



<https://gеп.ui.ac.ir/?lang=en>
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 34, Issue 3, No.91, Autumn 2023, pp. 1- 4
Received: 23/12/2022 Accepted: 26/02/2023

Spatial Autocorrelation of Land Surface Temperature and its Relationship With Land Use in Ahvaz City

Mohammad Reza Ansari^{1*}, Azin Norouzi²

1- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Mollasani, Iran
m_ansari@asnrukh.ac.ir

2- MA, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Mollasani, Iran
norouzi.azin@gmail.com

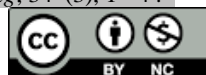
Abstract

Urban heat islands could have destructive effects on the environment and increase energy consumption. The present study aimed to investigate the spatial autocorrelation of land surface temperature and its relationship with land use in Ahvaz city. Daily and Night Land surface temperature maps were extracted from the split window method for the Landsat 8 satellite image and MOD11A1 product, respectively. Land use maps of the study were extracted into five classes: Built-up area, vegetation, bare land, water, and Karun River. Based on the results, Global Moran's index on day and night was equal to 0.94 and 0.9, respectively, according to which Land Surface temperature is distributed in a cluster form. Results of Getis-ord GI statistics showed that the largest area of daily and nightly hot spots in the east of Ahvaz was obtained with 5050.53 and 8055.69 ha, respectively. The results of the Kruskal Wallis test showed that there was a statistically significant difference between the average temperature of land uses (p -value<0.05), so industrial areas and bare land had the highest temperature and the water bodies and vegetation had the lowest temperature. The results also showed that LST has a negative relationship with NDVI ($r = -0.47$); however, the average NDVI index in the study area was equal to 0.17 which indicated the poor quality of vegetation in Ahvaz. Therefore, it is necessary to take measures to improve the quality of vegetation and expand the urban green space and preserve water resources to adjust the land surface temperature in Ahvaz.

Keywords: Landsat 8, Modis, Split Window, Global Moran, Getis-Ord GI.

*Corresponding Author

Ansari, M. R., & Norouzi, A. (2023). Spatial autocorrelation of Land surface temperature and its relationship with land use in Ahvaz city. *Geography and Environmental Planning*, 34 (3), 1 - 4 .



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2023.136187.1564



20.1001.1.20085362.1402.34.3.4.3

Introduction

Land surface temperature (LST) is one of the essential components of climate in any region. It controls physical, chemical, and environmental processes on the earth, which are influenced by factors such as surface reflection and roughness of different types of land use/land cover, topography, geographical location, biophysical characteristics, and climate parameter changes over time. Population growth and urbanization, industrial development, and human activities such as unprincipled changes in land use/land cover have created urban heat islands, which have devastating effects on the environment and the health of the community, as well as energy consumption, especially in cities with hot and dry climates. Using traditional methods to estimate land surface temperature is impossible and time-consuming for all ground conditions. On the other hand, meteorological stations only measure temperature information for specific points. In contrast, due to land cover and other temperature conditions, temperatures in different regions are different from the recorded temperatures for a particular point, and this data cannot be generalized to the whole region. Currently, remote sensing technology with continuity and data collection in broad ranges can be very efficient in estimating the land surface temperature. This study aimed to investigate the spatial autocorrelation of surface temperature and to identify the thermal islands of Ahvaz using remote sensing and GIS.

Materials and Methods

Daily land surface temperature maps were extracted from the Landsat 8 satellite image in June 2020 using a split window method. The method of comparison with the temperature of the synoptic station was used to evaluate the accuracy of the LST map. To investigate the changes in land surface temperature at night, the land surface temperature product of the MODIS sensor (MOD11A1) was used. In the next step, the spatial autocorrelation of Land surface temperature was investigated using the global Moran index, and hot and cold spots were identified by Getis-Ord GI statistics. In the next step, land use maps of the study were extracted into five classes (Built-up area, vegetation, bare land, water, and Karun River) using the support vector machine classification method. To evaluate the efficiency of the classification method, the overall accuracy and kappa coefficient were used. The relationship between land surface temperature (LST) and land use type, and normalized vegetation difference index (NDVI) was investigated using the Kruskal-Wallis test and regression analysis, respectively.

Research Findings

The results showed that the difference between the air temperature recorded by Ahvaz Synoptic Station and the air temperature obtained from Landsat images is equal to 0.5°C , which indicates the high accuracy of the LST map. According to the results, Region 8 had the highest, and Region 6 had the lowest average surface temperature, equal to 53.72 and 51.53°C , respectively. The average LST was 51.96°C . The results of calculating the global Moran index showed that the LST in Ahvaz has a cluster pattern. The global Moran index for day and night was equal to 0.94 and 0.9 , respectively, which was significant at the level of one percent probability. The results of calculating the Getis-Ord GI statistic for identifying the areas with high and low clusters showed that daily cold spots in the west and east of Ahvaz were equal to 4541.22 and 2644.74 ha, respectively. The largest area of daily and night cold spots related to region 3 is equal to 1404.27 and 344.68 ha, respectively, and the lowest area of daily cold spots related to region 7 is equal to 728.83 ha. In general, parks, areas around the Karun River, cultivated lands, tree and forest cover, and water areas formed the cold spots of Ahvaz city. The area of daily hot spots in the east and west of Ahvaz were obtained at 5050.53 and 2022.48 ha, respectively, and the area of night hot spots in the east and west of Ahvaz was obtained at 8055.69 and 4509.66 ha, respectively. The highest area of hot spots day and night is related to region eight equal to 2734.92 and 3160.65 ha, respectively. The hot spots mainly covered industrial areas and surrounding urban areas, hospitals, passenger terminals, gas stations, locations near busy roads, and bare land. Based on the result, the kappa coefficient and overall accuracy of classification were 95.1% and 91% , respectively. According to the results of the Kruskal-Wallis test, there was a statistically significant

difference between the mean temperature of land (p-value <0.05), so industrial areas and bare land had the highest average mean, i.e., the highest temperature and the water bodies and vegetation had the lowest mean rank, i.e., the lowest temperature. The result also showed that LST has a negative relationship with NDVI ($r = -0.47$), and with increasing the positive values of the NDVI index, the average surface temperature decreased.

Discussion of Results and Conclusion

The results showed that the type of land use affects the land surface temperature. The high concentration of industrial centers, large areas of barren lands, and lack of vegetation are the main reasons for the formation of thermal islands in Ahvaz city. Based on the results, the presence of vegetation and water zone modulates the land surface temperature. The average NDVI index was obtained at 0.17, which indicated the thin vegetation of Ahvaz city. Measures such as using bright colors on the facades of buildings, roads, streets, and parking, expanding vegetation and green space, creating green roofs, changing the use of bare land, paying more attention to the agricultural sector, and preventing construction on agricultural lands, planning, and optimal traffic management in busy places, streets, and squares with high traffic and preservation of water resources in the region and creating waterfalls in high-temperature areas are necessary and recommended adjusting the land surface temperature in Ahvaz. In this research, the study year was selected as near to normal conditions and summer season. It is suggested that further studies should be done in wet and drought conditions and other seasons and compared the results with the results of this research.

References

- Abdul Athick, A.S., Mohammed, K., Shankar, D., & Raja Naqvi, R. (2019). Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve wereda of Ethiopia using mono window, split window algorithm and spectral radiance model. *Data in Brief*, 27, 1-12.
- Bhargava, A., Lakmini, S., & Bhargava, S. (2017). Urban heat island effect: It's relevance in urban planning. *Journal of Biodiversity and Endangered Species*, 5(1), 1-4.
- Ca, V.T., Asaede, T., & Abu. E. (1998). Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Journal of Energy and Building*, 29, 83-92.
- Choudhury, D., Kalikinkar, D., & Arijit, D. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 12(22), 203-218.
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2021). Assessment of variation of land use/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24(1), 131-149.
- Das, S., & Angadi, D. P. (2020). Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: A case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 1-28.
- Feng, Y., Gao, C., Tong, X., Chen, S., Lei, Z., & Wang, J. (2019). Spatial Patterns of Land Surface Temperature and Their Influencing Factors: A Case Study in Suzhou, China. *Remote Sensing*, 11(82), 2-20.
- Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., Eichenbaum-Pikser, J., Khanbilvardi, R., & Susca, T. (2010). A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White, and Black Roofs, Columbia University. *Center for Climate Systems Research, New York*, 1-19.
- Govil, H., Guha, S., Diwan, P., Gill, N., & Dey, A. (2020). Analyzing linear relationships of lst with ndvi and mndisi using various resolution levels of landsat 8 oli and tirs data. *Journal of Data Management, Analytics and Innovation*, 1, 171-184.
- Guha, S., & Govil, H. (2020). An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index, Environment. *Journal of Development and Sustainability*, 23, 1944-1963.

- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., & Zhang, X. (2015). Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
- He, J., Zhao, W., Li, A., Wen, F., & Yu, D. (2019). The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 40(5), 1808-1827.
- Kabano, P., Lindley, S., & Harris, A. (2021). Evidence of urban heat island impacts on the vegetation growing season length in a tropical city. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 206, 1-9.
- Kaufmann, R., Zhou, L., Myneni, R., Tucker, C., Slayback, D., Shabanov, N., & Pinzon, J. (2003). The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data. *Journal of Geophysical Research Letters*, 30(22), 1-4.
- Kumari, M., Sarma, K., & Sharma, R. (2019). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of land surface temperature in relation to land use/cover around a thermal power plant in Singrauli district, Madhya Pradesh, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15, 1-6.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3, 1535-1552.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California, 17-22 January, 1-6.
- Mujabar, S., & Rao, V. (2018). Estimation and analysis of land surface temperature of Jubail Industrial City, Saudi Arabia, by using remote sensing and GIS technologies. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 1-13.
- QIN, Z., & Karnieli, A. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-3746.
- Rongali, G., Ashok K. K., Gosain, A. K., & Khosa, R. (2018). Split-Window algorithm for retrieval of land surface temperature using Landsat 8 thermal infrared data. *Journal of Geo Visualization and Spatial Analysis*, 2(14), 1-19.
- Sekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Journal of Ecological Indicators*, 122, 1-11.
- Shahfahad., Kumari, B., Tayyab, M., Ahmed, I. A., Imam Baig, M. R., Firoz Khan, M., & Rahman, A. (2020) Longitudinal study of land surface temperature (LST) using mono- and split-window algorithms and its relationship with NDVI and NDBI over selected metro cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(104), 1-19.
- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M., & Bhattacharya, P. (2021). Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida City using geospatial technology. *Journal of Urban Climate*, 35, 1-15.
- Sun, C., Wu, Z., Lv, Z., & Wei, J. (2010). Spatial-temporal analysis of land surface temperature and its interplay with land use change. *Information Engineering and Computer Science (ICIECS)*, 25, 1-4.
- Tafesse, B., & Suryabhagavan, K. V. (2018). Systematic modeling of impacts of land-use and land-cover changes on land surface temperature in Adama Zuria District, Ethiopia. *Journal of Modeling Earth Systems and Environment*, 9, 1-13.
- Wang, R., & Murayama, Y. (2020). Geo-simulation of land use/cover scenarios and impacts on land surface temperature in Sapporo, Japan. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 36, 1-11.
- Weng, Q., Karimi firozjaei, M., Kiavarz, M., Alavipanah S. K., & Hamzeh, S. (2019). Normalizing land surface temperature for environmental parameters in mountainous and urban areas of a cold semi-arid climate. *Journal of Science of the Total Environment*, 650, 515-529.
- Xu, H., Yunhao, C., Shangming, D., & Wenxia, Q. (2011). Dynamical monitoring and evaluation methods to urban heat island effects based on RS & GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1228-1237.
- Zhang, C., Luo, L., Xub, W., & Ledwitha, V. (2018). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Journal of Science of the Environment*, 398, 212-221.



جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی

سال ۳۴، پیاپی ۹۱، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص ۱۶۸-۱۴۳

وصول: ۱۴۰۱/۱۰/۲ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۷

مقاله پژوهشی

بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی شهر اهواز

محمد رضا انصاری^{*}، استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
m_ansari@asnruk.ac.ir
آذین نوروزی، کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
norouzi.azin@gmail.com

چکیده

جزایر حرارتی شهری اثرات مخربی بر محیط‌زیست دارد و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. این پژوهش با هدف بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی شهر اهواز انجام شد. دمای روزانه و شبانه سطح زمین به ترتیب با به‌کارگیری روش پنجره مجزا از تصویر لندست ۸ و محصول مادیس MOD11A1 تعیین شد. نقشه کاربری اراضی در پنج کلاس شامل: اراضی ساخته‌شده، پوشش گیاهی، اراضی لخت، آب و رودخانه کارون تهیه شد. آماره موران جهانی در روز و شب به ترتیب برابر با ۰/۹۴ و ۰/۹۱ حاصل شد که بر این اساس، دمای سطح زمین روزانه و شبانه در شهر اهواز دارای الگوی خوشه‌ای است. براساس نتایج آماره گتیس-ارد جی بیشترین مساحت لکه‌های داغ روزانه و شبانه در شرق اهواز به ترتیب با ۵۰۵۰/۵۳ و ۸۰۵۵/۶۹ هکتار به دست آمد. طبق نتایج حاصل از آزمون کروسکال والیس، تفاوت معناداری بین میانگین دمای کاربری‌ها در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت و کاربری ساخته‌شده از نوع صنعتی و اراضی لخت بیشترین دما و پهنه آبی و پوشش گیاهی کمترین دما را به خود اختصاص داده بودند. بین شاخص NDVI و LST همبستگی منفی (۰/۴۷-) وجود داشت. با وجود این، میانگین شاخص NDVI برابر با ۰/۱۷ بوده که نشان‌دهنده پوشش گیاهی ضعیف در شهر اهواز است؛ بنابراین ضرورت دارد که اقداماتی برای بهبود کیفیت پوشش گیاهی، گسترش فضای سبز شهری و حفظ منابع آبی برای تعدیل درجه دمای سطح زمین در شهر اهواز صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: لندست ۸، مادیس، پنجره مجزا، موران جهانی، گتیس-ارد جی

*نویسنده مسئول

انصاری، محمد رضا، نوروزی، آذین. (۱۴۰۱). بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی شهر اهواز. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی،

۳۴ (۳)، ۱۶۶-۱۴۱.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2023.136187.1564



20.1001.1.20085362.1402.34.3.4.3

مقدمه

دمای سطح زمین (LST)^۱ از مؤلفه‌های مهم اقلیم در هر منطقه و کنترل‌کننده فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و محیط‌زیستی بر روی زمین است (Guha et al., 2020) که تحت‌تأثیر عواملی همچون بازتاب سطحی و انواع مختلف کاربری/پوشش اراضی، وضعیت توپوگرافی، موقعیت جغرافیایی، خصوصیات بیوفیزیکی و پارامترهای اقلیمی در گذر زمان تغییر می‌کند (ولی و همکاران، ۱۳۹۸؛ he et al., 2020؛ wang et al., 2020؛ Guha et al., 2020). در حال حاضر به دلیل شهرنشینی سریع، ویژگی‌های انواع سطح زمین در حال تغییر است (Guha et al., 2020). توسعه مناطق شهری موجب تغییر در چشم‌انداز، ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر زیرساخت‌ها، جایگزینی زمین‌های باز و پوشش گیاهی شده است (Xu et al., 2011). جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با سنگ‌فرش، ساختمان‌ها، بتن، آسفالت و دیگر ساخت‌وسازهای شهری، اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برد. علاوه بر آن، حرارت و وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه هوا گرمای محیط را افزایش و همچنین ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش می‌دهند و هوای پیرامون را گرم می‌کنند. تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی به شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری منجر می‌شوند (Xu et al., 2011). جزایر حرارتی شهری، شرایط زیست‌محیطی دشواری را برای ساکنان شهرها به وجود آورده است و بر کیفیت هوا، مصرف انرژی، آسایش و سلامت انسان تأثیر زیادی می‌گذارد. در حال حاضر افزایش دمای سطح زمین و پیدایش جزایر حرارتی شهری به علت آثار مخربی که به‌همراه دارد، یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی شهری است (Das et al., 2021)؛ بنابراین پایش مکانی-زمانی و نظارت بر شدت جزایر برای تجزیه و تحلیل محیط حرارتی در مقیاس شهر ضروری است و اهمیت زیادی دارد. شناسایی چنین ناهنجاری‌هایی در محیط حرارتی شهری بهترین اطلاعات را برای تجهیز مناطق شهری به‌منظور انعطاف‌پذیری و پایداری بیشتر فراهم می‌کند (Sharma et al., 2021). در این راستا، تصاویر سنجنش از دور به علت قابلیت‌های ویژه‌ای که دارند، به‌طور گسترده‌ای برای برآورد دمای سطح زمین از سوی محققان به کار برده شده‌اند و دقت آن در برآورد دمای سطح زمین تأیید شده است (میکائیلی حاجی‌کندی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Abdul Athick et al., 2019؛ Shahfahad et al., 2020؛ Das & Angadi, 2020؛ Das et al., 2021). علاوه بر آن، آمار فضایی به‌عنوان روشی برای تحلیل داده‌های فضایی در مطالعات محیطی استفاده شده است. با استفاده از تحلیل فضایی تغییرات مکانی و زمانی داده‌های مکانی به‌خوبی در یک منطقه پایش می‌شود (ولی و همکاران، ۱۳۹۸). در این راستا، آماره موران جهانی^۲ برای بررسی خودهمبستگی فضایی و تحلیل لکه‌های داغ و سرد با استفاده از آماره گتیس-ارد جی^۳ که از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی است، به‌طور گسترده‌ای از سوی محققان استفاده شده است (کازمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۸؛ Kumari et al., 2019؛ Das & Angadi, 2020).

نتایج پژوهش مجرد و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که مناطق شهری در طول روز به‌خصوص در دوره گرم سال

1 . Land Surface Temperature
2 . Global Moran's
3 . Getis-ord GI

نسبت به مناطق غیر شهری دمای سطح کمتری دارند و جزیره‌ سرمایی سطحی شهری در آنها تشکیل می‌شود و در شب به‌ویژه بهار، دمای مناطق شهری به دلیل انتقال گرمای محسوس حدود ۱ تا ۲ درجه بیشتر از بیرون شهر و جزیره حرارتی سطحی شهری تشکیل می‌شود. امیدوار و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که عمده جزایر حرارتی شهر یزد در نواحی حاشیه‌ای و زمین‌های بایر شکل گرفته و هم‌زمان با کاهش فضای سبز بر وسعت جزایر حرارتی افزوده شده است. حلبیان و سلطانی (۱۳۹۹) گزارش کردند که مهم‌ترین عامل در گسترش جزایر حرارتی، کاهش پوشش گیاهی است و بیشترین حساسیت محیطی نیز اغلب در پیرامون شهر به علت وجود اراضی بایر و درون شهر نیز به صورت خرد در اطراف مراکز صنعتی، اطراف فرودگاه بین‌المللی، ترمینال مسافری، اطراف ایستگاه‌های مترو، بزرگراه‌ها، خیابان‌های پترافیک و مکان‌های دارای بافت فرسوده مشاهده شد. عربی علی آباد و همکاران (۱۴۰۰) ارتباط بین تغییر پوشش اراضی و تغییرات دمای سطح زمین دشت یزد را طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۱ بررسی و تحلیل و گزارش کردند که طی دوره مطالعاتی میزان ۲۸ درصد از مساحت اراضی کشاورزی کاسته و ۱۲ درصد به مساحت اراضی شهری اضافه شده است که نشان‌دهنده تخریب زمین‌های کشاورزی و جایگزینی آنها با مناطق شهری است. در پژوهش ایشان کمترین دما مربوط به اراضی کشاورزی بود و دمای سطح زمین در اراضی بایر و تپه‌ماسه‌ای که به سایر کاربری‌ها تبدیل شده بودند، به‌طور چشمگیری کاهش یافته و تبدیل اراضی کشاورزی به بایر و تپه‌های ماسه‌ای به افزایش دمای بیشتری نسبت به سایر کاربری‌ها منجر شده بود. حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند که در حاشیه‌های شهری اراک به دلیل کمربند شمالی، ترافیک و تردد ماشین‌های سنگین، جزایر حرارتی نواری تشکیل شده است. در پژوهشی دیگر (Mujabar & Rao, 2018) تغییرات دمای سطح شهر صنعتی جبیل را در سال ۲۰۱۵ بررسی و گزارش کردند که دمای سطح زمین تابعی از نوع فصل، شکل زمین، پوشش گیاهی، فعالیت‌های صنعتی و ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین است و جزایر حرارتی چشمگیری با دمای بیش از ۶۰ درجه سانتی‌گراد در نزدیکی کارخانه‌های آهن و فولاد منطقه صنعتی تشکیل شده است؛ در نتیجه پژوهش (Tafesse & Suryabagavan, 2018) گزارش شد که نوع کاربری/ پوشش اراضی و وضعیت NDVI نقش عمده‌ای در تغییر مقادیر دمای سطح زمین در منطقه آداما زوریا در اتیوپی داشته و دمای سطح زمین ارتباط منفی با پوشش گیاهی ($R^2=0.98$) دارد و همبستگی بین تغییرات LST و تغییر کاربری زمین نشان‌دهنده آن بود که افزایش شهرک‌سازی بر افزایش LST تأثیر گذاشته است. در پژوهش (Feng et al., 2019) رابطه بین دمای سطح زمین با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص نرمال‌شده تفاضل ساخت‌وساز (NDBI)^۲ و شاخص نرمال تفاضل آب (NDWI)^۳ در چین بررسی و گزارش شد که دمای سطح زمین به شدت تحت تأثیر این سه عامل است. در پژوهشی دیگر (Sharma et al., 2021) گزارش کردند که دمای سطح شهر نویدا هند طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۱ به میزان ۶/۴۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. براساس نتایج مطالعه این پژوهشگران همبستگی مثبت بین LST با شاخص مناطق ساخته‌شده (IBI)^۴ وجود داشت و

- 1 . Normalized Difference Vegetation Index
- 2 . Normalized Difference Built-up Index
- 3 . Normalized Difference Water Index
- 4 . Index-based Built-up Index

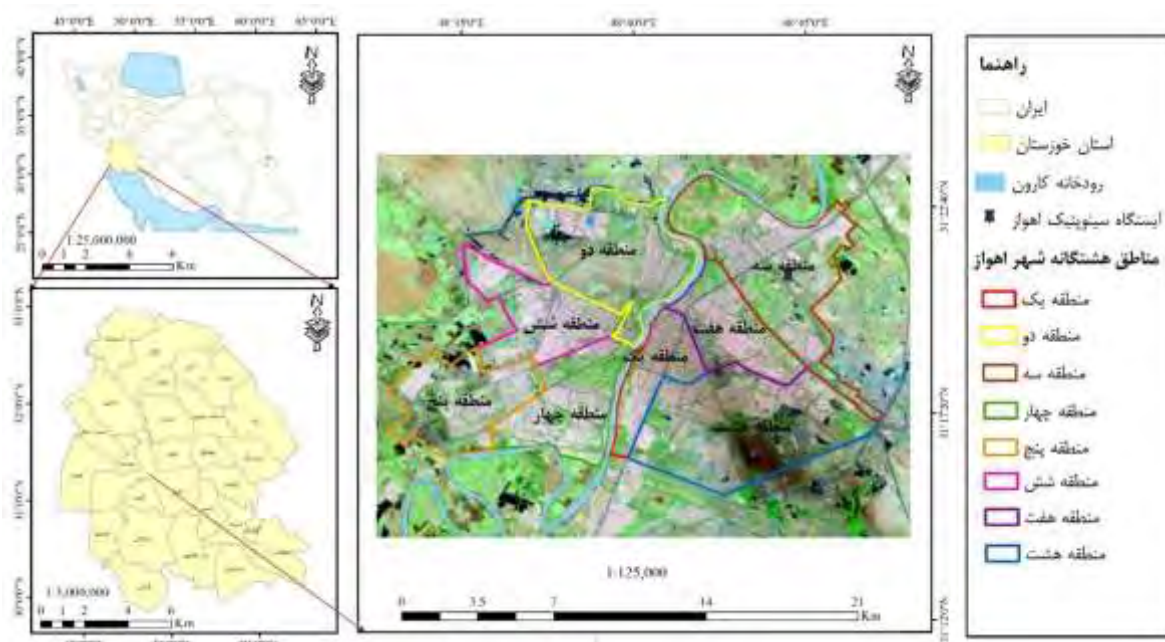
با افزایش مقدار شاخص IBI میزان LST افزایش یافته بود که نشان‌دهنده تأثیر گرمایش ساختمان‌ها بر ریز اقلیم شهری بود. از سوی دیگر، همبستگی منفی بین LST با NDVI وجود داشت که نشان‌دهنده تأثیر سرمایه‌های سبز بوده است. در مطالعه‌ای دیگر زندگی و همکاران (۱۴۰۱) در سنجش میزان خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین با کاربری اراضی در شهر اصفهان گزارش کردند که خوشه بندی در دمای سطح زمین با سطح اطمینان بیش از ۹۹ درصد وجود داشته است و مناطق دارای پوشش گیاهی و آب اثر جزیره گرمایی را تضعیف می‌کنند و جاهایی که مناطق ساخته شده در آنها گسترش یافته است، اثر جزایر گرمایی را سرعت می‌بخشند.

جمع بندی مطالعات نشان‌دهنده آن بود که برآورد دمای سطح زمین، شناسایی تغییرات جزایر حرارتی و شناخت عوامل مؤثر بر آن، اطلاعات مفیدی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری فراهم می‌کند. با توجه به اینکه تاکنون خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین در شهر اهواز و ارتباط آن با نوع کاربری اراضی بررسی نشده است، در این پژوهش به تحلیل فضایی دمای سطح زمین شهر اهواز در روز و شب و ارتباط آن با نوع کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی توجه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان خوزستان است که در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه عرض شمالی و ۴۸ درجه طول شرقی در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده و براساس محدوده و حریم مصوب شهرداری اهواز، به هشت منطقه تقسیم‌بندی شده است. شهر اهواز از سمت شمال به شهرهای شیبان، ویس، ملاثانی، شوشتر، دزفول و شوش، از شرق به شهرستان رامهرمز، از غرب به شهر حمیدیه و دشت آزادگان و از سمت جنوب به شهرهای شادگان، بندر ماهشهر، خرمشهر و آبادان محدود می‌شود. رودخانه کارون، پرآب‌ترین رودخان، ایران، با سرچشمه گرفتن از زردکوه، ورود به اهواز، این شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می‌کند و ۹ پل بر روی کارون در اهواز وجود دارد. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، شرکت ملی حفاری ایران، کارخانه‌های عظیم فولاد خوزستان، لوله‌سازی خوزستان، شرکت کربن بلاک خوزستان در شهر اهواز قرار دارند. براساس اطلاعات و آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اهواز، جهت باد غالب اول، در تمام فصول سال غربی (W) و دوم، تمام فصول سال شمال غربی (NW) است. متوسط بارش بلندمدت سالانه برابر با ۲۱۶/۴۳ میلی‌متر، متوسط رطوبت ۴۱/۸۲ درصد، متوسط دمای بلندمدت ۲۶/۱۷ درجه سانتی‌گراد و براساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن که متکی به دو متغیر میانگین بارندگی و میانگین دماست، به‌جز مناطق خشک قرار دارد (شکل ۱).



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه

Figure (1) Location of the study area

داده‌ها و روش کار

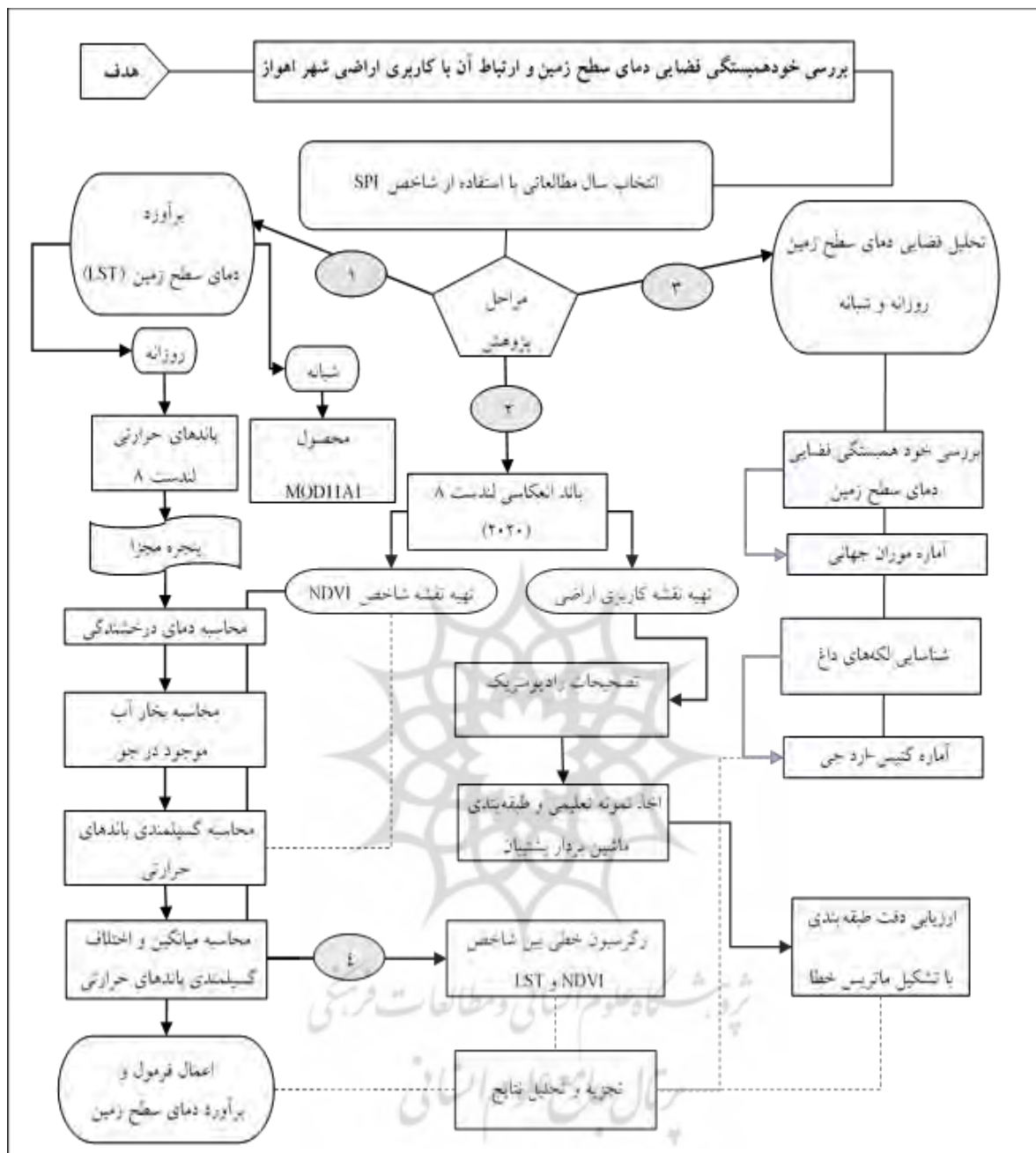
در پژوهش حاضر از داده‌های اقلیمی بارش، رطوبت نسبی و میانگین دمای ثبت شده با ایستگاه سینوپتیک مستقر در فرودگاه هواشناسی اهواز در طول ۴۸/۴۰ شرقی و عرض ۳۱/۲۰ شمالی با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا استفاده شد. برای انتخاب سال مطالعاتی از نمایه استاندارد شده بارش^۱ (SPI) استفاده شد (McKee et al., 1993). در این راستا، داده‌های بلندمدت مجموع بارش ماهانه طی سال‌های 1986-2021 بررسی و شاخص SPI از فرمول ۱ محاسبه و در نهایت سال 2020 (۱۳۹۹) به عنوان سال با وضعیت نرمال انتخاب شد. در مرحله بعدی برای انتخاب ماه دریافت تصویر، با در نظر گرفتن شرایطی همچون نبود پوشش ابری و بارندگی در روز و ماه انتخابی و شرحی نبودن، تصویر ماهواره لندست ۸ در مسیر ۱۶۵ و گذر ۳۸ در تاریخ ۲۰۲۰/۰۵/۲۱ (۱۳۹۹/۰۳/۰۱) از تارنمای سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده^۲ دریافت شد. علاوه بر آن، از محصول آماده دمای سطح زمین سنجنده مادیس (MOD11A1) در همین تاریخ، برای تحلیل فضایی دمای سطح زمین شب هنگام شهر اهواز استفاده شد. فلوچارت مراحل انجام پژوهش در شکل (۲) ارائه شده است.

فرمول ۱

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

که در آن P_i بارندگی سال i برحسب میلی‌متر، \bar{P} میانگین بارندگی بلندمدت و SD انحراف معیار بارش است.

1. Standard Precipitation Index
2. [https:// earthexplorer.usgs.gov](https://earthexplorer.usgs.gov)



شکل (۲) فلوجارت مراحل پژوهش
Figure (2) Research process Flowchart

گام اول: برآورد دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا

برای استخراج دمای سطح زمین از الگوریتم پنجره مجزا استفاده شد که در مطالعات بسیاری به کار برده شده و دقت آن تأیید شده است (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ میکائیلی حاجی کندی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Abdul Athick et

Shahfahad et al., 2020؛ al., 2019). روش پنجره مجزا با تلفیق دو باند حرارتی مجاور سعی در کاهش اثرات اتمسفری دارد. نیازداشتن به پروفیل اتمسفری دقیق و کارآمدی برای تمام سنسورهای با حداقل ۲ باند حرارتی از مزیت‌ها و وابستگی به اطلاع از ضریب گسیل و وابستگی ضرایب هر مدل به نوع منطقه از معایب این روش بوده (کاکه ممی و همکاران، ۱۳۹۹) است که از فرمول ۲ محاسبه شد (Rongali et al., 2020).

فرمول ۲

$$LST = (TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W(1 - m) + (C_5 + C_6W)\Delta m$$

در این رابطه، TB_{10} و TB_{11} دمای درخشندگی باندهای حرارتی (۱۰ و ۱۱)، m میانگین گسیلمندی، W بخار آب موجود در جو، Δm اختلاف گسیلمندی باندهای حرارتی (۱۰ و ۱۱) و C_0 تا C_6 ضرایب الگوریتم پنجره مجزا هستند (جدول ۱).

جدول (۱) ضرایب الگوریتم پنجره مجزا

Table (1) Split-window coefficient values

ضریب	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
مقدار	-۰/۲۶۸	۱/۳۷۸	۰/۱۸۳	۵۴/۳۰۰	-۲/۲۳۸	-۱۲۹/۲۰۰	۱۶/۴۰۰

برآورد تابش طیفی و دمای درخشندگی

ارزش‌های رقومی باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ با استفاده از فرمول ۳ به تابش طیفی و سپس با به‌کارگیری فرمول ۴ به دمای درخشندگی تبدیل شدند (Qin, 2001).

فرمول ۳

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$$

در این رابطه، L_λ تابش طیفی بالای اتمسفر، Q_{cal} ارزش رقومی پیکسل و M_L فاکتور تبدیل ضریبی و A_L ضریب تبدیل تجمیع‌کننده و به‌ترتیب برابر با -0.4×10^{-4} و 3.342×10^{-4} است که از متادیتای تصویر استخراج شد.

فرمول ۴

$$TB = K2 / \ln(k1/L_\lambda + 1)$$

در این رابطه، TB دمای درخشندگی برحسب کلونین، k_1 و k_2 ضرایب ثابت کالیبراسیون برای باند ۱۰ به‌ترتیب برابر با $774/8853$ و $1321/0789$ و باند ۱۱ به‌ترتیب برابر با $480/8883$ و $1201/1442$ است که از متادیتای تصویر استخراج شد.

محاسبه بخار آب موجود در جو

با استفاده از داده‌های ثبت‌شده با ایستگاه سینوپتیک اهواز در تاریخ اخذ تصویر مقدار بخار آب موجود در جو با به‌کارگیری فرمول ۵ محاسبه شد (Liu & Zhang, 2011; Guha & Govil, 2020).

فرمول ۵

$$w_i = 0.0981 \times \left\{ 10 \times 0.6108 \times \exp\left[\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)}\right] \times RH \right\} + 0.1697$$

در این رابطه، w_i مقدار بخار آب موجود در جو (g/cm^2)، T_0 دمای ثبت شده با ایستگاه سینوپتیک (K) و RH درصد رطوبت نسبی در سال، روز، ماه و ساعت اخذ تصویر است.

برآورد قابلیت انتشار سطح زمین (گیلیمندی)

اجسام با درجه حرارت بالاتر از صفر مطلق، تشعشعات الکترومغناطیسی از خود ساطع می‌کنند که به آن شار تابشی گفته می‌شود. در یک جسم سیاه تمام حرارت جذب شده منتشر می‌شود و نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه را در دمای ثابت گسیلمندی^۱ می‌گویند. مقدار گسیلمندی برای تبدیل دمای درخشندگی به دمای جنبشی سطح مورد نیاز است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). مقادیر گسیلمندی برای هر یک از باندهای حرارتی ماهواره لندست ۸ با استفاده از فرمول ۶ محاسبه شد (Rongali et al., 2020).

فرمول ۶

$$\varepsilon = \varepsilon_s(1 - FVC) + \varepsilon_v \times FVC$$

در این رابطه ε_v گسیلمندی پوشش گیاهی، ε_s گسیلمندی خاک در باندهای حرارتی است که برای باند ۱۰ به ترتیب برابر با ۰/۹۸۷ و ۰/۹۷۱ و برای باند ۱۱ به ترتیب برابر با ۰/۹۸۹ و ۰/۹۷۷ است، FVC شاخص کسری پوشش گیاهی است که از فرمول ۷ محاسبه شد (Rongali et al., 2020).

فرمول ۷

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI(s)}{NDVI(v) - NDVI(s)}$$

در این رابطه NDVI شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی که از فرمول ۸ محاسبه و $NDVI(s)$ برابر با ۰/۲ و $NDVI(v)$ برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد.

فرمول ۸

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red})$$

در این رابطه ρ_{NIR} مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و ρ_{Red} مقادیر بازتاب در باند قرمز است پس از محاسبه گسیلمندی، میانگین و اختلاف گسیلمندی باندهای حرارتی از روابط ۹ و ۱۰ محاسبه شد (Rongali et al., 2020).

فرمول ۹

$$m = (LSE10 + LSE11) / 2$$

فرمول ۱۰

$$\Delta m = LSE10 - LSE11$$

در این روابط LSE10 مقدار گسیلمندی باند ۱۰ و LSE11 مقدار گسیلمندی باند ۱۱ است.

پس از به دست آوردن پارامترهای موردنیاز دمای سطح زمین برای سال 2020 با استفاده از رابطه ۲ برحسب درجه کلوین محاسبه و سپس برای تبدیل واحد نقشه به درجه سانتی گراد از فرمول ۱۱ استفاده شد.

فرمول ۱۱

$$LST(C) = (LST(k) - 273 \cdot 15)$$

صحت‌سنجی دمای سطح زمین با دمای ایستگاه سینوپتیک

برای صحت‌سنجی نتایج برآورد دمای سطح زمین استخراج‌شده از تصویر لندست، با توجه به اینکه داده‌های دمای سطح زمین در زمان عبور ماهواره ثبت نشدند، از رابطه‌ای که Garcia و همکاران در سال 2007 درخصوص ارتباط دمای سطح زمین و دمای هوا در محیط شهری ارائه کردند، به شرح فرمول ۱۲ استفاده شد که در مطالعات دیگر محققان نیز به کار برده شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ پیرنظر و همکاران، ۱۳۹۹؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹). ابتدا، مقدار دمای سطح زمین در پیکسلی که موقعیت ایستگاه سینوپتیک اهواز را پوشش داده است، استخراج شد. در ادامه، با استفاده از فرمول ۱۲ مقدار دمای سطح زمین به‌دست‌آمده از سنجنده لندست به دمای هوا تبدیل و با دمای ثبت‌شده توسط ایستگاه سینوپتیک مقایسه شد.

فرمول ۱۲

$$T_a = 14.6 + 0.44 \times LST$$

در این رابطه، T_a دمای هوای به‌دست‌آمده از LST (دمای سطح زمین) است.

گام دوم: طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای

برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای ابتدا، نمونه‌های واقعی زمینی با استفاده از دیگر تصاویر ماهواره‌ای موجود از منطقه، تصاویر Google Earth، برداشت نقاط کنترل زمینی با تفسیر تصاویر رنگی کاذب اخذ شدند و تعدادی از آنها برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی کنار گذاشته شد. در ادامه، نقشه کاربری اراضی شهر اهواز با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان با کرنل شعاعی در چهار کلاس کاربری شامل ۱. اراضی ساخته‌شده؛ ۲. پوشش گیاهی؛ ۳. پهنه آبی؛ ۴. اراضی لخت با استفاده از نرم‌افزار Envi 5.3 استخراج و دقت طبقه‌بندی با تشکیل ماتریس خطا و بررسی پارامترهای آماری دقت کلی و ضریب کاپا بررسی شد. پس از ارزیابی نتایج طبقه‌بندی، کلاس پهنه آبی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 به دو کلاس آب و رودخانه کارون تفکیک شد.

گام سوم: تحلیل فضایی دمای سطح زمین

برای بررسی پراکنده یا خوشه‌ای بودن داده‌های دمای سطح زمین شهر اهواز از آماره خودهمبستگی موران جهانی در نرم‌افزار Arc GIS 10.3 استفاده شد. این ابزار، خودهمبستگی فضایی را براساس مکان پراکنش دو مقدار بررسی و خصیصه مدنظر از عارضه جغرافیایی را در آن مکان تحلیل می‌کند. برای محاسبه آماره موران ابتدا، نمره استاندارد Z و p -value محاسبه و در مرحله بعدی به ارزیابی و معناداربودن شاخص توجه می‌شود. اگر مقدار آماره موران جهانی

بزرگ‌تر از صفر باشد، داده‌ها نشان‌دهنده نوعی خوشه‌بندی فضایی هستند و اگر مقدار آماره موران جهانی کمتر از صفر باشد، عوارض مورد مطالعه دارای الگوی پراکنده هستند. در آماره موران جهانی فرض صفر بیان می‌کند که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض جغرافیایی مدنظر وجود ندارد و اگر مقدار P-value بسیار کوچک و Z بسیار بزرگ باشد، فرض صفر رد می‌شود (آماره موران جهانی از فرمول ۱۳ محاسبه شد (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ خسروی و همکاران، ۱۳۹۶؛ بحری و خسروی، ۱۳۹۷)).

فرمول ۱۳

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} Z_i Z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n Z_i^2}$$

در این رابطه Z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(x_i - \bar{x})$ ، $W_{i,j}$ وزن موجود بین عارضه i و j است، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده، S_0 جمع کل وزن‌های فضایی که از فرمول ۱۴ و نمره استاندارد Z_i از فرمول ۱۵ محاسبه شد.

فرمول ۱۴

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j}$$

فرمول ۱۵

$$z_i = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad , \quad E_I = \frac{1}{n-1} \quad V[I] = E[I]^2 - E[I]^2$$

تحلیل لکه‌های داغ

در این پژوهش شناسایی لکه‌های داغ حرارتی با محاسبه آماره گتیس-ارد جی از طریق روابط ۱۶ و ۱۷ در نرم‌افزار Arc GIS 10.3 انجام شد. این ابزار به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند، نگاه می‌کند و عارضه‌ای را لکه داغ می‌داند که هم خودش و هم همسایگانش از لحاظ آماری معنادار باشد. در این تحلیل، جمع محلی یک عارضه و همسایگانش به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه می‌شود و امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که جمع محلی به‌طور زیاد و غیر منتظره‌ای از جمع محلی موردانتظار بیشتر و اختلاف به‌اندازه‌ای باشد که نتوان آن را در نتیجه تصادف دانست. برای امتیاز Z مثبت و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز Z بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی می‌شوند و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هرچه امتیاز Z کوچک‌تر باشد، به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این‌ها در حقیقت نشان‌دهنده لکه‌های سرد هستند (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ خسروی و همکاران، ۱۳۹۶؛ بحری و خسروی، ۱۳۹۷؛ Zhang et al., 2018؛ Kumari et al., 2019). در پژوهش حاضر به‌منظور مقایسه و بررسی تغییرات دمای سطح زمین طی روز و شب، تحلیل‌های موران جهانی و لکه‌های داغ براساس محصول دمای سطح زمین شبانه سنجنده مودیس (MOD11A1) روی ماهواره ترا با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر انجام شد.

فرمول ۱۶

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{i,j} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n W_{i,j}}{S \times \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n W_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

فرمول ۱۷

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad , \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

در این رابطه، x_j مقدار خصیصه عارضه j ، w_{ij} وزن فضایی موجود بین عارضه i و j و n تعداد کل عارضه‌هاست.

گام چهارم: بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و کاربری اراضی و شاخص NDVI

برای بررسی تفاوت در دمای سطح زمین براساس نوع کاربری اراضی ابتدا، آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام و با توجه به معنادار بودن این آزمون یعنی نرمال نبودن توزیع بین گروهی داده‌های دمای سطح زمین از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس^۱ استفاده شد که برای تعیین تفاوت‌های آماری معنی‌دار بین دو یا چند گروه از یک متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته پیوسته یا ترتیبی با تعداد نمونه‌های یکسان یا متفاوت استفاده می‌شود. در این پژوهش گروه‌ها شامل طبقات کاربری اراضی در برگیرنده اراضی ساخته‌شده که در این تحلیل به کاربری‌های ۱. صنعتی؛ ۲. سایر اراضی ساخته‌شده تفکیک شد؛ ۳. پوشش گیاهی؛ ۴. اراضی لخت؛ ۵. پهنه آبی به‌عنوان متغیر مستقل و دمای سطح زمین به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته و در مرحله بعدی اقدام به انتخاب تصادفی پیکسل‌های خالص برای هر کاربری شد. سپس ارزش‌های متناظر با دمای سطح زمین برای نقاط تصادفی برآورد و آزمون کروسکال-والیس در محیط نرم‌افزار SPSS26 انجام شد.

برای بررسی نقش پوشش گیاهی بر تغییرات دمای سطح زمین ابتدا، پیکسل‌های مربوط به نواحی ساخته‌شده از تصویر شاخص NDVI حذف شدند و با توجه به اینکه ارزش‌های پیکسل‌های منفی شاخص NDVI مربوط به اجزای غیر گیاهی مانند آب بود، با ایجاد ماسک باینری از دخالت این مقادیر در تجزیه و تحلیل جلوگیری و رگرسیون خطی بین مقادیر پیکسل‌های شاخص NDVI و LST با استفاده از نرم‌افزار TerrSet 2020 انجام شد. گفتنی است که با توجه به پیکسل‌سایز بالای تصاویر مادیس و امکان اختلاط کلاس‌های کاربری اراضی، تحلیل‌های مربوط به این بخش، فقط بر روی تصویر لندست ۸ طی روز انجام شد.

یافته‌های پژوهش

اعتبارسنجی نقشه دمای سطح زمین روزانه شهر اهواز

براساس نتایج، اختلاف بین دمای هوای ثبت‌شده با ایستگاه سینوپتیک و به‌دست‌آمده از تصاویر لندست به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد که نشان‌دهنده آن است که دمای سطح زمین استخراج‌شده دقت لازم را دارد (جدول ۲).

جدول (۲) اعتبار سنجی دمای سطح زمین

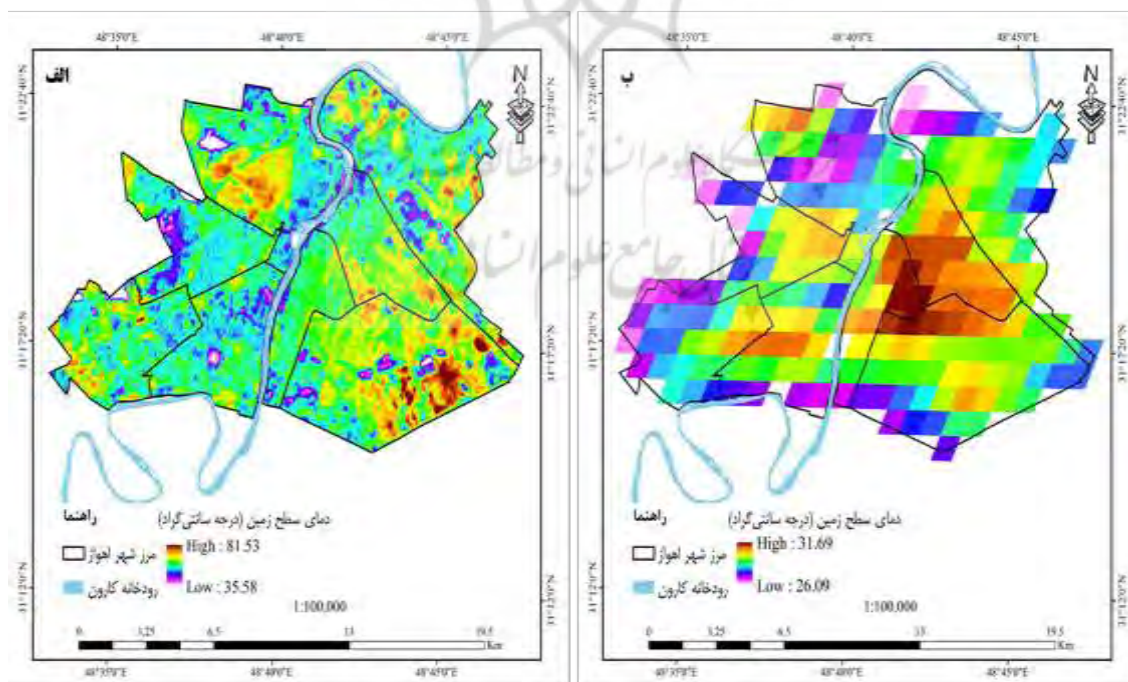
Table (2) Land surface temperature validation

اختلاف	دمای محاسبه شده از فرمول (T_a)	دمای ایستگاه سینوپتیک (T_A)	LST لندست
$0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$37.6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$37.1\text{ }^{\circ}\text{C}$	$50.01\text{ }^{\circ}\text{C}$

خصوصیات آماری دمای سطح زمین

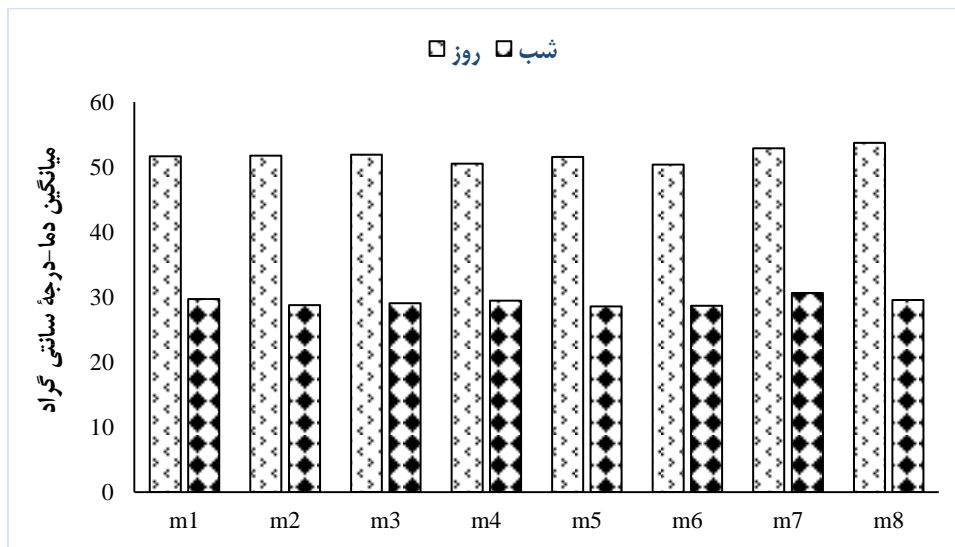
براساس نتایج، کمترین دمای سطح زمین روزانه برابر با $35/58$ ، بیشترین دما برابر با $81/53$ و میانگین دما برابر با $51/96$ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (شکل ۳-الف). منطقه ۶ با $50/37$ درجه سانتی‌گراد کمترین و منطقه ۸ با $53/72$ درجه سانتی‌گراد بیشترین میانگین دمای سطح زمین روزانه را داشته‌اند (شکل ۴). براساس نتایج، میانگین دمای سطح زمین روزانه در شرق اهواز (مناطق ۱، ۳، ۷ و ۸) برابر با $52/73$ و در غرب اهواز (مناطق ۲، ۴، ۵ و ۶) برابر با $51/12$ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (شکل ۳)، بر این اساس میانگین دمای سطح زمین روزانه در شرق اهواز نسبت به غرب اهواز به میزان $1/61$ درجه سانتی‌گراد بیشتر بوده است.

کمترین و بیشترین دمای سطح زمین شبانه به ترتیب برابر با $26/09$ و $31/69$ و میانگین دمای شبانه برابر با $29/22$ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (شکل ۳-ب). منطقه ۵ با $28/65$ درجه سانتی‌گراد کمترین و منطقه ۷ با $30/62$ درجه سانتی‌گراد بیشترین میانگین دمای سطح زمین شبانه را داشته‌اند (شکل ۴). براساس نتایج، میانگین دمای سطح زمین شبانه در شرق اهواز برابر با $29/57$ و در غرب اهواز $28/85$ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (شکل ۴). بر این اساس میانگین دمای سطح زمین شبانه در شرق اهواز نسبت به غرب اهواز به میزان $0/72$ درجه سانتی‌گراد بیشتر بوده است.



شکل (۳) دمای سطح زمین شهر اهواز، الف) روز، ب) شب

Figure (3) Land surface temperature, A) Day, B) Night



شکل (۴) میانگین دمای سطح زمین مناطق هشتگانه اهواز

Figure (4) Mean of LST in 8 regions of Ahvaz

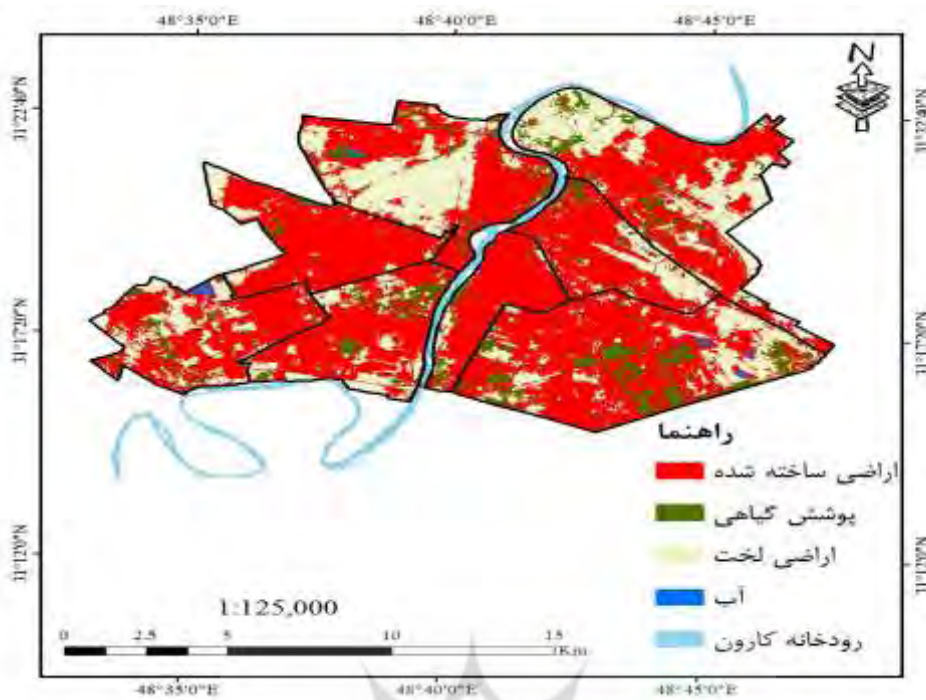
تهیه نقشه کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی تصاویر لندست ۸ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان در شکل (۴) ارائه شده است. نتایج حاصل از ارزیابی نتایج طبقه‌بندی نشان‌دهنده آن بود که ضریب کاپا برای نقشه‌های کاربری اراضی بیش از ۰/۹ است که حاکی از مقبول بودن روش طبقه‌بندی است (جدول ۳). بررسی مساحت طبقات کاربری اراضی در مناطق هشتگانه شهر اهواز نشان‌دهنده آن بود که اراضی ساخته‌شده در کلیه مناطق شهرداری بیشترین سطح را شامل شده‌اند. حداقل دمای سطح زمین و کمترین میانگین دمای سطح زمین روزانه مربوط به کلاس رودخانه کارون و به ترتیب برابر با ۳۲/۱۱ و ۳۹/۱۱ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۳). بیشترین دمای سطح زمین روزانه با ۸۱/۵۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به اراضی لخت است که این اراضی بیشترین میانگین دمای سطح زمین روزانه را با ۵۴/۳۴ درجه سانتی‌گراد نیز به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳).

جدول (۳) مساحت و ویژگی آماری دما در طبقات کاربری اراضی

Table (3) Land use area and LST statistic in Land use Classes

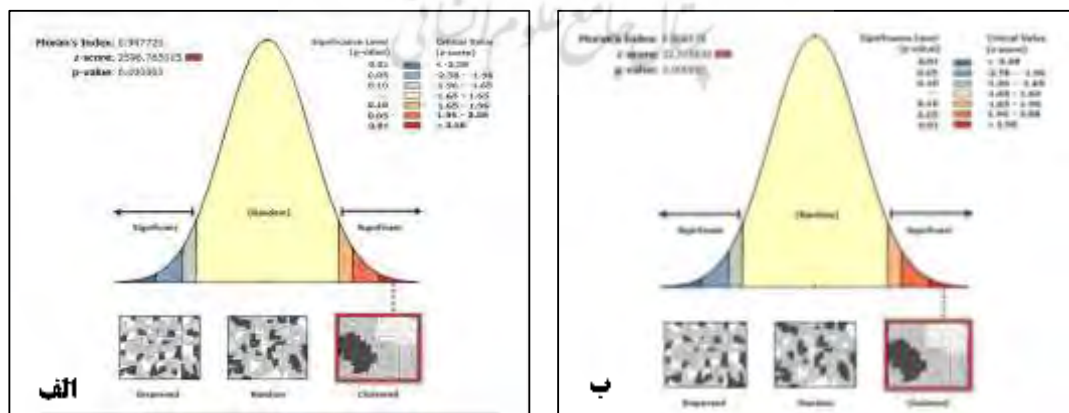
دمای سطح زمین			مساحت کاربری		طبقه
میانگین	بیشترین	کمترین	درصد	هکتار	
۵۱/۵۷	۶۹/۸۷	۳۸/۷۱	۶۳/۵۱	۱۳۴۷۸/۱۶	ساخته‌شده
۴۸/۳۹	۶۶/۲۹	۳۶/۲۰	۹/۱۲	۱۹۳۵/۴۸	پوشش گیاهی
۵۴/۳۴	۸۱/۵۳	۴۳/۲۸	۲۶/۹۳	۵۷۱۴/۹۷	اراضی لخت
۴۳/۵۲	۵۹/۶۷	۳۵/۵۹	۰/۳۸	۷۹/۹	آب
۳۹/۱۱	۴۹/۴۶	۳۲/۱۱	-	۱۰۴۹/۷۶	رودخانه
۰/۹۱	ضریب کاپا		۹۵/۱	دقت کلی	



شکل (۵) کاربری اراضی شهر اهواز
Figure (5) Land use Map of Ahvaz City

تحلیل موران جهانی دمای سطح زمین طی روز و شب

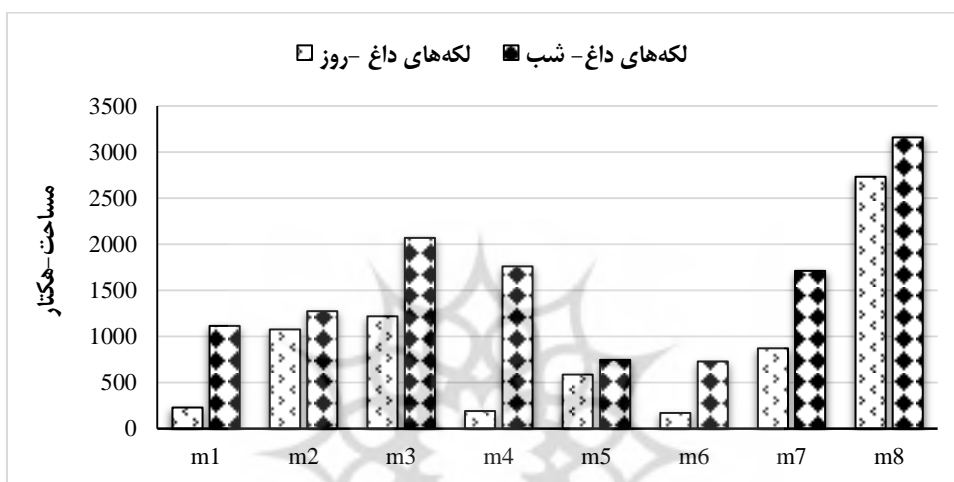
بر اساس نتایج، مقدار شاخص موران جهانی در روز و شب به ترتیب برابر با ۰/۹۴ و ۰/۹ حاصل شد. با توجه به اینکه مقدار شاخص موران جهانی نزدیک به مثبت یک به دست آمده است و مقدار p-value بسیار کوچک و Z بسیار بزرگ حاصل شد (شکل ۶)، فرض صفر مبنی بر نبود هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر دمای سطح زمین رد می‌شود و در نتیجه دمای سطح زمین شهر اهواز دارای خودهمبستگی فضایی در سطح اطمینان ۹۹ درصد (p-value=0.01) است؛ یعنی دماهای بالا و پایین تمایل به خوشه‌ای شدن در فضا دارند.



شکل (۶) تحلیل موران جهانی دمای سطح زمین، الف) روز، ب) شب
Figure (6) Global Moran Analysis of LST, A) Day, B) Night

تحلیل لکه‌های داغ حرارتی روزانه و شبانه شهر اهواز

مساحت لکه‌های داغ روزانه در شرق اهواز یعنی مناطق ۱، ۳، ۷ و ۸ برابر با ۵۰۵۰/۵۳ هکتار و در غرب اهواز یعنی مناطق ۲، ۴، ۵ و ۶ برابر با ۲۰۲۲/۴۸ هکتار حاصل شد. مساحت لکه‌های داغ شبانه در شرق اهواز برابر با ۸۰۵۵/۶۹ هکتار و در غرب اهواز برابر با ۴۵۰۹/۶۶ است (شکل ۷). بیشترین مساحت لکه‌های داغ روزانه و شبانه مربوط به منطقه ۸ شهرداری اهواز به ترتیب برابر با ۲۷۳۴/۹۲ و ۳۱۶۰/۶۵ هکتار است که به علت تجمع بیشتر کارخانه‌ها و مراکز صنعتی در این منطقه است. کمترین مساحت لکه‌های داغ روزانه و شبانه مربوط به منطقه ۶ شهرداری اهواز به ترتیب برابر با ۱۷۰/۹۱ و ۷۲۸/۸۳ هکتار است (شکل ۷).



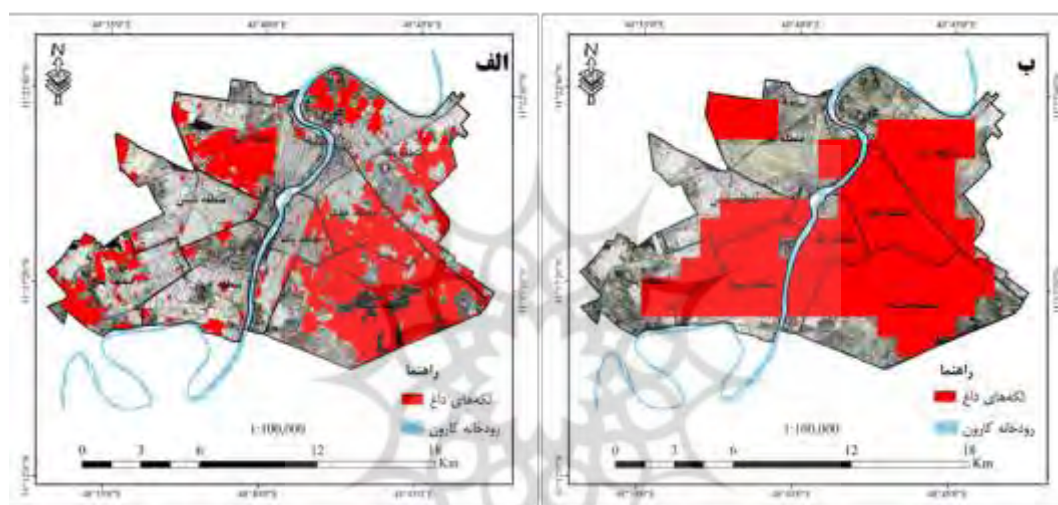
شکل (۷) مساحت لکه‌های داغ روزانه و شبانه مناطق هشت‌گانه اهواز

Figure (7) The area of Hot spot Pattern in 8 regions of Ahvaz

بررسی موقعیت لکه‌های داغ روزانه در مناطق هشت‌گانه شهر اهواز نشان‌دهنده آن بود که این لکه‌ها اغلب مناطق صنعتی و اراضی ساخته‌شده در اطراف آن، بیمارستان‌ها، پایانه‌های مسافربری، پمپ بنزین‌ها، مکان‌های نزدیک به جاده‌های پر ترافیک و اراضی لخت و بدون پوشش و اراضی کشاورزی رها شده را شامل شده‌اند (شکل ۸-الف). مناطق با سطوح نفوذناپذیر و اراضی لخت و بایر به علت جذب و نگه‌داشتن انرژی خورشیدی اثر گرم‌کننده دارند و براساس مطالعات سطوح تیره و خشک زیر تابش مستقیم نور آفتاب، افزایش دمایی تا ۸۸ درجه سانتی‌گراد طی روز را تجربه می‌کنند؛ در حالی که در همان شرایط میزان افزایش دمای پوشش گیاهی و خاک مرطوب فقط ۱۸ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Choudhury et al., 2019).

براساس نتایج، لکه‌های داغ شبانه در شرق اهواز تقویت و محدوده گسترده‌تری را شامل شده و جزایر حرارتی جدیدی در غرب اهواز شکل گرفته‌اند. از سوی دیگر، مشاهده شد که بعضی از جزایر داغ روزانه در شب از بین رفته‌اند که این جزایر اراضی بدون پوشش مناطق ۲ و ۳ را شامل شده است (شکل ۸-ب). در طول روز اراضی بدون پوشش به علت دارا بودن ظرفیت گرمایی پایین به سرعت گرم و در شب به سرعت سرد می‌شوند؛ در حالی که اراضی ساخته‌شده به علت وجود مصالح با ظرفیت گرمایی زیاد، در روز دمایی پایین‌تر دارند و هنگام شب، گرمای

ذخیره شده در آن‌ها به آهستگی بازتابش یافته است و دمایی بیشتر از اراضی بدون پوشش دارند. ساختمان‌های بلند نیز باعث محبوس شدن گرما در سطح شهر می‌شوند. این عوامل باعث تغییرات مساحت جزایر داغ در شب شده است. این یافته‌ها با نتایج مجرد و همکاران (۱۳۹۷)، هاشمی دره بادامی و همکاران (۱۳۹۸)، مختاری دهکردی و شاه حسینی (۱۳۹۸) و ترکی و مسعودیان (۱۴۰۰) مطابقت دارد. از سوی دیگر، هر پیکسل از تصویر سنجنده مودیس، دمای سطح زمین را در ابعاد ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متری نشان می‌دهد و این پیکسل سایز امکان ادغام خصوصیات پدیده‌های مختلف را در سطح زمین افزایش می‌دهد. این مسئله به‌ویژه برای پوشش گیاهی که اغلب مساحتی کمتر از مساحت معادل با یک پیکسل (۱۰۰۰۰۰۰ متر مربع) را در بر گرفته، صدق می‌کند و در نتیجه بر میزان دمای سطح زمین ثبت شده مؤثر است که با نتایج مختاری دهکردی و شاه حسینی (۱۳۹۸) مطابقت دارد.

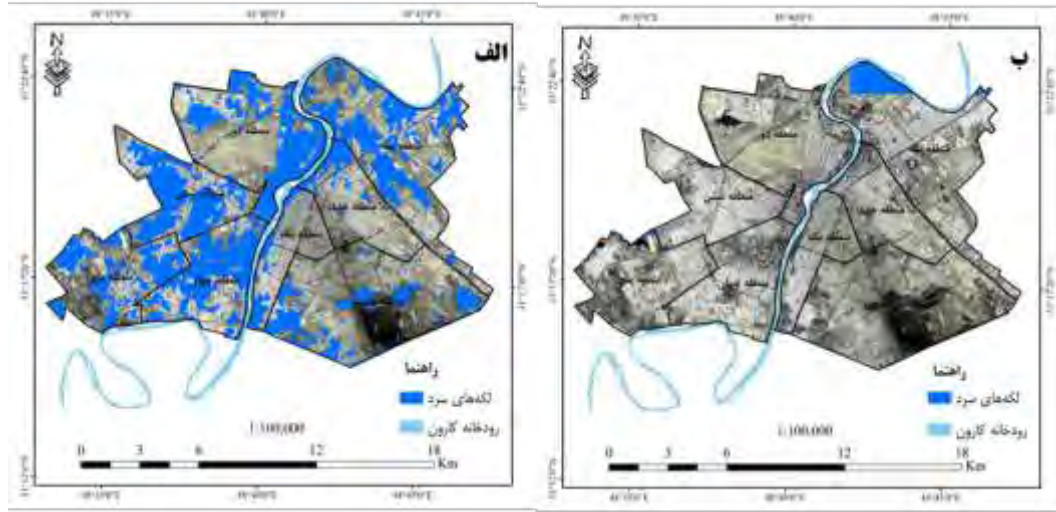


شکل (۸) موقعیت لکه‌های داغ حرارتی شهر اهواز، الف) روز، ب) شب

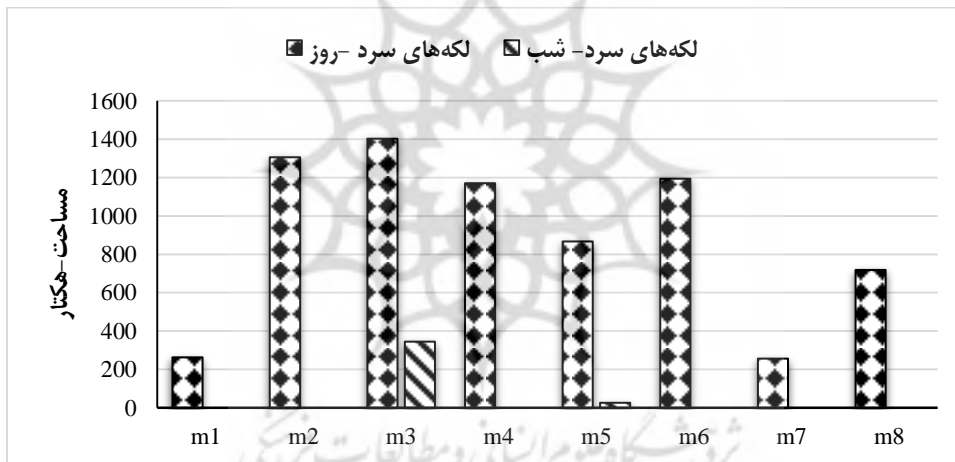
Figure (8) Location of hot spot in ahvaz city, A) Day, B) Night

تحلیل لکه‌های سرد حرارتی روزانه و شبانه شهر اهواز

طی روز پارک‌ها، محدوده‌های اطراف رودخانه کارون، اراضی تحت کشت، پوشش‌های درختی و جنگلی و پهنه آبی، لکه‌های سرد روزانه را تشکیل داده‌اند (شکل ۹-الف) و طی شب لکه سرد چشمگیری در سطح شهر اهواز مشاهده نمی‌شود (شکل ۹-ب). مساحت لکه‌های سرد روزانه در غرب اهواز بیشتر از شرق اهواز است. به طوری که مساحت لکه‌های سرد روزانه در غرب اهواز برابر با ۴۵۴۱/۲۲ هکتار و شرق اهواز برابر با ۲۶۴۴/۷۴ هکتار حاصل شد (شکل ۱۰). مساحت لکه‌های سرد شبانه در غرب اهواز برابر با ۲۶/۵۸ هکتار و شرق اهواز برابر با ۳۴۴/۶۸ هکتار حاصل شد (شکل ۱۰). بیشترین مساحت لکه‌های سرد روزانه و شبانه مربوط به منطقه ۳ شهرداری اهواز به ترتیب برابر با ۱۴۰۴/۲۷ و ۳۴۴/۶۸ هکتار و کمترین مساحت لکه‌های سرد روزانه مربوط به منطقه ۷ شهرداری اهواز برابر با ۲۵۷/۰۴ هکتار است (شکل ۱۰).



شکل (۹) موقعیت لکه‌های سرد حرارتی شهر اهواز، الف) روز، ب) شب
 Figure (9) Location of Cold spot in ahvaz city, A) Day, B) Night



شکل (۱۰) مساحت لکه‌های سرد روزانه و شبانه مناطق هشت‌گانه شهرداری اهواز
 Figure (10) The area of Cold spot Pattern in 8 regions of Ahvaz

ارتباط تغییرات دمای سطح زمین روزانه با کاربری اراضی

مقدار آمارهٔ آزمون کروسکال والیس طی روز برابر با ۹۵/۱۱ به دست آمده که با مقایسه با جدول توزیع کای دو با چهار درجهٔ آزادی (k-1) یعنی ۹/۴۹، عدد بزرگ‌تری را به خود اختصاص داده و همچنین با توجه به مقدار معناداری آزمون، در سطح ۵ درصد معنادار شده است (جدول ۴)؛ بنابراین تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود دارد و به‌عبارتی، بین میانگین دمای کاربری‌ها تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد وجود داشت و کاربری صنعتی و اراضی لخت بیشترین میانگین رتبه‌ای و پهنهٔ آبی و پوشش گیاهی کمترین میانگین رتبه‌ای را به خود اختصاص داده بودند. پژوهشگران دیگری در مطالعهٔ خود تفاوت در میانگین دما را بین کاربری‌های مختلف با استفاده از آزمون کروسکال-

والیس گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (متکان و همکاران، ۱۳۹۳؛ کوشش وطن و همکاران، ۱۴۰۰؛ Kabano et al., 2021).

جدول (۴) نتیجه آزمون کروسکال والیس-روزانه

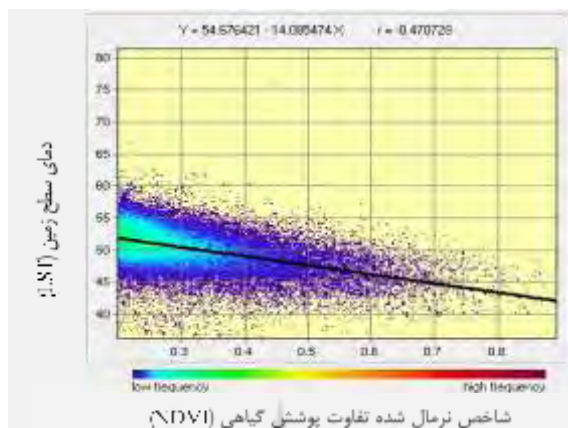
Table (4) Daily Kruskal-Wallis Result

میانگین رتبه‌ای	تعداد	نوع کاربری
۸۹/۶۷	۱۸	صنعتی
۵۴/۳۸	۳۴	سایر اراضی ساخته شده
۲۹/۹۴	۱۷	پوشش گیاهی
۸۸/۴۴	۱۸	اراضی لخت
۱۰/۷	۲۰	پهنه آبی
sig=۰/۰۰۰	۹۵/۱۱۶	مقدار آزمون

مطالعات انجام شده در زمینه شناسایی جزایر حرارتی، نقش کاربری‌های صنعتی، خطوط حمل و نقل، اراضی لخت و بایر و تغییر کاربری اراضی در ایجاد جزایر حرارتی را تأیید می‌کند (فدایی، ۱۳۹۹؛ خدمت زاده و همکاران، ۱۴۰۰؛ Choudhury et al., 2019; Das et al., 2019)؛ به‌عنوان مثال (Sun et al., 2019) در نتیجه پژوهشی خود در شهر بجیانگ چین بیان کردند که شدیدترین جزیره حرارتی مربوط به جنوب شرقی شهر بجیانگ بوده که بیشترین کارخانه‌های صنعتی در آن واقع شده است. در پژوهش دیگری بیان شد که فقر پوشش گیاهی و تراکم ساختمان‌های شهری بیشترین نقش را در خوشه‌ای شدن جزایر حرارتی در شهر گوانگژو چین داشته است (Guo et al., 2015). حلییان و سلطانی (۱۳۹۹) در نتیجه پژوهش خود بیان کردند که مناطق صنعتی با آلودگی زیاد و مناطق مسکونی دارای بافت فرسوده و فشرده از عوامل تشدیدکننده گرمایش شهری هستند و استقرار صنایع در محیط شهری نیز به شکل‌گیری پهنه‌های دمایی با گرمایش مضاعف در مقایسه با نقاط پیرامونی منجر شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

پوشش گیاهی از عوامل مؤثر بر تغییرات دمای سطح زمین و گزارش شده است که هر ۱۰ درصد پوشش گیاهی به میزان ۰/۶ درجه کلون دما را کاهش می‌دهد و درختان تأثیر زیادی بر کاهش دما دارند (Bhargava et al., 2017). نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI و دمای سطح زمین نشان‌دهنده آن بود که بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI همبستگی منفی برابر با $-۰/۴۷$ وجود دارد؛ یعنی با کاهش شاخص NDVI میزان دمای سطح زمین افزایش یافته است و بالعکس (شکل ۱۱) که با نتایج (میکائیلی حاجی کندی و همکاران، ۱۴۰۰؛ خدمت زاده و همکاران، ۱۴۰۰؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Das & Angadi, 2020؛ Sekertekin & Zadbagher, 2021؛ Govi et al, 2020؛ Wang & Murayama, 2020؛ Sharma et al, 2021) مطابقت دارد. پوشش گیاهی یکی از عوامل تعدیل‌کننده در اقلیم محلی به شمار می‌رود و به‌عنوان راهبردی برای کاهش جزایر حرارتی و بهبود اقلیم شهری معرفی شده است. با افزایش تراکم پوشش گیاهی میزان دمای سطح زمین کاهش پیدا می‌کند؛ زیرا در نواحی دارای پوشش گیاهی بخشی از انرژی تابش‌های ورودی برای تبخیر، تعرق و فتوسنتز گیاه مصرف می‌شود

که این انرژی به صورت گرمای نهان ظاهر می شود و در نتیجه گرمای محسوس کاهش پیدا می کند و به دلیل رابطه مستقیمی که گرمای محسوس با دمای محیط دارد، باعث کاهش مقدار دمای سطح زمین می شود. اگر در منطقه ای پوشش گیاهی وجود نداشته باشد، فرآیند تعدیل دما صورت نمی گیرد و بیشتر انرژی رسیده از خورشید جذب می شود و در نتیجه میزان دما افزایش می یابد (انصاری و نوروزی، ۱۴۰۰).



شکل (۱۱) رگرسیون خطی بین LST و NDVI شهر اهواز

Figure (11) Linear Regression between LST and NDVI

اثرات مثبت پوشش گیاهی به صورت تأثیر بر عوامل هواشناسی شامل: دما، رطوبت، تابش و باد و همچنین نقش آن در کاهش مصرف و ذخیره انرژی در ساختمان ها دانسته می شود. پوشش گیاهی به علت اثر خنک کنندگی بر محیط، نیاز به استفاده از مطبوع کننده های هوا را در دوره های گرم سال کاهش و در نتیجه آن میزان مصرف انرژی کاهش می یابد. براساس مطالعات به ازای هر درجه سانتی گراد افزایش دما، تقاضا برای برق ۲-۴ درصد افزایش یافته است و با توجه به وجود جزایر حرارتی در شهرها، میزان مصرف انرژی برای خنک شدن افزایش پیدا می کند (Bhargava et al., 2017). این مسئله برای شهر اهواز که در بیشتر ماه های سال و به خصوص فصل تابستان هوای گرم را تجربه می کند، از نظر ذخیره انرژی حائز اهمیت است.

براساس نتایج میانگین شاخص NDVI شهر اهواز برابر با ۰/۱۷ است و بررسی میدانی نشان دهنده آن بود که پوشش گیاهی شهر اهواز کیفیت مطلوبی ندارد (شکل ۱۲). فقر پوشش گیاهی باعث افزایش دمای سطح زمین و شکل گیری جزایر حرارتی می شود. مطالعات گزارش کرده اند که بین جزایر حرارتی شهری و مناطق با تراکم کم پوشش گیاهی ارتباط قوی وجود دارد و در محیط هایی که استرس حرارتی وجود دارد، افزایش کاربری پوشش گیاهی برای کاهش دما اهمیت دارد (Ca et al., 1998; Gaffin et al., 2010). به طوری که براساس مطالعه (Kaufmann et al., 1998) با افزایش مقادیر شاخص NDVI در تابستان، مقدار دمای سطح زمین کاهش یافته است. عبدلی و همکاران (۱۴۰۰) در نتیجه بررسی نقش پوشش فضای سبز شهری بر روند تغییرات دمای سطح محیط های شهری در شهر ساری گزارش کردند که منطقه مرکزی شهر گرم تر است؛ زیرا از لحاظ پوشش و پراکندگی فضای سبز نسبت به

دیگر مناطق شهر نامناسب‌تر است. خلیلی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) نیز در نتیجه مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی محدودیت‌های بستر خاک در فضای سبز شهر اهواز و مدیریت آنها انجام داده بودند، گزارش کردند که در پارک‌های مورد مطالعه در آغاز احداث فضای سبز، بیشتر به وسعت، کمیت و تعداد گیاه توجه شده و به کیفیت آن چندان توجهی نشده و فضای سبز موجود وضعیت مناسبی نداشته و فاقد طراوت لازم برای فضای سبز در سطح پارک‌ها است. در پژوهشی دیگر امانپور و داری‌پور (۱۳۹۶) گزارش کردند که فضای سبز شهر اهواز تنها ۱/۴ درصد از کل مساحت شهر را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین ضروری است که اقدامات لازم برای بهبود وسعت کیفیت پوشش گیاهی در شهر اهواز صورت گیرد.



شکل (۱۲) وضعیت اراضی در منطقه کوی نبوت- منطقه ۸ اهواز
Figure (12) Land Situation in koye nabovat- 8th ahvaz region

نتیجه‌گیری

تمرکز زیاد مراکز صنعتی، مساحت زیاد اراضی لخت و کمبود پوشش گیاهی از دلایل اصلی پیدایش جزایر حرارتی در شهر اهواز بوده که اثرات مخربی بر ابعاد مختلف محیط‌زیست گذاشته است. گسترش پوشش گیاهی و فضای سبز، ایجاد سقف سبز بر روی ساختمان‌هایی که مساحت زیادی دارند، مانند مراکز آموزشی، تجاری و اداری، تبدیل و تغییر کاربری اراضی لخت به کاربری‌های مناسب، استفاده از رنگ‌های روشن در ساخت‌وساز نمای ساختمان‌ها، جاده‌ها، خیابان‌ها و پارکینگ‌ها توجه بیشتر به بخش کشاورزی و جلوگیری از گسترش شهری در اراضی کشاورزی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه ترافیک در مکان‌های پرتردد، خیابان‌ها و میادین با ترافیک زیاد، از جمله اقداماتی است که برای متعادل‌سازی دمای سطح زمین در شهر اهواز توصیه می‌شود. علاوه بر آن، مناطق انسان ساخت باید به گونه‌ای احداث شوند که در مسیر طبیعی جریان باد اختلال ایجاد نکنند و با توجه به نقش آب در متعادل‌سازی دمای محیط ضرورت دارد که به مسائل، مشکلات و حقایق رودخانه کارون توجه بیشتری شود؛ همچنین با بهره‌گیری از عنصر آب در طراحی محیط شهری نسبت به اقداماتی از قبیل احداث آب‌نما در سطح شهر اهواز اقدام شود. پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده تأثیر ارتفاع ساختمان‌ها و عرض معابر، شیب و جهت شیب بر روی جزایر حرارتی بررسی شود و با توجه به اینکه در این پژوهش سال مطالعاتی براساس نتایج شاخص استاندارد بارش (SPI)

به صورت نزدیک به نرمال و فصل تابستان انتخاب شد، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های دیگری در شرایط خشک‌سالی و ترسالی و دیگر فصل‌ها انجام و نتایج آن با نتایج این پژوهش مقایسه شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه نتیجه طرح پژوهشی به شماره مصوب ۴۹۹/۴۱۱/۱ تحت حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بوده است. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بابت حمایت‌های مالی طرح تحقیقاتی تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

- ابراهیمی، علی، معتمد وزیری، بهارک، ناظم السادات، سید محمدجعفر، احمدی، حسن. (۱۳۹۹). بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۴، ۸۶-۷۵.
- احمدی، بهروز، قربانی، اردوان، صفرراد، طاهر، سبحانی، بهروز. (۱۳۹۴). بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۶، شماره ۱، ۷۷-۶۱.
- اصغری سراسکانرود، صیاد، فعال نذیری، مهدی، قلعه، احسان. (۱۳۹۸). ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی (موران) با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) مطالعه موردی: شهر اردبیل. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۷۳، شماره ۱، ۱۱۰-۹۳.
- امان‌پور، سعید، داری پور، نادیا. (۱۳۹۶). تحلیلی بر بحران زیست‌محیطی و توزیع مکانی فضای سبز شهر اهواز. مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره ۲، شماره ۴، ۵۹۸-۵۲۶.
- امیدوار، کمال، مؤیدفر، سعیده، فاطمی، مهران، نارنگی فر، مهدی. (۱۳۹۹). ارزیابی ارتباط کاربری اراضی شهری و جزایر حرارتی مطالعه موردی: شهر بیابانی یزد. فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۷، ۱۷-۱.
- انتظاری، علیرضا، داداشی رودباری، عباسعلی، اسدی، مهدی. (۱۳۹۴). ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی-مکانی جزایر گرمایی در خراسان رضوی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۴، شماره ۴، ۱۴۶-۱۲۵.
- انصاری، محمد رضا، نوروزی، آذین (۱۴۰۰). بررسی تغییرات دمای سطح زمین با کاربری اراضی در کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۷، ۱۸۴۰-۱۸۲۵.
- بحری، علی، خسروی، یونس. (۱۳۹۷). کاربرد ابزارهای فضایی موجود در نرم‌افزار Arc GIS در علوم محیطی. نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره ۹، شماره ۳، ۵۰-۳۹.

- پیرنظر، مجتبی، روستایی، شهرام، فیضی‌زاده، بختیار، رئیسی‌نافچی، فاطمه. (۱۳۹۷). بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌های سنجنده لندست ۸ (مطالعه موردی: شهر تهران). مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۸، شماره ۲۹، ۲۴۰-۲۲۷.
- ترکی، مسلم، مسعودیان، ابوالفضل (۱۴۰۰). واکاوی رفتار زمانی و مکانی جزیره گرمایی کلان‌شهر مشهد. سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۱۳، شماره ۴، ۵۰-۳۵.
- حلییان، امیر حسین، سلطانی، زهرا (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات فضایی- زمانی جزایر گرمایی شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست‌محیطی در شیراز. مطالعات ساختار و کارکرد شهری، دوره ۷، شماره ۲۴، ۹۷-۷۳.
- حلییان، امیرحسین، پروین، نادر، نقیب‌زاده، رؤیا (۱۴۰۰). تحلیل تغییرات مکانی-زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و GIS. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۹، شماره ۱۱۶، ۱۱۹-۱۳۰.
- خدمت‌زاده، علی، موسوی، میر نجف، محمدی ترکمانی، حجت، محمدی، میر صادق (۱۴۰۰). تحلیلی بر تغییرات کاربری زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در حریم شهر ارومیه با استفاده از سنجش از دور. فصلنامه علمی پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره ۱۱، شماره ۴۱، ۱۳۴-۱۱۹.
- خسروی، یونس، حیدری، محمدعلی، توکلی، آزاده، زمانی، عباسعلی (۱۳۹۶). تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر زنجان). برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۱، شماره ۳، ۱۴۴-۱۱۹.
- خلیلی مقدم، بیژن، سیادت، عطاالله، زارع بوانی، محمدرضا، باقری، محسن، یوسفی، اشکان (۱۳۹۹). ارزیابی محدودیت‌های بستر خاک در فضای سبز شهر اهواز و مدیریت آنها. گزارش طرح تحقیقاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
- زند، رحمان، سلمانی مقدم، محمد، روکی، زهره (۱۴۰۱). سنجش میزان خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین با کاربری اراضی، نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۸۹، شماره ۱، ۷۶-۶۱.
- عبدی، کمیل، کامیابی، سعید، زند مقدم، محمدرضا (۱۴۰۰). بررسی نقش پوشش فضای سبز شهری بر روند تغییرات دمای سطح محیط‌های شهری (مطالعه موردی: شهر ساری). فصلنامه علمی و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۳، شماره ۲، ۱۴۶-۱۳۵.
- عربی علی‌آباد، فهیمه، زارع، محمد، غفاریان‌المیری، حمیدرضا (۱۴۰۰). بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دوره ۹، شماره ۲، ۶۶-۴۳.
- فدایی، هادی (۱۳۹۹). بررسی جزایر گرمایی شهر تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۳۰، شماره ۱۱۹، ۱۳۹-۱۲۱.

- کاظمی، محمد، نفرزادگان، علیرضا، محمدی، فریبرز (۱۳۹۸). بررسی تأثیر تغییرات کاربری‌های اراضی بر جزایر حرارتی شهر میناب با استفاده از رویکردهای طبقه‌بندی جنگل تصادفی و واکاوی خودهمبستگی فضایی، *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. دوره ۱۰، شماره ۳، ص ۵۶-۳۸.
- کاکه ممی، آزاد، قربانی، اردوان، اصغری سراسکانرود، صیاد، قلعه، احسان، غفاری، سحر (۱۳۹۹). بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین، *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، دوره ۱۱، شماره ۲، ۴۸-۲۷.
- کوشش وطن، محمدعلی، اصغری زمانی، اکبر (۱۴۰۰). مطالعه دمای سطح زمین شهر تبریز در رابطه با کاربری اراضی با استفاده از تصویر لندست ۸. پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۲، شماره ۳، ۵۸-۴۹.
- متکان، علی اکبر، نوحه‌گر، احمد، میرباقری، بابک، ترک چین، ناهید (۱۳۹۳). تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجنده ASTER (مطالعه موردی: شهر بندرعباس)، *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، دوره ۵، شماره ۴، ۱۴-۱.
- مجرد، فیروز، ناصریه، مهتاب، هاشمی، سیروس (۱۳۹۷). بررسی تغییرات دوره‌ای و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *فیزیک زمین و فضا*، دوره ۴۴، شماره ۲، ۴۹۴-۴۷۹.
- مختاری دهکردی، رامین و شاه حسینی، رضا (۱۳۹۸). بررسی گسترش شهری و تأثیر آن بر دمای مناطق شهری با استفاده از آنالیز چند زمانه تصاویر ماهواره‌ای نوری، *مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد*. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۸، شماره ۱۱۲، ۷۳-۵۵.
- میکائیلی حاجی‌کندی، خدیجه، سبحانی، بهروز، رامش، سعید (۱۴۰۰). آشکارسازی تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های واقعی و ارتباط آن با پوشش اراضی بخش جنوبی دریاچه ارومیه، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. دوره ۳۶، شماره ۲، ۲۰۳-۱۹۱.
- ولی، عباسعلی، رنجبر، ابوالفضل، مکرم، مرضیه، تاری پناه، فریده (۱۳۹۸). بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی‌های جغرافیایی و محیطی و شاخص‌های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، دوره ۱۰، شماره ۳، ۵۸-۳۵.
- هاشمی دره بادامی، سیروس، درویشی بلورانی، علی، علوی پناه، کاظم، ملکی، محمد، بیات، رضا (۱۳۹۸). تحلیل تغییرات جزیره حرارتی سطوح شهری در روز و شب با استفاده از محصولات چند زمانه سنجنده مادیس (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، دوره ۱۹، شماره ۵۲، ۱۲۸-۱۱۳.

- Abdul Athick, A.S., Mohammed, K., Shankar, D., & Raja Naqvi, R. (2019). Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve wereda of Ethiopia using mono window, split window algorithm and spectral radiance model. *Data in Brief*, 27, 1-12.
- Bhargava, A., Lakmini, S., & Bhargava, S. (2017). Urban heat island effect: It's relevance in urban planning. *Journal of Biodiversity and Endangered Species*, 5(1), 1-4.
- Ca, V.T., Asaede, T., & Abu. E. (1998). Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Journal of Energy and Building*, 29, 83-92.
- Choudhury, D., Kalikinkar, D., & Arijit, D. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 12(22), 203-218.
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2021). Assessment of variation of land use/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24(1), 131-149.
- Das, S., & Angadi, D. P. (2020). Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: A case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 1-28.
- Feng, Y., Gao, C., Tong, X., Chen, S., Lei, Z., & Wang, J. (2019). Spatial Patterns of Land Surface Temperature and Their Influencing Factors: A Case Study in Suzhou, China. *Remote Sensing*, 11(82), 2-20.
- Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., Eichenbaum-Pikser, J., Khanbilvardi, R., & Susca, T. (2010). A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White, and Black Roofs, Columbia University. *Center for Climate Systems Research, New York*, 1-19.
- Govil, H., Guha, S., Diwan, P., Gill, N., & Dey, A. (2020). Analyzing linear relationships of lst with ndvi and mndsi using various resolution levels of landsat 8 oli and tirs data. *Journal of Data Management, Analytics and Innovation*, 1, 171-184.
- Guha, S., & Govil, H. (2020). An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index, Environment. *Journal of Development and Sustainability*, 23, 1944-1963.
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., & Zhang, X. (2015). Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
- He, J., Zhao, W., Li, A., Wen, F., & Yu, D. (2019). The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 40(5), 1808-1827.
- Kabano, P., Lindley, S., & Harris, A. (2021). Evidence of urban heat island impacts on the vegetation growing season length in a tropical city. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 206, 1-9.
- Kaufmann, R., Zhou, L., Myneni, R., Tucker, C., Slayback, D., Shabanov, N., & Pinzon, J. (2003). The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data. *Journal of Geophysical Research Letters*, 30(22), 1-4.
- Kumari, M., Sarma, K., & Sharma, R. (2019). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of land surface temperature in relation to land use/cover around a thermal power plant in Singrauli district, Madhya Pradesh, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15, 1-6.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3, 1535-1552.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California, 17-22 January, 1-6.
- Mujabar, S., & Rao, V. (2018). Estimation and analysis of land surface temperature of Jubail Industrial City, Saudi Arabia, by using remote sensing and GIS technologies. *Arabian*

- Journal of Geosciences*, 11, 1-13.
- QIN, Z., & Karnieli, A. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719–3746.
 - Rongali, G., Ashok K. K., Gosain, A. K., & Khosa, R. (2018). Split-Window algorithm for retrieval of land surface temperature using Landsat 8 thermal infrared data. *Journal of Geo Visualization and Spatial Analysis*, 2(14), 1-19.
 - Sekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Journal of Ecological Indicators*, 122, 1-11.
 - Shahfahad., Kumari, B., Tayyab, M., Ahmed, I. A., Imam Baig, M. R., Firoz Khan, M., & Rahman, A.(2020) Longitudinal study of land surface temperature (LST) using mono- and split-window algorithms and its relationship with NDVI and NDBI over selected metro cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(104), 1-19.
 - Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M., & Bhattacharya, P. (2021). Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida City using geospatial technology. *Journal of Urban Climate*, 35, 1-15.
 - Sun, C., Wu, Z., Lv, Z., & Wei, J. (2010). Spatial-temporal analysis of land surface temperature and its interplay with land use change. *Information Engineering and Computer Science (ICIECS)*, 25, 1-4.
 - Tafesse, B., & Suryabhadgavan, K. V. (2018). Systematic modeling of impacts of land-use and land-cover changes on land surface temperature in Adama Zuria District, Ethiopia. *Journal of Modeling Earth Systems and Environment*, 9, 1-13.
 - Wang, R., & Murayama, Y. (2020). Geo-simulation of land use/cover scenarios and impacts on land surface temperature in Sapporo, Japan. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 36, 1-11.
 - Weng, Q., Karimi firozjaei, M., Kiavarz, M., Alavipanah S. K., & Hamzeh, S. (2019). Normalizing land surface temperature for environmental parameters in mountainous and urban areas of a cold semi-arid climate. *Journal of Science of the Total Environment*, 650, 515-529.
 - Xu, H., Yunhao, C., Shangming, D., & Wenxia, Q. (2011). Dynamical monitoring and evaluation methods to urban heat island effects based on RS & GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1228-1237.
 - Zhang, C., Luo, L., Xub, W., & Ledwitha, V. (2018). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Journal of Science of the Environment*, 398, 212-221.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی