Journal of Health and Biomedical Informatics 2024; 11(1): 14-25
doi: 10.34172/jhbmi.2024.10
Medical Informatics Research Center, Kerman University of Medical Sciences

Original article

Spatio-temporal Analysis of Asthma Prevalence in the Tehran Metropolis Using Geographic Information Systems (GIS)

Alireza Mohammadi[1]*, Parya Nasiri[2], Roya Moghabeli[3]

1. Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. PhD. Student of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. M.A Student of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

ARTICLE INFO:

Article History:

Received: 14 Dec 2023

Accepted:13 May 2024

Published: 20 Jun 2024

Corresponding Author:

Alireza Mohammadi

Email:
a.mohammadi@uma.ac.ir

Citation: Mohammadi A, Nasiri P, Moghabeli R. Spatio-temporal Analysis of Asthma Prevalence in the Tehran Metropolis Using Geographic Information Systems (GIS). Journal of Health and Biomedical Informatics 2024; 11(1): 14-25. [In Persian]

Abstract

Introduction: Tehran, one of the world's most polluted cities, faces numerous health challenges, including respiratory diseases. Identifying high-risk areas for specific diseases at different periods is crucial for effective health management within the community.

Method: This applied and descriptive-analytical study employed spatial statistics and GIS to conduct a spatio-temporal analysis of asthma in the Tehran metropolis. The statistical population comprised 1,473 individuals suffering from asthma across 355 neighborhoods within Tehran's legal boundaries between 2017 and 2020. To identify and understand the spatial patterns of asthma, techniques such as central mean and standard deviation ellipse, nearest neighbor index, hot spot analysis, global and local Moran's index, and kernel density estimation were utilized to analyze the spatial distribution patterns within the GIS environment.

Results: The findings revealed a uniform nearest neighbor index in the spatial pattern analysis. The kernel density estimation model showed that in 2017, the highest asthma distribution was observed in the southwestern neighborhoods of Tehran. In 2018, the concentration shifted to the center, southeast, and southwest regions. In 2019, the southeastern areas were most affected, while in 2020, the southeastern and southern parts of Tehran exhibited the highest asthma prevalence.

Conclusion: A comprehensive understanding of asthma hotspots, spatial patterns, and geographical distribution of health has been achieved at the neighborhood level in Tehran, which can be considered in preventive measures.

Keywords: Spatio-temporal analysis, Asthma, Geographic Information System (GIS), Tehran City

© 2024 The Author(s); Published by Kerman University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی دوره ۱۱، شماره ۱، سال ۱۴۰۳، ص ۲۵-۱۴
doi: 10.34172/jhbmi.2024.10
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

مقاله پژوهشی

تحلیل فضا–زمانی بیماری آسم در کلانشهر تهران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

علیرضا محمدی[۱*]، پریا نصیری[۲]، رویا مقابلی[۳]

۱. استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

اطلاعات مقاله:

سابقه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۳

پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۴

انتشار برخط: ۱۴۰۳/۳/۳۱

نویسنده مسئول:

علیرضا محمدی

ایمیل:

a.mohammadi@uma.ac.ir

ارجاع: محمدی علیرضا، نصیری پریا، مقابلی رویا. تحلیل فضا–زمانی بیماری آسم در کلانشهر تهران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۳؛ ۱۱(۱): ۲۵-۱۴.

چکیده

مقدمه: شهر تهران به‌عنوان یکی از شهرهای آلوده جهان، با مشکلات بهداشتی و سلامتی فراوانی از جمله بیماری‌های تنفسی و آسم مواجه هست. شناسایی مناطق با ریسک بالای ابتلا به یک بیماری خاص در دوره‌های زمانی مختلف، اهمیت فراوانی در کنترل بیماری‌ها و مدیریت سلامت در جامعه دارد.

روش کار: این پژوهش کاربردی و توصیفی–تحلیلی با استفاده از آمار فضایی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به تحلیل فضا–زمانی بیماری آسم در کلانشهر تهران پرداخته است. جامعه آماری تحقیق، تعداد مبتلایان به بیماری آسم (۱۴۷۳ نفر) و در ۳۵۵ محله در محدوده قانونی شهر تهران و در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰ می‌باشد. برای شناسایی و درک الگوی مکانی بیماری آسم، در تحلیل الگوی توزیع فضایی از تکنیک‌های میانگین مرکزی و منحنی انحراف استاندارد، شاخص نزدیک‌ترین همسایگی، تحلیل لکه‌های داغ، شاخص موران جهانی و محلی و تحلیل تراکم کرنل در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که شاخص نزدیک‌ترین همسایگی در تحلیل الگوی فضایی به‌صورت یکنواخت بوده و با مدل تخمین کرنل، بیشترین توزیع بیماری آسم در سال ۱۳۹۷، در محلات جنوب غربی تهران، در سال ۱۳۹۸، در مرکز، جنوب شرقی و جنوب غربی و در سال ۱۳۹۹، در جنوب شرقی بوده و در نهایت در سال ۱۴۰۰، بیشترین محلات درگیر بیماری آسم، محلات جنوب شرقی و جنوب تهران می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با تحلیل نتایج، شناخت جامعی از کانون‌های بیماری آسم و الگوهای فضایی و پراکنش جغرافیایی سلامت، در سطح محلات شهر تهران، حاصل شده است که می‌تواند در اقدامات پیشگیرانه مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل فضایی–زمانی، بیماری آسم، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شهر تهران

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

مقدمه

آسم یک بیماری ریوی است که به‌طور اختصار به التهاب نایژه‌ها گفته می‌شود و از علامات بالینی مزمن تنفسی است که منجر به التهاب، تحریک‌پذیری و اسپاسم راه‌های هوایی ریه می‌شود [۱]. از جمله بیماری‌های مزمن دستگاه تنفسی، بیماری آسم می‌باشد. واژه مزمن بر خلاف واژه حاد که بر یک دوره نسبتاً کوتاه بیماری درمان‌پذیر دلالت دارد؛ معمولاً برای دوره بیماری و وضعیتی که گاهی غیرقابل علاج است به‌کار می‌رود و این طولانی بودن دوران بیماری، پیگیری و درمان را برای مبتلایان بسیار مشکل ساخته است [۲]. آسم یک بیماری مزمن تنفسی است که نیاز به مدیریت مداوم پزشکی دارد. در سال ۲۰۱۷، آسم منجر به حدود ۱.۶ میلیون مراجعه به بخش اورژانس (Emergency Department) و ۱۸۳۰۰۰ بستری شدن در بیمارستان در ایالات متحده شد [۳]. سالانه تعداد زیادی از مبتلایان به آسم جان خود را از دست می‌دهند. میزان شیوع بیماری آسم طی نیم قرن گذشته در حال افزایش بوده است. براساس گزارش سال ۲۰۰۷ سازمان بهداشت جهانی ۱۰۰ – ۱۵۰ میلیون نفر در سراسر جهان از آسم رنج می‌برند و تعداد آن هنوز هم در حال افزایش است [۴]. سهم ایران از کل بیماری آسم در دنیا، در منطقه بالاتری از حد متوسط جهانی و منطقه‌ای است، که با گذر به سمت زندگی شهرنشینی و صنعتی در کشور و شرایط اقلیمی و آب و هوایی خاص کشور، همچنین آلودگی‌های ناشی از شرایط صنعتی و توسعه نامتوازن قابل توجیه است [۱]. طبق گزارش انجمن آسم و آلرژی ایران، آمار شیوع آسم در ایران بین ۵ تا ۱۵ درصد است و ۵/۶ میلیون نفر در ایران به آسم مبتلا هستند، همچنین سالانه ۱۵ میلیون نفر در جهان به‌علت بیماری آسم از کار افتاده می‌شوند [۴]. آسم با عوارض قابل توجهی همراه بوده و همچنان مورد توجه وزارت بهداشت و خدمات انسانی ایالات متحده (Health and Human Services) است [۵]. بروز آسم تحت تأثیر استعداد ژنتیکی، تأثیرات محیطی مانند پارامترهای اقلیمی، آلودگی هوا، آلرژی‌ها و محرک‌های شیمیایی موجود در هوا است [۶]؛ بنابراین عوامل متعددی در ایجاد و تشدید این بیماری دخیل هستند که بسته به نوع جغرافیا، شرایط محیطی و سبک زندگی افراد متفاوت است. شناسایی آلرژن‌ها و جلوگیری از قرار گرفتن در معرض آلرژن‌ها بهترین راه برای پیشگیری از آلرژی است [۷]. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که شهرنشینی، سطوح بالای انتشار وسایل نقلیه و سبک زندگی غربی با افزایش فراوانی آلرژی‌های تنفسی، عمدتاً در افرادی که در مناطق شهری زندگی می‌کنند در مقایسه با افرادی که در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، مرتبط است [۸]. علم اپیدمیولوژی علم بررسی وقایع مرتبط با سلامتی در جوامع خاص و تأثیر آن در کنترل مشکلات پیش روی سلامتی و نیز اثرات آن بر تشخیص، درمان و پیشگیری از بیماری‌ها است. به‌عبارت دیگر در مطالعات اپیدمیولوژیک، وسعت انتشار، نوع بیماری‌ها و آسیب‌ها، همچنین گروه‌های انسانی و عوامل مؤثر بر آن‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد.

برای پیشگیری، مدیریت، و کنترل بیماری‌ها از روش‌های مختلف فناوری اطلاعات مثل سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System) استفاده می‌شود. GIS مجموعه یکپارچه‌ای از نرم‌افزار، کامپیوتر و داده است که جهت بصری نمودن و مدیریت اطلاعات مکان‌های جغرافیایی، تحلیل روابط فضایی استفاده می‌شود [۹]. فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌ویژه در ارزیابی رابطه بین وقوع بیماری و کیفیت محیطی مفید است. GIS می‌تواند برای پردازش داده‌های بهداشتی، تجزیه و تحلیل توزیع جغرافیایی، و تهیه نقشه پیش بینی بیماری، نظارت و مدیریت اپیدمی استفاده شود. تجزیه و تحلیل مبتنی بر مکان می‌تواند در انجام مطالعه اپیدمیولوژیک عوامل خطر آسم (قرار گرفتن در معرض)، شناسایی مناطق مستعد ابتلا به آسم، و پیشگیری و مدیریت بیماری مؤثر باشد [۱۰]. از آنجایی که مناطق مجاور از نظر جنبه‌های مکانی و زمانی دارای ویژگی‌های مشابه هستند، به‌کارگیری GIS برای کشف الگوهای رویدادهای سلامتی، بسیار مؤثر بوده و اخیراً مورد توجه بیشتری قرار گرفته است [۱۱]. در این راستا سیستم‌های اطلاعات جغرافیا (GIS) ابزار بسیار مفیدی برای تصمیم‌گیری است و قابلیت‌های برای تجسم اطلاعات فضا-زمان دارد.

بنابراین با استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی فضایی-زمانی، با مشخص شدن خوشه‌های با تقاضای بالا (نقاط داغ)، مناطقی که نرخ بیماری به‌طور قابل توجهی بیشتر بوده، شناسایی می‌شوند در حالی که خوشه‌های کم‌تقاضا (نقاط سرد) مناطق با نرخ بیماری کمتر را نشان می‌دهند [۱۲]. در سطح یک شهر، شناسایی مناطق با ریسک بالای ابتلا به یک بیماری خاص و بررسی رفتار هر بیماری در دوره‌های زمانی مختلف، اهمیت فراوانی در کنترل بیماری‌ها و مدیریت سلامت در جامعه دارد. تحلیل‌های زمین آماری جهت بررسی وجود ارتباط بین بیماری‌های

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

مختلف در یک زمان خاص و در یک مکان با مناطق اطراف آن، ابزار های مختلفی دارند. شاخص محلی موران (LOCAL MORAN'S I INDEX) با تحلیل همسایگی و ارزیابی بیماری‌ها و پیدا کردن فاصله مؤثر همسایگی در زمان‌های مختلف، به شناسایی نقاط با ریسک بالا (HOT SPOT) می‌پردازد. شاخص موران نحوه ارتباط یک متغیر در فضا و زمان با مناطق همسایه و نقاط داغ بیماری‌ها و کلاسه‌بندی آن‌ها در خوشه‌های مکانی را شناسایی می‌کند [۱۳]. بر این اساس در این مطالعه از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. روش‌های تحلیل فضایی می‌تواند با نشان دادن خوشه‌ها و ناخوشه‌ها و نقاط داغ، وضعیت بیماری آسم را در شهر تهران مشخص نماید و به‌عنوان راهنمایی جهت تصمیم‌گیری افراد و سیاست‌گذاران بخش بیمارستان باشد.

در پژوهشی با عنوان «اثرات تغییر اقلیم و آلودگی هوا بر آسم و آلرژی تنفسی»، بیان شد که از آنجایی که آلرژن‌های موجود در هوا و آلاینده‌های هوا به‌طور همزمان در اتمسفر افزایش می‌یابند، پاسخ افزایش یافته با واسطه IgE به آلرژن‌های هوا و افزایش التهاب راه‌های هوایی می‌تواند علت افزایش فراوانی آلرژی‌های تنفسی و آسم در افراد آتوپیک در پنج دهه اخیر باشد. آلرژی به گرده اغلب برای مطالعه رابطه متقابل بین آلودگی هوا و بیماری‌های آلرژیک تنفسی مانند رینیت و آسم برونش استفاده می‌شود. عوامل اقلیمی (دما، سرعت باد، رطوبت، رعد و برق و غیره) می‌توانند بر هر دو مؤلفه (بیولوژیکی و شیمیایی) این تعامل تأثیر بگذارند [۸]. پژوهشی دیگر نتایج نشان داد که دمای شدید یک محرک و فعال‌کننده بالقوه آسم است و هم گرمای شدید و هم سرمای شدید، می‌توانند خطر ابتلا به آسم را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند [۱۴]. در پژوهشی دیگر Hashimoto و همکاران، GIS را برای تجزیه و تحلیل فضایی آسم پیاده‌سازی کرده‌اند و تأثیر آب و هوا بر بیماران اورژانسی مبتلا به حملات آسم در توکیو، ژاپن را بررسی نمودند [۱۵]. Gorai و همکاران یک رویکرد مبتنی بر GIS را برای ارزیابی رابطه بین آلودگی هوا و آسم در نیویورک، ایالات متحده آمریکا به‌کار گرفت [۱۶]. Maantay یک رویکرد مبتنی بر GIS برای بررسی رابطه بین آلودگی هوا و آسم در نیویورک پیشنهاد کرد. نتایج نشان داد افرادی که در نزدیکی مناطق مضر زندگی می‌کنند ۶۶ درصد بیشتر در معرض ابتلا به آسم هستند [۱۷]. در پژوهشی دیگر نامور و همکاران نشان دادند که در سال ۱۳۹۴ حدود ۸۲ درصد از مرگ و میرها در ایران به دلیل بیماری‌های مزمن غیرواگیر بوده که ۴ درصد آن مربوط به بیماری‌های تنفسی بوده است و شیوع آسم در استان تهران بیشتر از سایر استان‌های ایران است که شیوع بیشتر آسم در تهران در مقایسه با آمار عمومی ایران، ناشی از عوامل مختلف دخیل در آسم از جمله آلودگی بالای هوا در استان تهران است [۱۸].

هدف از این مطالعه تحلیل فضا-زمانی و اپیدمیولوژیک بیماری آسم در شهر تهران است. این پژوهش همچنین به تجزیه و تحلیل فضایی زمانی و اپیدمیولوژیک مراجعه بیماران مبتلا به آسم به مراکز خدمات‌رسانی موجود و تحلیل و شناسایی الگوهای مکانی و زمانی بیماری آسم در محدوده‌ی مورد مطالعه می‌پردازد.

روش کار

معرفی محدوده

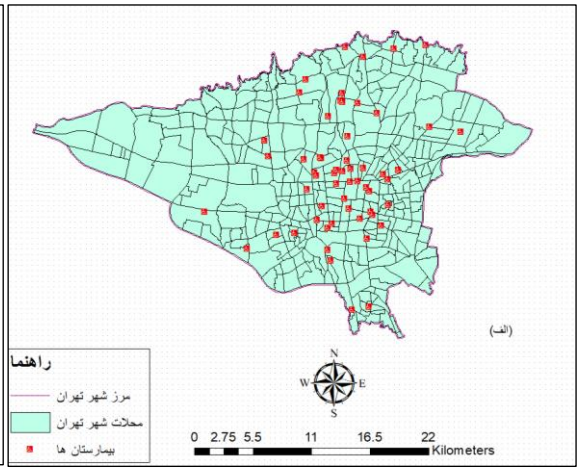
این پژوهش از نوع توصیفی و تحلیل اکتشافی است. به عبارت دیگر به دنبال پاسخ به پرسش‌هایی است که پیشتر فرضیه‌ای برای آن مطرح نشده و پژوهشی در مورد آن در محدوده مورد بررسی انجام نشده است. قلمرو جغرافیایی پژوهش شهر تهران می‌باشد. شهر تهران در مرکز استان تهران با مساحتی بالغ بر ۷۳۰ کیلومترمربع واقع شده است. این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۸۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرارگرفته است و ارتفاع آن از ۱۷۰۰ متر در شمال به ۱۲۰۰ متر در مرکز و بالاخره ۱۱۰۰ متر در جنوب می‌رسد. این شهر دارای ۲۲ منطقه شهرداری است. این شهر در برآورد سال ۱۴۰۱ بالغ بر ۹٬۰۳۹٬۰۰۰ نفر، جمعیت داشته و سی و چهارمین شهر پرجمعیت جهان و پرجمعیت‌ترین شهر غرب آسیا می‌باشد [۱۹].

داده‌های این پژوهش از سیستم اطلاعات بیمارستانی (Health and Human Services) شهر تهران استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق، تعداد مبتلایان به بیماری آسم (۱۴۷۳ نفر) و در ۳۵۵ محله در محدوده قانونی سطح تهران، در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰ می‌باشد و لیست تمامی افرادی که به‌علت بیماری آسم به بیمارستان مراجعه کرده‌اند؛ به‌همراه اطلاعات سکونت، دموگرافیک، بالینی، و وضعیت اجتماعی-اقتصادی اخذ شده است و با استفاده از سرویس Geocoding در Google map و Open Street Map ابتدا طول و عرض جغرافیایی آدرس بیمارستان محاسبه و نهایتاً توزیع جغرافیایی مراکز خدمات به بیماران مبتلا به آسم، در سطح منطقه

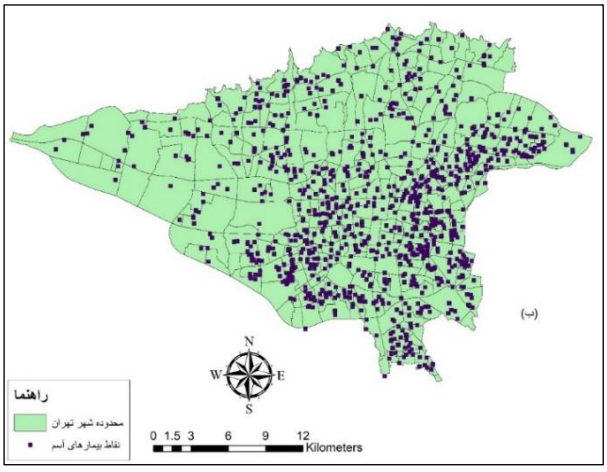
[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

جغرافیایی مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS مدل‌سازی شده است. سپس نقاط سکونت افراد مبتلا به آسم، با تحلیل Kernel density در نرم‌افزار ArcGIS مورد آنالیز قرار گرفت، تا نقشه شهری، خوشه‌بندی گردد و خوشه‌هایی با بیشترین تقاضای خدمات بیماران آسم شناسایی شوند. بر روی نقشه خوشه‌بندی شده، تحلیل Hot spot از طریق نرم‌افزار ArcGIS انجام پذیرفت. این تحلیل مشخص می‌کند که خوشه‌هایی که در مرحله قبل کشف شده‌اند، آیا به لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌اند یا صرفاً به‌صورت تصادفی این خوشه‌ها به‌وجود آمده است.

شکل ۱ الف)، توزیع نقطه‌ای بیمارستان‌های آسم در شهر تهران و شکل ۲ ب)، توزیع نقطه‌ای بیماران مبتلا به آسم در این محدوده را نشان می‌دهد. برای تجزیه و تحلیل‌های فضایی از تابع شاخص نزدیک‌ترین همسایگی، شاخص موران محلی، شاخص موران جهانی و تحلیل لکه‌های داغ، میانگین مرکزی و انحراف استاندارد و در نهایت مدل تراکم کرنل، در محیط GIS بررسی استفاده شده است.



شکل ۱: الف)، توزیع نقطه‌ای بیمارستان‌های آسم در شهر تهران



شکل ۲: ب)، توزیع نقطه‌ای بیماران مبتلا به آسم در محدوده شهر تهران

روش‌های تحلیل الگوی فضایی

• روش تخمین تراکم کرنل

یکی از توابع تحلیل فضایی مهم در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، تابع تراکم کرنل می‌باشد. این تابع می‌تواند تراکم یک عارضه جغرافیایی را در یک منطقه و نیز یک پهنه و یک سطح همواری را با توجه به مساحت و نوع متغیر در سطح منطقه به تصویر بکشد. همچنین یکی از آزمون‌های مناسب برای تصویر کشیدن داده‌های خطی و مخصوصا نقطه‌ای به‌صورت پیوسته است [۲۰]. روش تحلیل تراکم نقطه‌ای کرنل از جمله تحلیل‌های آنالیز فضایی در نرم‌افزار Arc GIS است که تحت عنوان تخمین تراکم برای عوارض خطی و نقطه‌ای به‌کار گرفته می‌شود [۲۱].

• روش میانگین مرکزی

این تحلیل مشابه میانگین در آمار معمولی است که به صورت مشابه محاسبه می‌شود. این تحلیل مرکز جغرافیایی و یا مرکزثقل مجموعه‌ای از عوارض را شناسایی می‌کند. خروجی این ابزار یک لایه جدید خواهد بود که در آن نقطه میانگین مرکزی عوارض قابل مشاهده شده است [۲۲].

• روش منحنی انحراف استاندارد

توزیع زیادی از پدیده‌های جغرافیایی در فضا جهت‌دار بوده و نمی‌توان آن را با دایره نشان داد. در مواردی می‌توان با محاسبه واریانس محورهای x و y به‌صورت جداگانه و مستقل روند و جهت توزیع پدیدها در فضا را نشان داد که بیان می‌کند توزیع عوارض جغرافیایی در فضا به‌صورتی جهت‌دار صورت گرفته‌اند یا خیر [۲۲].

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی دوره یازدهم شماره اول، سال ۱۴۰۳، ص ۲۵-۱۴
doi: 10.34172/jhbmi.2024.10
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

- **روش تحلیل نزدیک‌ترین همسایگی**

شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایگی، از آزمون‌های خوشه‌بندی است که برای بررسی نوع پراکندگی پدیده‌ها از آن استفاده می‌گردد. بنابراین استفاده از این روش، شاخصی به نام RN(Rate Neighborhood) شاخص همسایگی (میزان مجاورت)، به‌دست می‌دهد که دامنه آن بین عدد صفر تا ۱۵/۲ متغیر می‌باشد. این شاخص، پراکندگی سکونت‌گاه‌ها و عناصر را جدا از عوامل مؤثر در شکل‌گیری آن و در سطح ناحیه نشان می‌دهد و در نتیجه هر چقدر مقدار RN به صفر نزدیک‌تر باشد؛ نشانگر الگوی توزیع متراکم و خوشه‌ای بوده و هرچه به ۱۵/۲ نزدیک‌تر باشد، بیانگر الگوی منظم و عدد یک نیز بیان‌کننده الگوی تصادفی توزیع سکونت‌گاه‌ها است [۲۰].

- **شاخص خود همبستگی فضایی موران جهانی**

یکی از شاخه‌های جالب و در حال رشد آمار فضایی مربوط به خود همبستگی فضایی می‌باشد. خودهمبستگی به رابطه بین مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خود همبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر باقیمانده شدیداً باهم در ارتباط فضایی باشند. به‌عبارت دیگر تغییراتشان به‌صورتی سیستماتیک رخ دهند. خود همبستگی مفهومی نسبتاً ساده است و در حقیقت بسط همین مفهوم در آمار متعارف است؛ بنابراین خودهمبستگی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر یک متغیر که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک هستند و باهم مرتبط باشند [۲۲].

- **مدل خود همبستگی فضایی محلی**

از آنجایی که ضریب موران قادر به تشخیص تفاوت‌های محلی نیست و چنین می‌توان برداشت کرد که هم نواحی با تمرکز مقادیر بالاو نواحی با تمرکز مقدار پایین در مجاورت یکدیگرقر ار دارند، برای غلبه بر این مشکل از تحلیل خوشه‌ای و ناخوشه‌ای استفاده شده است. این مدل ابزارهای بسیار مفید برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشد. اگر فرض کنیم تعدادی عارضه جغرافیایی وزن‌دهی شده داشته باشیم، این مدل نشان می‌دهد که در کدام نواحی مقادیر زیاد و یا کم پدیده‌ها در فضا به‌صورت خوشه‌ای توزیع شده‌اند و همچنین کدام عوارض دارای مقادیر بسیار متفاوت از عوارض پیرامونی خود هستند [۲۳].

- **تحلیل نقاط داغ**

پژوهشگران مکانی، اصطلاح «نقطه داغ» را برای بیان موقعیت مکانی نقاطی که دارای فراوانی وقوع هستند؛ تعریف کرده‌اند. یک نقطه داغ ممکن است به‌تنهایی در یک موقعیت معین قرار داشته باشد و یا به‌صورت مجموعه‌ای وابسته به یکدیگر باشند. در شهرها نیز یک بلوک و یا چندین بلوک و یا یک محله به‌طور کامل، می‌توانند نقاط داغ محسوب شوند.

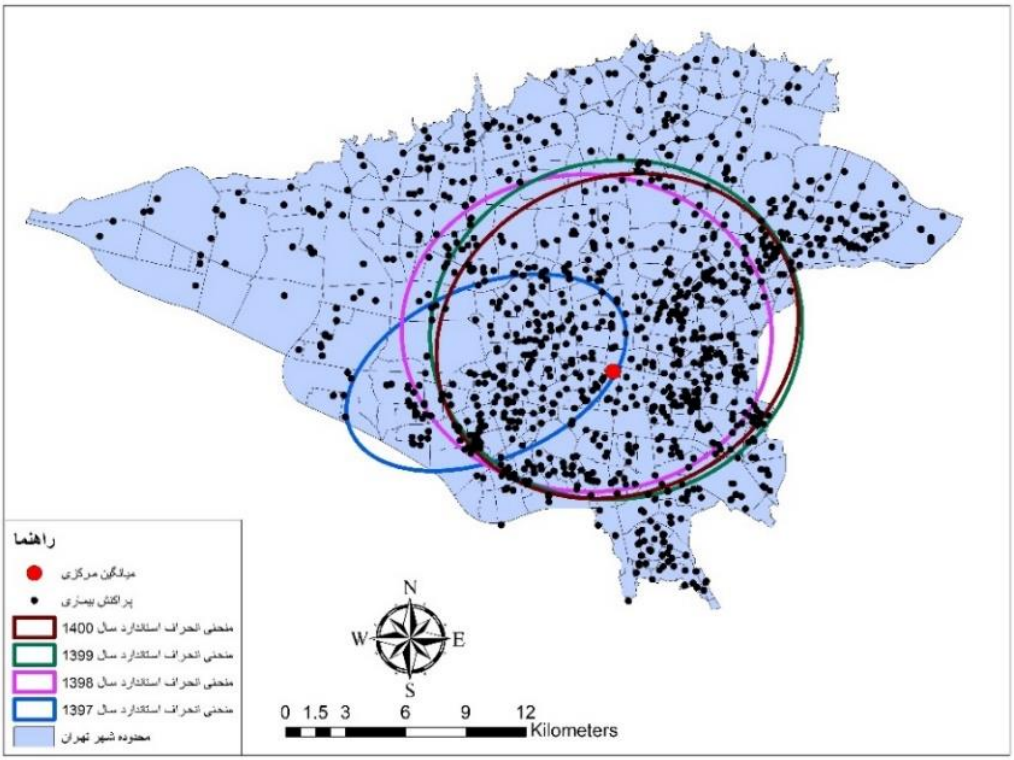
درحالی‌که تعریف مشخصی از نقاط داغ وجود ندارد؛ اما این اصطلاح اغلب برای بیان عوارض نقطه‌ای و آماری که گرایش به تمرکز در مکان‌های به‌خصوصی دارند، به‌کار می‌رود. نقاط داغ با عناوین دیگری چون کانون‌ها و مسیرهای داغ نیز به‌کار می‌رود [۲۴]. تحلیل نقاط داغ، فرایندی است که طی آن می‌توان مقادیر یک کمیت در نقطه‌ای با مختصات معلوم را با استفاده از مقادیر همان کمیت در نقاط دیگر با مختصات معلوم به دست آورد. این روش میان‌یابی خاصی است که فرض می‌کند فاصله یا جهت بین نقاط نمونه‌برداری شده اشاره به وجود همبستگی فضایی دارد. این میان‌یاب می‌تواند تابعی ریاضی را به تعداد مشخصی از نقاط یا همه نقاط درون شعاعی خاص تعمیم دهد. به‌کارگیری این روش شامل چند مرحله می‌شود: تحلیل آماری داده بنام مدل‌سازی واریوگرام و سپس ایجاد سطح و تحلیل پراکندگی نقاط در سطح. این تابع در هنگامی‌که اطلاعاتی درباره‌ی فاصله یا جهتی خاص وجود دارد، بهترین روش میان‌یابی تلقی می‌شود [۲۵].

نتایج

نتایج نشان داد، که جمعاً تعداد ۶۴ بیمارستان ویژه بیماران آسم در مناطق ۲۲ گانه تهران، در ۳۵۵ محله، وجود داشت که تعداد کل افراد مبتلا به آسم در بازه سال‌های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰، برابر با ۱۴۷۳ نفر بوده که از تعداد، ۷۷۲ نفر مرد و ۷۰۱ نفر زن بوده است.

برای بررسی، تجزیه و تحلیل الگوی فضایی بیماری‌های آسم در سطح محلات شهر تهران در بازه زمانی ۱۴۰۰تا۱۳۹۷ پرداخته شده، که در این بخش یافته‌های تحلیلی از طریق جغرافیای توزیع آسم، الگوی فضای توزیع آسم، و کانون‌های داغ مناطق پرخطر و کم خطر (میانگین مرکزی و منحنی انحراف استاندارد، شاخص نزدیک‌ترین همسایگی، تحلیل لکه‌های داغ، شاخص موران جهانی و محلی و تحلیل تراکم کرنل) ارائه گردیده است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]



شکل ۳: مرکزیت ثقل و سطح تمرکز توزیع فضایی بیماری آسم در سطح محلات شهر تهران در بازه زمانی ۱۴۰۰تا ۱۳۹۷

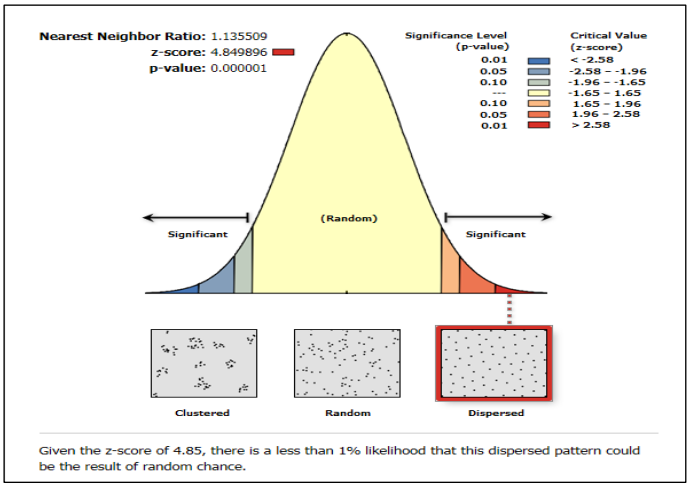
جغرافیای پراکندگی بیماری آسم با روش میانگین مرکزی و روش منحنی انحراف استاندارد

در این تحلیل میزان گرایش به مرکز و توزیع جغرافیایی کلی بیماران آسم در سطح شهر تهران بررسی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مرکز میانگین و بیضی انحراف معیار برای سنجش گرایش به مرکز و جهت پراکندگی توزیع بیماران آسم در سطح محلات شهر تهران، مربوط به مرکز شهر از قبیل محلات انقلاب و جمهوری می‌باشد و منحنی بیضی انحراف معیار مربوط به بیماری در سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰، به سمت جهت‌های شمال شرقی و جنوب غربی می‌باشد که تقریبا محدوده وسیعی از شهر تهران را فرا گرفته است (شکل ۳).

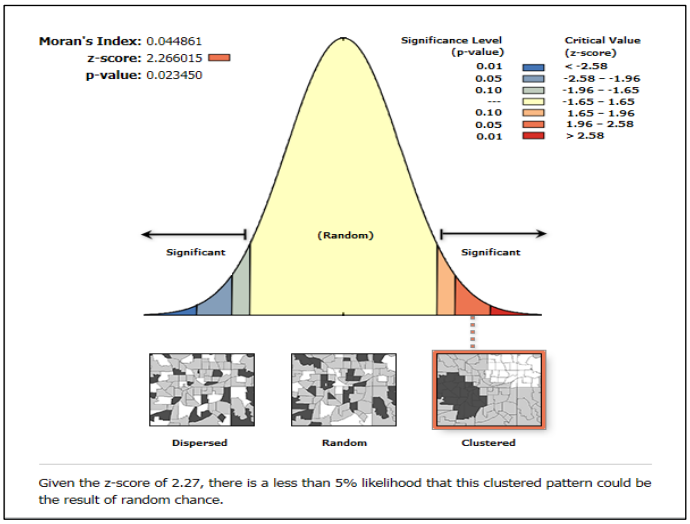
بررسی پراکنش بیماری آسم با شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایگی

برای آزمون خوشه‌بندی از شاخص نزدیک‌ترین همسایگی استفاده شد که مطابق شکل ۴، نسبت نزدیک‌ترین همسایگی برابر با ۱.۱۳۵۵۰۹ که بزرگ‌تر از یک است که بیانگر الگوی توزیع یکنواخت داده‌ها و بیماری آسم در سطح شهر تهران می‌باشد.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]



شکل ٤: الگوی پراکنش بیمارهای آسم در سطح محلات کلانشهر تهران با استفاده از تحلیل شاخص نزدیک‌ترین همسایگی



شکل ٥: الگوی پراکنش بیمارهای آسم در سطح محلات کلانشهر تهران با استفاده از حاصل خود همبستگی فضایی موران

بررسی نحوه توزیع بیماری آسم با شاخص خود همبستگی فضایی موران جهانی

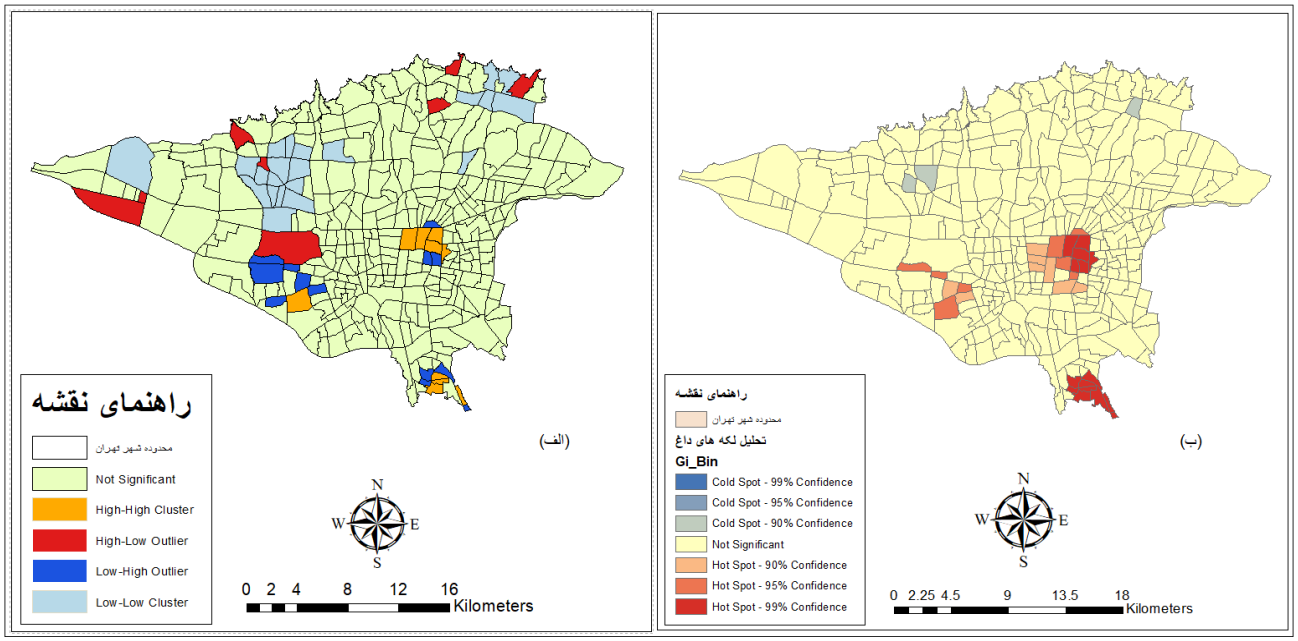
براساس یافته‌های حاصل از ضریب موران جهانی، بیماری آسم در سطح شهر تهران به این صورت توزیع داده شده است که p-value کوچک‌تر و z-score بیشتر و شاخص موران بزرگتر از صفر است، بنابراین شاخص ما خوشه‌ای است (شکل ۵).

تحلیل کانون‌های داغ مناطق پرخطر

شاخص دیگر خود همبستگی فضایی آماره G عمومی است. تهیه نقشه‌های تحلیل لکه‌های داغ و سرد (G عمومی)که طیفی از رنگ‌های سرد و گرم را برای نمایش محلات از نظر تمرکز رویدادها و عارضه‌های فضا -مکانی به‌کار می‌برد، می‌تواند معنی‌داری در برخورداری محلات را به خوبی نشان دهد، بنابراین در این پژوهش برای بیان موقعیت مکانی محلاتی که دارای فراوانی وقوع بیماری آسم هستند، از روش تحلیل نقاط داغ و سرد استفاده شده است (شکل ۷). در این تحلیل، نقاطی که با رنگ نارنجی مشخص شده، نشانگر توزیع بیماران آسم خوشه‌ای شدید، رنگ آبی کم‌رنگ خوشه‌ای کم، رنگ قرمز ناخوشه‌ای زیاد و رنگ آبی ناخوشه‌ای کم، می باشد. نتایج آزمون تحلیل نقاط داغ (شکل ۶) و نیز نتایج تحلیل خوشه‌ای و ناخوشه‌ای موران محلی (شکل ۵)، نشان می‌دهند که توزیع بیماران آسم در محلات کلانشهر تهران، در قسمت‌های جنوب شرقی و جنوب غربی، از الگوی خوشه‌ای تبعیت می‌کند و مطابق شکل ۷، پراکنش بیماری آسم، در بخشی از محلات جنوب شهر تهران، خوشه‌بندی زیاد را در معرض دید قرار داده است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

بنابراین در شکل ۷، محدوده‌هایی که با رنگ آبی کم‌رنگ با سطح اطمینان ۹۵ درصد، محدوده‌ای است که لکه‌های سرد را به ما نشان می‌دهد و در آن نقاط، مقادیر کم بیماران مبتلا به آسم تجمع یافته‌اند. همچنین نواحی قرمز پر رنگ، محدوده‌هایی هستند که با سطح اطمینان ۹۹ درصد، لکه‌های داغ را به ما نشان می‌دهند و در آن‌ها مقادیر بالای پراکنش بیماران متمرکز شده‌اند. نتایج این تحلیل‌ها، می‌تواند برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در زمینه توزیع و نحوه تخصیص امکانات بیمارستان‌های آسم، مورد استفاده قرار گیرد.



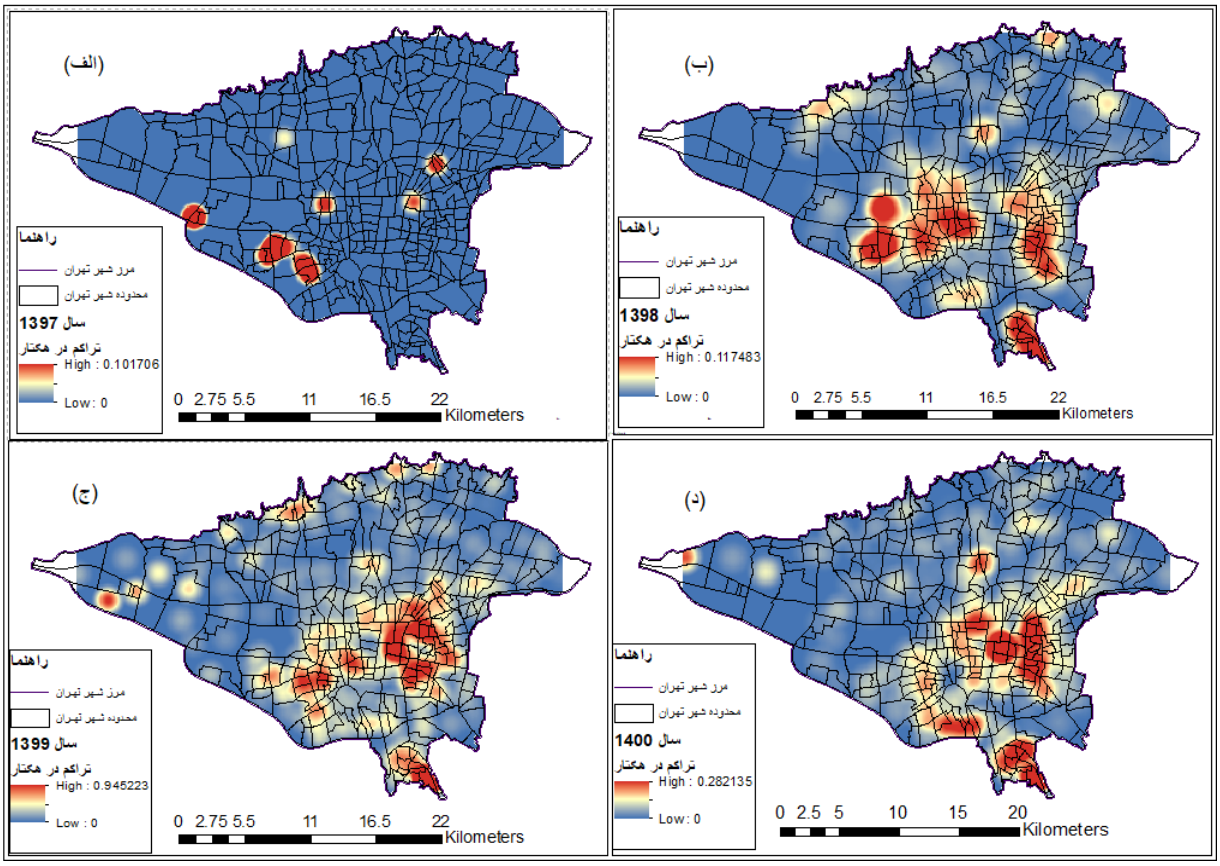
شکل ٦: تحلیل نقاط داغ و تحلیل خوشه‌ای و ناخوشه‌ای بیماری آسم در سطح محلات شهر تهران در بازه زمانی ١٤٠٠ تا ١٣٩٧

روش تخمین تراکم کرنل

برای به تصویر کشیدن داده‌های بیماری آسم در سطح محلات شهر تهران به‌صورت پیوسته از روش تخمین تراکم کرنل استفاده شده است و به کمک این روش، سطح همواری از تغییرات در تراکم نقاط بیماری‌های آسم در سطح شهر تهران بررسی می‌شود. شکل ۲ گسترش شیوع بیماری‌های آسم را در سطح محلات کلانشهرتهران در چهار دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۹۷تا۱۴۰۰ را نشان می‌دهد که در شکل ۲-الف) بیشترین توزیع بیماری آسم در سال ۱۳۹۷، در محلات جنوب غربی تهران، در شکل ۲-ب) در سال ۱۳۹۸، در مرکز و جنوب شرقی و جنوب غربی، و در شکل ۲-ج) در سال ۱۳۹۹، در جنوب شرقی بوده و در نهایت در شکل ۲-د) در سال ۱۴۰۰، بیشترین محلات درگیر بیماری آسم، محلات جنوب شرقی و جنوب تهران می‌باشد؛ بنابراین توزیع بیماری آسم در محلات کلانشهر تهران بیشتر در نواحی مرکزی به سمت جنوب شرقی شهر بوده و در نواحی غربی کمتر مشاهده می‌گردد و در طول دوره زمانی رو به افزایش است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی دوره یازدهم شماره اول، سال ۱۴۰۳، ص ۲۵-۱۴
doi: 10.34172/jhbmi.2024.10
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان



شکل ۷: مدل تخمین تراکم کرنل، بیماران مبتلا به آسم در سطح محلات شهر تهران
در بازه زمانی الف) سال ۱۳۹۷، ب) سال۱۳۹۸، ج) سال ۱۳۹۹، د) سال ۱۴۰۰ (تعداد بیمار در هکتار)

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی و تحلیل محدوده‌های بیماری آسم در سطح شهر و با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی این امکان را فراهم می‌سازد که تا سازمان بهداشت هر کشوری نسبت به شناسایی عوامل بیماری‌زا اقدام و در کاهش نرخ رشد آن اقدام نماید. با استفاده از نتایج تحلیل این تحقیق در رابطه با بیماری‌های آسم در سطح محلات شهر تهران، می‌توان اقدامات پیشگیرانه‌ای را ارائه داد. از یافته‌های این پژوهش چند نتیجه مهم به‌دست می‌آید نخست، روش شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایگی نشان داد که الگوی بیماری آسم در کلانشهر تهران با ضریب اطمینان ۹۹درصد، از نوع پراکندگی است. اغلب این بیمارها که به‌صورت واگیردار منتشر می‌شود، دلیل بر این که خاصیت مسری بودن آن‌ها، به‌سرعت در تمامی محلات شهر گسترش می‌یابند، و در خصوص شهر تهران نیز این امر صادق می‌باشد. همچنین مطابق تحلیل نتایج میانگین مرکزی بیضی انحراف معیار نشان داد که درگیری بیماران آسم در کلانشهر تهران در محلات مابین انقلاب و جمهوری که به‌عنوان محلات مرکزی شهر هستند، وجود داشت. عوامل مختلف اجتماعی و زیست‌محیطی در مرکزیت این محلات در مورد بیماری‌های آسم دخیل هستند، از جمله کاهش رونق زندگی اجتماعی، زوال فیزیکی کالبدی و کارکردی به‌طور کلی می‌توان گفت که باعث افت زیست‌پذیری این محلات شده است و همچنین نتایج مطابق یافته‌های تحقیق با استفاده از مدل تخمین تراکم کرنل دربازه زمانی ۱۳۹۷-۱۴۰۰ نشان داد که در سال ۱۳۹۷محلاتی که مبتلا به بیماری آسم بودند، به سمت جنوب غرب شهر تهران قرار گرفته است و در سال ۱۳۹۸، محلاتی که بیشترین درگیری بیماری آسم را داشتند، اغلب شامل محلاتی بودند که در مرکز و به سمت جنوب شرقی و جنوب غربی واقع شده‌اند و در سال ۱۳۹۹، بیشترین درگیری بیماری آسم در محلات سمت جنوب شرق و به‌طرف جنوب غرب تهران می‌باشد و در نهایت در سال ۱۴۰۰، بیشترین محلاتی که درگیر بیماری آسم بودند، محلات سمت جنوب شرق و به‌طرف جنوب تهران می‌باشد.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

نتایج تحقیقات این مطالعه نشان می‌دهد که در کلانشهر تهران، آلودگی هوا با رشد و گسترش فضایی بیماری آسم به‌ویژه در بخش‌های مرکزی و نیمه جنوبی شهر، می‌تواند رابطه مستقیم داشته باشد. این یافته با مطالعات پیشین [۱۸-۱۵، ۸]. همسویی دارد که در آن مطالعات، نقش مهم آلودگی هوا در شیوع و رشد بیماری آسم ثابت شده است. به‌دلیل تمرکز کارخانجات آلاینده در پیرامون شهر، استفاده نامحدود از سوخت‌های فسیلی توسط میلیون‌ها خودرو، فشردگی و تمرکز فعالیت‌ها و ساختمان‌ها، از عوامل مهم تشدید آلودگی هوای شهر تهران است.

پراکندگی بیماری‌های آسم در مطالعه حاضر، با توجه به آلوده شدن زیست‌محیطی درکلانشهر تهران، افزایش یافته است. این آلاینده‌ها می‌توانند تشدید شوند و منجر به بروز بیماری آسم و نارسایی‌های تنفسی از جمله ذات‌الریه و مرگ و میر بیماران گردند و با توجه به نتایج و یافته‌های پژوهش، بیماری آسم در محلات واقع در نواحی مرکزی و جنوب شرقی شهر تهران بیشتر از سایر نواحی مشاهده شده و در بازه زمانی بررسی شده، میزان ابتلا به بیماری آسم در محلات افزایش یافته است.

مطالعه حاضر با محدویت‌هایی مواجه بوده است که از آن جمله می‌توان به عدم همکاری سازمان‌ها و واحدهای اجرایی و اداری و مسئولین بخش‌ها و بیمارستان با پژوهشگران و طولانی بودن طی مراحل اداری اخذ مجوزهای لازم برای تخصیص داده‌ها به پژوهشگران حوزه سلامت از جمله محدودیت‌های تحقیق می‌باشد. از دیگر محدودیت‌های این مطالعه عدم ثبت درست و کامل داده‌های بیماران مبتلا به آسم در بیمارستان‌ها می‌باشد.

باتوجه به بررسی‌های انجام شده براساس یافته‌های تحقیق، نتیجه‌ای که به دست می‌آید نشان می‌دهد که طبق روش شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، الگوی پراکنش بیماری آسم درکلانشهر تهران، با ضریب اطمینان ۹۹ درصد، از نوع پراکندگی بوده است و همچنین تحلیل نتایج روش میانگین مرکزی بیضی انحراف معیار، بیشترین درگیری بیماری آسم را در محلات مرکزی کلانشهر تهران نشان داده است. عوامل مختلف اجتماعی و زیست‌محیطی در مرکزیت این محلات در مورد بیماری‌های آسم دخیل هستند و همچنین نتایج روش خود همبستگی فضایی (شاخص موران) نشان داد که بین الگوی داده‌های بیماری آسم در سطح تهران، تأثیر سطح معناداری پایین و دارای ویژگی‌های الگوی خوشه‌ای است. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در سطح محلات کلانشهر تهران، اغلب محلاتی که از لحاظ اجتماعی، زیست‌محیطی، آلودگی هوا و کیفیت زندگی در درجه پایین‌تری قرار دارند، بیشترین گسترش فضایی و بروز بیماری آسم را دارا بودند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

حمایت مالی

این مقاله از طرح پژوهشی با عنوان «تحلیل فضا-زمانی بیماری آسم در کلانشهر تهران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)» و با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی استخراج شده است.

کد اخلاق

کد اخلاق این مطالعه با شماره IR.SBU.REC.1399.076 از دانشکده علوم پزشکی دانشگاه شهید بهشتی تهران گرفته شده است.

سهم مشارکت نویسندگان

این پژوهش با همکاری و مشارکت تمامی نویسندگان صورت گرفته است و مدیریت کار و ویرایش نهایی، به عهده علیرضا محمدی (نویسنده مسئول) بوده است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]

References

[1]. Shafiinejad S, Ebrahimi Qavamabadi L. Investigating the effect of particulate matter on the health of residents of Ahwazi based on the opinion of doctors. The First National Conference on Environmental Research; 2013 Oct 31; Hamedan: Shahid Muftah University; 2012. [In Persian]
[2]. Ghafari J. An Outlook on the Role of Genetic and Environmental Factors in Asthma. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 2018 ;28(166):246-9. [In Persian]
[3]. Razavi-Termeh SV, Sadeghi-Niaraki A, Choi SM. Spatial modeling of asthma-prone areas using remote sensing and ensemble machine learning algorithms. Remote Sens 2021; 13(16): 3222. https://doi.org/10.3390/rs13163222
[4]. Mohajjel Aghdam A, Hasankhani H, Gharemohammadlu R, Esmaeily M. Relation of patients self-efficacy with control of asthma symptoms. J Gorgan Univ Med Sci 2013; 15(2) :70-6. [In Persian]
[5]. Summaries S. Morbidity and Mortality Weekly Report. MMWR Surveillance Summaries 2021; 70(8): 293.
[6]. Khasha R, Sepehri MM, Taherkhani N. Asthma Control Level Assessment by Moving from the Current Reactive Care Models into a Preventive Approach based on Fuzzy Clustering and Classification Algorithms. Payavard Salamat 2020; 14 (3) :201-14. [In Persian]
[7]. Kanani Sadat Y, Karimipour F, Kanani Sadat A. Investigating the relation between prevalence of asthmatic allergy with the characteristics of the environment using association rule mining. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2014;40:169-74. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W3-169-2014
[8]. D'amato G, Vitale C, De Martino A, Viegi G, Lanza M, Molino A, et al. Effects on asthma and respiratory allergy of Climate change and air pollution. Multidisciplinary Respiratory Medicine 2015;10(1):1-8. doi:10.1186/s40248-015-0036-x
[9]. Kelly GC, Tanner M, Vallely A, Clements A. Malaria elimination: moving forward with spatial decision support systems. Trends in Parasitology 2012;28(7):297-304. doi:10.1016/j.pt.2012.04.002
[10]. Svendsen ER, Gonzales M, Mukerjee S, Smith L, Ross M, Walsh D, et al. GIS-modeled indicators of traffic-related air pollutants and adverse pulmonary health among children in El Paso, Texas. American Journal of Epidemiology 2012;176(suppl_7):S131-41. https://doi.org/10.1093/aje/kws274
[11]. MohammadEbrahimi S, Mohammadi A, Bergquist R, Dolatkhah F, Olia M, Tavakolian A, et al. Epidemiological characteristics and initial spatiotemporal visualisation of COVID-19 in a major city in the Middle East. BMC Public Health 2021;21:1-8. doi:10.1186/s12889-021-11326-2
[12]. Kulldorff M, Heffernan R, Hartman J, Assunçao R, Mostashari F. A space–time permutation scan statistic for disease outbreak detection. PLoS Medicine 2005;2(3):e59. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020059
[13]. Karami J, Delfan S, Shamsoddini A. Role of time in spatial analysis of diseases in Tehran. Journal of Geomatics Science and Technology 2016; 5(4):227-38. [In Persian]
[14]. Han A, Deng S, Yu J, Zhang Y, Jalaludin B, Huang C. Asthma triggered by extreme temperatures: from epidemiological evidence to biological plausibility. Environmental Research 2023;216:114489. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114489
[15]. Hashimoto A, Suenaga K, Gloter A, Urita K, Iijima S. Direct evidence for atomic defects in graphene layers. Nature 2004;430(7002):870-3.
[16]. Gorai AK, Tuluri F, Tchounwou PB. A GIS based approach for assessing the association between air pollution and asthma in New York State, USA. Int J Environ Res Public Health 2014;11(5):4845-69. https://doi.org/10.3390/ijerph110504845
[17]. Maantay J. Asthma and air pollution in the Bronx: methodological and data considerations in using GIS for environmental justice and health research. Health & Place 2007;13(1):32-56. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.09.009
[18]. Namvar Z, Yunesian M, Shamsipour M, Hassanvand MS, Naddafi K, Shahhosseini E. Cross-sectional associations between ambient air pollution and respiratory signs and symptoms among young children in Tehran. Atmospheric Environment 2020;223:117268. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117268
[19]. National Statistics Center of Iran; 2021. [cited 2024 Jan 10]. Available from: https://amar.thmporg.ir
[20]. Fazel S, Bekmohammadi H. An analysis of population special structure in urban system in esfahan province: 1335-1385. Journal of Environmental Planning 2012;5(19): 143-63. [In Persian]
[21]. Seydai SE, Jahangir E, Darabkhani R, Panahi A. Recognizing the Eventful points of the axes of Alborz province using the kernel density method. Human Geography Research 2020;52(3):939-51. [In Persian] 10.22059/JHGR.2019.232146.1007447
[22]. Asgari A. Spatial statistical analysis with ARC GIS. Urban planning and Processing Corporation; 2011.
[23]. Mohammadi A, Firouzi Majandeh E. Spatial Analysis of Mosque in Ardebil city in the Contemporary Era. Motaleate Shahri 2016;5(17):55-66. [In Persian]
[24]. Qalibaf MB, Ansarizadeh S, Parhish F. Investigating and analyzing the role of crime hotspots in the occurrence of urban crimes. Municipalities Monthly 2009;11(100): 22-32. [In Persian]
[25]. Noorian F, Ziaee M. Spatial Analyst's Comprehensive Guide: Advanced Spatial Analysis Using GIS Raster and Vector Information. Tehran: Urban Planning and Company; 2004. p. 119. [In Persian]

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2024.10]