Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly
Vol 7. Issue 4 , Winter 2027, Pages 1-16
ISSN (Online): 2783-0764
Journal Hompage https://www.srds.ir/

Spatial Analysis of the Distribution of Diabetic Patients and High-Risk Clusters: A Case Study of Abotaleb Neighborhood Ardabil City

Bita Nazari[1], Ali Reza Mohammadi[2*], Mansour Rahmati[3], Roya Moghabeli[4]
[1]MSc in Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
[2] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
[3] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
[4] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*Corresponding author: Alireza Mohammadi, a.mohammadi@uma.ac.ir

ARTICLEINFO

Research Paper

Article history:
Received: 12 April 2025
Accepted: 15 July 2025
Published online: 20 July 2025

Keywords: *Diabetes, Spatio-temporal analysis, Geographic Information System (GIS), Spatial clusters, Healthcare services, Ardabil*

https://www.srds.ir/?adsc=4192

Abstract

Background and Objective: Diabetes is a major chronic non-communicable disease with growing global and national prevalence, imposing substantial burdens on healthcare systems and negatively affecting patients' quality of life. As a modern analytical approach, spatial analysis offers valuable insights into the geographic distribution of diseases and supports the development of targeted interventions. This study aims to fill a gap in neighborhood-scale research by employing advanced spatial tools to explore the spatial distribution of diabetes, emphasizing equity in access to healthcare services.

Methodology: This applied, descriptive-analytical research examined the spatial and temporal distribution of diabetic cases in the Abotaleb neighborhood of Ardabil between 2018 and 2022. Data from 235 patients recorded at the local health center were analyzed using Google Maps and ArcGIS. The study utilized techniques such as Kernel Density Estimation, Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*), Average Nearest Neighbor (ANN), and proximity analysis.

Results and Findings: The results indicated that the spatial distribution of diabetic patients followed a clustered pattern, with the highest concentration observed in the central and southern parts of the neighborhood, comprising approximately 30% of all patients. In the later years of the study, the clusters expanded toward the northern and western areas. The hot spot analysis showed that about 5% of patients were located in zones with 99% confidence, 10% in 95% confidence zones, and 15% in 90% confidence zones. Additionally, nearly 25% of patients were found in cold spots, indicating areas of lower patient density. Proximity and spatial neighborhood analyses revealed that some areas faced significant limitations in access to healthcare services. Age was also identified as a key variable contributing to the formation of spatial clusters. These findings underscore the need for revisiting the location of healthcare facilities and incorporating spatial analysis into health policy planning.

Citation. Nazari, B., Mohammadi, A. R., Rahmati, M. & Moghabeli, R. (2027). Spatial Analysis of the Distribution of Diabetic Patients and High-Risk Clusters: A Case Study of Abotaleb Neighborhood Ardabil City. ***Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS),*** 7(4), 180–201.
https://www.srds.ir/article_225499.html?lang=en

© The Author(s). Publisher: Private with Cooperation Iranian Geography and Urban Planning Association

* **Corresponding author:** komidvar@yazd.ac.ir

Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies
(JSURDS)
Vol 7. Issue 4 , Winter 2027, Pages 1-16
ISSN (Online): 2783-0764
Journal Hompage https://www.srds.ir/

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Diabetes mellitus is a major chronic non-communicable disease whose prevalence is rising worldwide. It burdens health systems and reduces patients' quality of life by damaging organs such as the heart, kidneys, eyes, and nervous system. The increase is especially rapid in developing countries, where most patients are expected to live (Dagogo-Jack, 2006), and national statistics indicate that about 7.7% of Iranian adults have diabetes. Spatial analysis based on geographic information systems (GIS) can reveal the geographic patterns of disease, identify high-risk areas, and support a fairer distribution of health resources.

Most previous studies, however, were conducted at national or provincial scales, and neighborhood-scale analyses, which matter for local health policy and resource allocation, have been largely neglected. Because no earlier neighborhood-level spatial study of diabetes existed for the study area, this research was designed as exploratory and is guided by three questions rather than formal hypotheses: How are diabetic patients distributed in the Abotaleb neighborhood of Ardabil? Do high-density areas face limited access to health services? Which areas should be prioritized for intervention? The study combines several spatial techniques (kernel density estimation, average nearest neighbor analysis, and hot spot analysis) at the neighborhood scale with registered patient records spanning several years.

Methodology

This applied study followed an exploratory–descriptive approach. Secondary data on 235 diabetic patients registered at the Abotaleb neighborhood health center between 2018 and 2022 were used. Inclusion required a confirmed diagnosis and complete basic demographic information (age, sex, and residential address); clinical and treatment variables were not available. Patient and health-center addresses were geocoded with Google Maps and OpenStreetMap; ambiguous records were removed, part of the addresses were checked manually, and a single coordinate system was used to limit geocoding error.

Analyses were carried out in ArcGIS (and QGIS for network analysis). Kernel density estimation was used to locate concentrations of patients. The shortest line between features, buffer analysis based on functional radius, and network service-area analysis were used to evaluate access to the health center. The average nearest neighbor (ANN) index tested whether the pattern departs from randomness, and Getis-Ord Gi hot spot analysis examined whether the clusters are statistically significant.

Results and Discussion

Of the 235 patients (aged 27–88 years; mean age 57.5 years), 186 (79%) were women and 49 (21%) were men. The largest age group was 60–70 years (37%), and more than 20% of patients were younger than 50, which underlines the importance of early screening. The spatial distribution was not uniform: kernel density estimation showed an initial concentration of patients in the central and southern parts of the neighborhood, with clusters expanding toward the northern and western areas in the later years of the study period. Clusters were also visible around health facilities and densely populated areas, suggesting that proximity to services and urban infrastructure shapes the distribution.

The ANN index confirmed significant clustering. The nearest neighbor ratio was 0.61, the observed mean distance between patients was about 27.8 m against an expected 45.9 m under randomness, and the z-score was −11.57 ($p < 0.01$). In the hot spot analysis, about 30% of patients were located in statistically significant hot spots (about 5% at the 99% confidence level, 10% at 95%, and 15% at 90%), mainly in the central, denser part of the neighborhood, whereas about 25% were located in cold spots in the northern and western areas and more than 40% fell outside any significant cluster. When age was considered, hot spots were concentrated mainly in the older parts of the neighborhood, indicating that age is a key variable in cluster formation.

Proximity analyses showed marked differences in access to the health center. The shortest straight-line distance from residential blocks to the center ranged from about 18.5 m to 1,239 m, and buffer and service-area maps showed that blocks within 300–500 m have good access, while blocks 800–1,000 m away or beyond have weak access. For patients who need frequent visits for consultation, blood-glucose monitoring, and medication, and who may have limited mobility, these distances are a real concern. The findings agree with international studies reporting spatially clustered diabetes patterns related to demographic and access factors.

Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)
Vol 7. Issue 4 , Winter 2027, Pages 1-16
ISSN (Online): 2783-0764
Journal Hompage https://www.srds.ir/

Conclusion

Diabetes in the Abotaleb neighborhood is spatially clustered rather than random, and its pattern is related to location, access to health services, and the age structure of residents. Based on these findings, it is recommended to reconsider the location of health facilities in high-risk areas (for example, through local health posts or mobile service stations in blocks far from the center), to conduct regular screening and community health education for middle-aged and older groups, and to treat spatial analysis as an integral part of urban health policy, with spatial and epidemiological data updated regularly.

The study was limited by restricted access to metropolitan-scale data, patients' socioeconomic information, and details of care, and by possible geocoding errors in secondary data. Future studies should use GPS or more precise geocoding and broader inter-neighborhood data to allow comparative analysis.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: The authors' contributions are as described by the journal, and all authors approved the content of the manuscript.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: : This article is derived from a thesis entitled "Spatial analysis of the distribution of patients with diabetes: A case study of Abotaleb neighborhood, Ardabil" (ethics code RI.UMA.REC.1402.031, approved by the Research Ethics Committee of the University of Mohaghegh Ardabili). The data were obtained from the Abotaleb neighborhood health center system. The authors thank the University of Mohaghegh Ardabili and the Abotaleb Neighborhood Health Center, Ardabil.

References

1. Abbasian, M., & Delavarianzadeh, M. (2007). Investigation of diabetes complications in Shahroud. *Journal of Knowledge & Health in Basic Medical Sciences*, 2(4), 15–19. (In Persian) https://sid.ir/paper/108045/fa

2. Abotaleb Urban Comprehensive Health Service Center. (2023). Abotaleb Health Center introduction and services. Ardabil University of Medical Sciences (ARUMS). https://B2n.ir/fd7451

3. American Diabetes Association. (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes Care, 37(Supplement_1), S81–S90. https://doi.org/10.2337/dc14-S081

4. Asgari, H. (2011). Spatial statistical analysis with ArcGIS. Tehran: Urban Planning and Processing Company. (In Persian) https://ketab.ir/Book/42EE61B5-9839-4CC1-B84E-DEE9A387D4CD

5. Cromley, E. K., & McLafferty, S. L. (2012). GIS and public health (2nd ed.). Guilford Press. https://B2n.ir/be1877

6. Dagogo-Jack, S. (2006). Primary prevention of type-2 diabetes in developing countries. *Journal of the National Medical Association*, 98(3), 415. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmid/16573308

7. De Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. (2025). Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques, and software. https://www.spatialanalysisonline.com/

8. Esmailnasab, N., Afkhamzadeh, A., & Ebrahimi, A. (2010). A cross-sectional study of factors affecting type 2 diabetes control at the Sanandaj Diabetes Center. *Iranian Journal of Epidemiology*, 6(1), 39–45. (In Persian) http://irje.tums.ac.ir/article-1-92-fa.html

9. Esri. (2022). *ArcGIS Pro* (Version 3.2) [Computer software]. Esri. https://www.esri.com

10. Faridi Masouleh, A. (2016). Hot spot analysis of provinces for medical tourism using GiZScore (Case study: Islamic Republic of Iran). *Heritage & Tourism*, 1(4), 105–120. (In Persian) https://sid.ir/paper/257212/fa

11. Fazelinia, G., Ahmadi, G., & Hakimdust, Y. (2015). Application of factor analysis and kernel density estimation model in appraisal studies of place and space development of rural area of Rawansar town. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 5(16), 89–103. (In Persian) https://gps.gu.ac.ir/m/article_10919.html?lang=en

12. Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Vergés, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19: A review. Science of the Total Environment, 743, 140033. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140033

13. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical Analysis, 24(3), 189–206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

14. Javadian Kutenaei, R., Mofateh, R., Zakerkish, M., Orakifar, N., Monjezi, S., & Mehravar, M. (2023). Reactive balance control performance in people with diabetes: A narrative review. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 25(3), 234–244. (In Persian) http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-3146-fa.html

15. Kazemi, M., Abadipisheh, E., Gojani, R., & Balaei, P. (2013). Status of hemoglobin A1c in diabetic patients referring to the diabetes clinic of Rafsanjan University of Medical Sciences in 2013. *Community Health*, 7(2), 73–79. (In Persian) https://chj.rums.ac.ir/article_45700.html

Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies
(JSURDS)
Vol 7. Issue 4 , Winter 2027, Pages 1-16
ISSN (Online): 2783-0764
Journal Hompage https://www.srds.ir/

16.Kirkman, M. S., Briscoe, V. J., Clark, N., Florez, H., Haas, L. B., Halter, J. B., Huang, E. S., Korytkowski, M. T., Munshi, M. N., Odegard, P. S., Pratley, R. E., Swift, C. S., & Consensus Development Conference on Diabetes and Older Adults. (2012). Diabetes in older adults: A consensus report. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(12), 2342–2356. https://doi.org/10.1111/jgs.12035

17.Lankarani, M., & Zahedi, F. (2002). Primary prevention of type 2 diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*, 1(2), 87–106. (In Persian) http://ijdld.tums.ac.ir/article-1-480-fa.html

18.Misra, A., Gopalan, H., Jayawardena, R., Hills, A. P., Soares, M., Reza-Albarrán, A. A., & Ramaiya, K. L. (2019). Diabetes in developing countries. *Journal of Diabetes*, 11(7), 522–539. https://doi.org/10.1111/1753-0407.12913

19.Mohan, V., Deepa, M., Pradeepa, R., Prathiba, V., Datta, M., Sethuraman, R., Rakesh, H., Sucharita, Y., Webster, P., Allender, S., Kapur, A., & Anjana, R. M. (2012). Prevention of diabetes in rural India with a telemedicine intervention. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6(6), 1355–1364. https://doi.org/10.1177/193229681200600614

20.Naderifar, M., & Abdollahi Mohammad, G. (2022). Symptoms of latent diabetes. *Journal of Diabetes Nursing*, 10(3), 1950–1953. (In Persian) http://jdn.zbmu.ac.ir/article-1-555-fa.html

21.QGIS Development Team. (2023). QGIS documentation (Version 3.34). QGIS Geographic Information System. https://docs.qgis.org

22.Ramezani, S., Pourrahim, A., Yaghoubi, M., & Rasouli, M. (2023). The effect of different types of exercise training on diabetes-related indices in type 2 diabetes: A systematic review. *Feyz Medical Sciences Journal*, 27(3), 340–354. (In Persian) https://doi.org/10.48307/FMSJ.2023.27.3.340

23.Sarshar, N., & Chamanzari, H. (2003). Investigation of diabetes complications in patients referring to the diabetes clinic of Gonabad city. *Journal of Knowledge & Health* (Ofogh-e-Danesh), 9(1), 62–69. (In Persian) https://sid.ir/paper/68781/fa

24.Singh, S., Puri, P., & Subramanian, S. V. (2020). Identifying spatial variation in the burden of diabetes among women across 640 districts in India: A cross-sectional study. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 19(1), 523–533. https://doi.org/10.1007/s40200-020-00545-w

25.Solhi, M., Hazrati, S., Shabani, M., & Nejaddadgar, N. (2017). Using the PRECEDE model for educational needs assessment of self-care in patients with diabetes. *Journal of Diabetes Nursing*, 5(4), 295–306. (In Persian) http://jdn.zbmu.ac.ir/article-1-266-fa.html

26.Statistical Centre of Iran. (2016). Results of the 2016 general population and housing census: Ardabil County, Abotaleb neighborhood. Tehran: Deputy of Population Statistics and Information. (In Persian) https://www.amar.org.ir

27.Vahidnia, M. H., Shafiei, M., & Alavipanah, S. K. (2015). The role of geographic information systems in diabetes disease analysis. *Science Cultivation Journal*, 5(2). (In Persian) https://www.magiran.com/paper/1506861

28.Whicher, C. A., O'Neill, S., & Holt, R. I. G. (2020). Diabetes in the UK: 2019. Diabetic Medicine, 37(2), 242–247. https://doi.org/10.1111/dme.14225

29.Zainuddin, A. A., Rahim, A., Ramadany, S., Dharmayani, H., Kuswanto, H., Kadir, R. R. A., & Rasyid, H. (2023). Geospatial analysis of type 2 diabetes mellitus and hypertension in South Sulawesi, Indonesia. *Scientific Reports*, 13(1), 838. https://doi.org/10.1038/s41598-023-27902-y

30.Zheng, Y., Ley, S. H., & Hu, F. B. (2018). Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nature Reviews Endocrinology*, 14(2), 88–98. https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.151

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

نوع مقاله: پژوهشی

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

https://www.srds.ir/article_225499.html?lang=fa

دوره هفتم، شماره چهارم، پیاپی (۲۶)، زمستان ۱۴۰۵

صص ۲۰۱-۱۸۰

تحلیل فضایی پراکنش بیماران مبتلا به دیابت و خوشه‌های پرخطر(مورد مطالعه: محله ابوطالب شهر اردبیل)

بیتا نظری: کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

علیرضا محمدی*: گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

منصور رحمتی: گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

رویا مقابلی: گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: دیابت یکی از مهم‌ترین بیماری‌های غیرواگیر مزمن و چالشی جدی برای سلامت عمومی در جهان و ایران است. شیوع گسترده، هزینه‌های درمانی سنگین و کاهش کیفیت زندگی، تحلیل دقیق‌تر این بیماری را ضروری می‌کند. تحلیل فضایی در شناسایی الگوهای جغرافیایی بیماری و تدوین سیاست‌های هدفمند مؤثر است. پژوهش حاضر با هدف پر کردن خلأ مطالعات محله‌محور، الگوی پراکنش دیابت را در مقیاس خرد و با تأکید بر عدالت فضایی در دسترسی به خدمات درمانی بررسی کرده است.

روش شناسی: این مطالعه کاربردی و با رویکرد توصیفی–تحلیلی انجام شد. توزیع مکانی و زمانی ۲۳۵ بیمار دیابتی ثبت‌شده در محله ابوطالب اردبیل (۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱) با Google Maps و ArcGIS و روش‌های تخمین تراکم کرنل، تحلیل لکه‌های داغ، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی و تحلیل فاصله بررسی شد.

یافته‌ها و نتایج: پراکنش بیماران خوشه‌ای بود و بیشترین تراکم (حدود ۳۰٪) در مناطق مرکزی و جنوبی محله دیده شد؛ در سال‌های پایانی خوشه‌ها به شمال و غرب گسترش یافتند. حدود ۵٪ از بیماران در لکه‌های داغ با اطمینان ۹۹٪، ۱۰٪ با اطمینان ۹۵٪ و ۱۵٪ با اطمینان ۹۰٪ قرار داشتند و نزدیک به ۲۵٪ در نواحی سرد بودند. برخی نواحی در دسترسی به خدمات بهداشتی ضعف جدی داشتند و سن بیماران در شکل‌گیری خوشه‌ها تعیین‌کننده بود. یافته‌ها بر بازنگری در مکان‌یابی مراکز درمانی و بهره‌گیری از تحلیل فضایی در سیاست‌گذاری سلامت تأکید دارند.

واژگان کلیدی: دیابت، تحلیل فضایی-زمانی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (**GIS**)، خوشه‌های مکانی، خدمات بهداشتی، اردبیل.

* **مسئول مکاتبات:** a.mohammadi@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: نظری، بیتا، محمّدی، علیرضا، رحمتی، منصور و مقابلی، رویا. (۱۴۰۵). تحلیل فضایی پراکنش بیماران مبتلا به دیابت و خوشه‌های پرخطر(مورد مطالعه: محله ابوطالب شهر اردبیل). ***فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای***، ۷(۴)، ۱۸۰-۲۰۱.

این مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution(CC BY) توزیع شده است.

OPEN ACCESS

مقدمه و بیان مسأله

دیابت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بیماری‌های متابولیک غیرواگیر، به دلیل افزایش سریع شیوع و عوارض جدی آن به یک چالش جهانی تبدیل شده است. این بیماری نه تنها بر کیفیت زندگی بیماران تأثیر می‌گذارد، بلکه هزینه‌های زیادی را به سیستم‌های بهداشتی و درمانی تحمیل می‌کند. دیابت ملیتوس با اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها شناخته می‌شود و می‌تواند به آسیب جدی در اندام‌های مختلف بدن از جمله قلب، کلیه‌ها، چشم‌ها و سیستم عصبی منجر شود (American Diabetes Association, 2014). در کشورهای توسعه‌یافته، تغییرات سبک زندگی از جمله کاهش فعالیت فیزیکی، افزایش مصرف غذاهای آماده و تغذیه نامناسب، نقش مهمی در گسترش این بیماری داشته است (Zheng et al., 2018). در کشورهای در حال توسعه نیز روند شیوع دیابت به شکل هشداردهنده‌ای در حال افزایش است، به طوری که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۷۵ درصد بیماران دیابتی در این کشورها ساکن باشند (Dagogo-Jack, 2006). برای نمونه، در آفریقا و آسیا، رشد سریع شیوع دیابت و عدم دسترسی به خدمات بهداشتی کافی نگرانی‌های جدی ایجاد کرده است (Zheng et al., 2018). در سال‌های اخیر، کشور ایران نیز هم‌راستا با روند جهانی با افزایش چشمگیر میزان شیوع دیابت مواجه شده است؛ به‌طوری‌که براساس آمارهای ملی، حدود ۷٫۷ درصد بزرگسالان ایرانی مبتلا به دیابت هستند (Solhi et al., 2017). تحلیل‌های فضایی بیماری‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) به‌عنوان رویکردی نوین، نقش مؤثری در شناسایی الگوهای پراکنش بیماری و طراحی مداخلات هدفمند ایفا می‌کند (Vahidnia et al., 2015). این روش‌ها به پژوهشگران و سیاست‌گذاران سلامت کمک می‌کنند تا نواحی با خطر بالا را شناسایی و منابع بهداشتی را به‌صورت عادلانه‌تر توزیع کنند (Mohan et al., 2012). از آنجا که سیاست‌گذاری سلامت بدون شناخت دقیق الگوهای مکانی بیماری‌ها ناقص است، این پژوهش با تمرکز بر محله ابوطالب شهر اردبیل، با استفاده از داده‌های واقعی بیماران و ابزارهای تحلیل GIS، به بررسی پراکندگی فضایی دیابت و ارتباط آن با متغیرهای جمعیتی و محیطی می‌پردازد.

با توجه به فقدان پژوهش‌های قبلی در مقیاس محله‌ای در زمینه تحلیل فضایی دیابت، این مطالعه به‌صورت اکتشافی طراحی شده است؛ یعنی پژوهشگر به دنبال بررسی الگوها و روابطی است که پیش‌تر به‌طور نظام‌مند در محدوده مورد نظر تحلیل نشده‌اند. بنابراین، به جای تعریف فرضیه‌های صریح و آزمودنی، از سؤالات پژوهش به‌عنوان راهنمای تحلیل استفاده شده است تا از خلال داده‌های مکانی و آماری، شناخت دقیق‌تری از پراکنش بیماری به دست آید. این سؤالات راهنما عبارتند از: الگوی پراکندگی مکانی بیماران دیابتی در محله ابوطالب چگونه است؟ آیا مناطق پرخطر یا دارای تراکم بالاتر در دسترسی به خدمات بهداشتی با محدودیت‌هایی روبه‌رو هستند؟ و کدام نواحی در اولویت مداخله قرار دارند؟ در این راستا، به‌جای آزمون فرضیه‌های قطعی، پژوهش حاضر تلاش دارد از طریق تحلیل اکتشافی داده‌ها، به تبیین روندها و الگوهای فضایی بیماری دیابت بپردازد.

ضرورت انجام این پژوهش در آن است که اغلب مطالعات پیشین در مقیاس‌های ملی یا استانی انجام شده‌اند و تحلیل در مقیاس محله‌ای، که به‌ویژه در زمینه سیاست‌گذاری و تخصیص منابع بهداشتی مؤثر است، مغفول مانده است. همچنین، تمرکز بر محله‌ای با ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی خاص، می‌تواند به کشف الگوهای جدید کمک کند.

نوآوری پژوهش در دو بعد قابل توجه است: نخست، استفاده از روش‌های پیشرفته تحلیل فضایی همچون تراکم کرنل، میانگین نزدیک‌ترین همسایگی و تحلیل لکه‌های داغ در مقیاس محله‌ای؛ و دوم، استفاده از داده‌های واقعی و ثبت‌شده بیماران در یک بازه زمانی چندساله برای تحلیل روندی و مکانی دقیق‌تر. این رویکرد تلفیقی از تحلیل داده‌محور و ابزارهای مکانی را در قالبی کاربردی برای برنامه‌ریزان سلامت فراهم می‌سازد.

هدف کلی این پژوهش، تحلیل فضایی توزیع بیماران دیابتی در سطح محله ابوطالب و ارائه راهکارهای سیاست‌گذاری مبتنی بر مکان است. از اهداف فرعی نیز می‌توان به شناسایی مناطق پرخطر، تحلیل دسترسی به خدمات بهداشتی، و بررسی همبستگی فضایی بین ویژگی‌های محیطی و پراکنش بیماران اشاره کرد.

مبانی نظری پژوهش

دیابت نوع ۲ به‌عنوان یک اختلال متابولیک مزمن با نقص در عملکرد انسولین شناخته می‌شود که معمولاً به‌دلیل مقاومت سلول‌ها به انسولین یا کاهش ترشح آن بروز می‌کند. این بیماری در سطح جهانی با نرخ رشد نگران‌کننده‌ای همراه است و پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی متعددی به دنبال دارد (Zheng et al., 2018). شیوع دیابت تابعی از عوامل ژنتیکی، سبک زندگی ناسالم، رژیم غذایی پرکالری، و عدم فعالیت فیزیکی است. از نظر فیزیولوژیک، مقاومت انسولینی منجر به کاهش جذب گلوکز توسط سلول‌ها شده و در نهایت به هیپرگلیسمی مزمن می‌انجامد (American Diabetes Association, 2014). در ادبیات سلامت عمومی، مفهوم «عوامل خطر» برای تحلیل و شناسایی متغیرهایی به‌کار می‌رود که احتمال ابتلا به بیماری را افزایش می‌دهند. در مورد دیابت، عواملی مانند شاخص توده بدنی بالا، فشار خون، سن بالا، سابقه خانوادگی و وضعیت اقتصادی-اجتماعی نقش کلیدی دارند (Misra et al., 2019). شناخت این عوامل می‌تواند در طراحی مداخلات پیشگیرانه و برنامه‌های آموزش سلامت مؤثر باشد.

از سوی دیگر، علوم مکانی و جغرافیای سلامت در دهه‌های اخیر نقش فزاینده‌ای در تحلیل الگوهای پراکندگی بیماری‌ها ایفا کرده‌اند.(Cromley & McLafferty, 2012). سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان یک ابزار تحلیلی قدرتمند، امکان ذخیره، نمایش، تحلیل و مدل‌سازی داده‌های مکانی و توصیفی را فراهم می‌سازد. در مطالعات سلامت، از GIS برای تحلیل توزیع فضایی بیماران، شناسایی نواحی پرخطر و برنامه‌ریزی خدمات بهداشتی استفاده می‌شود (De Smith et al., 2025).

در چارچوب نظری تحلیل فضایی، چندین روش آماری و جغرافیایی برای تبیین الگوهای مکانی استفاده می‌شوند. یکی از این روش‌ها «تراکم کرنل» است که برای تجسم نواحی با تمرکز بالای یک پدیده جغرافیایی به‌کار می‌رود و با تولید سطحی پیوسته از تراکم نقاط، نواحی داغ یا سرد را شناسایی می‌کند(Fazelinia et al., 2015) . روش دیگر، «میانگین نزدیک‌ترین همسایگی (ANN) » است که با مقایسه میانگین فاصله بین عوارض با انتظار آماری تصادفی، خوشه‌ای یا پراکنده بودن الگو را مشخص می‌کند (Asgari, 2011). علاوه بر این، تحلیل لکه‌های داغ (Hot Spot Analysis) با استفاده از آماره Getis-Ord Gi* یکی از ابزارهای قدرتمند در شناسایی خوشه‌های معنادار آماری در توزیع مکانی داده‌هاست. این روش با ارزیابی Z-score و p-value مشخص می‌سازد که کدام نواحی در مقایسه با میانگین منطقه دارای تمرکز غیرتصادفی و معنادارند(Esri, 2022; Faridi Masouleh, 2016). این چارچوب‌های مفهومی و تحلیلی، زیربنای نظری پژوهش حاضر در تحلیل پراکنش دیابت و عوامل فضایی مؤثر بر آن را شکل می‌دهند.

پیشینه پژوهش

در مطالعات گذشته، روش‌های متعددی برای تشخیص و تحلیل بیماری دیابت استفاده شده است. یکی از روش‌های رایج استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تحلیل مکانی و شناسایی الگوهای پراکندگی بیماران است. این سیستم با ابزارهایی نظیر کدگذاری مکانی داده‌ها، نمایش نقشه‌ها و تحلیل‌های زمین‌آماری می‌تواند مناطق پرخطر و محروم از خدمات درمانی را مشخص کند (Vahidnia et al., 2016). در پژوهشی در هند، استفاده از GIS برای شناسایی خوشه‌های بیماری و بررسی ارتباط آن با عوامل محیطی به‌کار گرفته شد (Mohan et al., 2012). همچنین، در دوران همه‌گیری کووید-۱۹، مطالعات متعددی با استفاده از GIS و تحلیل فضایی اجرا شده‌اند که نقش ابزارهای مکانی در شناسایی الگوهای شیوع، تحلیل تراکم بیماران و برنامه‌ریزی خدمات سلامت را به‌خوبی نشان می‌دهند (Franch-Pardo et al., 2020). از سوی دیگر، مطالعات مبتنی بر داده‌های بهداشتی و پرسش‌نامه‌ها نیز برای ارزیابی عوامل خطر و ویژگی‌های بیماران دیابتی در ایران انجام شده است (Javadian Kutenaei et al., 2023). استفاده از ابزارهایی مانند Google Maps و نرم‌افزار ArcGIS برای ثبت آدرس بیماران و تحلیل فضایی داده‌ها نیز در سال‌های اخیر رایج شده و نقش مهمی در شناسایی خوشه‌های بیماری ایفا کرده است. برای مثال، شاخص‌هایی مانند نزدیک‌ترین همسایگی و تحلیل خوشه‌بندی و شاخص همبستگی موران از ابزارهای کاربردی در تحلیل‌های فضایی

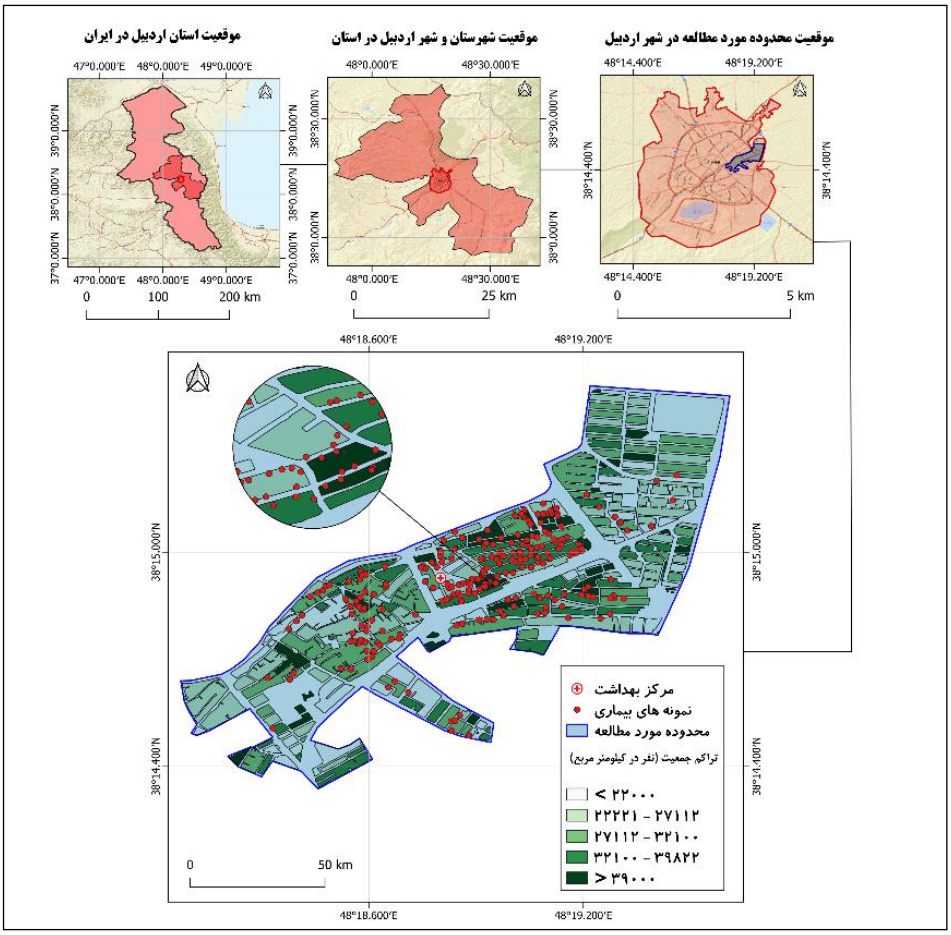
محسوب می‌شوند. استفاده از این روش‌ها به تصمیم‌گیری بهتر در خصوص توزیع منابع و خدمات درمانی کمک می‌کند.

مطالعات خارجی مختلفی به بررسی عوامل مؤثر بر شیوع دیابت پرداخته‌اند. در مطالعه‌ای در اندونزی با عنوان «فشار خون بالا در میان بیماران مبتلا به دیابت در اندونزی: یک مطالعه مقطعی ملی» که به روش تحلیل ثانویه داده‌های جمعیتی انجام شد، مشخص گردید که بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بیماران دیابتی از فشار خون بالا نیز رنج می‌برند (Zainuddin et al., 2023). در کشور هند، پژوهشی تحت عنوان «چاقی و شهرنشینی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده شیوع دیابت نوع ۲ در هند» با رویکرد کمی و بررسی داده‌های سلامت عمومی نشان داد که زندگی در نواحی شهری و شاخص توده بدنی بالا نقش مهمی در افزایش شیوع دیابت دارد (Singh et al., 2020). همچنین در بریتانیا، مطالعه‌ای با عنوان «دسترسی بیماران دیابتی به داروها و موانع پیش‌رو: یک مطالعه کیفی» با استفاده از مصاحبه‌های عمیق انجام شد و نشان داد که ۲۸ درصد بیماران در تهیه داروهای دیابت خود با مشکل مواجه هستند که این مسأله بر کنترل بیماری آن‌ها تأثیر منفی گذاشته است (Whicher et al., 2020). در پژوهشی در قاره آفریقا با عنوان «تفاوت‌های قومی در پیشرفت دیابت: مطالعه‌ای طولی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا» مشخص شد که گروه‌های قومی مانند آفریقایی‌ها در مقایسه با سفیدپوستان با سرعت بیشتری از مرحله پیش‌دیابت به دیابت نوع ۲ می‌رسند (Misra et al., 2019). همچنین، مطالعه‌ای در روستاهای هند با عنوان «توزیع فضایی دیابت در مناطق روستایی هند و بررسی دسترسی به خدمات بهداشتی» با بهره‌گیری از GIS انجام گرفت و نشان داد که عدم دسترسی کافی به مراقبت‌های درمانی، در گسترش بیماری نقش دارد (Mohan et al., 2012). در کشور کانادا نیز مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل شیوع دیابت در سالمندان کانادایی» نشان داد که شیوع بیماری در افراد بالای ۶۵ سال سه برابر افراد میانسال است که این امر لزوم تمرکز بر سیاست‌های بهداشتی سالمندان را دوچندان می‌سازد (Kirkman et al., 2012). این مطالعات بر اهمیت تحلیل فضایی و برنامه‌ریزی بهداشتی در کنترل بیماری دیابت تأکید دارند. همچنین، در پژوهشی با عنوان «بررسی چالش‌های دسترسی اقتصادی و اجتماعی بیماران دیابتی به مراقبت‌های بهداشتی در بریتانیا» که با روش تحقیق کیفی مبتنی بر مصاحبه انجام شد، مشخص گردید که عواملی مانند سطح درآمد پایین، پوشش ناکافی بیمه و دسترسی محدود به خدمات درمانی نقش قابل‌توجهی در افزایش شیوع دیابت و دشواری در مدیریت آن دارند (Whicher et al., 2020).

مطالعات داخلی نیز به بررسی شیوع و عوامل خطر دیابت در مناطق مختلف ایران پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال، نتایج نشان داده‌اند که رعایت رژیم غذایی مناسب و تمرینات مقاومتی می‌تواند تأثیر مثبتی بر مدیریت دیابت داشته باشد (Ramezani et al., 2023; Esmailnasab et al., 2010). همچنین، مطالعاتی نشان داده‌اند که آگاهی بیماران از علائم دیابت و عوارض ناشی از آن کافی نیست و نیاز به آموزش گسترده‌تر وجود دارد (Naderifar & Abdollahi Mohammad, 2022; Solhi et al., 2017). از سوی دیگر، نتایج نشان داده‌اند که میان سطح تحصیلات پایین، جنسیت و سکونت در مناطق شهری با شیوع دیابت رابطه‌ای معکوس وجود دارد (Kazemi et al., 2013). تحقیقاتی در شاهرود و گناباد نیز نشان داده‌اند که شیوع دیابت و عوارض آن در این مناطق بالاست و نیاز به برنامه‌ریزی و آموزش بیشتری وجود دارد (Abbasian & Delavarianzadeh, 2007; Sarshar & Chamanzari, 2003). این تحقیقات بر لزوم استفاده از ابزارهای تحلیل مکانی و ارتقای سطح آگاهی عمومی برای مدیریت و پیشگیری از دیابت تاکید دارند. مطالعات دیگری نیز نشان داده‌اند که تغییرات مثبت در سبک زندگی و مدیریت موثر بیماری می‌توانند تأثیر چشمگیری در کاهش عوارض دیابت داشته باشند (Lankarani & Zahedi, 2002).

با این حال، اغلب مطالعات پیشین در مقیاس‌های ملی یا استانی انجام شده و بررسی دقیق الگوهای فضایی در سطح محله‌ای، به‌ویژه در شهرهایی مانند اردبیل، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تراکم جمعیتی بالای محله ابوطالب، تغییرات سبک زندگی و اهمیت توزیع عادلانه خدمات درمانی، انجام این پژوهش در این منطقه از ضرورت بالایی برخوردار است.

پژوهش حاضر به بررسی تحلیل فضایی پراکنش بیماران مبتلا به دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل می‌پردازد. داده‌های این پژوهش از مرکز بهداشت محله ابوطالب در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ جمع‌آوری شده و شامل اطلاعات سن، جنسیت، نوع دیابت و آدرس محل سکونت بیماران است. برای تحلیل این داده‌ها از ابزارهای Google Maps و نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. هدف اصلی این پژوهش شناسایی الگوهای فضایی توزیع بیماران دیابتی و بررسی ارتباط آن با ویژگی‌های جمعیتی و مکانی محله مورد مطالعه است. پرسش اصلی این تحقیق آن است که توزیع فضایی و زمانی بیماری دیابت در محله ابوطالب به چه صورت است؟ یافته‌های این پژوهش می‌تواند به برنامه‌ریزی بهتر خدمات بهداشتی و درمانی در این محله کمک کند و گامی موثر در کنترل و پیشگیری از این بیماری در سطح محلی باشد. تحلیل دقیق این داده‌ها می‌تواند به شناسایی مناطق پرخطر و تدوین استراتژی‌های موثر برای کاهش شیوع بیماری کمک کند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی، تراکم جمعیت و پراکندگی بیماران مبتلا به دیابت در محله ابوطالب، شهر اردبیل

Figure 1. Geographical location, population density and distribution of diabetic patients in the Abotaleb neighborhood, Ardabil

محدوده موردمطالعه

محله ابوطالب به‌طور دقیق در مختصات ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی واقع شده است و با جمعیتی حدود ۲۶،۶۳۰ نفر، یکی از محله‌های پرجمعیت و پرتراکم شهر اردبیل به شمار می‌رود. از این تعداد، ۱۵،۱۰۰ نفر مرد و ۱۴،۵۱۴ نفر زن هستند (شکل ۱). مساحت محله ۱،۷۵ کیلومتر مربع است و با توجه به آن، تراکم جمعیتی به‌طور میانگین به ۴۱،۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع می‌رسد (Statistical Centre of Iran, 2016). این میزان

بالای تراکم جمعیتی، محله ابوطالب را در زمره مناطق پرتراکم قرار می‌دهد که می‌تواند تبعات مختلفی، به‌ویژه در زمینه بهداشت و خدمات عمومی، به همراه داشته باشد. تراکم جمعیتی زیاد معمولاً به افزایش نیاز به خدمات بهداشتی و شهری منجر می‌شود و در صورت عدم برنامه‌ریزی مناسب، ممکن است زمینه‌ساز چالش‌های بهداشتی و اجتماعی گردد.

با توجه به شکل ۱، محدوده محله ابوطالب در شهر اردبیل و جزئیات تراکم جمعیتی به تفکیک بلوک‌ها نمایش داده شده است. این نقشه علاوه بر موقعیت جغرافیایی محله، توزیع تراکم جمعیتی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که در برخی از بلوک‌ها تراکم جمعیتی بسیار بالا و در برخی دیگر پایین است که این تفاوت می‌تواند به کاربری زمین و نوع بلوک‌ها مرتبط باشد. بلوک‌های با تراکم جمعیتی بیش از ۳۸،۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع به رنگ تیره‌تر و بلوک‌های با تراکم کمتر از ۲۲،۱۰۰ نفر به رنگ روشن‌تر مشخص شده‌اند.

علاوه بر این، نقشه پراکندگی بیماران مبتلا به دیابت با نقاط قرمز، تمرکز بیماران و ارتباط آن با تراکم جمعیت را نشان می‌دهد. همچنین، موقعیت مرکز بهداشت محله با علامت مثبت قرمز رنگ مشخص شده است که می‌تواند در خدمات‌رسانی و ارائه مراقبت‌های بهداشتی نقش اساسی داشته باشد. تراکم بالای جمعیت و توزیع بیماران در محله، نیاز به خدمات متمرکز و ارتقای زیرساخت‌های بهداشتی را برجسته می‌کند که می‌تواند مشکلات بهداشتی را کاهش داده و کیفیت زندگی ساکنان را بهبود بخشد.

داده‌های جمعیتی این نقشه از سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران و موقعیت مکانی مرکز بهداشت و بیماران از داده‌های مرکز بهداشت محله ابوطالب استخراج شده‌اند (Statistical Centre of Iran, 2016; Abotaleb Health Center, 2023).

روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد اکتشافی–توصیفی انجام شده و هدف آن کشف الگوهای فضایی بیماری دیابت و تحلیل چگونگی توزیع بیماران در سطح محله‌ای بدون تعریف فرضیه‌های آزمودنی از پیش تعیین‌شده است. تحلیل فضایی در این تحقیق به‌عنوان ابزاری مؤثر برای تبیین نابرابری در توزیع بیماری و خدمات بهداشتی مورد استفاده قرار گرفته است. ماهیت اکتشافی مطالعه ایجاب می‌کند که پژوهشگر به جای آزمون فرضیه‌های سنتی، از طریق داده‌کاوی مکانی و مدل‌سازی‌های فضایی، روابط پنهان و روندهای معنادار را استخراج کند. تمرکز اصلی پژوهش بر شناسایی نواحی پرخطر، الگوهای خوشه‌ای بیماری و ارزیابی دسترسی به خدمات بهداشتی در سطح محله ابوطالب شهر اردبیل است.

داده‌های این پژوهش به‌صورت مقطعی از سیستم اطلاعات مرکز بهداشت محله ابوطالب، وابسته به دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، استخراج شده‌اند. جامعه آماری تحقیق شامل تمام بیماران مبتلا به دیابت ثبت‌شده در مرکز بهداشت مذکور بین سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ است. این افراد شامل ۲۳۵ نفر با سنین بین ۲۷ تا ۸۸ سال بودند که در محله ابوطالب شهر اردبیل سکونت داشته‌اند و دارای پرونده فعال در زمینه بیماری دیابت بوده‌اند. اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل مشخصات دموگرافیک، آدرس محل سکونت، و داده‌های مربوط به نوع دیابت بود.

برای تهیه نقشه پراکندگی مکانی بیماران، ابتدا آدرس‌های ثبت‌شده بیماران با استفاده از ابزار Geocoding در سرویس‌های Google Maps و OpenStreetMap به مختصات جغرافیایی (طول و عرض) تبدیل شدند. موقعیت مرکز بهداشت نیز با همین روش تعیین شد. فرآیند Geocoding ممکن است با خطاهایی مواجه باشد، از جمله ناقص بودن آدرس‌ها، تغییرات نام معابر یا دقت پایین نقشه‌های پایه. برای کاهش خطا، بخشی از آدرس‌ها به‌صورت دستی بررسی شد، موارد مبهم حذف گردید و از یک سیستم مختصات یکنواخت استفاده شد. این خطاها ماهیت تصادفی داشته و احتمالاً تأثیر سیستماتیکی بر نتایج نداشته‌اند، با این حال در تفسیر یافته‌های فضایی در نظر گرفته شده‌اند. استفاده از GPS یا روش‌های دقیق‌تر Geocoding در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

معیارهای ورود شامل تشخیص قطعی دیابت بر اساس پروتکل‌های درمانی جاری و تکمیل بودن اطلاعات دموگرافیک پایه (سن، جنس و محل سکونت) بود. از آنجا که این پژوهش بر پایه داده‌های ثانویه انجام شد، دسترسی محققان تنها به اطلاعات دموگرافیک محدود گردید و سایر متغیرهای بالینی و درمانی در دسترس نبودند. سپس نقاط سکونت افراد مبتلا به دیابت، با تحلیل Kernel density در نرم‌افزار ArcGIS مورد آنالیز قرار گرفت، تا نقشه محله، خوشه‌بندی گردد و خوشه‌هایی با بیشترین تقاضای خدمات بیماران دیابتی 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 صرفا به‌صورت تصادفی این خوشه‌ها به‌وجود آمده است. همچنین برای تجزیه و تحلیل‌های فضایی از تحلیل کوتاه‌ترین فاصله بین عوارض، شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، تحلیل حریم، تحلیل شبکه محدوده خدماتی و روش شعاع عملکردی استفاده شده است. در مجموع، رویکرد چندمرحله‌ای این پژوهش در به‌کارگیری ترکیبی از ابزارهای آماری و مکانی، امکان ترسیم دقیق‌تر الگوهای بیماری و تدوین توصیه‌های مبتنی بر مکان برای بهبود توزیع خدمات سلامت را فراهم کرده است.

روش‌های تحلیل الگوی فضایی

روش تخمین تراکم کرنل [1]

تابع تراکم کرنل یکی از ابزارهای تحلیل فضایی مهم در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به‌شمار می‌آید. این تابع امکان تجسم فضایی تراکم یک پدیده جغرافیایی را در یک منطقه خاص فراهم می‌کند. از این روش در برنامه‌ریزی‌های مختلف استفاده می‌شود و قادر است با در نظر گرفتن مساحت و نوع متغیر، یک پهنه‌ی هموار و سطحی پیوسته را در منطقه به نمایش بگذارد. علاوه بر این، این روش به‌عنوان یکی از آزمون‌های مناسب برای نمایش داده‌های خطی و به‌ویژه داده‌های نقطه‌ای به‌صورت پیوسته شناخته می‌شود (Fazelinia et al., 2015). برای محاسبه تراکم فضایی به روش کرنل روش خطی (Planar) برای محاسبه فاصله بین عوارض در پدیده مورد بررسی استفاده شد. همچنین اندازه سلول برای تولید خروجی رستر، ۱۰ در هر کیلومتر مربع و مرزهای محله به عنوان محدوده مورد تحلیل معرفی شد.

روش تحلیل برآورد کوتاه‌ترین فاصله بین عوارض [2]

روش «کوتاه‌ترین خط بین عوارض» الگوریتمی مبتنی بر GIS است که کوتاه‌ترین فاصله بین ویژگی‌های دو مجموعه داده فضایی (مبدا و مقصد) را محاسبه می‌کند. این روش هر ویژگی در لایه مبدا را به نزدیک‌ترین ویژگی در لایه مقصد متصل می‌کند ولایه مقصد می‌تواند شامل داده‌های خطی، نقطه‌ای یا چندضلعی باشد. خروجی این الگوریتم یک لایه خطی است که ویژگی‌های مبدا و نزدیک‌ترین همسایگان مقصد را به همراه فاصله آن‌ها نشان می‌دهد. این روش برای تحلیل روابط فضایی و نزدیکی ویژگی‌های جغرافیایی، مانند ساختارهای شهری یا شبکه‌های حمل‌ونقل، کاربرد دارد (De Smith et al., 2025).

روش تحلیل حریم [3]

روش «تحلیل حریم» در GIS برای تحلیل نواحی اطراف ویژگی‌های جغرافیایی مانند نقاط، خطوط، و پلی‌گون‌ها با فاصله‌ای معین به‌کار می‌رود. این حریم‌ها می‌توانند به‌صورت دایره‌ای، مستطیلی، یا چندضلعی تعریف شوند و اندازه آن‌ها بر اساس هدف تحلیل تعیین می‌گردد. در این پژوهش، با توجه به استانداردهای دسترسی شهری و موقعیت مرکز بهداشت، شعاع‌های ۲۵۰ متر، ۵۰۰ متر و ۷۵۰ متر برای تحلیل حریم اطراف مرکز بهداشت در نظر گرفته شده‌اند. این شعاع‌ها برای بررسی سطوح مختلف دسترسی فضایی و پوشش خدماتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. حریم‌های

[1] Kernel Density Estimation (KDE)
[2] Shortest Line between Features
[3] Buffer analysis

ایجادشده امکان تحلیل دقیق‌تری از نواحی تحت پوشش خدمات سلامت در محله را فراهم می‌کنند (QGIS Development Team, 2023).

روش تحلیل شبکه: محدوده خدماتی(حوزه عملکردی)[1]

این روش در نرم‌افزار QGIS برای شناسایی مناطق قابل دسترسی بر اساس مسافت از نقاط مرجع طراحی شده است و بخشی از تحلیل شبکه است. ابتدا لایه شبکه مسیرها (مانند جاده‌ها یا خطوط حمل‌ونقل) وارد می‌شود و نقاط مرجع (مانند بیمارستان‌ها یا ایستگاه‌ها) تعیین می‌شوند. سپس محدوده‌های مسافت تعریف و کوتاه‌ترین مسیرها محاسبه می‌شود تا نواحی قابل دسترسی تولید شوند. خروجی به‌صورت پلی‌گون‌هایی است که سطح دسترسی را نشان می‌دهند. این ابزار برای ارزیابی دسترسی به خدمات، تحلیل عدالت فضایی و بهینه‌سازی زیرساخت‌ها در محیط‌های شهری و روستایی کاربرد دارد (QGIS Development Team, 2023)

روش تحلیل میانگین نزدیکترین همسایگی[2]

شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه (ANN) ابزاری برای تحلیل الگوی پراکنش مکانی عوارض در یک منطقه است. در این روش، ابتدا فاصله بین مرکز هر عارضه و نزدیک‌ترین همسایه آن محاسبه می‌شود. سپس میانگین این فاصله‌ها محاسبه شده و با میانگین فاصله‌ای که در توزیع تصادفی انتظار می‌رود، مقایسه می‌شود. اگر میانگین فاصله محاسبه‌شده کمتر از مقدار مورد انتظار در توزیع تصادفی باشد، نشان‌دهنده تمایل به خوشه‌ای بودن عوارض است. در مقابل، اگر میانگین فاصله بیشتر از میانگین توزیع تصادفی باشد، نشان‌دهنده پراکندگی عوارض در فضا است. به‌عبارت دیگر، این شاخص به ما کمک می‌کند تا مشخص کنیم که عوارض در یک منطقه به‌صورت تصادفی، خوشه‌ای یا پراکنده توزیع شده‌اند (Asgari, 2011).

تحلیل نقاط داغ[3]

لکه‌های داغ یک روش آماری است که برای شناسایی مناطقی به کار می‌رود که در آن‌ها مقادیر یک متغیر خاص به صورت خوشه‌ای یا گروهی افزایش یا کاهش می‌یابد. ابزار Getis-Ord Gi برای بررسی ویژگی‌های مکانی در مجموعه داده‌ها عمل می‌کند. این ابزار با محاسبه نمرات Z وp-value، نواحی را مشخص می‌کند که در آن‌ها خوشه‌های فضایی با مقادیر بالا یا پایین تجمع یافته‌اند. این ابزار هر ویژگی را در بافت مکانی همسایگان آن ارزیابی می‌کند. یک ویژگی با مقدار بالا ممکن است توجه‌برانگیز باشد، اما لزوماً به معنای وجود یک هات‌اسپات آماری نیست. برای اینکه یک ویژگی به عنوان هات‌اسپات معنی‌دار شناخته شود، باید علاوه بر داشتن مقدار بالا، توسط ویژگی‌های دیگری با مقادیر بالا احاطه شده باشد. در این روش، مجموع محلی مقادیر هر ویژگی و همسایگان آن با مجموع کلی تمام ویژگی‌ها در پایگاه داده مقایسه می‌شود. اگر مجموع محلی به‌طور قابل‌توجهی با مقدار مورد انتظار تفاوت داشته باشد و این تفاوت به اندازه‌ای بزرگ باشد که نتوان آن را به شانس یا تصادف نسبت داد، آنگاه نتیجه از نظر آماری معنی‌دار تلقی می‌شود (Faridi Masouleh, 2016; Getis & Ord, 1992).

نتایج و بحث

یافته‌های توصیفی

یافته‌های توصیفی نشان می‌دهد که در مجموع ۲۳۵ نفر از مراجعه‌کنندگان به مرکز بهداشت محله ابوطالب، در بازه سنی ۲۷ تا ۸۸ سال شناسایی شده‌اند که در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ به بیماری دیابت مبتلا بوده‌اند (شکل ۲). از این تعداد، ۱۸۶ نفر (۷۹ درصد) زن و ۴۹ نفر (۲۱ درصد) مرد بوده‌اند (جدول شماره ۱). میانگین سنی مبتلایان زن برابر با

[1] Network Analysis: Service Area
[2] Average Nearest Neighbor (ANN)
[3] Hot Spot Analysis

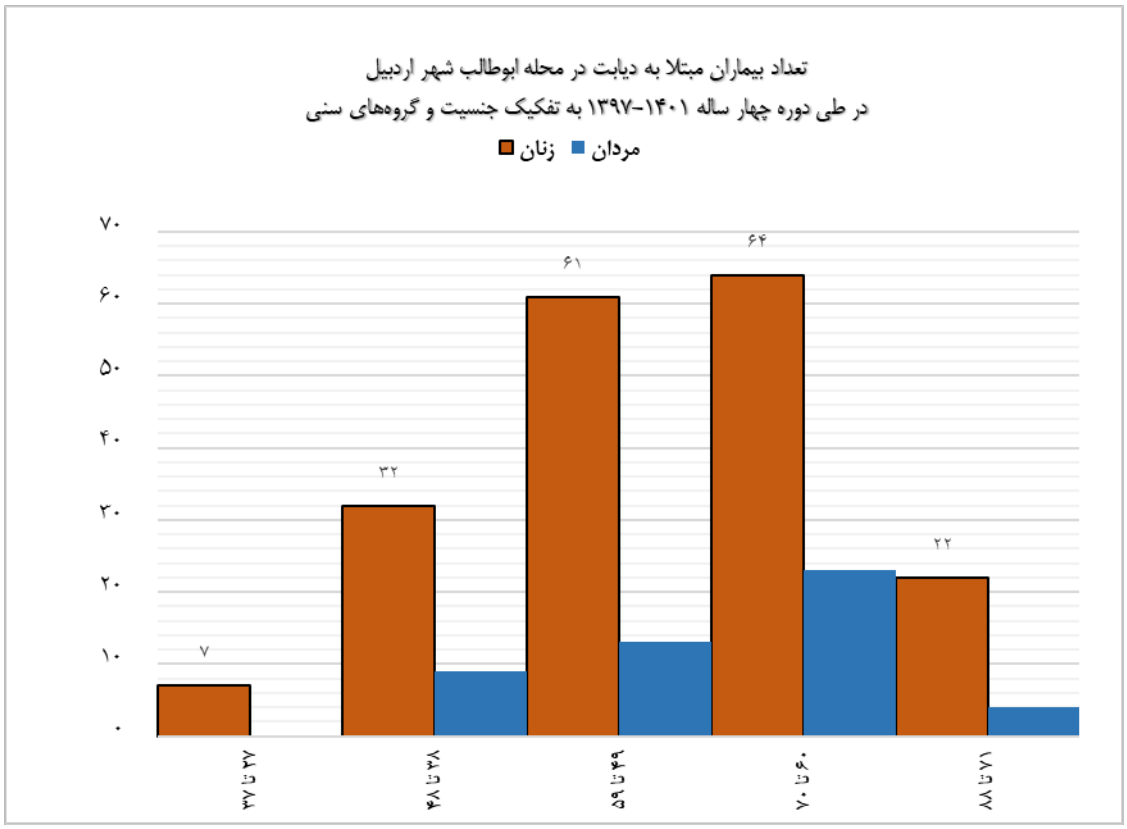
۵۷,۴ سال و میانگین سنی مبتلایان مرد برابر با ۵۷,۹ سال است و در مجموع میانگین سن کل مبتلایان برابر با ۵۷,۵ سال می‌باشد. بیشترین تعداد بیماران نیز در گروه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال قرار دارند. این یافته نشان می‌دهد که بیماری دیابت اغلب در سنین میانسالی و سالمندی بروز می‌کند. با این‌حال، بیش از ۲۰ درصد از مبتلایان زیر ۵۰ سال بوده‌اند که اهمیت غربالگری زودهنگام را نشان می‌دهد.

جدول ۱: توزیع مبتلایان به دیابت بر اساس جنسیت و محدوده سنی (۱۴۰۱-۱۳۹۷)؛ تعداد به نفر

Table 1. Distribution of diabetic patients by sex and age group (2018–2022); counts are numbers of persons

محدوده سنی	زنان	مردان	مجموع	درصد
۲۷ تا ۳۷	۷	۰	۷	٪۳
۳۸ تا ۴۸	۳۲	۹	۴۱	٪۱۷
۴۹ تا ۵۹	۶۱	۱۳	۷۴	٪۳۱
۶۰ تا ۷۰	۶۴	۲۳	۸۷	٪۳۷
۷۱ تا ۸۸	۲۲	۴	۲۶	٪۱۱
مجموع	**۱۸۶**	**۴۹**	**۲۳۵**	**٪۱۰۰**

مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴



شکل ۲: تعداد بیماران مبتلا به دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل طی دوره چهارساله ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۱ به تفکیک جنسیت و گروه‌های سنی، مأخذ: یافته‌های نگارندگان (۱۴۰۴)

Figure 2. Number of diabetic patients in the Abotaleb neighborhood, Ardabil, in 2018–2022 by sex and age group. Source: Authors' findings, 2025

از لحاظ زمانی، بیشترین تعداد ابتلا در سال ۱۴۰۰ ثبت شده است. بررسی وضعیت عوامل خطر نشان می‌دهد که اغلب مبتلایان، علاوه بر دیابت، حداقل یک عامل خطر دیگر (فشار خون بالا، چاقی، کلسترول بالا یا سابقه خانوادگی) داشته‌اند. در تحلیل فضایی اولیه، توزیع موارد ابتلا در سطح محله یکنواخت نبوده و تراکم بیشتری در برخی مناطق مشاهده شده است. نتایج تحلیل تراکم و خوشه‌بندی فضایی در بخش‌های بعدی پژوهش، به تفصیل ارائه شده است.

یافته‌های تحلیلی

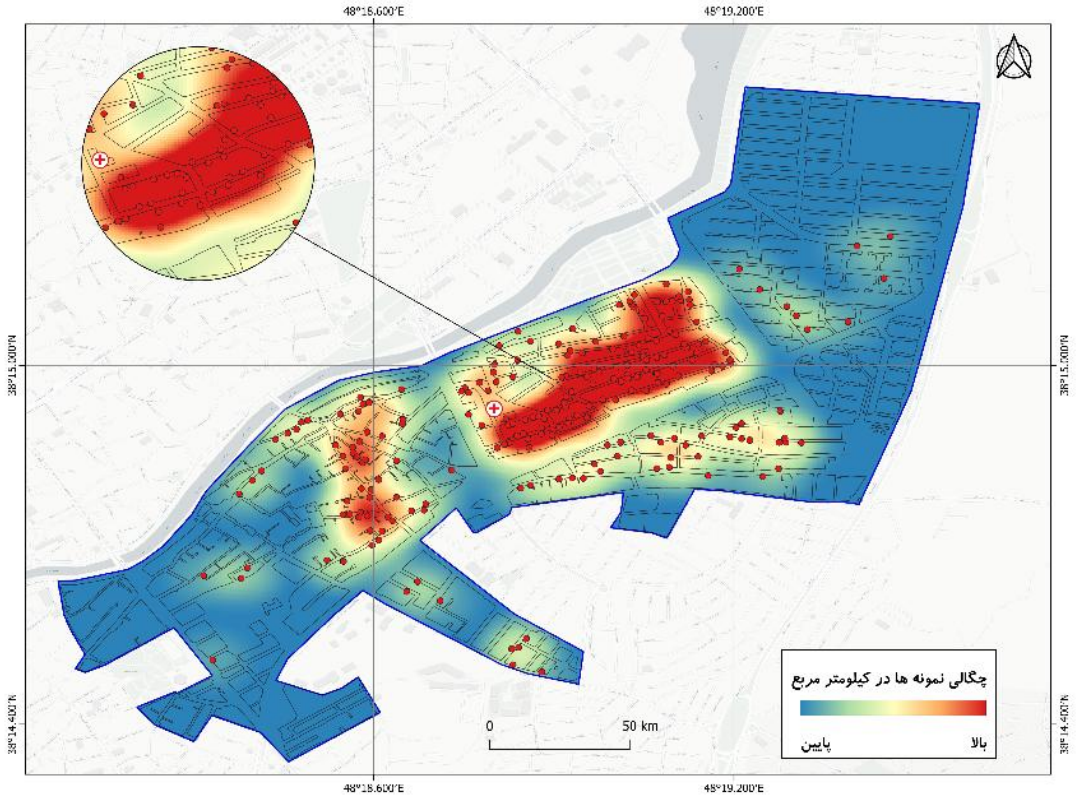
در این قسمت یافته‌های تحلیلی برای بررسی، تجزیه و تحلیل الگوی فضایی بیماری دیابت در سطح محله ابوطالب شهر اردبیل در بازه زمانی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ پرداخته شده، که در این بخش یافته‌های تحلیلی از طریق جغرافیای توزیع بیماری دیابت، الگوی فضایی توزیع بیماری دیابت، و کانون‌های داغ مناطق پرخطر و کم خطر (تحلیل تراکم کرنل، تحلیل برآورد کوتاه‌ترین فاصله بین عوارض، شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایگی، تحلیل حریم، تحلیل شبکه محدوده خدماتی، روش شعاع عملکردی و تحلیل خوشه‌های داغ) ارائه گردیده است.

یافته‌های تخمین تراکم کرنل

برای به تصویر کشیدن داده‌های بیماری دیابت در سطح محله ابوطالب شهر اردبیل، به‌صورت پیوسته، از روش تخمین تراکم کرنل استفاده شده است. تحلیل کرنل با ایجاد یک سطح هموار، پراکندگی مکانی بیماران را به‌صورت پیوسته به تصویر می‌کشد و این تحلیل، ابزاری مناسب برای تحلیل داده‌های نقطه‌ای و ارائه دیدی جامع از تراکم بیماران مبتلا به دیابت در سطح محله است و نشان می‌دهد که در بخش‌هایی از منطقه، تراکم بیماران بیشتر است (با رنگ‌های گرم‌تر مانند قرمز و نارنجی)، در حالی که در سایر بخش‌ها تراکم کمتری وجود دارد (با رنگ‌های سردتر مانند آبی و سبز). این تحلیل، خوشه‌های معنی‌داری را شناسایی کرده است که می‌توانند نشان‌دهنده مناطقی باشند که نیاز به خدمات بهداشتی بیشتری دارند. نقشه ارائه‌شده، در شکل ۳، گسترش شیوع بیماری دیابت را در سطح محله ابوطالب در دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۹۷تا ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد. در این نقشه، نواحی مرکزی و بخشی از مناطق غربی محدوده، بالاترین تراکم بیماران مبتلا به دیابت را نشان می‌دهند. این مناطق با رنگ‌های گرم‌تر مانند قرمز و نارنجی در نقشه مشخص شده‌اند. از سوی دیگر، بخش‌های شرقی و شمالی منطقه مورد مطالعه، کمترین تراکم بیماران دیابت را نشان می‌دهند، که با رنگ‌های سردتر مانند آبی و سبز نمایش داده شده‌اند.

الگوی گسترش بیماری به‌طور کلی از سمت مرکز محله به سمت شرق و جنوب شرقی بوده است. در بررسی روند زمانی گسترش بیماری، مشخص شد که بیشترین تعداد مبتلایان در سال ۱۳۹۸ ثبت شده است. این موضوع احتمالاً به دلیل افزایش دسترسی به مراکز درمانی و ثبت دقیق‌تر داده‌ها در این سال بوده است. همچنین، خوشه‌بندی بیماران در اطراف مراکز درمانی و نقاط پرجمعیت به‌وضوح قابل مشاهده است. این امر نشان می‌دهد که پراکندگی بیماری تحت تأثیر عوامل مکانی مانند نزدیکی به خدمات درمانی و زیرساخت‌های شهری قرار دارد.

در تحلیل دسترسی به خدمات درمانی، مشخص شد که بیماران در مناطق با تراکم بالا معمولاً به مراکز درمانی نزدیک‌تر هستند، در حالی که ساکنان نواحی کم‌تراکم برای دسترسی به خدمات با محدودیت‌هایی مواجه‌اند. این موضوع می‌تواند یکی از دلایل ایجاد نابرابری در توزیع بیماران باشد. نقشه‌های تولیدشده با استفاده از ابزار GIS، به‌ویژه تحلیل تراکم کرنل، این روند را به‌خوبی نمایش می‌دهند و امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای ارائه خدمات درمانی و کنترل بیماری در آینده را فراهم می‌کنند. این تحلیل می‌تواند به مدیران بهداشتی کمک کند تا روی مناطق با تراکم بالاتر تمرکز کرده و برنامه‌های پیشگیری و درمانی مؤثرتری را در این نواحی پیاده‌سازی کنند. این یافته‌ها با توجه به تراکم بیماران می‌تواند در بهبود تخصیص منابع بهداشتی و انجام اقدامات پیشگیرانه در مناطق پرخطر نقش مهمی ایفا کند.



شکل ۳: مدل تخمین تراکم کرنل، بیماران مبتلا به دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل، مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴

Figure 3. Kernel density estimation model of diabetic patients in the Abotaleb neighborhood, Ardabil. Source: Authors' findings, 2025

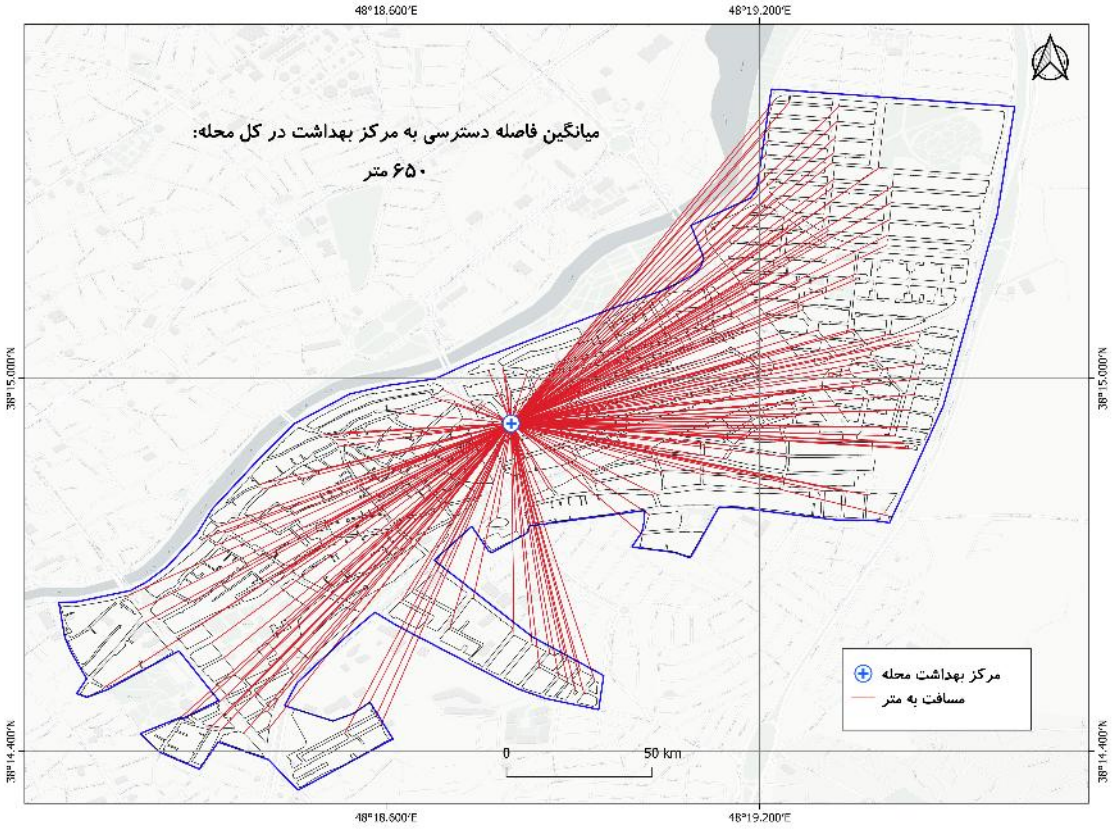
برآورد کوتاهترین فاصله دسترسی به خدمات بهداشتی

این روش یکی از تکنیک‌های پرکاربرد در تحلیل‌های مکانی است که به‌منظور پیدا کردن کوتاه‌ترین فاصله بین ویژگی‌های جغرافیایی مختلف استفاده می‌شود. این روش، به‌ویژه در برنامه‌هایی مانند QGIS، برای شناسایی و بررسی نزدیکی عوارض فضایی بسیار مفید است و امکان اندازه‌گیری دقیق فواصل بین نقاط مهم، مانند مراکز بهداشتی و بلوک‌های مسکونی، را فراهم می‌کند.

در نقشه مربوط به محله ابوطالب (شکل ۴)، با استفاده از این روش، فاصله هر بلوک به نزدیک‌ترین مرکز بهداشت مشخص شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میانگین فاصله دسترسی به مرکز بهداشت در این محله حدود ۶۵۰ متر است؛ این فاصله به‌عنوان یک مقدار مناسب ارزیابی شده و نشان می‌دهد که اغلب ساکنان محله در محدوده‌ای معقول برای دسترسی به خدمات بهداشتی قرار دارند.

با توجه به شرایط خاص بیماران مبتلا به دیابت که نیازمند مراجعات مکرر به مراکز بهداشتی جهت دریافت خدمات مانند مشاوره، پایش قند خون و دارو هستند، دسترسی به مراکز بهداشتی اهمیت دوچندانی دارد. هرچند میانگین فاصله معقول به نظر می‌رسد، اما نتایج نشان می‌دهد که بلندترین فاصله که برخی ساکنان برای رسیدن به مرکز بهداشت باید طی کنند، حدود ۱۲۳۹ متر است. این فاصله برای بیماران دیابتی که ممکن است دارای محدودیت‌های حرکتی باشند یا نیازمند دسترسی سریع‌تر به خدمات درمانی هستند، چالش‌برانگیز خواهد بود. کوتاه‌ترین فاصله حدود ۱۸،۵ متر می‌باشد که نشان می‌دهد برخی بلوک‌ها در فاصله‌ای بسیار مناسب به مرکز بهداشت قرار دارند. این تفاوت‌های قابل توجه در فاصله دسترسی، بیانگر اهمیت توجه به پراکندگی خدمات بهداشتی و دسترسی مناسب در

برنامه‌ریزی‌های بهداشتی است. در مواقع اضطراری مانند افت شدید قند خون یا بروز عوارض ناشی از دیابت، فاصله زیاد می‌تواند خطرآفرین باشد. به همین دلیل، بهبود شرایط دسترسی و بررسی امکان احداث مراکز خدمات درمانی در بلوک‌هایی که فاصله بیشتری دارند، می‌تواند گامی مهم در بهبود کیفیت زندگی بیماران دیابتی در این محله باشد. همچنین، تحلیل این داده‌ها می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه زیرساخت‌های درمانی و اجرای برنامه‌های مداخله‌ای مانند ایجاد پایگاه‌های سلامت محلی یا ایستگاه‌های خدمات سیار در مناطق با فاصله زیاد از مرکز بهداشت، مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴: کوتاه ترین مسافت دسترسی بلوک‌های مسکونی به مرکز بهداشت محله (بر اساس روش کوتاه‌ترین فاصله دسترسی) مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴

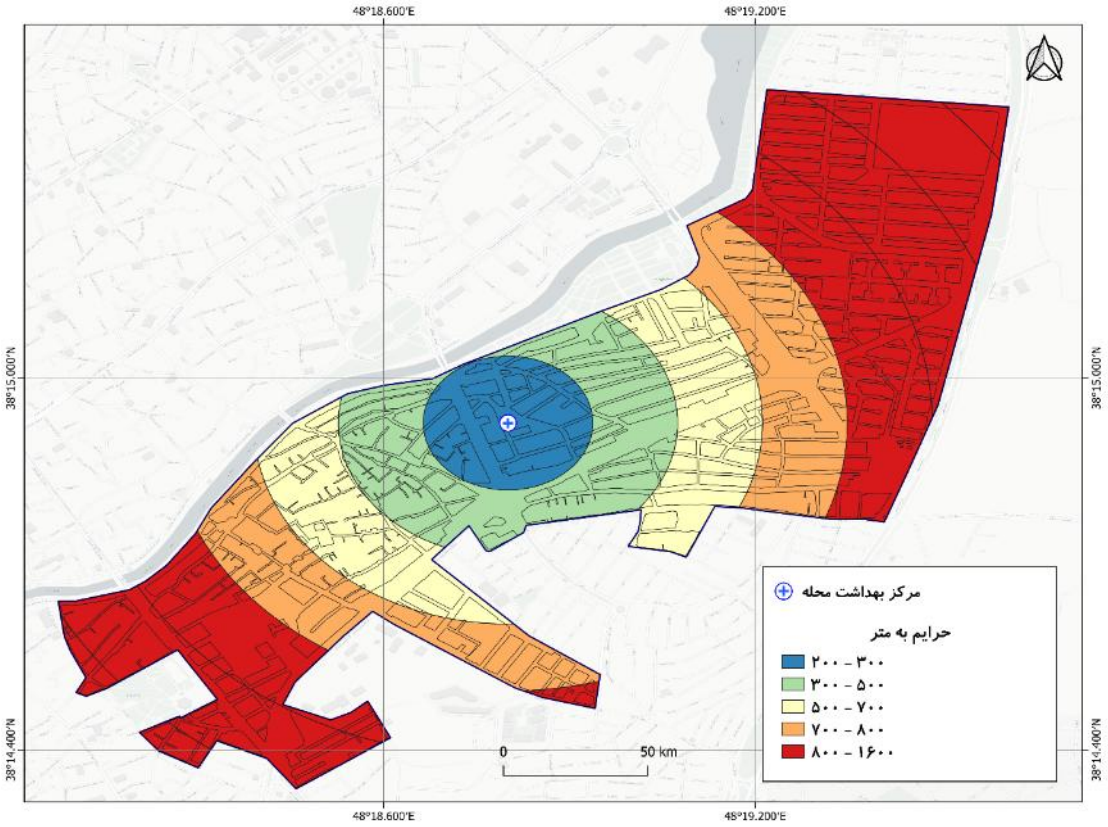
Figure 4. Shortest distance from residential blocks to the neighborhood health center (shortest-line method). Source: Authors' findings, 2025

یافته‌های روش حریم بر اساس شعاع عملکردی خدمات بهداشت

روش شعاع عملکردی درARCGIS PRO، به تحلیل دسترسی به خدمات و امکانات در نواحی اطراف یک نقطه خاص می‌پردازد. نقشه ترسیم شده در شکل ۵، نشان‌دهنده دسترسی ساکنان محله به مرکز بهداشت بر اساس فاصله از نقطه مرجع (مرکز بهداشت) است. در این نقشه، نواحی اطراف مرکز بهداشت به‌طور دقیق با استفاده از روش تحلیل حریم و شعاع عملکردی بررسی شده‌اند تا دسترسی به خدمات درمانی برای ساکنان مختلف تحلیل گردد.

در ابتدا، بلوک‌هایی که در شعاع ۳۰۰ متری از مرکز بهداشت قرار دارند، با رنگ آبی مشخص شده‌اند. این مناطق دسترسی سریع و آسان‌تری به خدمات درمانی دارند و ساکنان آن‌ها می‌توانند در کمترین زمان ممکن به مرکز بهداشت دسترسی پیدا کنند. این دسترسی عالی می‌تواند نشان‌دهنده توزیع مناسب خدمات بهداشتی در این نواحی باشد. در فاصله‌های کمی دورتر، بلوک‌های در محدوده ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر با رنگ سبز نشان داده شده‌اند. این نواحی هنوز دسترسی مناسبی به مرکز بهداشت دارند، اگرچه نسبت به مناطق آبی، فاصله بیشتری از مرکز دارند. این مناطق هنوز

از دسترسی نسبی خوبی به خدمات بهداشتی برخوردارند، اما ممکن است در مواقع اضطراری زمان بیشتری برای رسیدن به مرکز درمانی نیاز باشد. با افزایش فاصله، نقشه تغییرات دسترسی را به‌خوبی نشان می‌دهد. بلوک‌های در فاصله ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر که با رنگ زرد مشخص شده‌اند، دسترسی کمتری به مرکز بهداشت دارند. ساکنان این مناطق باید مسافت بیشتری را طی کنند تا به خدمات درمانی دسترسی پیدا کنند، که این مسئله می‌تواند در مواقع بحرانی مشکلاتی ایجاد کند.در نهایت، بلوک‌های قرمز که در فاصله ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از مرکز بهداشت قرار دارند، بیشترین فاصله را از مرکز درمانی دارند. این مناطق با کمترین دسترسی به خدمات بهداشتی مواجه هستند و ساکنان آن‌ها برای دریافت خدمات درمانی باید مسافت قابل توجهی را طی کنند. این تفاوت در فاصله دسترسی به خدمات درمانی به‌وضوح نشان‌دهنده کمبود دسترسی در برخی نواحی محله است. این تحلیل نشان می‌دهد توزیع خدمات بهداشتی در محله یکنواخت نیست و برخی مناطق نیازمند توجه بیشتری هستند تا دسترسی سریع و آسان به خدمات درمانی فراهم شود. این بررسی، با تحلیل فاصله از نقطه مرجع، مناطق دارای دسترسی مناسب و کمبود منابع را شناسایی کرده است.



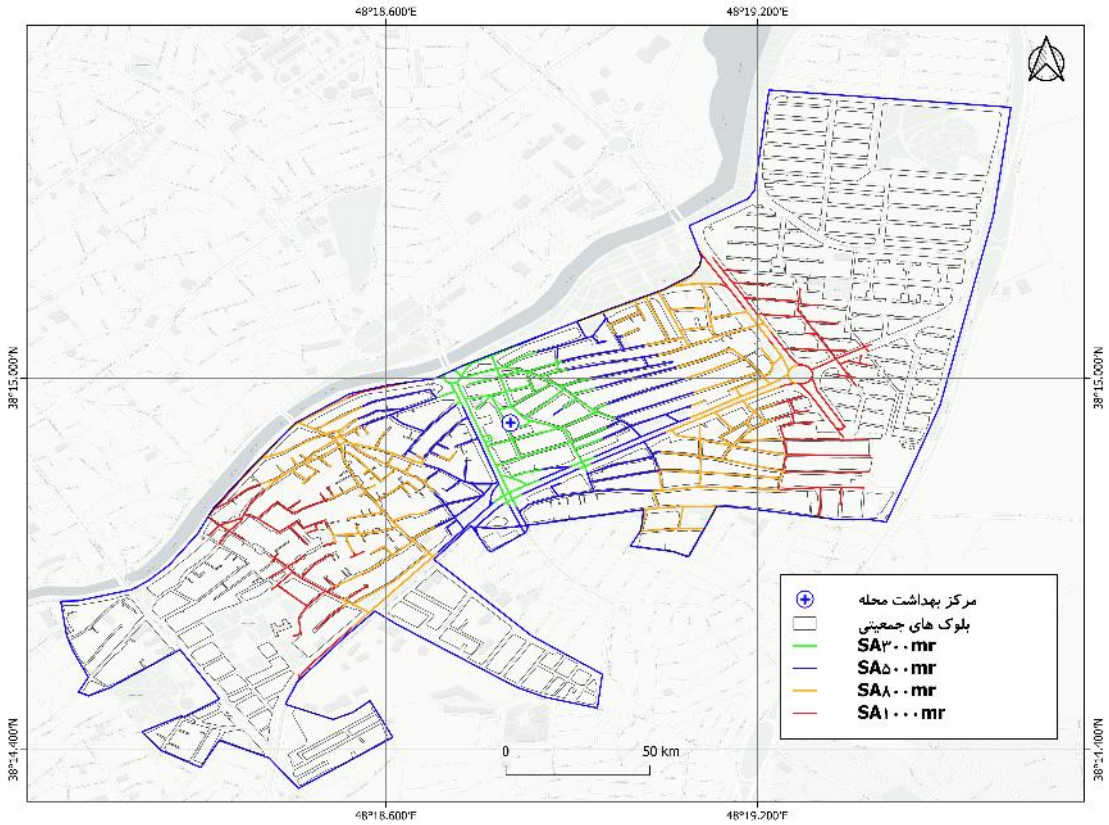
شکل ۵: کوتاه‌ترین مسافت دسترسی بلوک‌های مسکونی به مرکز بهداشت محله (بر اساس روش تحلیل حریم)مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴

Figure 5. Shortest distance from residential blocks to the neighborhood health center (buffer analysis). Source: Authors' findings, 2025

یافته‌های روش تحلیل محدوده خدماتی

روش تحلیل محدوده خدماتی که با استفاده از ابزارهای تحلیل شبکه انجام شده است، به‌منظور شناسایی نواحی دسترسی به مرکز بهداشت محله بر اساس فاصله واقعی از طریق شبکه جاده‌ها به کار می‌رود. برخلاف تحلیل حریم

(بافر)، که فاصله‌ها را صرفاً بر اساس فاصله اقلیدسی و مستقیم محاسبه می‌کند، این روش از تحلیل شبکه بهره می‌برد و با در نظر گرفتن مسیرها و شبکه جاده‌ها، فاصله‌ها را بر اساس دسترسی واقعی تعیین می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود نتایج به‌دست‌آمده دقیق‌تر و کاربردی‌تر باشند، چراکه وضعیت واقعی دسترسی از طریق راه‌ها و معابر محلی را منعکس می‌کند، نه صرفاً فاصله مستقیم بین نقاط. این روش با شفاف‌سازی نواحی دسترسی، ابزار مؤثری برای برنامه‌ریزی و بهبود زیرساخت‌های خدماتی فراهم می‌آورد.



شکل ۶: کوتاه ترین مسافت دسترسی بلوک‌های مسکونی به مرکز بهداشت محله (بر اساس روش تحلیل شبکه)
مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۳

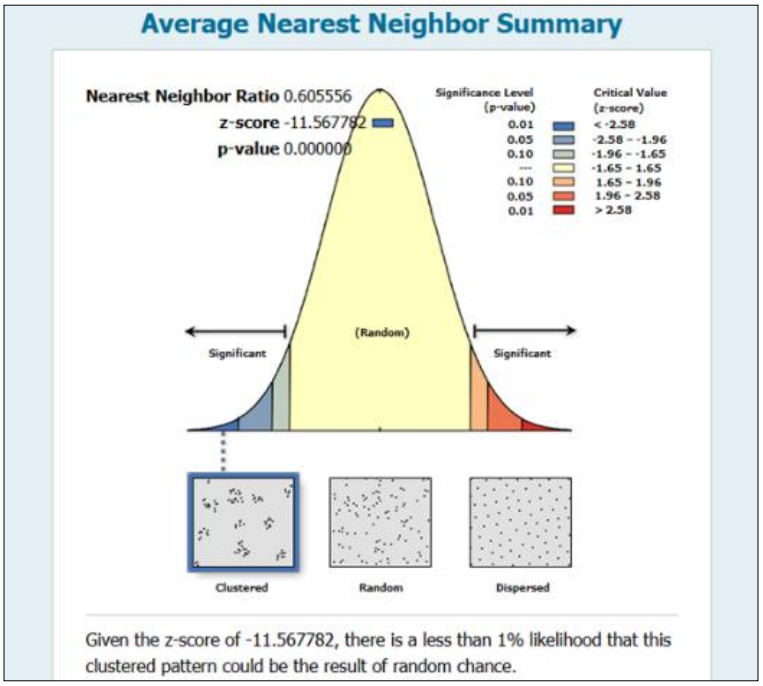
Figure 6. Shortest distance from residential blocks to the neighborhood health center (network analysis).
Source: Authors' findings, 2024

در شکل ۶، محدوده‌های دسترسی بر اساس فاصله از مرکز بهداشت با استفاده از رنگ‌های مختلف تفکیک شده‌اند. رنگ سبز نمایانگر مناطقی است که در فاصله‌ی ۱۰۰ متری از مرکز بهداشت قرار دارند. این مناطق نزدیک‌ترین دسترسی را داشته و از لحاظ ارائه خدمات بهداشتی در شرایط ایده‌آل هستند. رنگ آبی نشان‌دهنده مناطقی است که در فاصله‌ی بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر قرار دارند؛ این مناطق دسترسی مناسبی دارند اما در مقایسه با ناحیه سبز، فاصله بیشتری دارند. رنگ نارنجی به مناطقی اطلاق می‌شود که در فاصله‌ی بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر از مرکز بهداشت واقع شده‌اند. این مناطق همچنان به خدمات بهداشتی دسترسی دارند، اما فاصله بیشتر ممکن است بر سرعت و کیفیت دسترسی تأثیرگذار باشد. رنگ قرمز نواحی بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر را شامل می‌شود. این مناطق به دلیل فاصله زیاد با مرکز بهداشت در وضعیت نسبتا نامطلوبی قرار دارند و ممکن است نیازمند برنامه‌ریزی برای کاهش فاصله یا بهبود امکانات حمل‌ونقل باشند. در نهایت، مناطقی که خارج از این محدوده‌های رنگی قرار دارند، بیش از ۱۰۰۰ متر از مرکز بهداشت فاصله دارند و در دسته نواحی با کمترین دسترسی به خدمات قرار می‌گیرند. این فاصله قابل‌توجه می‌تواند مشکلاتی جدی در ارائه خدمات بهداشتی به ساکنان این مناطق ایجاد کند و نیازمند توجه ویژه و برنامه‌ریزی برای بهبود دسترسی باشد.

این تحلیل نشان می‌دهد که بافت محله از نظر توزیع دسترسی به خدمات بهداشتی، دارای تنوعی از نواحی بسیار نزدیک تا نواحی دورافتاده است. مناطق سبز و آبی بیانگر توزیع مناسب خدمات در بخش‌هایی از محله هستند، اما وجود مناطق قرمز و نواحی خارج از محدوده رنگی، ضعف‌هایی را در دسترسی به خدمات بهداشتی برجسته می‌کند. بنابراین، این تحلیل می‌تواند به مدیران شهری و برنامه‌ریزان در شناسایی نواحی کم‌برخوردار و اولویت‌بندی در تخصیص منابع برای بهبود دسترسی کمک کند.

بررسی پراکنش بیماری دیابت با شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایگی(ANN)

مدل میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی (ANN) ابتدا فاصله بین نقطه مرکزی هر عارضه و نزدیک‌ترین نقطه مرکزی همسایگی آن را اندازه‌گیری می‌کند و سپس میانگین این فاصله‌ها را محاسبه می‌کند (شکل ۷).



شکل ۷: الگوی فضایی پراکنش بیماران دیابتی، مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۳

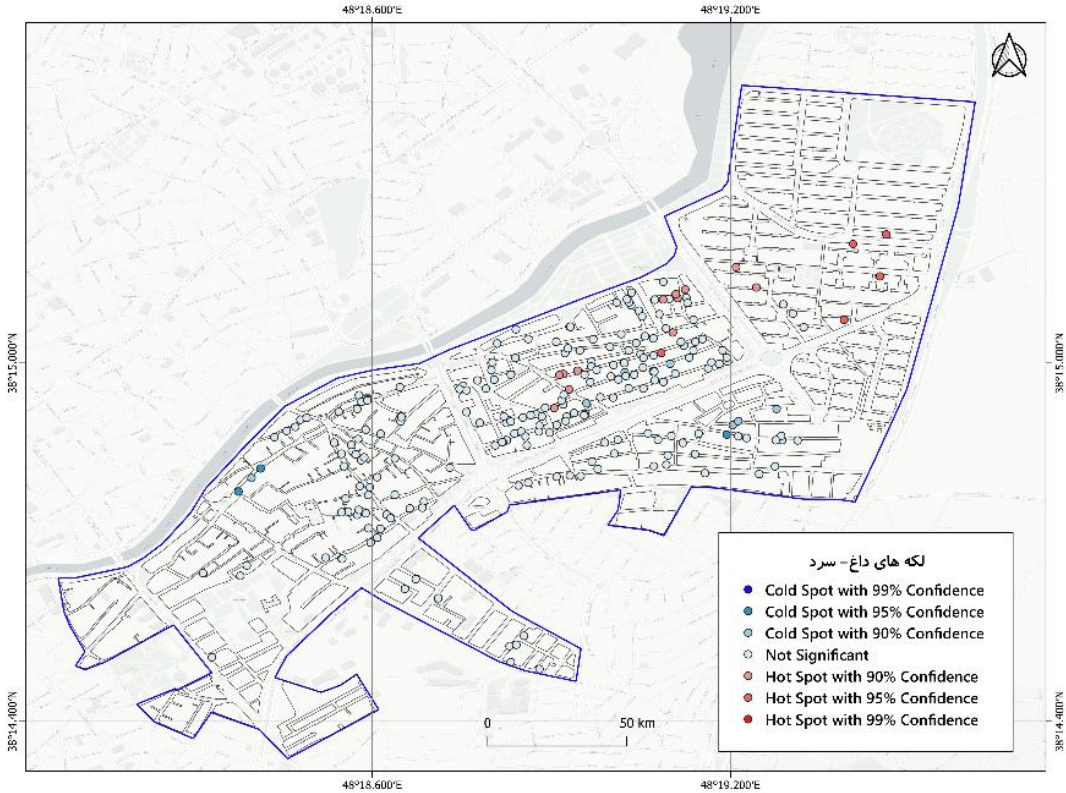
Figure 7. Spatial pattern of the distribution of diabetic patients. Source: Authors' findings, 2024

اگر میانگین فاصله محاسبه‌شده کمتر از میانگین توزیع تصادفی فرضی باشد، به این معناست که توزیع فضایی پدیده به‌صورت خوشه‌ای است. اما اگر میانگین فاصله محاسبه‌شده بیشتر از میانگین توزیع تصادفی فرضی باشد، نتیجه‌گیری می‌شود که عوارض به‌صورت پراکنده در فضا توزیع شده‌اند. نتایج تحلیل توزیع بیماری دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل، نشان‌دهنده خوشه‌بندی نقاط به‌طور معنادار است. طبق مدل میانگین نزدیک‌ترین فاصله همسایگی، نسبت نزدیک‌ترین همسایه برابر با ۰/۶۱ است که کمتر از ۱ بوده و نشان می‌دهد که فاصله میانگین مشاهده‌شده بین نقاط بسیار کمتر از فاصله میانگین مورد انتظار در توزیع تصادفی است، که این امر خوشه‌ای بودن نقاط را تأیید می‌کند. همچنین، فاصله میانگین مشاهده‌شده ۲۷/۸ متر است که نسبت به فاصله میانگین مورد انتظار ۴۵/۹ متر، تفاوت قابل‌توجهی دارد و این تفاوت نشان‌دهنده تجمع نقاط به‌جای پراکندگی تصادفی است. مقدار z برابر ۱۱/۵۷- بوده که یک مقدار منفی بسیار قوی است و نشان‌دهنده انحراف قابل‌توجه از توزیع تصادفی است، که به‌طور مؤکد تأیید می‌کند که توزیع بیماری دیابت در این محله از توزیع تصادفی دور است. مقدار p-value برابر با صفر بوده که نشان‌دهنده سطح معنی‌داری بسیار بالا است. این نتایج بیانگر آن است که الگوی پراکنش خوشه‌ای داده‌ها کمتر از ۱ درصد احتمال دارد که ناشی از شانس یا تصادف باشد و به‌صورت تجمعی معنادار تفسیر می‌شود. در نتیجه، خوشه‌ای بودن توزیع

بیماری دیابت از نظر آماری معنادار است و این نتایج می‌توانند در برنامه‌ریزی بهداشتی و مدیریت شهری برای شناسایی نواحی پرخطر و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه مؤثر واقع شوند.

تحلیل کانون‌های داغ مناطق پرخطر

در این تحلیل (شکل ۸) از روش لکه‌های داغ و سرد استفاده شده است که یکی از تکنیک‌های تحلیل فضایی در علم جغرافیا و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. این روش به شناسایی الگوهای خوشه‌ای در داده‌های مکانی می‌پردازد و مشخص می‌کند که آیا توزیع بیماری یا پدیده مورد نظر در نقاط خاصی به‌صورت غیرتصادفی متمرکز شده است یا خیر.



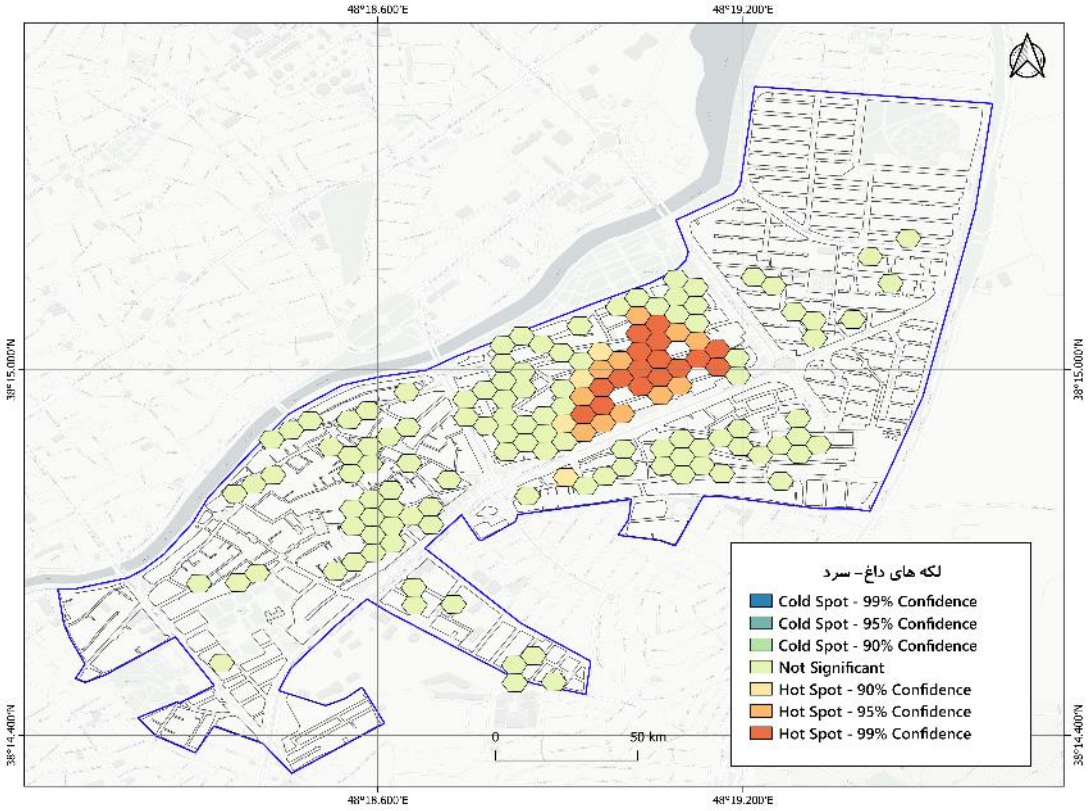
شکل ۸: لکه‌های داغ بیماران دیابتی بر اساس سن در محله ابوطالب اردبیل، مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴

Figure 8. Hot spots of diabetic patients by age in the Abotaleb neighborhood, Ardabil. Source: Authors' findings, 2025

سطح اطمینان آماری (۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد) نشان‌دهنده میزان قطعیت در این خوشه‌بندی‌ها است و به ما کمک می‌کند تا ارتباط بین متغیرهای محیطی و توزیع بیماری را بررسی کنیم. بر اساس نقشه ارائه‌شده در شکل ۸، لکه‌های داغ مناطقی را نشان می‌دهند که تعداد بیماران مبتلا به دیابت در آن‌ها بیشتر از سایر نقاط است. این مناطق اغلب با سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید شده‌اند، به این معنا که احتمال تصادفی بودن این تمرکز کمتر از یک درصد است.

در نتیجه، تحلیل نقشه نشان می‌دهد که توزیع بیماری دیابت بر اساس سن، به‌صورت خوشه‌ای و غیرتصادفی است. این خوشه‌ها عمدتاً در مناطق قدیمی محله متمرکز شده‌اند، جایی که جمعیت مسن بیشتری زندگی می‌کنند و بافت محله به‌گونه‌ای است که شرایط محیطی و اجتماعی ممکن است در شیوع بیماری نقش داشته باشد. در مقابل، لکه‌های سرد (Cold Spots) مناطقی را نشان می‌دهند که تعداد بیماران مسن در آن‌ها به‌طور معناداری کمتر است. این لکه‌های سرد در بخش‌های مرکزی و جنوب غربی محله قرار دارند و بیشتر شامل بافت‌های جدیدتر و مناطق حاشیه‌ای هستند که با سطح اطمینان آماری مشابه (۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد) مشخص شده‌اند. وجود لکه‌های سرد در این

بخش‌ها نشان‌دهنده تراکم پایین‌تر جمعیت مسن و شیوع کمتر بیماری در این مناطق است. این تحلیل نشان می‌دهد که توزیع بیماران مبتلا به دیابت ارتباط نزدیکی با بافت محله، سن جمعیت ساکن، و ویژگی‌های فضایی مناطق مختلف دارد. لکه‌های داغ به‌طور معناداری نشان‌دهنده مناطقی هستند که نیاز به توجه بیشتر در زمینه خدمات بهداشتی و پیشگیری از بیماری دارند، در حالی که لکه‌های سرد به بهبود شرایط سلامت در مناطق جدیدتر اشاره دارند.



شکل ۹: تحلیل لکه‌های داغ بیماران دیابتی بر اساس رابطه مجاورت فضایی در محله ابوطالب اردبیل، مأخذ: یافته‌های نگارندگان، ۱۴۰۴

Figure 9. Hot spot analysis of diabetic patients based on spatial proximity in the Abotaleb neighborhood, Ardabil. Source: Authors' findings, 2025

در شکل ۹، که با روش لکه‌های داغ تحلیل شده است، برخلاف شکل ۸، عامل سن در نظر گرفته نشده و تمرکز تحلیل صرفاً بر پراکندگی و همسایگی موارد بیماری دیابت بوده است. این روش مشابه تراکم کرنل عمل کرده و صرفاً توزیع مکانی موارد بیماری را بر اساس مجاورت و نزدیکی به یکدیگر و تراکم آن‌ها بررسی کرده است. در این تحلیل، تمامی نمونه‌های موجود از بیماران دیابتی، بدون توجه به سن آن‌ها، در تحلیل وارد شده‌اند. در شکل ۹، لکه‌های داغ که با رنگ‌های گرم‌تر (قرمز) مشخص شده‌اند، نشان‌دهنده تراکم بالای بیماران مبتلا به دیابت هستند و در حدود ۳۰ درصد از کل نمونه‌ها را شامل می‌شوند. این مناطق عمدتاً در بخش‌های مرکزی محله متمرکز شده‌اند که می‌تواند ناشی از عواملی نظیر تراکم بالای جمعیت یا سبک زندگی پرریسک‌تر باشد. این لکه‌ها با درصدهای اطمینان مختلف مشخص شده‌اند. لکه‌های داغ با اطمینان ۹۰ درصد، حدود ۱۵ درصد از کل نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند و در نقشه با رنگ قرمز روشن مشخص شده‌اند. لکه‌های داغ با اطمینان ۹۵ درصد، حدود ۱۰ درصد از نمونه‌ها را شامل می‌شوند و با رنگ قرمز متوسط نشان داده شده‌اند. لکه‌های داغ با اطمینان ۹۹ درصد، حدود ۵ درصد از کل نمونه‌ها را دربرمی‌گیرند و با رنگ قرمز تیره قابل‌مشاهده‌اند. این مناطق نشان‌دهنده بیشترین تمرکز بیماران دیابتی هستند.

همچنین لکه‌های سرد، که تراکم پایین بیماران مبتلا به دیابت را نشان می‌دهند، معمولاً در بخش‌های شمالی و غربی محله قرار دارند و تقریباً ۲۵ درصد از کل نمونه‌ها را دربرمی‌گیرند. این موضوع می‌تواند به شرایط بهتری از نظر محیطی، سبک زندگی متفاوت یا پراکندگی جمعیت مرتبط باشد. لکه‌های سرد نیز با درصدهای اطمینان مختلف مشخص شده‌اند: لکه‌های سرد با اطمینان ۹۰ درصد، تقریباً ۱۲ درصد از نمونه‌ها در این دسته قرار می‌گیرند و با رنگ آبی روشن مشخص شده‌اند. لکه‌های سرد با اطمینان ۹۵ درصد: حدود ۸ درصد از نمونه‌ها را شامل می‌شوند و با رنگ آبی متوسط نشان داده شده‌اند، لکه‌های سرد با اطمینان ۹۹ درصد: نزدیک به ۵ درصد از نمونه‌ها را دربرمی‌گیرند و با رنگ آبی تیره دیده می‌شوند.

بخش‌هایی از نقشه که با رنگ خاکستری یا بدون رنگ مشخص شده‌اند، حدود ۴۵ درصد از کل نمونه‌ها را شامل می‌شوند و از نظر آماری تفاوت معناداری در تراکم بیماران نشان نمی‌دهند. نتایج این تحلیل، ابزاری موثر برای شناسایی الگوهای جغرافیایی بیماری است و می‌تواند مدیران بهداشتی را در طراحی برنامه‌های هدفمند برای پیشگیری و درمان یاری کند. مناطق با اطمینان بالاتر (۹۹ درصد) نیازمند توجه ویژه برای ارائه خدمات درمانی و مداخلات پیشگیرانه هستند، در حالی که بررسی لکه‌های سرد می‌تواند به شناسایی عوامل کاهش شیوع بیماری کمک کند. این تحلیل فضایی به بهینه‌سازی منابع و برنامه‌های بهداشتی در مناطق پرخطر و ارتقای کیفیت زندگی ساکنان کمک می‌کند.

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که تحلیل لکه‌های داغ بیماری دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ نشان داد که بیشترین تراکم بیماران عمدتاً در بخش‌های مرکزی محله متمرکز شده و این نواحی با رنگ‌های قرمز در سه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد در نقشه مشخص شده‌اند. در مقابل، بخش‌های شمالی و غربی محله به‌عنوان لکه‌های سرد با تراکم پایین بیماران شناخته شدند. حدود ۳۰ درصد از بیماران در محدوده‌های پرخطر متمرکز شده‌اند و نزدیک به ۲۵ درصد در نواحی کم‌خطر قرار دارند، در حالی که بیش از ۴۰ درصد از ناحیه فاقد خوشه معنادار هستند. این نتایج، بر اهمیت تمرکز خدمات بهداشتی و مراقبتی در مناطق با تراکم بالای بیماران تأکید دارد و می‌تواند مبنای علمی مؤثری برای طراحی مداخلات محلی و توزیع هدفمند منابع درمانی باشد. همچنین، تحلیل نواحی سرد می‌تواند به شناسایی عوامل محافظت‌کننده محیطی یا رفتاری منجر شود که در پیشگیری از دیابت در سایر نواحی نیز قابل استفاده است.

این یافته‌ها با نتایج مطالعات مشابه در کشورهای در حال توسعه از جمله هند و اندونزی (Mohan et al., 2012; Zainuddin et al., 2023) هم‌راستا است که نشان دادند دسترسی ناکافی به خدمات درمانی و تراکم جمعیتی، از عوامل اصلی تمرکز بیماری است. همچنین، در سطح ملی نیز تحقیقاتی مانند Vahidnia et al. (2016) و Ramezani et al. (2023)، الگوی مشابهی از خوشه‌های بیماری و تأثیر دسترسی مکانی بر شیوع دیابت را تأیید کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با تمرکز بر تحلیل فضایی توزیع بیماران مبتلا به دیابت در محله ابوطالب شهر اردبیل و با بهره‌گیری از ابزارهای مختلف سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، نشان داد که الگوی پراکنش این بیماری به‌صورت خوشه‌ای بوده و تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله موقعیت جغرافیایی، دسترسی به خدمات بهداشتی، و ویژگی‌های جمعیتی قرار دارد. تحلیل کرنل تراکم حاکی از تمرکز اولیه بیماران در مناطق مرکزی و جنوبی محله بود که در سال‌های بعدی به سمت مناطق شمالی و غربی گسترش یافت. این جابه‌جایی می‌تواند ناشی از تغییرات در توزیع جمعیت، افزایش سن ساکنان و تغییر سبک زندگی آن‌ها باشد.

تحلیل کوتاه‌ترین فاصله بین عوارض نشان داد که برخی نواحی محله با محدودیت دسترسی به مراکز بهداشتی روبه‌رو هستند و این مساله در شرایط بحرانی ممکن است باعث تأخیر در دریافت خدمات شود. نتایج تحلیل میانگین نزدیک‌ترین همسایگی (ANN) نیز بر خوشه‌ای بودن توزیع مکانی بیماران صحه گذاشت و الگوی پراکنش را از حالت

تصادفی خارج دانست. بررسی محدوده خدماتی و شعاع عملکردی مراکز درمانی نشان داد که توزیع کنونی این مراکز متناسب با تراکم جمعیت و بار بیماری نیست و نیاز به بازطراحی شبکه درمانی در سطح محله احساس می‌شود.

یافته‌های حاصل از تحلیل لکه‌های داغ و سرد نیز نشان داد که بیشترین تمرکز بیماران در بخش‌های مرکزی و پرتراکم‌تر محله مشاهده شده و این نواحی با سطح اطمینان ۹۹ درصد در دسته مناطق پرخطر قرار دارند. در مقابل، لکه‌های سرد که در نواحی شمالی و غربی پراکنده‌اند، می‌توانند بازتاب شرایط مساعدتر اجتماعی یا محیطی باشند. نتایج این تحلیل‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌گذاران و مدیران بهداشتی باید در طراحی مداخلات پیشگیرانه و درمانی به موقعیت جغرافیایی بیماران توجه ویژه‌ای داشته باشند و برنامه‌ریزی‌های محلی را با استفاده از داده‌های مکانی به‌روز و دقیق انجام دهند.

مطالعه حاضر با تحقیقات بین‌المللی همسو بوده و یافته‌های آن در تطابق با پژوهش‌های انجام‌شده در کشورهایی مانند هند (Mohan et al., 2012)، اندونزی (Zainuddin et al., 2023) و بریتانیا (Whicher et al., 2020) قرار دارد که بر نقش دسترسی به خدمات درمانی، سبک زندگی و ویژگی‌های جمعیتی در الگوی پراکنش دیابت تأکید داشته‌اند. از منظر داخلی نیز پژوهش‌هایی همچون Vahidnia et al. (2016) و Ramezani et al. (2023) بر استفاده از ابزارهای تحلیل فضایی در شناسایی مناطق پرخطر و تأثیر مداخلات سبک زندگی تأکید کرده‌اند که یافته‌های تحقیق حاضر نیز این نتایج را تقویت می‌کند.

در عین حال، یافته‌های این پژوهش در برخی موارد با نتایج مطالعاتی مانند پژوهش Kazemi et al. (2013) که رابطه‌ای معکوس میان سطح تحصیلات پایین و شیوع دیابت گزارش کردند، تفاوت دارد. همچنین برخلاف پژوهش Abbasian and Delavarianzadeh (2007) که در مناطق روستایی شیوع بالاتری را گزارش کردند، در تحقیق حاضر مناطق شهریِ محله ابوطالب دارای تمرکز بالاتری از بیماران بوده‌اند که می‌تواند ناشی از تراکم جمعیتی و افزایش سن ساکنان باشد.

این تحقیق با محدودیت‌هایی نظیر دسترسی محدود به داده‌های کلان شهری، اطلاعات اقتصادی-اجتماعی بیماران و میزان دقیق مراقبت‌های درمانی روبه‌رو بود. با وجود این، تحلیل داده‌های موجود در مقیاس محله‌ای توانست تصویری روشن از توزیع فضایی بیماران دیابتی ارائه دهد که می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی سیاست‌های سلامت‌محور و مبتنی بر مکان مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که مکان‌یابی بهینه مراکز درمانی در نواحی پرخطر با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مکانی در دستور کار قرار گیرد. همچنین، غربالگری منظم، آموزش سلامت جامعه و ارتقای آگاهی عمومی در مورد عوامل خطر دیابت به‌ویژه در گروه‌های سنی میانسال و سالمند، می‌تواند در کاهش شیوع بیماری مؤثر باشد. تحلیل فضایی باید به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر سیاست‌گذاری سلامت شهری در نظر گرفته شود و داده‌های مکانی و اپیدمیولوژیک به‌طور منظم به‌روزرسانی و تحلیل شوند. این مطالعه نشان داد که یکپارچه‌سازی سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری با نیازهای سلامت جمعیت می‌تواند به کاهش نابرابری‌های بهداشتی و ارتقای عدالت فضایی در دسترسی به خدمات درمانی بینجامد.

علاوه بر این، در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود از داده‌های سطح کلان‌شهری یا بین‌محله‌ای استفاده شود تا امکان تحلیل مقایسه‌ای فراهم گردد. همچنین، بررسی نقش متغیرهای اجتماعی-اقتصادی مانند سطح درآمد، تحصیلات، نوع اشتغال و شاخص‌های سبک زندگی می‌تواند به درک دقیق‌تری از عوامل مؤثر بر پراکنش بیماری دیابت کمک کند. بهره‌گیری از رویکردهای نوین مانند مدل‌های یادگیری ماشین، تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های سلامت دیجیتال و طراحی سیستم‌های هشدار پیشگیرانه مبتنی بر GIS نیز می‌تواند مسیرهای نوینی برای ارتقای کارآمدی نظام سلامت شهری فراهم آورد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه با عنوان «تحلیل فضایی پراکندگی مبتلایان به بیماری دیابت مطالعه موردی: محله ابوطالب شهر اردبیل» با کد اخلاق RI.UMA.REC.1402.031 مصوب کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه محقق اردبیلی است. نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

داده‌های پژوهش از سامانه مرکز بهداشت محله ابوطالب اخذ شده است؛ لذا از دانشگاه محقق اردبیلی و مرکز بهداشت محله ابوطالب شهر اردبیل سپاسگزاری می‌شود.

References:

1. Abbasian,M., & Delavarianzadeh, M. (2007). Investigation of diabetes complications in Shahroud. *Journal of Knowledge & Health in Basic Medical Sciences*, 2(4), 15–19. (In Persian) https://sid.ir/paper/108045/fa
2. Abotaleb Urban Comprehensive Health Service Center. (2023). Abotaleb Health Center introduction and services. Ardabil University of Medical Sciences (ARUMS). https://B2n.ir/fd7451
3. American Diabetes Association. (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 37(Supplement_1), S81–S90. https://doi.org/10.2337/dc14-S081
4. Asgari, H. (2011). *Spatial statistical analysis with ArcGIS*. Tehran: Urban Planning and Processing Company. (In Persian) https://ketab.ir/Book/42EE61B5-9839-4CC1-B84E-DEE9A387D4CD
5. Cromley, E. K., & McLafferty, S. L. (2012). *GIS and public health* (2nd ed.). Guilford Press. https://B2n.ir/be1877
6. Dagogo-Jack, S. (2006). Primary prevention of type-2 diabetes in developing countries. *Journal of the National Medical Association*, 98(3), 415. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmid/16573308
7. De Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. (2025). *Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques, and software*. https://www.spatialanalysisonline.com/
8. Esmailnasab, N., Afkhamzadeh, A., & Ebrahimi, A. (2010). A cross-sectional study of factors affecting type 2 diabetes control at the Sanandaj Diabetes Center. *Iranian Journal of Epidemiology*, 6(1), 39–45. (In Persian) http://irje.tums.ac.ir/article-1-92-fa.html
9. Esri. (2022). *ArcGIS Pro* (Version 3.2) [Computer software]. Esri. https://www.esri.com
10. Faridi Masouleh, A. (2016). Hot spot analysis of provinces for medical tourism using GiZScore (Case study: Islamic Republic of Iran). *Heritage & Tourism*, 1(4), 105–120. (In Persian) https://sid.ir/paper/257212/fa

11. Fazelinia, G., Ahmadi, G., & Hakimdust, Y. (2015). Application of factor analysis and kernel density estimation model in appraisal studies of place and space development of rural area of Rawansar town. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 5(16), 89–103. (In Persian) https://gps.gu.ac.ir/m/article_10919.html?lang=en
12. Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Vergés, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19: A review. *Science of the Total Environment*, 743, 140033. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140033
13. Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x
14. Javadian Kutenaei, R., Mofateh, R., Zakerkish, M., Orakifar, N., Monjezi, S., & Mehravar, M. (2023). Reactive balance control performance in people with diabetes: A narrative review. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 25(3), 234–244. (In Persian) http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-3146-fa.html
15. Kazemi, M., Abadipisheh, E., Gojani, R., & Balaei, P. (2013). Status of hemoglobin A1c in diabetic patients referring to the diabetes clinic of Rafsanjan University of Medical Sciences in 2013. *Community Health*, 7(2), 73–79. (In Persian) https://chj.rums.ac.ir/article_45700.html
16. Kirkman, M. S., Briscoe, V. J., Clark, N., Florez, H., Haas, L. B., Halter, J. B., Huang, E. S., Korytkowski, M. T., Munshi, M. N., Odegard, P. S., Pratley, R. E., Swift, C. S., & Consensus Development Conference on Diabetes and Older Adults. (2012). Diabetes in older adults: A consensus report. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(12), 2342–2356. https://doi.org/10.1111/jgs.12035
17. Lankarani, M., & Zahedi, F. (2002). Primary prevention of type 2 diabetes. Iranian *Journal of Diabetes and Metabolism*, 1(2), 87–106. (In Persian) http://ijdld.tums.ac.ir/article-1-480-fa.html
18. Misra, A., Gopalan, H., Jayawardena, R., Hills, A. P., Soares, M., Reza-Albarrán, A. A., & Ramaiya, K. L. (2019). Diabetes in developing countries. *Journal of Diabetes*, 11(7), 522–539. https://doi.org/10.1111/1753-0407.12913
19. Mohan, V., Deepa, M., Pradeepa, R., Prathiba, V., Datta, M., Sethuraman, R., Rakesh, H., Sucharita, Y., Webster, P., Allender, S., Kapur, A., & Anjana, R. M. (2012). Prevention of diabetes in rural India with a telemedicine intervention. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6(6), 1355–1364. https://doi.org/10.1177/193229681200600614
20. Naderifar, M., & Abdollahi Mohammad, G. (2022). Symptoms of latent diabetes. *Journal of Diabetes Nursing*, 10(3), 1950–1953. (In Persian) http://jdn.zbmu.ac.ir/article-1-555-fa.html
21. QGIS Development Team. (2023). *QGIS documentation* (Version 3.34). QGIS Geographic Information System. https://docs.qgis.org
22. Ramezani, S., Pourrahim, A., Yaghoubi, M., & Rasouli, M. (2023). The effect of different types of exercise training on diabetes-related indices in type 2 diabetes: A systematic review. *Feyz Medical Sciences Journal*, 27(3), 340–354. (In Persian) https://doi.org/10.48307/FMSJ.2023.27.3.340
23. Sarshar, N., & Chamanzari, H. (2003). Investigation of diabetes complications in patients referring to the diabetes clinic of Gonabad city. *Journal of Knowledge & Health (Ofogh-e-Danesh)*, 9(1), 62–69. (In Persian) https://sid.ir/paper/68781/fa

24. Singh, S., Puri, P., & Subramanian, S. V. (2020). Identifying spatial variation in the burden of diabetes among women across 640 districts in India: A cross-sectional study. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 19(1), 523–533. https://doi.org/10.1007/s40200-020-00545-w
25. Solhi, M., Hazrati, S., Shabani, M., & Nejaddadgar, N. (2017). Using the PRECEDE model for educational needs assessment of self-care in patients with diabetes. *Journal of Diabetes Nursing*, 5(4), 295–306. (In Persian) http://jdn.zbmu.ac.ir/article-1-266-fa.html
26. Statistical Centre of Iran. (2016). *Results of the 2016 general population and housing census: Ardabil County, Abotaleb neighborhood.* Tehran: Deputy of Population Statistics and Information. (In Persian) https://www.amar.org.ir
27. Vahidnia, M. H., Shafiei, M., & Alavipanah, S. K. (2015). The role of geographic information systems in diabetes disease analysis. *Science Cultivation Journal*, 5(2). (In Persian) https://www.magiran.com/paper/1506861
28. Whicher, C. A., O'Neill, S., & Holt, R. I. G. (2020). *Diabetes in the UK*: 2019. Diabetic Medicine, 37(2), 242–247. https://doi.org/10.1111/dme.14225
29. Zainuddin, A. A., Rahim, A., Ramadany, S., Dharmayani, H., Kuswanto, H., Kadir, R. R. A., & Rasyid, H. (2023). Geospatial analysis of type 2 diabetes mellitus and hypertension in South Sulawesi, Indonesia. *Scientific Reports*, 13(1), 838. https://doi.org/10.1038/s41598-023-27902-y
30. Zheng, Y., Ley, S. H., & Hu, F. B. (2018). Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nature Reviews Endocrinology*, 14(2), 88–98. https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.151

OPEN ACCESS

COPYRIGHTS

© The Author(s). This is an open access article under the CC BY-NC license:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
Publisher: Private with Cooperation Iranian Geography and Urban Planning Association