subodh.; Saha, Asish.; Chowdhuri, Indrajit.; Ruidas, Dipankar.; Chakrabortty, Rab in.; Roy, Paramita.; Shit, Manisa.; (2023). ***Earthquake hotspot and coldspot: Where, why and how?*** Geosystems and Geoenvironment, 2(1), DOI: 10.1016/j.geogeo.2022.100130

Franch-Pardo, Ivan.; Napoletano, Brian M.; Rosete-Verges, Fernando.; Billa, Lawal. (2020). ***Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review***. Science of the Total Environment, 739, 1-10. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140033

Garnerin P, Valleron AJ. (1992). ***The French communicable diseases computer network: A technical view***. Comput Biol Med, 22(3):189-200. DOI:10.1016/0010-4825(92)90015-F

https://covid19.who.int/region/emro/country/ir

Jana, Arup.; Kundu, Sampurna.; Shaw, Subhojit.; Chakraborty, Sukanya.; Chattopadhyay Apara jita. (2023). ***Spatial shifting of COVID-19 clusters and disease association with environmental parameters in India: A time series analysis***. Environmental Research, 222. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115288

Lekić Glavan, O. Nikolić, N. Folić, B .Vitošević, B. Mitrović, A. & Kosanović ,S. (2022). ***COVID-19 and City Space :Impact and Perspectives***. Sustainabil–ity, 14(3), 1885.

Levins, R., Awerbuch, T., Brinkmann, U., Eckardt, I., Epstein, P., & Makhoul, N. (1994). ***The emergence of new diseases***. American Scientist, 82(1): 52-60.

Mohammadi, F., & Kouzehgari, S. (2020). ***Predicting the Prevalence of COVID-19 and its Mortality Rate in Iran Using Lyapunov Exponent***. Journal of Qazvin University of Medical Sciences (JQUMS). 2020; 24(2): 108-122. [Persian]. DOI:10.32598/JQUMS.24.2.2415.1

Mubarak, N., & zin, C.S. (2020). ***Religious tourism and mass religious gatherings — the potential link in the spread of COVID-19***. Current perspective and future implications, Travel Medicine and Infectious Disease, 36, 101786.

Oldstone, MBA. (2020). ***Viruses, plagues, and history: past, present, and future***. Oxford, England: Oxford University Press. DOI:10.1093/oso/9780190056780.001.0001

Perez, L., & Dragicevic, S. (2009). ***An agent-based approach for modeling dynamics of contagious disease spread***. Int J Health Geogr, 8:50. DOI: 10.1186/1476-072X-8-50

Perez, L., & Dragicevic, S. (2009). ***An agent-based approach for modeling dynamics of contagious disease spread***. Int J Health Geogr, 50, 1-18. DOI: 10.1186/1476-072X-8-50

Toubiana, L, & Vibert, JF. A. (1998). ***Neural Network Model for the spread of communicable diseases***. In: Gierl L, Cliff AD, Valleron AJ, Farrington P, Bull M, editors. Geomed' 97. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag. DOI:10.1007/978-3-322-95397-1_19

Verity, R., Okell, L.C., Dorigatti, I., Winskill, P., Whittaker, C., & Imai N. (2020). ***Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: A model-based analysis***. Lancet Infect Dis. 2020; 20(6): 669-77. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30243-7

Verity, R., Okell., L.C., Dorigatti, I., Winskill, P., Whittaker, C., & Imai, N. (2020). ***Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: A model-based analysis***. Lancet Infect Dis, 20(6), 669-677. doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30243-7

Villagomez, E., Zapata, O., & Nieuwenhuijsen, M. (2020). ***The impact of COVID- 19 on public space: a review of the emerging questions***. OfsPrePrints. Retrieved from.DOI:10.31219/osf.io/rf7xa

Wang, Pe., Liu, H., Zheng, Xinqi., & Ma, R. (2023). ***A New method for spatio-temporal transmission prediction of COVID-19.*** Chaos, Solitons and Fractals, 167. DOI: 10.1016/j.chaos.2022.112996

Yu, W., & Ai, T. (2014). **The visualization and analysis of urban facility pois using network kernel density estimation constrained by multi-factors,** Artigos. Bol. Ciênc. Geod, 20 (4), DOI:10.1590/S1982-21702014000400050

Yuan, H.-Y., & Blakemore, C. (2021). ***The impact of multiple non-pharmaceutical interventions on controlling COVID-19 outbreak without lockdown in Hong Kong: A modelling study***. The Lancet Regional Health - Western Pacific, 20. DOI:10.1016/j.lanwpc.2021.100343

Zhang, G. (2022). ***Detecting and Visualizing Observation Hot-Spots in Massive Volunteer-Contributed Geographic Data across Spatial Scales Using GPU-Accelerated Kernel Density Estimation***. International Journal of Geo-Information, 11(55), 1-15. DOI:10.3390/ijgi11010055