



Measuring the Spatial Distribution of Heart-Respiratory Mortality and its Relationship with Geographical Factors in the Year Hot Period

Elahe Akbari^{1*} , Rahman Zandi² , Mohammad Reza Maleki³ 

1. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. E-mail: e.akbari@hsu.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran. E-mail: r.zandi@geo.ui.ac.ir
3. Master's student in the Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. E-mail: m.maleki2@sun.hsu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 1 March 2025

Received: 13 March 2025

Accepted: 9 November 2025

Published: 16 December 2025

Keywords:

Geographical factors,
Cardio-respiratory diseases,
Spatial analysis, OLS,
Mashhad.

ABSTRACT

Objective: Today, the root of many diseases, such as heart attacks, respiratory diseases, and cancers, is considered to be the pressures of daily life in cities. Therefore, this study aims to investigate the spatial distribution of mortality of cardiovascular and respiratory patients in Mashhad and its relationship with geographical factors.

Methods: The study utilized data on the spatial distribution of mortality of cardiovascular and respiratory patients, climatic data, and remote sensing data to extract vegetation coverage indices and urban heat island indicators. Google Earth Engine was employed to estimate urban heat islands and vegetation coverage indices, followed by cluster analysis in a Geographic Information System. Finally, ordinary least squares regression was used to examine the relationship between geographical factors and the mortality rate due to cardiovascular disease.

Results: The results indicated that the spatial distribution of their mortality exhibited a clustered pattern with 99% confidence, identifying two hotspots in the central and western areas of the city. Furthermore, a correlation was observed between geographical factors and the spatial distribution of cardiorespiratory mortality, particularly concerning urban heat islands, of course, this level of relationship is in low relationship but significance.

Conclusion: The association between cardiorespiratory mortality and the geographic factors examined in this study except urban heat islands is insignificant. So, it is recommended that future studies consider additional factors such as air pollution, noise pollution, genetics, dietary history, and social factors like occupation and place of residence in relation to mortality rates from cardiovascular diseases.

Cite this article: Akbari, E., Zandi, R., & Maleki, M.R. (2026). Measuring the Spatial Distribution of Heart-Respiratory Mortality and its Relationship with Geographical Factors in the Year Hot Period. *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 5(17), 34-49. <http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66124.1122>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66124.1122>

Publisher: University of Tabriz.



Extended Abstract

Introduction

The temperature of metropolises, especially in their central areas, is one of the main issues of cities. Urban growth and development due to their immigration and excessive increase in population has led to the environment destruction and the air pollution increase. An urban heat island is an area whose temperature is higher than the surrounding environment, in other words, the air temperature in these areas is higher than the uniform and homogeneous air temperature of the surrounding environment (Chen et al., 2011; Dos Santos Cardoso & De Costa Trindade Amorim, 2017). In other words, these urban heat islands, which indicate their high temperature compared to the surrounding rural areas, also result in higher temperatures in urban areas due to their impermeable surfaces (Akbari, Pomerantz, & Taha, 2001; Heaviside, 2020). Due to the existence of factories and industrial centers, major heat islands have formed in the population centers of cities and are effective in changing the albedo coefficient of urban areas (Odunuga & Badru, 2015; Reisi, Ahmadi Nadoushan & Aye, 2019).

As one of the most well-known effects of urban development, an urban heat island is a phenomenon whereby urban areas experience higher temperatures than the surrounding rural areas. In contemporary technological society, the development of industrial activities, the increase in population and urbanization, and the need to exploit limited natural resources more have led to a rise in pollution, especially in developing countries that do not have high technology to reduce air pollution and pollutant gas emissions (Tong et al., 2021; Voumik & Sultana, 2022). Today, the root of many diseases, such as heart attacks, respiratory diseases, and cancers, is considered to be the pressures of daily life in cities (Tan et al., 2010). In big cities, visual pollution or environmental pollution, as a stressor, threatens the health of citizens. The increase in the number of hot days per year and the increase in the frequency of heat waves caused mainly by human activities increases the risk of increased mortality (Saucy et al., 2021). Meanwhile, most of the world's population lives in cities. Also, the elderly and senile population are among them. They have the least resistance and vulnerability compared to younger people; the need to examine this issue is felt here (Hajat, O'Connor & Kosatsky, 2010).

Material and Methods

The present study investigated the spatial distribution of cardio and respiratory patients in Mashhad and its relationship with geographic factors. Therefore, the research data used includes the living place of cardiorespiratory patients, climate data, and remote sensing to extract the indices of vegetation and heat islands. To achieve the research goal, the estimation of heat islands and vegetation index in Google Earth Engine, cluster analysis in Geographic Information System (GIS), and finally, Ordinary Least Squares (OLS) were to examine the relationship between geographical factors and the mortality rate due to cardiovascular disease.

Results and Discussion

The results show that the distribution of patients with a 99% confidence interval is clustered, and two hot spots can be seen in the central and western areas of the city. By examining the correlation values between the geographical parameters considered in this study (precipitation, temperature, wind speed, NDVI, and LST) and the mortality rate due to cardiovascular disease, there is a minimal relationship between these factors and the aforementioned disease. This issue is while the significance level of this relationship and correlation is acceptable in most relationships. It should be acknowledged that among the geographical factors considered in this study, there is the most significant relationship between LST and the mortality rate due to cardiovascular disease. In the different months considered in this research, there is no significant difference between the relationships between geographical factors and the death rate caused by cardiovascular disease.

Conclusion

Global warming and its subsequent climate change, the effects of greenhouse gas emissions, and its impact on the increase in surface temperature can affect human health. After examining the clustering behavior of cardiorespiratory disease, the study examined the relationship between ground surface temperature and climatic



factors in the year's warm months with disease and mortality from cardiorespiratory disease. It was found that more cardiorespiratory disease is expected in the central areas of Mashhad City due to heat islands, less precipitation, and less vegetation. This issue results from the hot spots in the cluster distribution map of cardiorespiratory disease, which also coincide with this area. Hence, the results reveal that there is a close relationship between geographical factors and the occurrence of cardiorespiratory disease. In addition, by quantitatively examining the relationship between these factors and the occurrence of cardiorespiratory disease through OLS, it was found that urban heat islands are a more important factor in mortality and cardiorespiratory disease with a higher correlation. However, it is suggested that in addition to geographical factors, the effect of factors such as air pollution, noise pollution, genetics, nutritional records, and social factors such as job place of residence on the mortality rate caused by cardiovascular disease should be investigated.

References

- Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar energy*, 70 (3), 295-310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X).
- Chen, F., Kusaka, H., Bornstein, R., Ching, J., Grimmond, C., Grossman-Clarke, S., Loridan, T., Manning, K. W., Martilli, A. & Miao, S. (2011). The integrated WRF/urban modelling system: development, evaluation, and applications to urban environmental problems. *International Journal of Climatology*, 31 (2), 273-288. <https://doi.org/10.1002/joc.2158>.
- Dos Santos Cardoso, R., & De Costa Trindade Amorim, M. C. (2017). Spatial Variations of Air Temperatures in Presidente Prudente, São Paulo, During Summer Nights. *Curitiba*, v.42, 257 -268. DOI: 10.5380/raega.
- Hajat, S., O'Connor, M., & Kosatsky, T. (2010). Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *The Lancet*, 375(9717), 856-863. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61711-6.
- Heaviside, C. (2020). Urban Heat Islands and Their Associated Impacts on Health. In Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.332>.
- Odunuga, S., & Badru, G. (2015). Landcover change, land surface temperature, surface albedo and topography in the Plateau Region of North-Central Nigeria. *Land*, 4(2), 300-324. <https://doi.org/10.3390/land4020300>.
- Reisi, M., Ahmadi Nadoushan, M., & Aye, L. (2019). Remote sensing for urban heat and cool islands evaluation in semi-arid areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(3), 319-330. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.03.05>.
- Saucy, A., Ragetti, M. S., Vienneau, D., De Hoogh, K., Tangermann, L., Schäffer, B., Wunderli, J., Probst-Hensch, N., & Rösli, M. (2021). The role of extreme temperature in cause-specific acute cardiovascular mortality in Switzerland: A case-crossover study. *Science of the Total Environment*, 790, 147958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147958>.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A.J., Li, F. and Chen, H., (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International journal of biometeorology*, 54(1), 75-84. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>.
- Tong, S., Prior, J., McGregor, G., Shi, X., & Kinney, P. (2021). Urban heat: an increasing threat to global health. *BMJ*, n2467. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2467>
- Voumik, L. C., & Sultana, T. (2022). Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fresh evidence from novel CS-ARDL model. *Heliyon*, 8(11), e11457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11457>.



سنجش توزیع فضایی پراکنش مرگ و میر قلبی- تنفسی و ارتباط آن

با عوامل جغرافیایی در دوره گرم سال

الهه اکبری^{۱*}، رحمان زندی^۲، محمدرضا ملکی^۳

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: e.akbari@hsu.ac.ir
۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: r.zandi@geo.ui.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: m.maleki2@sun.hsu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: امروزه ریشه بسیاری از بیماری‌ها از قبیل سکنه‌های قلبی-تنفسی و سرطان‌ها را فشارهای زندگی روزمره در شهرها می‌دانند. هدف از پژوهش حاضر بررسی نحوه توزیع فضایی مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی و تنفسی در شهر مشهد و ارتباط آن با عوامل جغرافیایی می‌باشد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

روش پژوهش: داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های مکان زیست مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-تنفسی، داده‌های اقلیمی و سنجش از دوری جهت استخراج شاخص‌های پوشش گیاهی و جزایر حرارتی می‌باشند. برای دستیابی به هدف تحقیق، به برآورد جزایر حرارتی و شاخص پوشش گیاهی در گوگل ارث انجین، تحلیل خوشه‌ای در سیستم اطلاعات جغرافیایی و در نهایت حداقل مربعات معمولی برای بررسی ارتباط عوامل جغرافیایی و میزان مرگ و میر پرداخته شده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

نتایج: نتایج نشان می‌دهد که نحوه پراکنش مرگ و میر ناشی از بیماری مذکور با سطح اطمینان ۹۹ درصد حالت خوشه‌ای داشته است و دو لکه‌ی داغ در نواحی مرکزی و غربی شهر قابل مشاهده است. همچنین نتایج حاصل از ارتباط بین عوامل جغرافیایی و توزیع فضایی مرگ و میر ناشی از بیماری موید میزان همبستگی آن به خصوص با جزایر حرارتی شهری می‌باشد، البته این میزان ارتباط ناچیز اما معنی دار است.

کلیدواژه‌ها:

عوامل جغرافیایی،

بیماری قلبی-تنفسی،

تحلیل مکانی، حداقل مربعات

معمولی، مشهد.

نتیجه‌گیری: میزان ارتباط بین مرگ و میر بیماری با عوامل جغرافیایی بررسی شده به جز جزایر حرارتی شهری، ناچیز است. بنابراین پیشنهاد می‌شود علاوه بر عوامل جغرافیایی، اثر عواملی نظیر آلودگی هوا، آلودگی صوتی، ژنتیک، سوابق تغذیه‌ای، عوامل اجتماعی نظیر شغل، محل زندگی نیز بر میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی بررسی گردد.

استاد: اکبری، الهه؛ زندی، رحمان و ملکی، محمدرضا (۱۴۰۳). سنجش توزیع فضایی پراکنش مرگ و میر قلبی- تنفسی و ارتباط آن با عوامل جغرافیایی در دوره گرم سال. کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۵ (۱۷)، ۳۴-۴۹.

<http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66124.1122>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

دمای کلانشهرها به خصوص در مناطق مرکزی آنها یکی از مسایل اصلی پیش روی شهرهاست. رشد و توسعه شهری بواسطه مهاجرپذیری آنها و افزایش بی رویه جمعیت منجر به تخریب محیط زیست و افزایش آلودگی هوا شده است. جزیره حرارتی شهری، منطقه‌ای است که دمای آن نسبت به محیط اطراف بیشتر باشد، به بیان دیگر دمای هوا در این مناطق نسبت به دمای هوای یکنواخت و همگن محیط اطراف، بیشتر است (چن و همکاران، ۲۰۱۱؛ داس سانتوس کورتزو و دکاستا ترندا اموری، ۲۰۱۷؛ میرزایی و همکاران، ۲۰۲۰). به عبارت دیگر، این جزایر حرارتی شهری که نشاندهنده حرارت بالای آنها نسبت به مناطق روستایی پیرامون است، معمولاً بواسطه سطوح غیر قابل نفوذ آنها در مناطق شهری نیز حرارت بالاتری در پی دارند (اکبری، پومرانتر و طاه، ۲۰۰۱؛ هویساید، ۲۰۲۰). در مراکز جمعیتی شهرها به دلیل وجود کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، جزایر حرارتی عمده بوجود آمده و بر تغییر ضریب آلودگی مناطق شهری موثر می‌باشد (اودونوگا و بادرو، ۲۰۱۵؛ ریثی، احمدی ندوشن و آبی، ۲۰۱۹). دمای سطح زمین (LST) عامل مهمی در مطالعات جهانی و تغییر و تبادل گرماست و به عنوان نماینده‌ای برای تغییر آب و هوا به شمار می‌رود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴).

در جامعه مدرن امروزی با توسعه فعالیت‌های صنعتی و نیز افزایش رشد جمعیت و شهرنشینی، نیاز به بهره‌برداری بیشتر از منابع محدود طبیعی، بیشتر شده است. این امر منجر به افزایش آلودگی‌های زیست محیطی به خصوص در کشورهای در حال توسعه شده است (تونگ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین این کشورها از فناوری بالایی جهت کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای آلاینده نیز برخوردار نیستند (وومیک و سولتانا، ۲۰۲۲). در نتیجه، رهاسازی آلاینده‌های شهری مضر بر فراز شهرهای صنعتی باعث افزایش روزهای پردود و مه آلود شده است. تحولات زیست محیطی که در محیط‌های شهری رخ داده است، از لحاظ پزشکی و روان شناختی در مسیر انسان ستیز قرار گرفته است (میرزایی و همکاران، ۲۰۲۱). امروزه ریشه بسیاری از بیماری‌ها از قبیل سکنه‌های قلبی و سرطان‌ها را فشارهای زندگی روزمره در شهرها می‌دانند (تبرکی، ۱۳۷۱). بطوریکه گزارش شده است که بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی در مناطق شهری بیشتر است (تان و همکاران، ۲۰۱۰). با بیشتر شدن تعداد روزهای گرم سال و افزایش فرکانس امواج حرارتی که بیشتر بدلیل فعالیت‌های انسانی صورت گرفته، خطر افزایش مرگ و میر قوت می‌یابد. در بیشتر مطالعات صورت گرفته در سراسر اروپا، آمریکا، کانادا و استرالیا به این نتیجه رسیده‌اند که بین دمای بالا و مرگ و میر، ارتباط و همبستگی زیادی وجود داشته است (سوسی و همکاران، ۲۰۲۱). بیشتر علت این مرگ و میرها ناشی از حملات قلبی بوده است (میچلوزی و همکاران، ۲۰۰۶؛ سوسی و همکاران، ۲۰۲۱). افرادی که در شهرها سکونت دارند بواسطه ساختار صنعتی و دمای غالب در آنها، با این پدیده مواجه هستند (بیسانتوت، ۲۰۰۲؛ مککتی و بست و بتس، ۲۰۱۰). این در حالی است که بیشترین درصد جمعیت دنیا ساکن شهرها هستند، همچنین با در نظر گرفتن اینکه جمعیت پیر و سالخورده نیز در این بین قرار دارند و آنها نسبت به افراد جوان‌تر، کمترین مقاومت و بیشترین آسیب‌پذیری را دارند، ضرورت بررسی این مسئله در اینجا احساس می‌شود (حاجت، اوکونور و کوتاسکی، ۲۰۱۰). کلان شهر مشهد نیز به جهت زائرپذیر بودن و جمعیت غالب شهری از این قاعده مستثنی نیست و با جمعیت بالایی در سطح شهر روبروست که این مساله نیز اهمیت بررسی میزان ارتباط بین عوامل جغرافیایی و مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی را برای دستیابی به اقدامات پیشگیرانه دوچندان می‌کند.

در این راستا، صالحی، صالحی فرد و سلیمانی احمدی در سال ۱۳۹۳ به بررسی عوامل محیطی در شیوع و پراکندگی بیماری مالاریا در شهرستان رودان پرداختند. نتیجه این پژوهش مبنی بر این است که همبستگی بین بیماری مالاریا با بارش و میانگین رطوبت نسبی منفی و با متوسط میانگین حداقل دما و میانگین حداکثر دما، همبستگی مثبت قوی و معنا دار در سطح آلفای ۰/۰۱ وجود دارد. در پژوهشی مرتبط با تاثیر عوامل اقلیمی با بیماری سالک در مشهد توسط گلوی زاده رحیم و همکاران در سال ۱۳۹۴

مورد تحقیق قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده بیشترین تعداد بیماران در منطقه حاشیه شهر بودند. علاوه بر این، اکبری و همکاران در سال ۱۳۹۳ نیز به بررسی ارتباط عوامل اقلیمی با بیماری سالک در شهر سبزوار پرداختند و دریافتند که عامل رطوبت و بارش با وقوع بیماری مذکور ارتباط بیشتری داشته است. در پژوهشی دیگر انتظاری و جودکی (۱۳۹۷) تاثیر عوامل جغرافیایی بر بیماری‌های مجاری ادراری مورد تحقیق قرار گرفت. در این تحقیق ارتباط باد با بیماری مورد مطالعه قرار گرفت. ثناگر و همکاران در سال ۱۳۹۹ در دو محله شاهد و پاچنار مشهد، طرحی را درباره کاهش اثرات نامطلوب گرمای شهری بر سلامت انسان ارائه کردند. در این راستا، راهکارهایی نظیر ایجاد سایه اندازی از طریق پوشش گیاهی، اصلاح ساختار ارتفاع به عرض ساختمان‌ها و بررسی مصالح مورد استفاده نیز مطرح گشت. بازرگان و امیرفخریان (۱۳۹۹) در پژوهشی دیگر به تحلیل پراکنندگی و پخش شدگی بیماری کرونا پرداختند. نتیجه پژوهش بر این اساس بود که شیوع ویروس کرونا براساس نظریه پخش فضایی، فاصله و مجاورت مکانی می‌باشد. شاه محمدی و همکاران در پژوهشی با عنوان کاهش اثرات جزایر حرارتی بر سلامت انسان با رویکرد محیط زیست سالم که در سال ۲۰۱۱ انجام گرفت، راهکارهایی برای کاهش اثر این پدیده ارائه کردند. کاستنس و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۱۱، با مدلسازی تغییرات دمای سطح زمین، به بررسی ارتباط آن با بیماری‌های مرتبط پرداختند. بوسکیل و اوپیگوی و ویل در سال ۲۰۱۲ در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر امواج گرمایی در محدوده شهر رن فرانسه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مناطق شمالی و جنوبی دارای بیشترین آسیب‌پذیری هستند. هویساید، مکینتیر و واردولیکس در سال ۲۰۱۷ به مطالعه جزایر حرارتی شهری و اثراتش بر سلامت انسان پرداختند. اوریمولی و همکاران در سال ۲۰۱۸، مطالعه‌ای در استان کیپ شرقی در آفریقای جنوبی انجام دادند که در این پژوهش بین تشعشعات و دمای سطح زمین و وقوع بیماری قلبی ارتباط مستقیم بدست آمد. در مقاله‌ای دیگر توسط مانولی و همکاران در سال ۲۰۱۹، به تحلیل دمای سطح زمین با اختلاف دما در تابستان (ΔT_s) پرداختند و نشان دادند در مناطق مرطوب، تغییر میزان تبخیر و تعرق بر بزرگی تغییرات جزایر حرارتی شهری تاثیر می‌گذارد. آنها همچنین بیان نمودند که راهبردهای معمول کاهش گرما مانند افزایش پوشش گیاهی و کاهش آلوده در مناطق خشک بیشتر موثر هستند و برای کاهش دمای شهرهای گرمسیری مرطوب نیازمند راهبرد دیگری است. آواشیا، گارج و دهولاکیا در سال ۲۰۲۱ پژوهشی درباره ارتباط دما و سلامت انجام دادند. در این پژوهش مشخص شد که با تغییر کاربری زمین بدون در نظر گرفتن عواقب آن، خطر مرگ و میر ناشی از گرما در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد $0/59$ و در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد $0/78$ افزایش می‌یابد. سیمپسون، بروس و هویساید در سال ۲۰۲۴ به بررسی ارتباط جزایر حرارتی شهری و مرگ و میر ناشی از گرما پرداختند. آنها دریافتند که در لندن، ۳۸ درصد این مرگ و میرها ناشی از جزایر حرارتی شهری بوده است. هووانگ و همکاران (۲۰۲۵) در چین به ارتباط منفی بین جزایر حرارتی شهری و مرگ و میر ناشی از گرما دست یافتند.

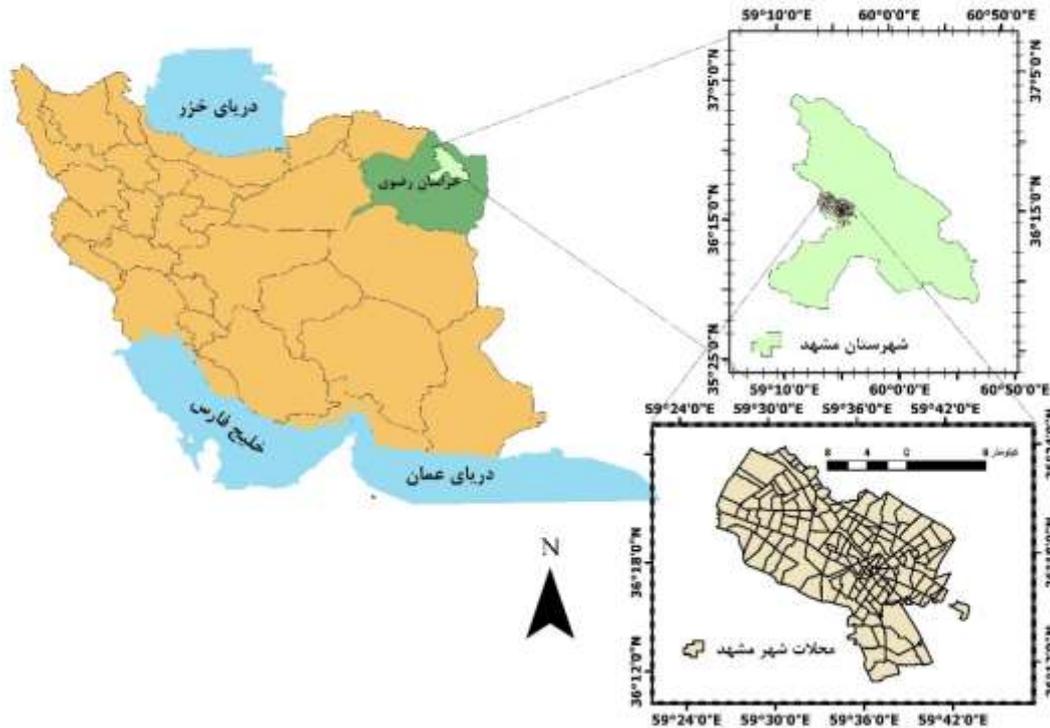
در مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی ارتباط بین جزایر حرارتی شهری و سایر عوامل محیطی و جغرافیایی با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی از طریق سنجش از دور با در نظر گرفتن پیوستگی داده‌های مکانی، تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته است. لذا در این پژوهش با استخراج و پایش جزایر حرارتی در تاریخ معین و سایر عوامل جغرافیایی از طریق سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی میزان همبستگی و ارتباط بین این عوامل با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-تنفسی پرداخته شده است. شهر مشهد از یک سو دومین کلان شهر ایران محسوب می‌شود و از سوی دیگر با توجه به تعداد زیاد زائر و گردشگر که همه ساله به این شهر وارد می‌شوند؛ در نتیجه با توجه به اهمیت این شهر به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. بنابراین، هدف اصلی تحقیق، سنجش نقش عوامل جغرافیایی و شکل‌گیری جزایر حرارتی بر پراکنش مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی با استفاده از مدل‌سازی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد یکی از کلان شهرهای ایران است که در شمال شرقی کشور ایران در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه الی ۶۰

درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه الی ۳۷ درجه و ۸ دقیقه قرار گرفته است. مساحت این شهر، ۳۵۱ کیلومتر مربع با جمعیت بالغ بر ۱,۱۸۴,۰۰۱ نفر می باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). تراکم جمعیتی این شهر بیش از نه هزار نفر در هر کیلومتر مربع است. ارتفاع شهر مشهد از سطح دریا حداکثر ۱۱۵۰ متر و کمینه آن ۹۵۰ متر می باشد. شهر مشهد دارای اقلیم متغیری است بطوریکه در فصول گرم درجه حرارتی ۴۳ درجه و در زمستان تا منفی ۲۰ درجه هم می رسد. میانگین بارش این شهر ۲۳۰ میلی لیتر و میانگین دمای سالانه آن ۱۵,۷ درجه می باشد. شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱. منطقه ی مورد مطالعه

Fig. 1. Study area

داده‌ها و روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های توزیع فضایی محل زیست مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی و عروقی در سال ۱۳۹۰ اخذ شده از مرکز بهداشت استان خراسان رضوی، شهر مشهد استفاده شده است. بدلیل محدودیت دسترسی به آمار مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی و عروقی در سالهای مختلف، تنها از این داده بهره گرفته شد که امید است در آینده با رفع این محدودیت بتوان به تحقیق جامعتری پرداخت. از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سامانه گوگل ارث انجین نیز بهره گرفته شد و LST در سال ۱۳۹۰ در ماه‌های فروردین الی شهریور (دوره‌ی گرم سال) پایش شده است. برای این منظور از روش تک باند LST (در رابطه ۱ الی ۳ اشاره شده) استفاده گردید. همچنین برای استخراج و پایش شاخص پوشش گیاهی که از شاخص NDVI بهره گرفته شده (رابطه ۴) از تصویر لندست در تاریخ ذکر شده استفاده شده است. داده‌های اقلیمی مربوط به بارش، دما و سرعت باد در ایستگاه‌های هواشناسی خراسان رضوی است که از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید. پس از مرتب سازی و پردازش‌های اولیه، نقشه پارامترهای اقلیمی با روش کریجینگ (زمین آمار) ایجاد شد.

نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش ArcMAP 10.8 و برای پردازش دمای سطح زمین نیز از گوگل ارث انجین استفاده شده است. با استفاده از شاخص LST تک باند، دمای سطح زمین بدست آمد. در چند دهه اخیر در بیشتر پژوهش های مرتبط با سنجش از دور، LST یکی از مهمترین پارامترها محسوب می شود. برای محاسبه دمای سطح زمین در لندست ۸ ابتدا باندهای حرارتی را انتخاب کرده و طبق رابطه ۱ الی ۳ عمل می شود.

$$Ly = \frac{(L_{MAXy} - L_{MINy})}{(Q_{MAX} - Q_{MIN})} * (DN - Q_{MIN}) + L_{MIN} \quad \text{رابطه ۱}$$

فرمول این بخش برای محاسبه رادیانس طیفی است که مقادیر اولیه آن در متادیتا فایل لندست است. بعد از این مرحله، دمای روشنایی، شاخص پوشش گیاهی NDVI، سهم پوشش گیاهی (Pv) و ضریب گسیلمندی، نیز محاسبه می شود. به دلیل رعایت اختصار مقاله، از ذکر تمام رابطه ها خودداری شده است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴).

$$-273.15BT = \frac{K2}{Ln\left(\frac{K1}{Ly}\right)+1} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$LST = \frac{BT}{(1 + (0.00115 * \frac{BT}{1.4388}) * Ln(\epsilon))} \quad \text{رابطه ۳}$$

شاخص NDVI از طریق رابطه ۴ محاسبه می شود.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن، NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز می باشد.

نقشه پراکنندگی داده های مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی و تنفسی ایجاد شد و سپس نقشه توزیع مکانی و گراف خوشه ای یا ناخوشه ای بودن آنها با استفاده از الگوریتم های تحلیل مکانی hot spot analysis و تحلیل خوشه بندی (شاخص موران) ایجاد شده است. در نهایت به منظور بررسی میزان ارتباط بین عوامل جغرافیایی نامبرده در این تحقیق با میزان مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-تنفسی، از روش کمترین مربعات (OLS) در GIS استفاده شده است. این روش با در نظر گرفتن ارتباط مکانی و آماری براساس رگرسیون خطی، میزان همبستگی و ارتباط مکانی بین عوامل مختلف و عامل وابسته را محاسبه می کند. در میان مدل های رگرسیون متداول، روش حداقل مربعات معمولی، مرسوم ترین روش موجود است که بر مبنای اینکه کمترین انحراف از مشاهدات اتفاق بیافتد، پایه ریزی شده است. به بیان دیگر، این روش بر این مبنا است که به ضرایب مدل، مقادیری اختصاص یابد که بتواند مدل رگرسیون حاصل بیشترین نزدیکی را به مشاهدات داشته باشد (دلیمی، کامروزمان و هایز، ۲۰۱۶). مدل آماری OLS و ماتریس تخمین ضرایب مدل طبق رابطه ۵ بیان می شود.

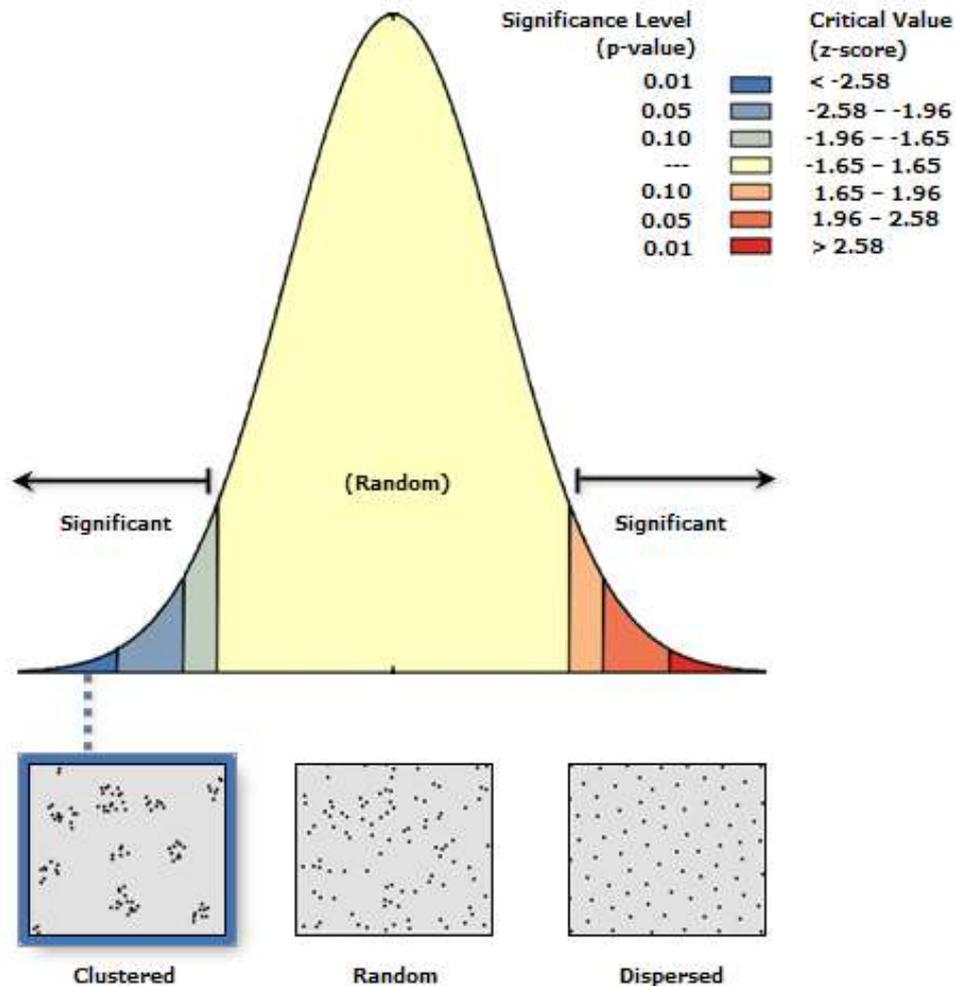
$$y = X\beta + \epsilon \quad \text{رابطه ۵}$$

که در این رابطه y متغیر وابسته (برآورد شده)، x متغیر مستقل (برآورد کننده)، ϵ_i خطا یا انحراف مدل در برآورد β یا ضرایب مدل می باشند.

نتایج و بحث

بررسی ارتباط بین جزایر حرارتی شهری و سایر عوامل محیطی و جغرافیایی با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی و تنفسی از طریق سنجش از دور با در نظر گرفتن پیوستگی داده های مکانی، می تواند به شناسایی محل های آسیبزا در وقوع بیماری مذکور کمک کند. بررسی توزیع فضایی نحوه پراکنش مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-تنفسی در شهر مشهد نشان از توزیع خوشه ای آنها دارد (شکل ۲)، بطوری که میزان P -Value مقدار $0/1$ و سطح اطمینان ۹۹ درصد را نشان می دهد. برای رد نمودن فرض اینکه

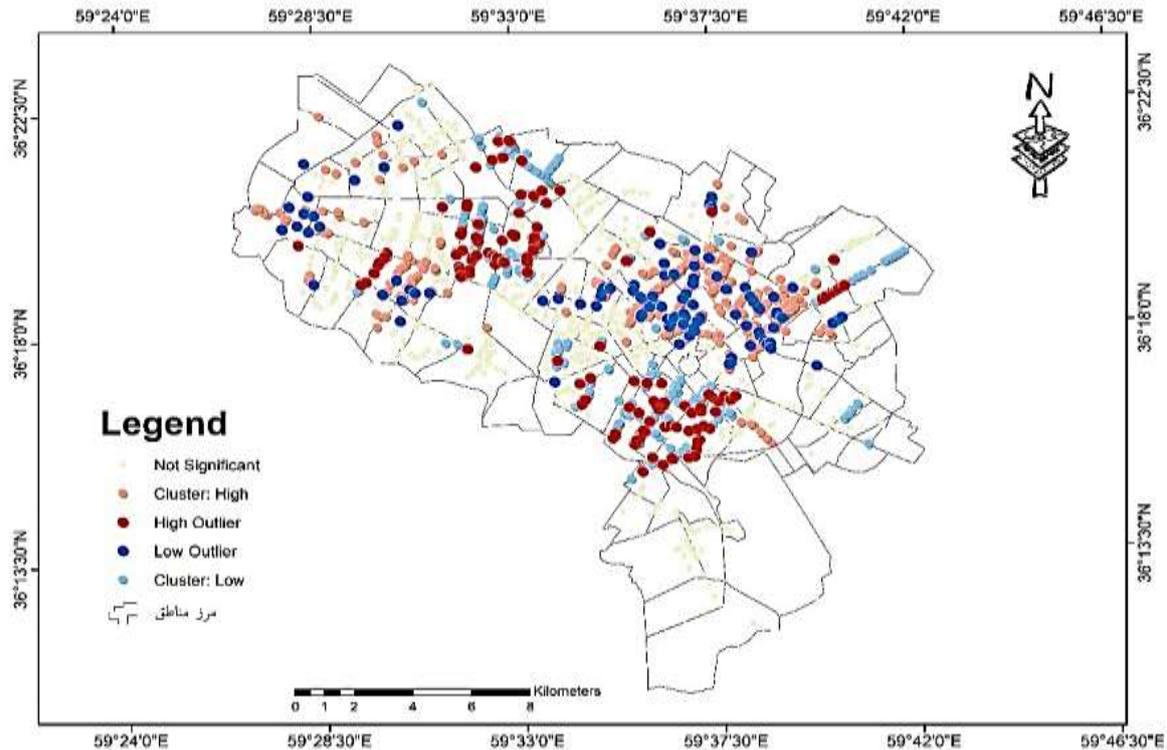
داده‌ها از توزیع تصادفی برخوردارند، از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد و مشخص شد که داده‌های مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، از توزیع خوشه‌ای در شهر مشهد برخوردارند. بدست آوردن سطح اطمینان ۹۹ درصد به این معنی است که با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان فرض صفر مبنی بر اینکه توزیع داده‌ها تصادفی است را رد نمود، چرا که فقط یک درصد احتمال توزیع تصادفی داده‌ها با توجه به مقادیر p -value و z -score بدست آمده در توزیع نرمال وجود دارد.



شکل ۲. خوشه‌ای یا ناخوشه‌ای بودن داده‌ها

Fig.2. Data clustered or un-clustered

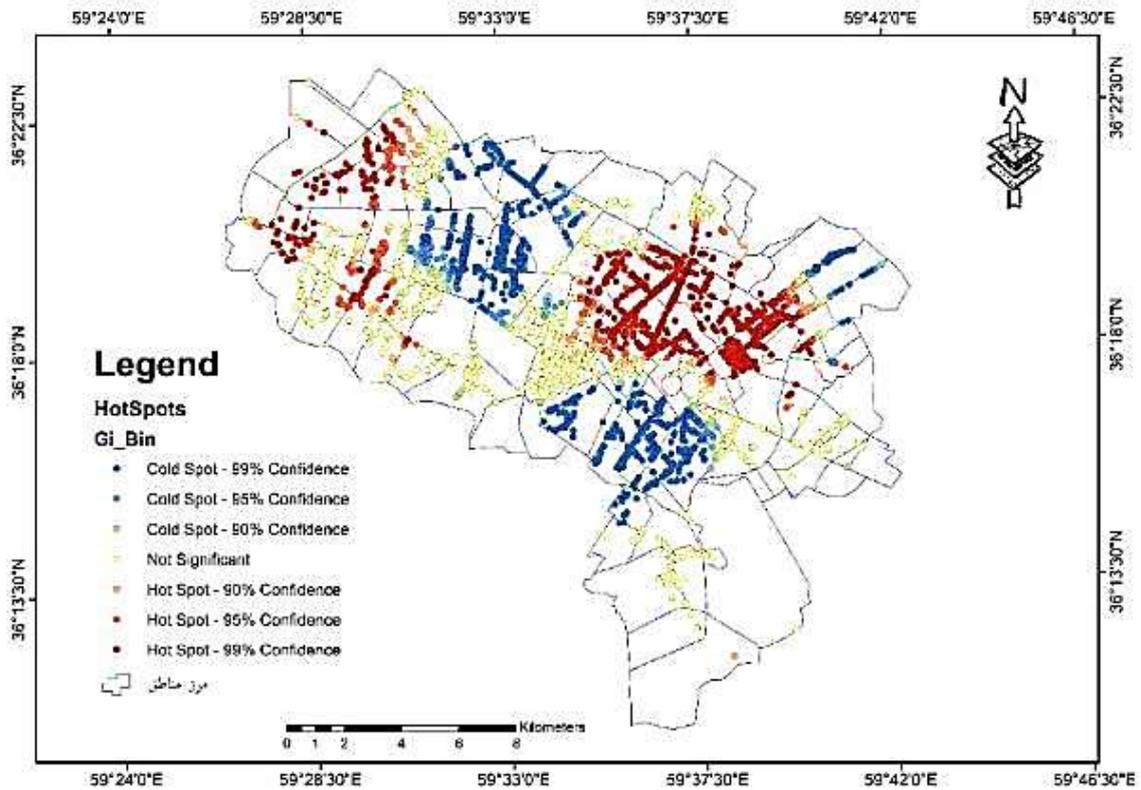
مقادیر مثبت شاخص I (شاخص انسلین موران) نشان‌دهنده این است که یک نقطه در کنار نقاط اطرافش از لحاظ توصیف یا ویژگی خاصی، کم یا زیاد مرتبط هستند و خوشه تحت عنوان درجه خوشه‌بندی بالا یا پایین را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، مقادیر منفی شاخص I نیز معرف عدم تشابه داده‌ها و نقاط پرت هستند. در این تحقیق، نقاط پرت پایین از ادامه پردازش‌ها حذف شد و مشخص شد که در اکثریت نواحی شهرداری شهر مشهد، خوشه‌های بالا و پایین پراکنده شده‌اند. شکل ۳ نحوه‌ی توزیع داده‌ها بر اساس شاخص انسلین موران را نشان می‌دهد که مناطق مرکزی و نزدیک به حرم مطهر با توجه به ترافیک، آلودگی هوا، تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی و ... با تمرکز نقاط خوشه‌ای بالا در این مناطق روبرو هستند. این بدین معنی است که مناطق نزدیک به هم در ایجاد بیماری و مرگ و میر ناشی از آن، بسیار مشابه عمل می‌کنند.



شکل ۳. نقشه خوشه‌ای بودن داده‌ها

Fig 3. Map of data clustered

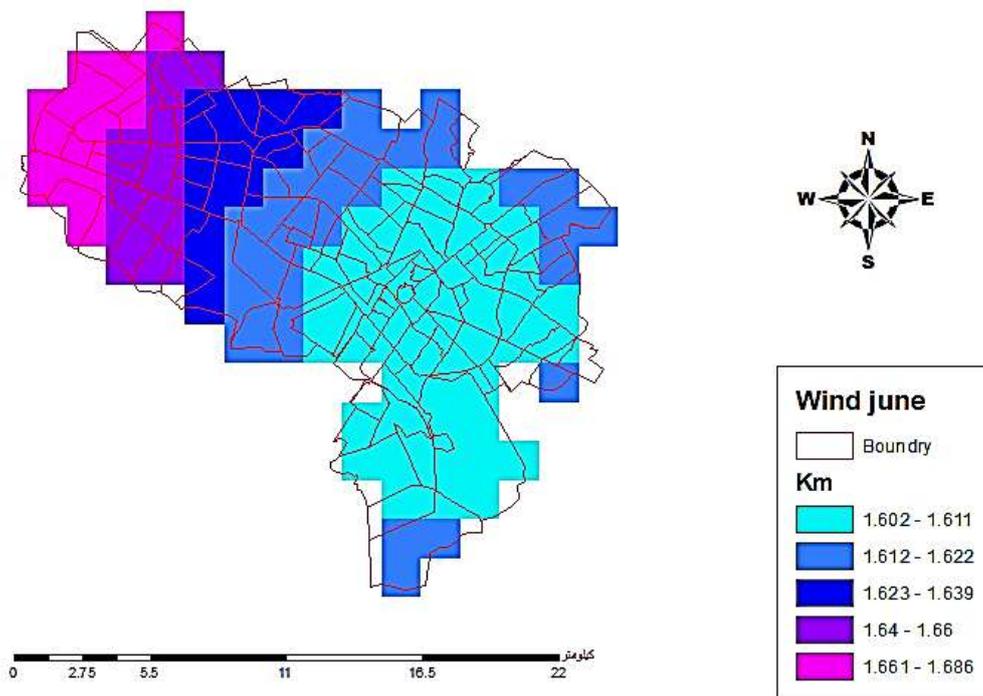
لکه‌های سرد و داغ براساس شاخص G_i^* محاسبه می‌شوند و دلالت بر مقدار z -score در توزیع نرمال دارند. بطوریکه مقادیر مثبت G_i^* ، مقادیر مثبت z -score (نقاط گرم) و مقادیر منفی آن معرف مقادیر منفی z -score (نقاط سرد) هستند. بنابراین هم نقاط گرم و هم نقاط سرد معرف توزیع خوشه‌ای در داده‌ها هستند. اما تفاوت بین رنگها در میزان درصد اطمینان آماری خوشه‌ای بودن داده‌ها است. بطوریکه تفاوت آنها در ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد اطمینان خوشه‌ای بودن داده‌هاست. اما داده‌هایی که بصورت *not significant* معرفی شده‌اند، بیان کننده توزیع تصادفی داده‌ها هستند که بر محل داده‌های پرت نیز منطبق هستند (شکل ۴). نحوه‌ی توزیع لکه‌های داغ و سرد نشان می‌دهند که لکه‌های داغ در مرکز، شمال شرق و شمال غرب محدوده مورد مطالعه تمرکز یافته‌اند و هر چه از مرکز به سمت شرق حرکت شود از تراکم آنها کاسته می‌شود، به طوری که در نواحی شرقی هیچگونه لکه‌ی داغی دیده نمی‌شود. لکه‌های سرد در دو منطقه نمود بیشتری دارند، یکی در جنوب منطقه مورد مطالعه و دیگری بین دو لکه‌ی داغ؛ در سایر مناطق لکه‌ی سردی مشاهده نمی‌شود.



شکل ۴. توزیع لکه‌های سرد و گرم

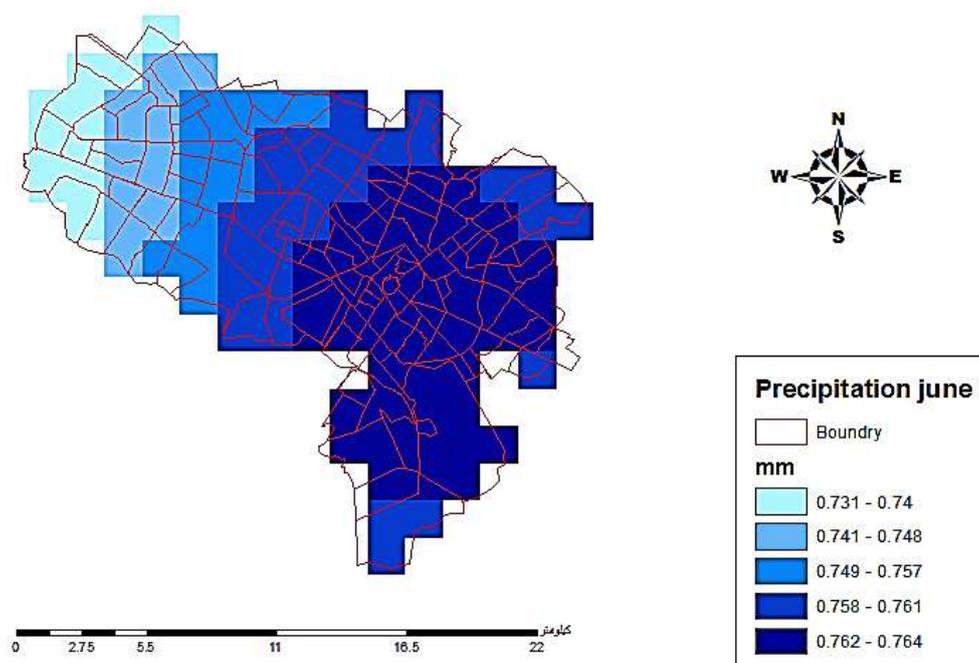
Fig. 4. Distribution of hot and cold spots

نقشه‌ی سرعت باد در ماه ژوئن (شکل ۵) نشان می‌دهد که بیشینه‌ی سرعت باد در نواحی غربی منطقه مورد مطالعه می‌باشد و هر چه از سمت غرب به سمت شرق حرکت شود از سرعت این پدیده کاسته می‌شود به طوری که در نواحی شرقی سرعت باد به زیر دو متر بر ثانیه می‌رسد.



شکل ۵. نحوه‌ی توزیع سرعت باد در منطقه مورد مطالعه
 Fig. 5. Wind speed distribution in study area

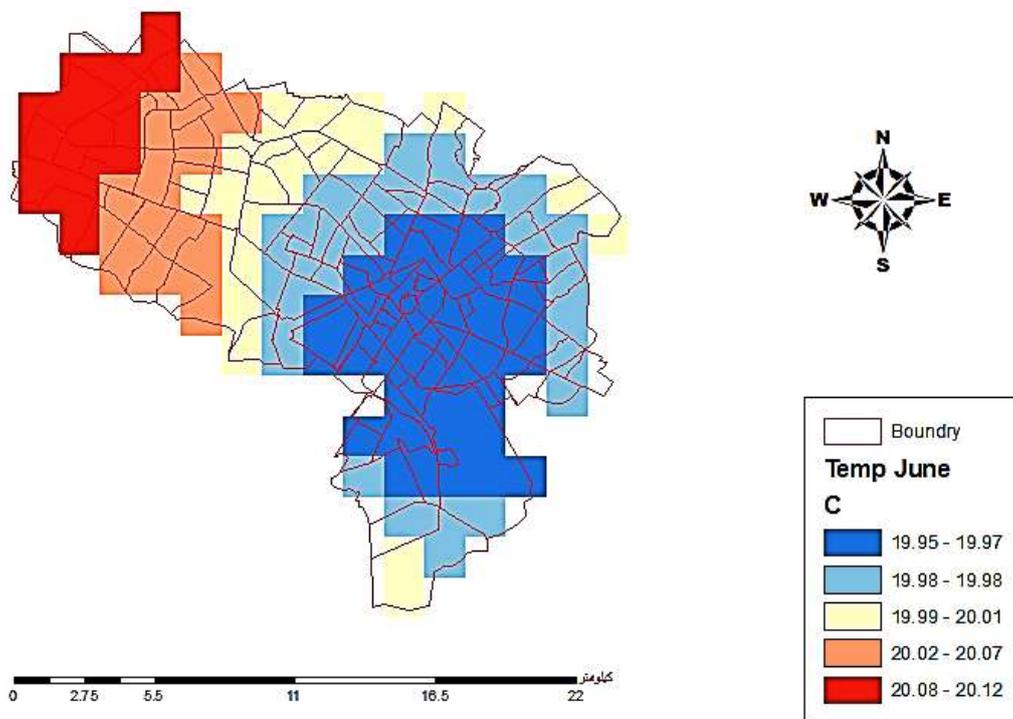
بارش در منطقه مورد مطالعه در ماه ژوئن (شکل ۶) نشان می‌دهد که بیشینه‌ی بارش در مناطق مرکزی و شرقی منطقه می‌باشد، سیستم‌های بارشی که مشاهد را در بر می‌گیرند در فصول مختلف متفاوت می‌باشند؛ بطوری در فصول سرد معمولاً از غرب و در فصول گرم از شمال شرق و جنوب شرق وارد می‌شوند (مسعودیان، ۱۳۸۷).



شکل ۶. نقشه توزیع بارش در منطقه مورد مطالعه
 Fig. 6. Rain distribution map in study area

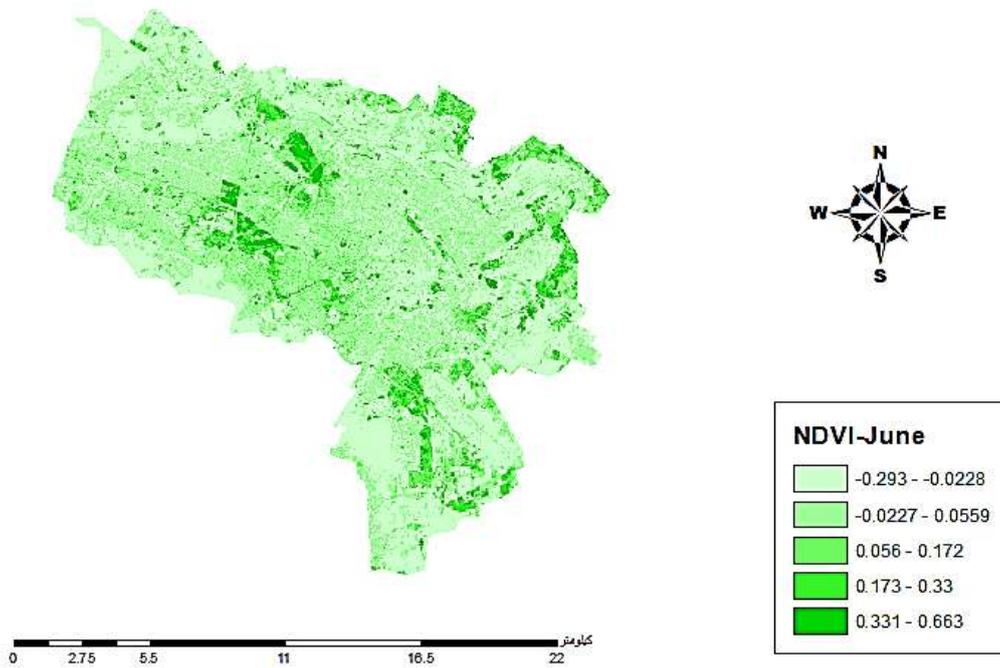
نقشه بارش شهر مشهد در ماه ژوئن نشان می‌دهد که نواحی شمالغربی مشهد کمترین بارش را داشته که می‌توان آن را عاملی برای کاهش شاخص پوشش گیاهی دانست. البته شایان ذکر است که عامل بارش به تنهایی برای ارزیابی شاخص پوشش گیاهی کافی نیست چراکه در کل شهر مشهد در این ماه در حد $0/02$ میلیمتر اختلاف بارش وجود داشته است.

در نقشه دمای هوا که از ایستگاه‌های هواشناسی برداشت شده (شکل ۷)، در نقاط شمالغربی مشهد که کمترین میزان بارش را داشته، بیشترین دما وجود دارد. البته شایان ذکر است که اختلاف دمای هوا در کل شهر مشهد به اندازه $0/17$ درجه سانتیگراد است. نقشه سرعت باد، سکون هوا را در نقاط مرکزی نشان می‌دهد که به همین دلیل منجر به افزایش دمای سطح زمین (شکل ۹) و کاهش شاخص پوشش گیاهی (شکل ۸) و افزایش دمای منطقه شده است. نواحی با بیشترین سرعت باد، دمای کمتری را نسبت به مناطق مرکزی تجربه می‌کنند.

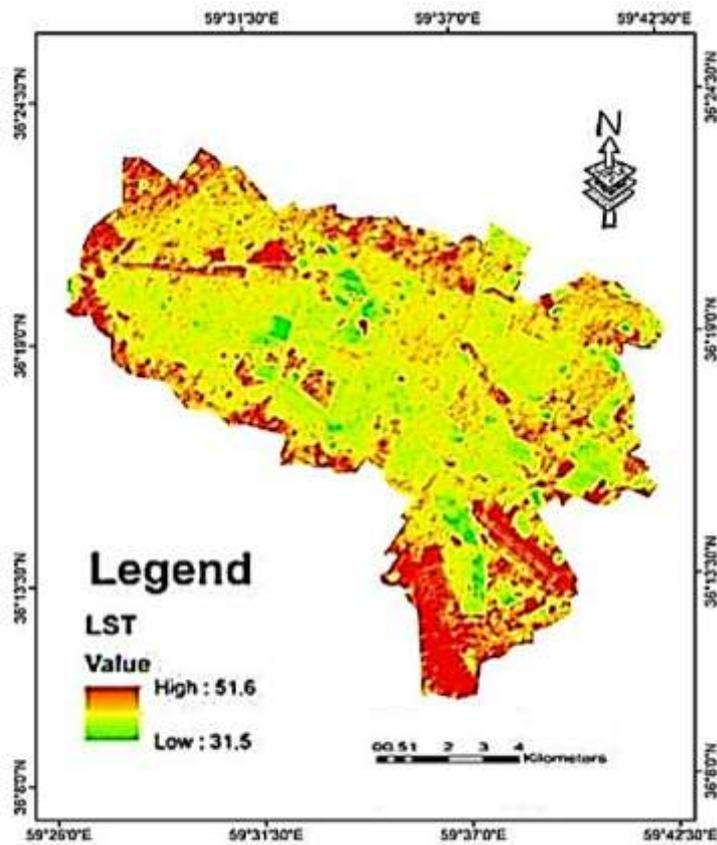


شکل ۷. نقشه‌ی دمای هوا بر اساس داده‌های ایستگاه‌های زمینی

Fig. 7. Air temperature map based on weather stations data



شکل ۸. نقشه ی شاخص پوشش گیاهی
 Fig. 8. Vegetation index map



شکل ۹. نقشه ی دمای سطح زمین در منطقه ی مورد مطالعه
 Fig. 9. LST map of study area

در جدول یک با بررسی مقادیر همبستگی بدست آمده بین پارامترهای جغرافیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق و میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی مشخص می‌شود که ارتباط بسیار کمی بین این عوامل وجود دارد. این در حالی است که از نظر آماری، سطح معنی‌داری این ارتباط و همبستگی در حد قابل قبول در اکثریت ارتباطات بدست آمده است. باید اذعان نمود که در بین عوامل جغرافیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق، بیشترین ارتباط بین LST با میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی وجود دارد. بین LST و دمای هوا با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، ارتباط مستقیم و مثبت وجود دارد، بطوریکه با افزایش دما، احتمال وقوع بیماری افزایش می‌یابد. اما بین شاخص پوشش گیاهی، بارش و سرعت باد با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، ارتباط منفی یا معکوس وجود دارد. این امر دلالت بر این دارد که هر چه بارندگی، باد و پوشش گیاهی در منطقه افزایش یابد، وضعیت سلامتی شهروندان بهبود می‌یابد. شایان ذکر است که براساس نتایج این تحقیق مشخص می‌شود که در ماههای گرم سال، عوامل سرعت باد، دمای هوا، بارش، شاخص پوشش گیاهی و LST در مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی موثر هستند، اما تاثیر بسیار اندکی دارند. می‌توان استنباط کرد که تنها این عوامل در وقوع مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی موثر نیستند و با وجود تاثیرگذاری این عوامل در وقوع بیماری مذکور، اما باید نقش عوامل موثر دیگر را هم مدنظر قرار داد.

جدول ۱. میزان همبستگی و سطح معنی‌داری ارتباط بین پارامترهای جغرافیایی و میزان فوت ناشی از بیماری قلبی- عروقی

Table. 1. The correlation and level of significance of the relationship between geographical parameters and the mortality rate due to cardiovascular disease

پارامتر	ماه		آوریل		می		ژوئن		ژولای		اگوست	
	sig	r										
LST	۰/۳	۰/۰۴	۰/۲	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۳	۰/۰۶	۰/۳
NDVI	-۰/۰۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۰۲
بارش	-۰/۰۶	۰/۲	-۰/۰۷	۰/۱	-۰/۱	۰/۰۵	-۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۰۲
دما	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۹
سرعت باد	-۰/۰۹	۰/۱	-۰/۰۸	۰/۱	-۰/۰۵	۰/۲	-۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	-۰/۰۷	۰/۱	-۰/۰۷

شهر مشهد از یک سو دومین کلان شهر ایران محسوب می‌شود و از سوی دیگر با توجه به تعداد زیاد زائر و گردشگر که همه ساله به این شهر وارد می‌شوند؛ یکی از شهرهای مهم و استراتژیک در کشور ایران محسوب می‌شود. در این تحقیق، مشخص شد که توزیع فضایی نحوه پراکنش مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی- تنفسی در شهر مشهد از نوع توزیع خوشه‌ای است و مناطق مرکزی و نزدیک به حرم مطهر با توجه به ترافیک، آلودگی هوا، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی و غیره با بیشترین تمرکز همراه هستند. با بررسی نقشه‌های اقلیمی منطقه مشخص شد که بیشینه‌ی سرعت باد در نواحی غربی، بیشینه‌ی بارش در مناطق مرکزی و شرقی، بیشینه‌ی دما در نقاط شمالغربی منطقه مشهود است. نقشه سرعت باد و بارش، سکون هوا و کمبود بارش را در نقاط مرکزی نشان می‌دهد که به همین دلیل منجر به افزایش دمای سطح زمین، کاهش شاخص پوشش گیاهی و افزایش دمای هوای منطقه شده است. با بررسی مقادیر همبستگی بدست آمده بین پارامترهای جغرافیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق و میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی مشخص می‌شود که ارتباط بسیار کمی بین این عوامل وجود دارد. این در حالی است که سطح معنی‌داری این ارتباط و همبستگی اندک اما معنی‌دار در اکثریت ارتباطات بدست آمده است. باید اذعان نمود که در بین عوامل جغرافیایی در نظر گرفته شده در این تحقیق، بیشترین ارتباط بین LST با میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی وجود دارد. در ماههای مختلف گرم سال در نظر گرفته شده در این تحقیق، تفاوت قابل توجهی بین ارتباطات عوامل جغرافیایی و میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی مشهود نیست. بنابراین، پیشنهاد می‌شود علاوه بر عوامل جغرافیایی، اثر عواملی نظیر آلودگی

هوا، آلودگی صوتی، ژنتیک، سوابق تغذیه‌ای، عوامل اجتماعی نظیر شغل، محل زندگی نیز بر میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی بررسی گردد.

با بررسی تحقیقات مشابه مشخص می‌شود که بین عوامل جغرافیایی بخصوص جزایر حرارتی شهری و وقوع بیماری و از دست رفتن سلامتی ارتباط نزدیکی وجود دارد. بطوریکه در تحقیقات ثناگر و همکاران (۱۳۹۹)، هویساید (۲۰۲۰)، آواشیا، گارج و دهولاکیا (۲۰۲۱)، سیمپسون، بروس و هویساید (۲۰۲۴) و هووانگ و همکاران (۲۰۲۵) نیز بر وجود این ارتباط تاکید شده است. علاوه بر این، ثناگر دریابان و همکاران (۱۳۹۹) به ارائه راهکارهایی جهت کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسانها از طریق تغییرات فرم شهری نیز پرداخته‌اند. گرمایش سطح زمین و بدنبال آن تغییرات اقلیمی، اثرات آلاینده‌های گلخانه‌ای و پی آمد اینها افزایش دمای سطح زمین می‌تواند بر کاهش سلامت انسانها موثر باشد. از آنجاییکه بین عامل LST و دمای هوا با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، ارتباط مستقیم و مثبت بدست آمده است، بنابراین با راههای پیشگیرانه بایستی وضعیت سلامت شهروندان را بهبود بخشید. از طرف دیگر، بین شاخص پوشش گیاهی، بارش و سرعت باد با مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، ارتباط منفی یا معکوس بدست آمده است. این امر دلالت بر این دارد که هر چه بارندگی، باد و پوشش گیاهی در منطقه افزایش یابد، وضعیت سلامتی شهروندان بهبود می‌یابد. بنابراین، همانند تحقیق ثناگر دریابان و همکاران (۱۳۹۹) پیشنهاد می‌شود که با تغییر در فرم شهری سعی شود که اثرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسانها کاهش یابد. علاوه بر این، آواشیا، گارج و دهولاکیا (۲۰۲۱) نیز نیاز به یک برنامه‌ریزی فضایی جامع برای ایجاد انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات آب و هوا و گرمایش زمین را اذعان نموده‌اند.

نتیجه‌گیری

گرمایش سطح زمین و بدنبال آن تغییرات اقلیمی، اثرات آلاینده‌های گلخانه‌ای و پی آمد اینها افزایش دمای سطح زمین می‌تواند بر کاهش سلامت انسانها موثر باشد. در تحقیق حاضر بعد از بررسی رفتار خوشه‌ای مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی، ارتباط بین دمای سطح زمین و عوامل اقلیمی در ماههای گرم سال با وقوع بیماری و مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی بررسی گردید. مشخص شد که در مناطق مرکزی شهر مشهد بخاطر جزایر حرارتی، وقوع بارش کمتر، پوشش گیاهی کمتر انتظار وقوع بیماری قلبی - تنفسی بیشتری می‌رود. این در حالیست که در نقشه توزیع خوشه‌ای مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی هم لکه‌های داغ بر همین قسمت منطبق است. پس این نتیجه دلیلی بر این است که بین عوامل جغرافیایی و وقوع مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - تنفسی ارتباط نزدیکی وجود دارد. علاوه بر این با بررسی کمی ارتباط این عوامل با وقوع بیماری قلبی - تنفسی از طریق OLS مشخص شد که جزایر حرارتی شهری با میزان همبستگی بیشتر، عامل مهمتری در وقوع مرگ و میر و بیماری قلبی - تنفسی است. اما پیشنهاد می‌شود علاوه بر عوامل جغرافیایی، اثر عواملی نظیر آلودگی هوا، آلودگی صوتی، ژنتیک، سوابق تغذیه‌ای، عوامل اجتماعی نظیر شغل، محل زندگی نیز بر میزان فوتی ناشی از بیماری قلبی - عروقی بررسی گردد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی تحت عنوان «سنجش نقش جزایر حرارتی شهری و عوامل جغرافیایی بر پراکنش بیماری‌های قلبی - تنفسی (مطالعه موردی: شهر مشهد)» در دانشگاه حکیم سبزواری می‌باشد.

References

- Akbari E, Mayvaneh E, Entezari A, Nazari M. (2014). Survey of the Role of Bioclimatic Factors in the Outbreak of Cutaneous Leishmaniasis. *Iranian journal of Epidemiology*, 10 (3): 65-74. URL: <http://irje.tums.ac.ir/article-1-5281-en.html>. [in persian].
- Akbari, E., Ebrahimi, M., Fiezizadeh, B. and Nezhadsoleimani, H. (2016). Evaluating Land Surface Temperature related to the Land use Change Detection by Satellite Image (Case study: Taleghan Basin). *Geography and Environmental Planning*, 26(4), 151-170. 20.1001.1.20085362.-1394.26.4.9.4. [in persian].
- Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H.(2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar energy*, 70 (3), 295-310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X).
- Avashia, V., Garg, A., & Dholakia, H. (2021). Understanding temperature related health risk in context of urban land use changes. *Landscape and Urban Planning*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104107>.
- Bazargan, M. and Amirfakhriyan, M. (2022). Geographical Analysis of COVID-19 Epidemiology in Iran with Exploratory Spatial Data Analysis Approach (ESDA). *Journal of Military Medicine*, 22(6), 542-552. doi: 10.30491/JMM.22.6.542. [in persian].
- BESANCENOT, J. P. (2002). Heat waves and mortality in large urban areas. *Environnement, Risques & Santé*, 1(4), 229-40.
- Buscail, C., Upegui, E., & Viel, J. F. (2012). Mapping heatwave health risk at the community level for public health action. *International Journal of Health Geographics*, 11. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-38>.
- Chen, F., Kusaka, H., Bornstein, R., Ching, J., Grimmond, C., Grossman-Clarke, S., Loridan, T., Manning, K. W., Martilli, A. & Miao, S. (2011). The integrated WRF/urban modelling system: development, evaluation, and applications to urban environmental problems. *International Journal of Climatology*, 31 (2), 273-288. <https://doi.org/10.1002/joc.2158>.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M., & Hayes, J. F. (2016). Correlation or causality between land cover patterns and the urban heat island effect? Evidence from Brisbane, Australia. *Remote Sensing*, 8(9), 716. <https://doi.org/10.3390/rs8090716>.
- Dos Santos Cardoso, R., & De Costa Trindade Amorim, M. C. (2017). SPATIAL VARIATIONS OF AIR TEMPERATURES IN PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO, DURING SUMMER NIGHTS. *Curitiba*, v.42, 257 -268. DOI: 10.5380/raega.
- Entezari, M., and Jodaki, SH., (2018). The effect of geographic factors on kidney and urinary tract stone disease in Isfahan city. *Congress of the Iranian Geographic Society*. Tehran. <https://civilica.com/doc/860386>. [in persian].
- Galavizade, S., Fata, A. , Vakili, V. and Zarean, M. (2015). Survey the cutaneous leishmaniasis prevalence in Mashhad during the past twenty years (1995 – 2014) and the effect of environmental risk factors on that. *Medical Journal of Mashhad university of Medical Sciences*, 58(9), 516-522. doi: 10.22038/mjms.2015.6513. [in persian].
- Hajat, S., O'Connor, M., & Kosatsky, T. (2010). Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *The Lancet*, 375(9717), 856-863. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61711-6.
- Heaviside, C. (2020). Urban Heat Islands and Their Associated Impacts on Health. In Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.332>.
- Heaviside, C., Macintyre, H., & Vardoulakis, S. (2017). The urban heat island: implications for health

- in a changing environment. *Current environmental health reports*, 4(3), 296-305. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>.
- Huang, Y., Mao, F., Xu, Y., Qi, J., Zhang, W., Li, C., & Zhou, M. (2025). Association between urban heat islands and heat-related mortality in 70 pairs of adjacent urban-rural counties among 8 topographic regions in China. *Sustainable Cities and Society*, 106182. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106182>.
- Kestens, Y., Brand, A., Fournier, M., Goudreau, S., Kosatsky, T., Maloley, M., & Smargiassi, A. (2011). Modelling the variation of land surface temperature as determinant of risk of heat-related health events. *International journal of health geographics*, 10(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-7>.
- Masoudian, S.A. (2008). *Climatology of Iran*, Isfahan University Press. [in persian].
- McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical research letters*, 37(9). <https://doi.org/10.1029/2010GL042845>.
- Michelozzi, P., De Sario, M., Accetta, G., de' Donato, F., Kirchmayer, U., D'Ovidio, M., & Perucci, C. A. (2006). Temperature and summer mortality: geographical and temporal variations in four Italian cities. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60(5), 417-423. doi: 10.1136/jech.2005.040857.
- Mirzaei, M., Verrelst, J., Arbabi, M., Shaklabadi, Z., & Lotfizadeh, M. (2020). Urban Heat Island Monitoring and impacts on citizen's general health status in Isfahan Metropolis: A remote sensing and field survey approach. *Remote Sensing*, 12(8), 1350. <https://doi.org/10.3390/rs12081350>.
- Odunuga, S., & Badru, G. (2015). Landcover change, land surface temperature, surface albedo and topography in the Plateau Region of North-Central Nigeria. *Land*, 4(2), 300-324. <https://doi.org/10.3390/land4020300>.
- Orimoloye, I. R., Mazinyo, S. P., Nel, W., & Kalumba, A. M. (2018). Spatiotemporal monitoring of land surface temperature and estimated radiation using remote sensing: human health implications for East London, South Africa. *Environmental earth sciences*, 77(3), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7252-6>.
- Reisi, M., Ahmadi Nadoushan, M., & Aye, L. (2019). Remote sensing for urban heat and cool islands evaluation in semi-arid areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(3), 319-330. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.03.05>.
- Salehi M, Salehifard O, Soleimani-Ahmadi M. (2014). Environmental factors effective on malaria prevalence in Rudan county during 2003 to 2011. *J Prevent Med*. 1 (2) :13-21 URL: <http://jpm.hums.ac.ir/article-1-55-fa.html>. [in persian].
- Sanagar Darbani, E., Rafieian, M., Hanaee, T., & Monsefi Parapari, D. (2020). The Effects of Urban Heat Islands Mitigation on Human Health through Change in Urban form Hot and Arid Climate of Mashhad (Case Study: Graticular Texture of Shahed and Organic Texture of Pachenar Neighborhoods). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(4), 375-387. 10.22034/jest.2020.33354.4134. [in persian].
- Saucy, A., Ragetli, M. S., Vienneau, D., De Hoogh, K., Tangermann, L., Schäffer, B., Wunderli, J., Probst-Hensch, N., & Rösli, M. (2021). The role of extreme temperature in cause-specific acute cardiovascular mortality in Switzerland: A case-crossover study. *Science of the Total Environment*, 790, 147958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147958>.
- Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Etesam, I., Maulud, K. N. A., & Tawil, N. M. (2011). Healthy environment: the need to mitigate urban heat island effects on human health. *Procedia Engineering*, 20, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.139>.
- Simpson, C. H., Brousse, O., & Heaviside, C. (2024). Estimated mortality attributable to the urban heat

- island during the record-breaking 2022 heatwave in London. *Environmental Research Letters*, 19(9), 094047. DOI: 10.1088/1748-9326/ad6c65.
- Tabaroki, A., (1999). Basics of design in green space, collection of papers of seminar of green space, organization of parks and green spaces of Tehran, first volume. [in persian].
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A.J., Li, F. and Chen, H., (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International journal of biometeorology*, 54(1), 75-84. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>.
- Tong, S., Prior, J., McGregor, G., Shi, X., & Kinney, P. (2021). Urban heat: an increasing threat to global health. *BMJ*, n2467. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2467>
- Voumik, L. C., & Sultana, T. (2022). Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fresh evidence from novel CS-ARDL model. *Heliyon*, 8(11), e11457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11457>.