



University of Tehran

Environmental

Hazards

Management



Home Page: <https://jhsci.ut.ac.ir>

Online ISSN: 2383-0530

Analysis of the Relationship Between Earth Surface Temperature and Vegetation in the Formation of Heat Island and its hazards (Case Study: Isfahan Metropolis)

Zohre Golestani¹ | Hosein Mohammadi^{2*} | Reza Borna³ | Farideh Asadian⁴

1. Meteorology, Department of Geography, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: golestanizohre3707@yahoo.com

2. Corresponding Author, Department of Natural Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: hmmohammadi@ut.ac.ir

3. Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: bornareza@yahoo.com

4. Department of Geography, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: farideh-asadian@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 04 October 2022
Revised 28 December 2022
Accepted 08 February 2023

Keywords:
*Analysis,
Earth Surface Temperature,
Vegetation, Heat Island,
hazards,
Isfahan Metropolis.*

ABSTRACT

Urban expansion leads to the creation of urban heat islands, which can create risks for human health and the environment. Knowledge of the state of vegetation, changes in land use and temperature of each region over time is very important and is used in micro and macro planning. Therefore, the purpose of this research is to investigate the relationship between temperature and vegetation in creating a thermal island in Isfahan city. In this regard, the use of Landsat ETM satellite images during the period of 1990-2019, LST and NDVI indices, and land use were studied and investigated. The results of the investigations show an increase in the size of the city and a decrease in the size of garden lands and marginal pastures of the city. Areas without vegetation are located in the urban area and residential areas and in the southern and eastern heights of Isfahan city. The maximum NDVI index is also in the western and southeastern areas of Isfahan city. The intensity of heat islands is more than other land uses according to the minimum and maximum level and average temperature in urban land and with the increase in the area of residential uses and urban development, the intensity of heat islands has increased. On the other hand, the lowest temperature intensity of heat islands is observed in irrigated agricultural lands and gardens. In general, it can be said that in the city of Isfahan, the high temperature is mostly in the central core of the city, and the surroundings of the city are covered by the middle temperature layer. Low temperatures have also been observed in agricultural use. Parks and urban green spaces also have medium temperature classes due to their proximity to urban uses and being influenced by them. During the studied period, the largest area was related to average temperature and this trend will continue in the coming years.

Cite this article: Golestabi, Z., Mohammadi, H., Borna, R., Asadian, F. (2023). Analysis of the Relationship Between Earth Surface Temperature and Vegetation in the Formation of Heat Island and its hazards (Case study: Isfahan Metropolis). *Environmental Hazards Management*, 9 (4), 341-354. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2023.349481.749>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2023.349481.749>

Introduction

Urbanization causes major changes in the cover structure and surface land uses. These extensive human changes have brought unwanted and unpleasant consequences, such as environmental degradation, which ultimately leads to a decrease in the quality of life. It should be noted that the high concentration of pollutants, including the urban transportation system and industries in every part of

the city, increases the amount of polluting gases. Due to the passage of short solar waves and the absorption of long terrestrial waves, these gases create a greenhouse phenomenon in their location, which are an important factor in increasing the temperature of the region and cause the formation of heat islands. Therefore, according to field investigations and necessary studies, it is possible to know them and necessary measures can be taken in order to distribute the temperature pattern of the cities.

Materials and methods

In this research, the relationship between temperature and vegetation in the formation of the heat island of Isfahan city has been investigated. In this regard, Landsat ETM satellite images with high ground resolution have been used. The images of this sensor are taken every 11 days from every point, the dimensions of which cells are 14 x 14 square meters. Since Isfahan province includes 11 zones, therefore, 11 images from the Landsat sensor were taken and parallelized on 2 dates.

The required satellite images include 4 and 5 TM gauges, 7 ETM+ gauges, and 8 TIRS gauges, which include two sets of reflective spectral bands and thermal bands. Thermal bands were used to identify surface temperature and heat islands. Reflective bands were also used to apply indicators for image processing. After checking the desired indicators on the bands of the images, surface temperature maps and the development process of the city were prepared using LST and NDVI indicators, and urban coverage during the period of 1990-2019. The relationship between temperature and vegetation in the formation of heat islands. Been paid.

Discussion and results

In this research, the changes in land use, temperature and vegetation cover of Isfahan city in 1990 and 2019, as well as the effect of temperature and vegetation cover on the formation of the thermal island of Isfahan city have been investigated. Band combination 5/4/3 is used to detect different land use in Landsat 8 images. The comparison between these images shows the increase in the size of the city and the decrease in the size of the garden lands and marginal pastures of the city. According to these images, over time and with the increase of human interference and the growth and development of cities and man-made activities, the extent of agricultural lands and gardens in the southern and southwestern parts of the city has decreased and these lands have been converted into residential areas and replaced by given to urban uses. High temperatures are mostly located in the central core of the city, the surroundings of the city are covered by the medium temperature layer, and agricultural use covers most of the low temperature layer due to high humidity. Parks and green spaces in the city are among the middle temperature classes due to the influence of high and very high temperature areas around them. The NDVI index for the years 1990 and 2019 shows that areas without vegetation or with vegetation can be recognized at least using the color spectrum. In addition to the urban area and residential areas, the most areas without vegetation can be seen in the southern and eastern heights of Isfahan city. The maximum NDVI index is in the western and southeastern areas of Isfahan city, which contain the coverage of agricultural lands and marginal gardens of the city. The difference in temperature between urban and non-urban areas during 1990 and 2019 shows that the temperature value is different in different uses and it shows that the factors affecting the surface temperature of the earth are different in different types of use. Even for the types of users with similar coverage, this difference is significant and has a significant difference.

Conclusion

Studies have shown that high temperature is mostly observed in the central core of the city and the surrounding area is covered by a medium temperature layer. The growth of urban land is observed in the southern and southwestern parts of the city and scattered parts around the city during the study period. Barren lands are also observed in parts of the north-west, north, and also scattered due to the change of land use from poor fields and pastures to barren lands. In these parts, the surface temperature of the earth is higher than in other parts. Therefore, one of the main reasons for the increase in the temperature of the earth's surface is the change of land use and the expansion of urban and barren lands. Parks and green spaces in the city are part of the middle temperature classes due to the influence of the high and very high temperature areas around them. In general, it can be said that in all the past three periods, the largest area was related to average temperature and this trend will

continue in the coming years. Due to the reduction of the area of agricultural use and the physical expansion of the city, the area of the thermal islands in the upper range has increased. Among the other reasons for the increase in high temperature, we can mention the increase in population, increase in industries and the number of cars in the city, the multiplication of the traffic volume of the communication roads, and the increase in asphalt levels and urban and intercity roads. There are several reasons for creating urban heat islands, for example, dark surfaces such as sidewalks and facades of buildings absorb a large percentage of solar energy, surfaces such as concrete and asphalt due to their nature and gender have thermal and radiation capacity. They have a higher level compared to the outskirts of the cities. These materials cause changes in the energy balance of urban areas. Another main reason for the phenomenon of urban heat islands is the lack of evaporation and transpiration due to the lack of vegetation in urban areas. Vegetation plays a positive role in reducing the temperature of the earth's surface. The lack or lack of vegetation in urban areas causes the absence of factors such as shade and cool air circulation. Lower amounts of vegetation in urban areas have led to higher amounts of urban heat.

References

- Camara, M.; Jamil, N.R.B.; Abdullah, A.F.B.; & Hashim, R.B., (2020). "Integrating cellular automata Markov model to simulate future land-use change of a tropical basin". *Global Journal of Environmental Science and Management*. 6(3), 403-414.
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S., (2020). "Time series analysis of land use and land cover changes related to urban heat island intensity: Case of Bangkok Metropolitan Area in Thailand". *Journal of Urban Management*, 9(4), 383-395.
- Khawaldah, H. A.; Farhan, I.; & Alzboun, N.M., (2020). "Simulation and prediction of land use and land cover change using GIS, remote sensing and CA-Markov model". *Global Journal of Environmental Science and Management*. 6(2), 215-232.
- Muro, J.; Strauch, A.; Heinemann, S.; Steinbach, S.; Thonfeld, F.; Waske, B.; & Diekkruiger, B., (2018). "Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands". *Int Journal Appl Earth Obs Geoinformation*. 70, 62-71.



شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۸-۲۴۲۳

مدیریت مخاطرات محیطی

سایت نشریه: <https://jhsci.ut.ac.ir>



دانشگاه تهران

تحلیل ارتباط دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزیره گرمایی و مخاطرات آن (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان)

زهره گلستانی^۱ | حسین محمدی^{۲*} | رضا برنا^۳ | فریده اسدیان^۴

۱. گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: golestanizohre3707@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hmmohammadi@ut.ac.ir

۳. گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: bornareza@yahoo.com

۴. گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: farideh-asadian@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

جزیره گرمایی یکی از مخاطرات محیطی عصر حاضر است. گسترش شهرها سبب ایجاد مخاطره جزیره گرمایی می‌شود که ممکن است خطرهایی برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد کند. شناخت و آگاهی از وضعیت پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و دمای هر منطقه در طول زمان اهمیت بسیار زیادی دارد و در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان به کار می‌آید. هدف این پژوهش، بررسی ارتباط دمای رویه زمین و پوشش گیاهی در رخداد مخاطره جزیره حرارتی در کلانشهر اصفهان است. در این زمینه از تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ استفاده و شاخص‌های LST و NDVI، و کاربری اراضی بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان‌دهنده افزایش وسعت شهر و کاهش وسعت اراضی باغی و مراتع حاشیه‌ای شهر است. پهنه‌های فاقد پوشش گیاهی در پهنه شهری و مناطق مسکونی و در ارتفاعات جنوبی و شرقی شهر اصفهان قرار دارند. بیشترین شاخص NDVI نیز در پهنه‌های غربی و جنوب شرق شهر اصفهان است. شدت جزایر گرمایی با توجه به سطح کمینه و بیشینه و میانگین دما در اراضی شهری بیش از بقیه کاربری‌هاست و با افزایش مساحت کاربری‌های مسکونی و توسعه شهری شدت جزایر گرمایی افزایش یافته است. در مقابل کمترین شدت دمای جزایر گرمایی در اراضی کشاورزی آبی و باغ‌ها مشاهده می‌شود.

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

کلیدواژه:

پوشش گیاهی،

تحلیل،

جزیره حرارتی،

دمای رویه زمین،

کلانشهر اصفهان،

مخاطرات.

استناد: گلستانی، زهره؛ محمدی، حسین؛ برنا، رضا؛ اسدیان، فریده (۱۴۰۱). تحلیل ارتباط دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزیره گرمایی و مخاطرات آن (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۹ (۴)، ۳۴۱-۳۵۴.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2023.349481.749>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2023.349481.749>



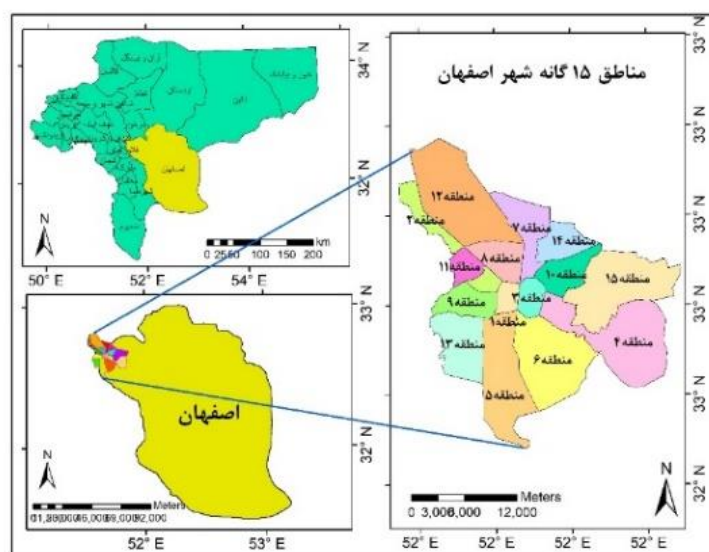
مقدمه و پیشینه

شهرنشینی سبب تغییرات زیادی در ساختار پوشش و کاربری‌های اراضی سطح می‌شود. این تغییرات گسترده انسانی، پیامدهای ناخواسته و ناخوشایندی همچون افت کیفی محیط زیستی را به‌همراه داشته است که به کاهش کیفیت زندگی منجر می‌شود. باید توجه داشت که تمرکز زیاد آلاینده‌ها اعم از سیستم حمل‌ونقل شهری و صنایع در هر قسمت از شهر سبب افزایش گازهای آلاینده می‌شود. این گازها به‌دلیل عبور دادن امواج کوتاه خورشیدی از خود و جذب امواج بلند زمینی، پدیده گلخانه‌ای را در محل استقرار خود به وجود می‌آورند که عامل مهمی در افزایش دمای منطقه محسوب می‌شود و تشکیل جزایر گرمایی را در پی دارد. با بررسی‌های میدانی و تحقیق، امکان شناخت این موضوع فراهم می‌شود و در نتیجه می‌توان در زمینه توزیع الگوی دمایی شهرها اقدامات لازم را صورت داد. از طرفی امروزه برنامه‌ریزی شهری با توجه به گسترش شهرها و تشدید روند مهاجرت بسیار حائز اهمیت است. به‌طوری که مدیریت بهینه شهرهای امروزی، بدون راهکارهای عقلانی و منطقی و تعیین هدف ممکن نیست. مخاطره جزایر گرمایی به‌جز تأثیر بر کاهش کیفیت هوا و مقدار بارش و افزایش آلودگی، تهدیدی برای سلامت جسمی و روانی ساکنان و کیفیت زندگی آنهاست. درک توزیع و تنوع مکانی دمای سطح زمین برای پیدا کردن عامل آن و ارائه راه حل ممکن، بسیار مفید و حائز اهمیت است. سین و چان (۲۰۰۴) جزایر گرمایی شهر بناگ را بررسی کردند و دریافتند که جذب گرما در سطوح شهری بیشتر از اطراف است که سبب افزایش دمای شهر می‌شود [۳۴]. زائو و همکاران (۲۰۰۵) ارتباط بین تغییرات پوشش اراضی و دمای سطح زمین را در جنوب چین بررسی و شاخص جدیدی برای شناسایی اراضی بایر معرفی کردند [۳۶]. یاکوبا و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تغییرات پوشش زمین در استان یانان چین دریافتند که اراضی جنگلی و زمین‌های بایر کاهش و اراضی کشاورزی و شهری افزایش داشته‌اند [۳۷]. حسینی (۲۰۱۰) دریافت که گسترش شهر یزد سبب کاهش پوشش گیاهی شده است [۲۵]. براساس پژوهش ناصریه (۲۰۱۶) دمای مناطق شهری کرمانشاه در روز از مناطق غیرشهری کمتر است [۳۱]. کایت و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین ارتباط معکوس وجود دارد [۲۶]. فتحی‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در جنوب غربی ایران را بررسی کردند [۲۴]. ادیری و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در نیجریه ارتباط منفی وجود دارد [۲۰]. پال و زینال (۲۰۱۷) بیان کردند که بین تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در شهر اینگلیسگ بازار تفاوت معناداری وجود دارد [۳۲]. ال‌حطاب و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی جزیره حرارتی منطقه جنوبی قاهره مصر دریافتند که توسعه شهر و تغییرات LST عامل ایجاد جزیره حرارتی بوده است [۲۳]. بک و همکاران (۲۰۱۸) جزیره حرارتی در مصر را بررسی و دریافتند مناطق شهری بین ۱ تا ۴ درجه افزایش دما داشته‌اند [۲۱]. مورو و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند بین پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین در تالاب کیلوبرو تانزانیا رابطه منفی وجود دارد [۳۰]. شفییعی و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند بیشترین میزان کاربری‌ها در تهران مربوط ساخت‌وساز و کاربری مسکونی بوده است [۳۳]. کاراکوس (۲۰۱۹) بیان کرد که مناطق شهری سیواس ترکیه از بیشترین و مناطق روستایی از کمترین دمای سطح برخوردارند [۲۷]. خاوالدا و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند که در ایربد اردن کاربری‌های انسان‌ساز در بخش‌های مرکزی و شرقی افزایش داشته است [۲۹]. کامرا و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که در حوضه رودخانه سلانگور منطقه شهری رو به گسترش و جنگل‌ها رو به کاهش است [۲۲]. براساس یافته‌های خامچانگتا و داکال (۲۰۲۰) تراکم کم پوشش گیاهی در بانکوک سبب افزایش دمای سطح می‌شود [۲۸]. تپانوسین و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که پوشش گیاهی از عوامل مؤثر بر تغییرات دمای سطح و تشکیل جزیره حرارتی در شهر ایروان است [۳۵]. متکان و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی بندرعباس دریافتند مناطق صنعتی، زمین‌های بایر از حرارت زیاد و مناطق ساحلی و دارای پوشش گیاهی از حرارت کمتر برخوردارند [۱۲]. نجفیان و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند کانون جزایر حرارتی تهران در ماه‌های گرم سال، مناطق غرب، جنوب غرب و مرکز و نیمه جنوبی است [۱۷]. محمودزاده و همکاران (۱۳۹۷) دریافتند بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین در شهر مشهد ارتباط وجود دارد [۱۱]. یافته‌های مریانجی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی جزیره حرارتی شهر همدان نشان‌دهنده ایجاد جزایر حرارتی در کاربری‌های ساختمان و زمین بایر است [۱۴]. تقی‌زاده و مزیدی (۱۳۹۸) جزیره گرمایی شهر اصفهان را با توجه به تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بررسی کردند و دریافتند که تغییر نوع کاربری اراضی

دیگر در افزایش یا کاهش دما مؤثر بوده است [۶]. مجنونی و رضانی (۱۳۹۸) دریافتند که اثر جزیره حرارتی تهران بیشتر در مناطق شمالی شهر است که ناشی از وجود شهرک صنعتی و توپوگرافی کوهستانی است [۱۵]. پوردیهیمی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر پوشش گیاهی بر جزیره حرارتی در شهر تهران را بررسی کردند [۵]. براساس پژوهش نیلیه بروجنی و احمدی ندوشن (۱۳۹۸) در مناطقی از شهر اصفهان که پوشش گیاهی ضعیف و کاربری شهر رو به توسعه است، رشد جزیره حرارتی نیز سریع بوده است [۱۸]. از نظر اسدی و همکاران (۱۳۹۹) غیر از پوشش زمین و کاربری زمین، عوامل انسانی نیز در شکل‌گیری جزیره حرارتی منطقه ۶ شهر تهران مؤثرند [۲]. مسعودیان و منتظری (۱۳۹۹) دریافتند که کلانشهر اصفهان در روز از پیرامون خود سردتر و در شب ۲ درجه سلسیوس از اطراف خود گرم‌تر است [۱۶]. به گفته محمدی و عقیقی (۱۴۰۰) اثر جزیره حرارتی در مناطق صنعتی غرب و جنوب شرق شیراز رخ داده است [۱۰]. خدمت‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) دریافتند که اراضی باغی و زراعی ارومیه در نتیجه افزایش مناطق مسکونی و گسترش شهری روند کاهشی داشتند [۸]. اسماعیل‌پور و همکاران (۱۴۰۰) دریافتند که جزیره گرمایی شهر اهواز از مرکز به سمت حاشیه و اطراف شهر تغییر کرده است [۱]. براساس پژوهش عبدی و همکاران (۱۴۰۰) منطقه مرکزی شهر ساری از دیگر مناطق شهر گرم‌تر است [۹]. حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) بیشترین نمود جزایر حرارتی شهر اراک را در مناطق دارای کاربری صنعتی، مکان‌های پرترافیک و دارای آلودگی شدید هوا و تراکم زیاد جمعیت، مناطق دارای پوشش گیاهی ضعیف و مناطق دارای بافت فشرده و فرسوده مشاهده کردند [۷]. به گفته احمدی و همکاران (۱۴۰۱) افزایش تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی بایر موجب افزایش دمای شهر قاین می‌شود [۳]. ناصحی و همکاران (۱۴۰۱) دریافتند که ساختمان‌های کوتاه مرتبه متراکم شهر تهران از ساختمان‌های بلندمرتبه و میان مرتبه متراکم دمای بیشتری دارند [۱۹]. بنابر تحقیق مغانی رحیمی و همکاران (۱۴۰۱) مساحت اراضی بایر شهر ابرکوه در حال نوسان و رو به کاهش است [۱۳]. دمای هوا از عواملی است که از شرایط محیطی تأثیر می‌پذیرد و از شاخص‌های کیفیت محیط زیست به شمار می‌آید. تشخیص شدت جزایر گرمایی و تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری آن می‌تواند سبب به‌کارگیری اقدامات مختلف و پیشگیری از شکل‌گیری و توسعه جزایر گرمایی شود. با توجه به اهمیت این موضوع هدف این پژوهش، بررسی تأثیر دما و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزیره گرمایی شهر اصفهان است.

روش‌شناسی پژوهش

اصفهان یکی از شهرهای استان اصفهان و سومین شهر بزرگ ایران بعد از تهران و مشهد است. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی اصفهان در شهرستان و استان مشاهده می‌شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی کلانشهر اصفهان

در این پژوهش ارتباط بین دما و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزیره گرمایی شهر اصفهان بررسی شده است. در این زمینه از تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM با تفکیک زمینی زیاد استفاده شده است. این سنجنده هر یازده روز یک بار از هر نقطه تصویر تهیه می‌کند و ابعاد سلول‌های آن 14×14 متر مربع است. از آنجا که استان اصفهان شامل یازده زون است، یازده تصویر از سنجنده لندست طی دوره آماری ۱۹۹۰/۶/۱۲ تا ۲۰۱۹/۶/۵ اخذ و موزاییک شد. تصاویر ماهواره‌ای لازم شامل سنجنده‌های ۴ و ۵ TM، سنجنده ۷ ETM+ و سنجنده ۸ TIRS است که دو مجموعه باندهای طیفی انعکاسی و حرارتی را در بر می‌گیرد. از باندهای حرارتی برای شناسایی دمای سطحی و جزایر گرمایی استفاده شد. از باندهای انعکاسی نیز به منظور اعمال شاخص‌ها برای پردازش تصویر استفاده شد. پس از بررسی شاخص‌های مورد نظر روی باندهای تصاویر، نقشه‌های دمای سطحی و روند توسعه شهر تهیه شد. سپس با استفاده از متغیر LST و NDVI، و پوشش شهری، ارتباط بین دما و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزایر گرمایی بررسی شد. شاخص‌های به‌کاررفته در این پژوهش عبارت‌اند از:

- محاسبه دمای سطحی زمین با شاخص LST؛
- شاخص پوشش گیاهی NDVI.

همچنین از داده‌های روزانه سرعت باد، دید افقی و ابرناکی ایستگاه ازن‌سنجی اصفهان طی دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ برای انتخاب بهینه‌ترین زمان به‌منظور بررسی جزایر گرمایی و انتخاب محدوده زمانی مناسب برای اخذ تصاویر ماهواره‌ای پژوهش استفاده شد. دوره تحت مطالعه پردازش‌های اقلیمی هم‌زمان با دوره زمانی بررسی تصاویر ماهواره‌ای است. تحلیل و پردازش تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI اجرا می‌شود.

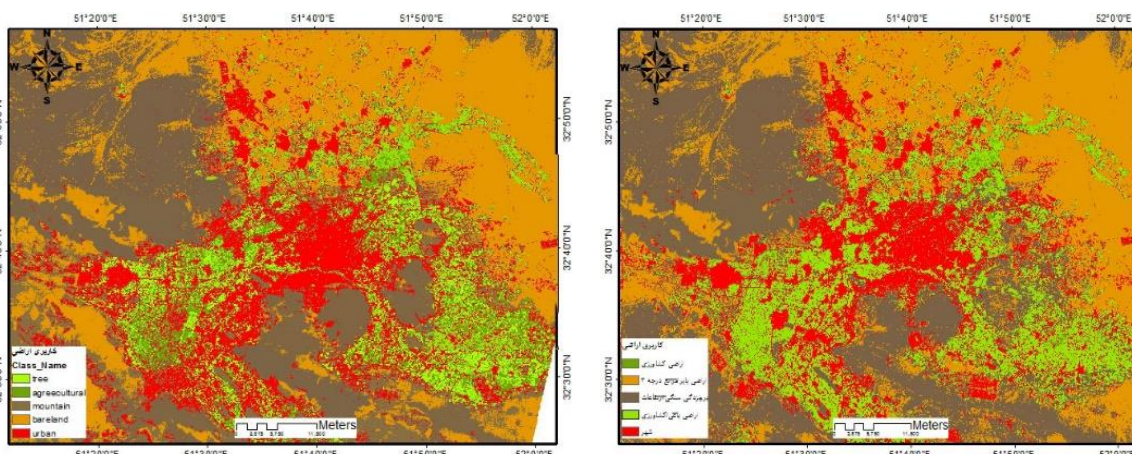
محاسبه دمای سطحی زمین با شاخص LST

برای اندازه‌گیری دمای سطح زمین (LST) هنوز روش کامل و دقیقی وجود ندارد. در سال‌های اخیر سنجنده‌های ETM، OLI و TIRS (اسپکترو رادیومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط) با عملکرد زمانی، طیفی و مکانی مناسب با پیشرفت‌های چشمگیری که روی ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ قرار داده شده است هر شانزده روز یک‌بار از کل سطح زمین تصویربرداری کرده و داده‌هایی در ۸ و ۱۱ باند طیفی اخذ می‌کنند. این سنجنده دارای حساسیت رادیومتریکی زیاد (۳۸ بیت) و دامنه طیفی آن از طول موج‌های ۵/۳۱ تا ۳۸/۱ میکرومتر است. این سنجنده حساسیت رادیومتریکی زیادی دارد (۱۲ بیت) و دامنه طیفی آن از طول موج‌های ۰/۴۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر است.

بحث

در این پژوهش تغییرات کاربری اراضی، دمای رویه زمین و شاخص تفاضل بهنجارشده پوشش گیاهی کلانشهر اصفهان در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ و همچنین تأثیر دما و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزیره حرارتی کلانشهر اصفهان بررسی شده است. در شکل‌های ۲ و ۳، تصاویر کاربری اراضی شهر اصفهان در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ ارائه شده است. ترکیب باندی ۳/۴/۵ برای تشخیص کاربری اراضی مختلف در تصاویر لندست ۸ استفاده شده است. مقایسه این تصاویر نشان‌دهنده افزایش وسعت شهر و کاهش وسعت اراضی باغی و مراتع حاشیه‌ای شهر است. طبق این تصاویر در طول زمان و با افزایش دخالت‌های انسانی و رشد و توسعه شهرها و فعالیت‌های انسان‌ساخت از وسعت اراضی کشاورزی و باغ‌ها در بخش‌های جنوبی و جنوب غرب شهر کاسته شده و این اراضی به مناطق مسکونی تبدیل شده و جای خود را به کاربری‌های شهری داده است. دمای زیاد بیشتر در هسته مرکزی شهر برقرار است، اطراف شهر توسط طبقه دمایی متوسط پوشش داده می‌شود و کاربری زراعی به‌دلیل رطوبت زیاد، بیشترین طبقه دمایی کم را در بر می‌گیرد. پارک‌ها و فضای سبز در شهر به‌دلیل تأثیر گرفتن از مناطق با دمای زیاد و بسیار زیاد اطراف خود جزء طبقات دمایی متوسط قرار می‌گیرند. می‌توان بیان کرد که بیشترین مساحت مربوط به دمای متوسط است و این روند طی سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت. با توجه به کاهش مساحت کاربری زراعی و گسترش فیزیکی شهر، مساحت جزایر گرمایی در دامنه بالا افزایش داشته است. از دلایل افزایش دمای زیاد می‌توان به افزایش جمعیت، افزایش صنایع و تعداد خودروها در شهر و چندبرابر شدن حجم تردد راه‌های ارتباطی و افزایش سطوح آسفالت و معابر شهری و بین‌شهری اشاره کرد.

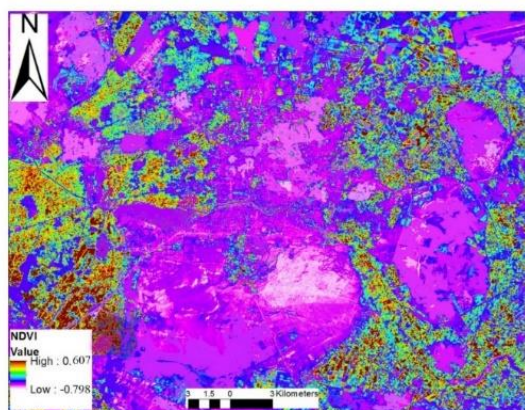
افزایش وسعت اراضی بایر نیز ممکن است به دلیل چرای بی‌رویه دام و آسیب به مراتع و نیز پاکسازی اراضی سبز و جنگل‌زدایی رخ داده باشد. از دلایل اصلی کاهش اراضی کشاورزی می‌توان کاهش بارش‌های جوی، خشکسالی در بعضی سال‌ها، افزایش نیاز به مسکن، توسعه شهرک‌های مسکونی، صنعتی، خدماتی و تجاری، توسعه حریم شهر و محدوده قانونی شهرداری‌ها را نام برد. زمین‌هایی که به منطقه‌های شهری تبدیل شده‌اند بیشتر زمین‌های کشاورزی و بایر بوده‌اند. سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها به دلیل گسترش اراضی شهری افزایش یافته است. مساحت رودخانه در طی این مدت تغییر نکرده است. با توجه به افزایش اراضی شهری، فضاهای سبز به صورت تکه‌تکه‌اند که سبب افزایش تعداد لکه‌های فضای سبز در شکل‌های ۲ و ۳ شده‌اند.



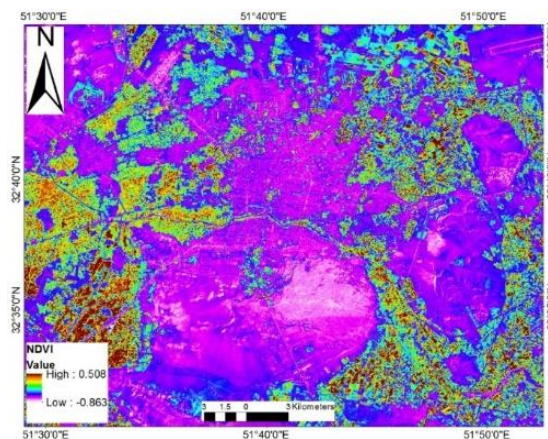
شکل ۳. کاربری اراضی شهر اصفهان در سال ۲۰۱۹

شکل ۲. کاربری اراضی شهر اصفهان در سال ۱۹۹۰

پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی با دمای سطوح شهری و رخداد پدیده جزیره حرارتی شهری دارد. پوشش گیاهی به چند صورت موجب کاهش دمای محیط می‌شود. گیاهان تابش خورشید را جذب می‌کنند و در طی فرایند فتوسنتز دی‌اکسید کربن را جذب می‌کنند و اکسیژن به محیط پس می‌دهند و سبب کاهش دمای محیط می‌شوند. همچنین با تعرق در برگ‌ها سرمایه‌های تبخیری ایجاد می‌شود که کاهش دمای محیط اطراف را در پی دارد. سایه ایجاد شده توسط گیاهان نیز موجب کاهش تابش دریافت شده توسط زمین می‌شود و در متعادل کردن دمای محیط اثر بسزایی دارد. هرچه برگ‌ها بزرگ‌تر و پهن‌تر باشند، این تأثیر افزایش می‌یابد. با کوچک‌تر شدن برگ‌ها و افزایش سوزنی‌برگان نیز این تأثیر کمتر می‌شود. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف است. این مقدار بین +۱ تا -۱ نوسان دارد. کاهش NDVI نیز معرف پدیده‌های متنوع‌تر مانند آب، فضای باز، خاک لخت، ساخت‌وساز و ناهمگن‌تر شدن سطح منطقه است. آب و یخ مقادیر منفی دارند و خاک‌ها دارای مقادیر کمتر از ۴/۴۰ و ابرها نیز اغلب دارای مقادیر نزدیک صفرند. یکی از مهم‌ترین خطاهای اثرگذار بر مقادیر NDVI به‌دست‌آمده برای هر منطقه، اثر ابرها و آلودگی‌های جوی از قبیل دود و مه و غبار است. اگر روی پیکسل محتوی پوشش گیاهی متراکم، لکه ابری باشد، افت زیادی در مقدار NDVI آن به وجود خواهد آمد و مطالعات مربوط به آن پیکسل از دست خواهد رفت [۴]. بنابراین استفاده از یک تصویر NDVI در یک زمان نمی‌تواند به‌طور کامل مشخص‌کننده پوشش گیاهی منطقه باشد. برای رفع این مشکل، به‌طور معمول برای دوره زمانی مشخص مقادیر NDVI منطقه محاسبه شده و در نهایت، برای هر پیکسل بیشترین مقدار موجود در مقادیر NDVI این دوره زمانی انتخاب می‌شود که تصحیحات رادیومتریک و هندسی با استفاده از نرم‌افزار ENVI روی تصاویر انجام گرفت. شاخص NDVI برای سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پهنه‌های بدون پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی حداقل با استفاده از طیف رنگی تشخیص داده می‌شوند. بیشترین پهنه‌های بدون پوشش گیاهی افزون‌بر پهنه شهری و مناطق مسکونی در ارتفاعات جنوبی و شرقی شهر اصفهان مشاهده می‌شود. حداکثر شاخص NDVI در پهنه‌های غربی و جنوب شرقی شهر اصفهان است که حاوی پوشش اراضی کشاورزی و باغ‌های حاشیه‌ای شهرند.



شکل ۵. شاخص NDVI اصفهان در سال ۲۰۱۹



شکل ۴. شاخص NDVI اصفهان در سال ۱۹۹۰

پژوهش‌ها روی جزایر حرارتی نشان‌دهنده ارتباط بین پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین است. در این پژوهش براساس ارتباط بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی و در نهایت با استفاده از شیب نمودار LST برحسب پوشش شهری برای مقداردهی به شدت جزایر گرمایی استفاده شده است. تفاوت دمای سطح مناطق شهری (که شاخص پوشش شهری زیاد و شاخص پوشش گیاهی کمی دارند) و دمای سطح مناطق غیرشهری (که شاخص پوشش شهری کم و شاخص پوشش گیاهی زیاد دارند) همان اختلاف دمایی است که شدت جزیره گرمایی را مشخص می‌کند. بنابراین با محاسبه شیب خط برازش داده شده به نمودار LST برحسب نقشه درصد شهری می‌توان اختلاف دمای دو منطقه شهری و غیرشهری را محاسبه کرد.

در جدول ۱ دامنه تغییرات شاخص‌های تحت بررسی در هر نوع کاربری قید شده است. دمای سطح زمین وابستگی مستقیمی با شاخص پوشش گیاهی و کلاس کاربری اراضی دارد و در نقاطی که دمای سطح زمین بیشترین مقدار را نشان می‌دهد، شاخص پوشش گیاهی حداقل و در نقاطی که دمای سطح زمین کمترین مقدار را دارد، شاخص پوشش گیاهی به بیشترین حد رسیده است. همان‌گونه که انتظار می‌رود شدت جزایر گرمایی با توجه به سطح کمینه و بیشینه و میانگین دما در اراضی شهری بیش از کاربری‌های دیگر بوده است. دلایل متعددی می‌توان برای این موضوع بیان کرد، از جمله نوع کاربری ساختمان، مصالح به‌کاررفته، تراکم جمعیت و نوع هندسه شهری در آن محدوده‌ها که همگی سبب تشکیل جزیره گرمایی در مناطق شهری می‌شود. شایان ذکر است که نواحی نزدیک زاینده‌رود از دمای متعادل‌تر و هوای خنک‌تری برخوردارند. با افزایش مساحت کاربری‌های مسکونی و توسعه شهری شدت جزایر گرمایی افزایش یافته است. پس از اراضی شهری، برون‌زدگی‌های سنگی و اراضی بایر به دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب و آلودگی ضعیف، سطح بیشتری از شدت جزایر گرمایی را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین شدت دمای جزایر گرمایی در اراضی کشاورزی آبی و باغ‌های منطقه مشاهده می‌شود.

جدول ۱. دامنه تغییرات و میانگین دمای سطح هر کلاس کاربری اراضی

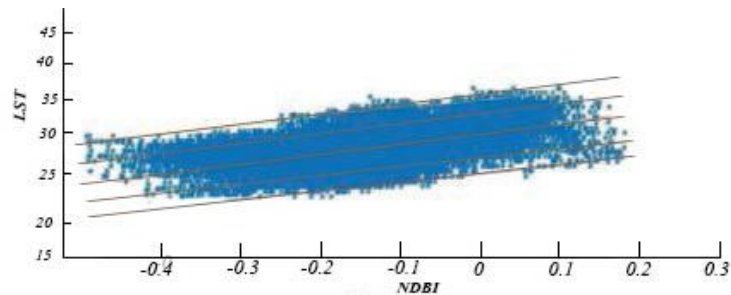
کاربری اراضی	حداقل LST		حداکثر LST		میانگین	
	۱۹۹۰	۲۰۱۹	۱۹۹۰	۲۰۱۹	۱۹۹۰	۲۰۱۹
شهر	۲۲	۲۲/۲	۳۶/۲۵	۳۸/۱	۲۹/۱۵	۳۰/۲۵
کشاورزی	۲۰/۹۹	۲۱/۲	۳۲	۳۲/۴	۲۶/۴۹	۲۶/۸
ترکیب باغ و کشاورزی	۱۹/۵۲	۱۹/۶۴	۲۹/۸۷	۳۰/۶۵	۲۴/۶۹	۲۵/۱۴
اراضی بایر	۲۳	۲۲/۶۵	۳۲/۵۶	۳۳/۵۶	۲۷/۷۸	۲۸/۱۰
برون‌زدگی سنگی	۲۴/۲	۲۳/۷	۳۵/۳	۳۴/۵۶	۲۸/۰۱	۲۹/۱۳

نمودار دمای سطح زمین برحسب تصویر پوشش شهری از تابع خطی پیروی می‌کند. با استفاده از شیب خط برازش داده شده، شدت جزایر گرمایی برای دو دوره مشخص شده است. اطلاعات مربوط به دما برای هر یک از طبقات کاربری اراضی طبقه‌بندی شده (جدول ۲) و شدت جزایر گرمایی برای دو دوره مختلف در محدوده تحت بررسی محاسبه شده است.

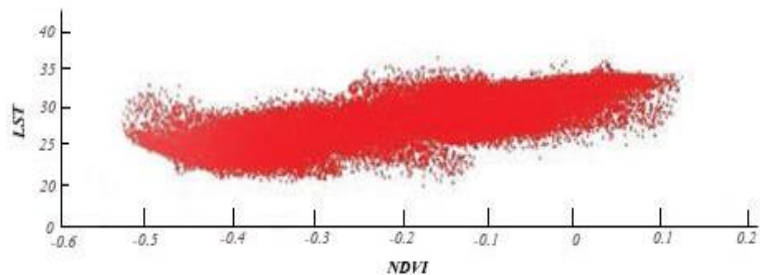
جدول ۲. دامنه تغییرات شاخص‌ها

سال	شاخص	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات
۱۹۹۰	NDVI	-۰/۸	۰/۵	۰/۸۶
	NDBI	۰/۶	-۰/۶۴	-۰/۷۷
۲۰۱۹	NDVI	-۰/۷	۰/۶	۰/۷۴
	NDBI	۰/۴۵	-۰/۶۸	۰/۶۸

نمودار دمای سطح زمین برحسب شاخص پوشش شهری از یک تابع تقریباً خطی پیروی می‌کند (شکل‌های ۶ و ۷) و با شیب خط برازش داده‌شده به آن و اختلاف شاخص پوشش شهری منطقه اختلاف دما یا همان شدت جزیره گرمایی مشخص شده است. شیب مثبت این نمودارها نشان‌دهنده ارتباط مثبت و قوی دمای سطح زمین با شاخص پوشش گیاهی است که با استفاده از آن می‌توان تغییرات دمای سطح زمین در شهر اصفهان را با استفاده از شاخص پوشش گیاهی پیش‌بینی کرد. به‌طور کلی می‌توان استنباط کرد که دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی رابطه عکس دارند. این ارتباط در طبقه اراضی بایر کمتر است و به عوامل دیگری مانند جنس و رطوبت خاک بستگی دارد. با افزایش NDVI، LST قوی‌تر می‌شود؛ بدین صورت که سطوح پوشیده از گیاه، دمای سطحی کمتری دارند و پوشش گیاهی آثار خنک‌کنندگی تری بر محیط دارد.



شکل ۶. برازش خط نمودار LST براساس شاخص پوشش شهری اصفهان در سال ۱۹۹۰



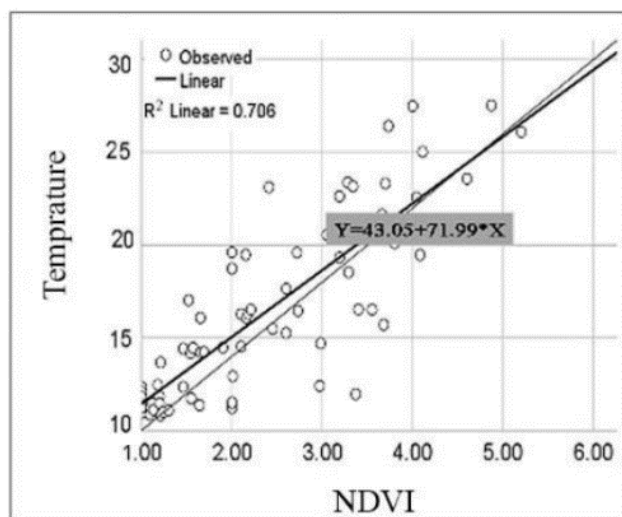
شکل ۷. برازش خط نمودار LST براساس شاخص پوشش شهری اصفهان در دوره ۲۰۱۹

تفاوت دمای میان مناطق شهری و غیرشهری طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که نتایج این جدول نشان می‌دهد مقدار دما در کاربری‌های مختلف متفاوت است و نشان می‌دهد که عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین در انواع مختلف کاربری متفاوت است. حتی برای انواع کاربری‌های با پوشش مشابه نیز این اختلاف چشمگیر است و تفاوت زیادی دارد.

جدول ۳. اختلاف دما و شدت جزیره گرمایی طی دوره پژوهش

سال	اختلاف شهر و کشاورزی	اختلاف شهر و ترکیب کشاورزی-باغ	اختلاف شهر و اراضی بایر	اختلاف شهر و برون‌زدگی	شدت جزیره گرمایی	دقت R ₂
۱۹۹۰	۲/۶۶	۴/۴۶	۱/۳۷	۱/۱۸	۲/۸	۰/۸۱
۲۰۱۹	۳/۴۵	۵/۱۱	۲/۱۵	۱/۱۲	۳/۹	۰/۸۴

ارتباط بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نشان‌دهنده جزیره حرارتی است (شکل ۸). در این شکل همبستگی بین این دو شاخص ترسیم شده است. با توجه به مقدار همبستگی به‌دست‌آمده ارتباطی مستقیم و به‌نسبت قوی بین شاخص‌های بررسی شده وجود دارد. طبق این شکل، مناطق دارای دمای کم، از بیشترین شاخص پوشش گیاهی و مناطق دارای دمای زیادی از کمترین شاخص پوشش گیاهی برخوردارند.



شکل ۸. رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از مخاطرات محیطی نوظهور ناشی از گسترش شهرنشینی، پدیده جزیره گرمایی شهری است. این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش‌های طبیعی سطحی از بین می‌روند و جای خود را به جاده‌ها و دیگر تأسیسات شهری می‌دهند. مخاطره جزایر گرمایی شهری پدیده‌ای است که به‌موجب آن به‌طور معمول یک منطقه شهری به‌طور چشمگیری گرم‌تر از مناطق اطراف است. دمای شهرها به‌دلیل برقراری پدیده جزایر گرمایی و نیز تغییر اقلیم به‌طور مداوم در حال افزایش است. این وضعیت سبب افزایش مصرف انرژی در سیستم‌های سرمایشی می‌شود. از این‌رو کاهش تأثیرات جزایر گرمایی شهری به یکی از مسئله‌های مهم جهانی تبدیل شده است. یکی از مهم‌ترین مشکلات شهرهای امروزی، افزایش درجه حرارت سطح زمین به‌دلیل تغییرات رخ داده در سطوح طبیعی است که سبب حذف پوشش گیاهی طبیعی و استفاده از سطوح‌های نفوذناپذیر از جمله سنگ، آسفالت و سیمان به‌جای آنها شده است. نابودی زمین‌های کشاورزی و تبدیل آنها به کاربری‌های شهری در اثر رشد و گسترش سریع شهرها اجتناب‌ناپذیر است. این تغییرها دارای پیامدهای ناخوشایندی برای محیط زیست مانند کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای محیط است. همزمان با گسترش کاربری‌های شهری، درجه حرارت سطح زمین افزایش می‌یابد. درجه حرارت زیاد در محیط‌های شهری به‌دلیل وجود سطوح‌های نفوذناپذیر شامل سطوح‌های بتنی، خیابان‌ها و آجرهاست که به‌طور گسترده در محیط‌های شهری استفاده می‌شوند. افزایش درجه حرارت سطح زمین ناشی از گسترش شهری و تبدیل کاربری‌های کشاورزی به منطقه‌های مسکونی و شهری است. با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای می‌توان اطلاعاتی درباره تغییرها و توزیع درجه حرارت در مناطق مختلف و در مقیاس وسیع کسب کرد که در بیشتر اوقات فراهم کردن این اطلاعات از ایستگاه‌های زمینی بسیار دشوار یا حتی ناممکن است. افزایش دمای سطح زمین به کاهش ذخیره‌های انرژی، آب، زیربناها، رفاه اجتماعی و سلامت ساکنان شهرها منجر می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده که دمای زیاد بیشتر در هسته مرکزی شهر مشاهده می‌شود و اطراف شهر توسط طبقه‌دمایی متوسط پوشش داده شده است. رشد اراضی شهری در بخش‌های جنوبی و جنوب غربی شهر و بخش‌هایی پراکنده در اطراف شهر در طی دوره پژوهش مشاهده می‌شود. اراضی بایر نیز در بخش‌هایی از شمال غربی، شمال و نیز به‌صورت پراکنده بر اثر تغییر کاربری اراضی از مزارع و مراتع ضعیف به اراضی بایر مشاهده می‌شود. در این قسمت‌ها دمای سطح زمین بیش از

بقیه قسمت‌هاست. بنابراین یکی از دلایل اصلی افزایش دمای سطح زمین، تغییر کاربری اراضی و گسترش اراضی شهری و اراضی بایر است. پارک‌ها و فضای سبز در شهر به دلیل تأثیر گرفتن از مناطق با دمای زیاد و بسیار زیاد اطراف خود جزء طبقات دمایی متوسط قرار می‌گیرند. در مجموع می‌توان بیان کرد که در هر سه دوره گذشته بیشترین مساحت مربوط به دمای متوسط بوده است و این روند در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت. با توجه به کاهش مساحت کاربری زراعی و گسترش فیزیکی شهر، مساحت جزایر گرمایی در دامنه زیاد افزایش داشته است. از دیگر دلایل افزایش دمای زیاد می‌توان به افزایش جمعیت، افزایش صنایع و تعداد خودروها در شهر و چندبرابر شدن حجم تردد راه‌های ارتباطی و افزایش سطوح آسفالت و معابر شهری و بین‌شهری اشاره کرد. از دیگر دلایل، افزایش وسعت اراضی بایر به علت چرای بی‌رویه دام و آسیب به مراتع و نیز پاکسازی اراضی سبز و جنگل‌زدایی است. دلایل متعددی برای رخداد مخاطره جزایر گرمایی شهری وجود دارد. برای مثال سطوح تیره همچون پیاده‌روها و نمای ساختمان‌ها جذب درصد زیادی از انرژی خورشیدی هستند. سطوحی مانند انواع بتن و آسفالت به دلیل جنس و ماهیتشان از ظرفیت گرمایی و تابشی سطحی بیشتری در مقایسه با مناطق حاشیه شهرها برخوردارند. این مواد سبب تغییر بیلان انرژی مناطق شهری می‌شوند. دلیل دیگر مخاطره جزایر گرمایی شهری کمبود تبخیر و تعرق ناشی از کمبود و نبود پوشش گیاهی در مناطق شهری است. پوشش گیاهی در کاهش درجه حرارت سطح زمین اثر مثبتی دارد. نبود یا کمبود پوشش گیاهی مناطق شهری، سبب نبود عواملی چون سایه و گردش هوای خنک می‌شود. کمتر بودن پوشش گیاهی در منطقه‌های شهری سبب افزایش حرارت شهری می‌شود. بررسی رابطه بین شاخص‌های تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نشان داد که کاهش پوشش گیاهی به افزایش دمای سطح زمین در طبقه‌های گوناگون پوشش و کاربری شهری می‌انجامد. به عبارتی می‌توان گفت که تغییرات جمعیت، افزایش مساحت شهری و تغییر کاربری رخ داده به افزایش مساحت منطقه‌های داغ و کاهش منطقه‌های خنک در شهر اصفهان منجر می‌شود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که دمای سطح زمین اثر مهمی در تغییرهای کاربری و پوشش زمین‌ها به ویژه پوشش گیاهی دارد و سبب متعادل شدن دمای مناطق اطراف نیز می‌شود. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش نیلیه بروجنی و احمدی ندوشن (۱۳۹۸) و محمدی و عقیقی (۱۴۰۰) و پوردیهیمی و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر تأثیر دمای سطح زمین و پوشش گیاهی بر رخداد جزیره حرارتی در شهرهای اصفهان و شیراز و تهران همخوانی دارد. در پژوهش‌های قبلی درباره جزیره حرارتی شهر اصفهان، دوره آماری تحقیق، متفاوت و کوتاه‌مدت بوده، ولی در این پژوهش از دوره طولانی‌تر و به‌روزتری استفاده شده است. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر بسیاری از زمین‌های دارای پوشش گیاهی به زمین‌های شهری و صنعتی تبدیل شده‌اند، می‌توان گفت توسعه شهری مهم‌ترین عامل تغییر کاربری، پوشش زمین‌ها و افزایش دمای سطح زمین است. از آنجا که از روند رو به رشد شهرها نمی‌توان جلوگیری کرد، به‌منظور کاستن از رخداد مخاطره جزیره گرمایی می‌توان از اقدام‌های مدیریتی مانند کاشت پوشش گیاهی روی بام‌خانه‌ها و توسعه بام‌های سبز بهره گرفت.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران تهیه شده که بدین وسیله از آنها تشکر می‌شود.

منابع

۱. اسماعیل‌پور، نجما؛ اسمعیل‌پور، فاطمه؛ یامی، مجتبی؛ و امیرعزندی، حسین (۱۴۰۰). بررسی رابطه تغییرات پوشش زمین و جزیره حرارتی با استفاده از الگوریتم تک‌پنجره و روش مفهومی درخت تصمیم (نمونه موردی: شهر اهواز). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۸)، ۴۱-۲۱.
۲. اسدی، یاسمن؛ حمزه، سعید؛ و کیاورز مقدم، مجید (۱۳۹۹). بررسی تأثیرات کاربری زمین و پوشش گیاهی بر جزایر گرمایی شهری با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۲)، ۷۵۹-۷۷۳.
۳. احمدی، عبدالمجید؛ اکبری، ابراهیم؛ جمال‌آبادی، جواد؛ و آل محمد، مریم (۱۴۰۱). تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی نمونه موردی: شهر قائن. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۲(۶۴)، ۷۹-۹۳.
۴. انتظاری، علیرضا؛ زندی، رحمان؛ و خسروی‌ان، مریم (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست و مادیس، مطالعه موردی: استان فارس ۱۹۸۶-۲۰۱۷. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۱(۴)، ۹۲۹-۹۴۰. 10.22092/IJWMSE.2018.122914.1528
۵. پوردیهیمی، شهرام؛ تحصیل‌دوست، محمد؛ و عامری، پوریا (۱۳۹۸). تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش شدت جزایر حرارتی شهری: نمونه موردی کلانشهر تهران. *پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۵(۱۶)، ۹۷-۱۲۲.
۶. تقی‌زاده، زهرا؛ و مزیدی، احمد (۱۳۹۸). بررسی تغییرپذیری مخاطره جزیره گرمایی با توجه به تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر اصفهان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶(۳)، ۱۰۳-۱۲۰.
۷. حلبیان، امیرحسین؛ پروین، نادر؛ و نقیب‌زاده، رؤیا (۱۴۰۰). تحلیل تغییرات مکانی-زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و GIS. *اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ۳۰(۱۱۹)، ۱۲۱-۱۳۹.
۸. خدمت‌زاده، علی؛ موسوی، میرنجف؛ محمدی ترکمانی، حجت؛ و محمدی، میرصادق (۱۴۰۰). تحلیلی بر تغییرات کاربری زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در حریم شهر ارومیه با استفاده از سنجش از دور. *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۱(۴۱)، ۱۲۱-۱۳۴.
۹. عبدی، کمیل؛ کامیابی، سعید؛ و زندمقدم، محمدرضا (۱۴۰۰). بررسی نقش پوشش فضای سبز شهری بر روند تغییرات دمای سطح محیط‌های شهری (مطالعه موردی: شهر ساری). *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۳(۲)، ۱۳۵-۱۴۶.
۱۰. محمدی، مجتبی؛ و عقیفی، محمدابراهیم (۱۴۰۰). بررسی وقوع پدیده جزایر حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER (منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز). *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۱۰(۳۷)، ۲۱-۴۴.
۱۱. محمودزاده، حسن؛ نقدیشی، افسانه؛ و مؤمنی، سحر (۱۳۹۷). تأثیر کاربری‌های شهری در ایجاد جزایر حرارتی (مطالعه موردی: شهر مشهد). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷(۳)، ۱۰۵-۱۱۹.
۱۲. متکان، علی‌اکبر؛ نوحه‌گر، احمد؛ میرباقری، بابک؛ و ترک‌چین، ناهید (۱۳۹۳). تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده ASTER (مطالعه موردی: شهر بندرعباس). *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۵(۴)، ۱-۱۴.
۱۳. مغانی رحیمی، فریبا؛ مزیدی، احمد؛ و غفاریان مالگیری، حمیدرضا (۱۴۰۱). بررسی توسعه شهری و تغییرات پوشش اراضی محدوده شهر ابرکوه با استفاده از تلفیق باندهای تصاویر ماهواره‌های لندست ۷ و ۸. *اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ۳۱(۱۲۱)، ۱۲۷-۱۴۱.
۱۴. مریانجی، زهره؛ درویشی، مسلم؛ و عباسی، حامد (۱۳۹۷). کاربرد مدل‌های آماری و تصاویر ماهواره‌ای در واکاوی جزیره حرارتی در شهر همدان. *تحقیقات جغرافیایی*، ۳۳(۳)، ۱۲۶-۱۳۶.
۱۵. مجنون‌توتاخانه، علی؛ و رضانی، محمدابراهیم (۱۳۹۸). بررسی و ارزیابی وضعیت جزیره حرارتی کلانشهر تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *محیط زیست طبیعی*، ۷۲(۱)، ۲۹-۴۳.
۱۶. مسعودیان، ابوالفضل؛ و منتظری، مجید (۱۳۹۹). رفتار زمانی-مکانی جزیره گرمایی کلانشهر اصفهان. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۹(۲۴)، ۳۵-۴۶.
۱۷. نجفیان گرجی، محمدرضا؛ مقیمی، ابراهیم؛ و محمدی، حسین (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات دما، الگوی جزیره حرارتی و پوشش گیاهی ایام گرم شهر تهران. *جغرافیای طبیعی*، ۱۰(۳۸)، ۱-۱۷.
۱۸. نیلیه بروجنی، مرضیه؛ و احمدی ندوشن، مژگان (۱۳۹۸). بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست TM و OLI و سنجه LST در شهر اصفهان. *علوم محیطی*، ۱۷(۴)، ۱۶۳-۱۷۸.

۱۹. ناصحی، سعیده؛ یآوری، احمدرضا؛ و صالحی، اسماعیل (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین تغییرات مورفولوژی شهری با دمای سطح زمین به منظور مدیریت جزیره حرارتی شهری (مطالعه موردی: شهر تهران). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۲(۳)، ۱۰۷-۱۳۰.
20. Adeyeri O.E., Akinsanola, A.A., & Ishola K.A. (2017). Investigating Surface Urban Heat Island Characteristics over Abuja, Nigeria: relationship between land surface temperature and multiple vegetation indices. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 57-68.
21. Bek, M.A., Azmy, N., & Elkafrawy, S. (2018). the effect of unplanned growth of urban areas on heat island phenomena, *Ain Shams Engineering Journal*, (9), 3169-3177.
22. Camara, M., Jamil, N.R.B., Abdullah, A.F.B., & Hashim, R.B. (2020). Integrating cellular automata Markov model to simulate future land-use change of a tropical basin. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(3), 403-414.
23. El-Hattab, M., Amany, S. M., & Lamia, G. E. (2018). Monitoring and assessment of urban heat islands over the Southern region of Cairo Governorate, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(3), 311-323
24. Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S., & Shojaei, S. (2017). The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 134, 249-256.
25. Hosseini, F. (2010). Analyzing the relationship between land use changes and urban heat island using remote sensing techniques (Case study: Yazd), Msc. Thesis, Yazd university.
26. Kayet, N., Pathak, K., Chakrabarty, A., & Sahoo, S. (2016). Urban heat island explored by co-relationship between land surface temperature vs multiple vegetation indices. *Spatial Information Research*, 24(5), 515-529.
27. Karakuş, C. B. (2019). The Impact of Land Use/Land Cover (LULC) Changes on land surface temperature in Sivas city center and its surroundings and assessment of urban heat island. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55(4), 669-684.
28. Khamchiangta, D. & Dhakal, S. (2020). Time series analysis of land use and land cover changes related to urban heat island intensity: Case of Bangkok Metropolitan Area in Thailand. *Journal of Urban Management*, 9(4), 383-395.
29. Khawaldah, H. A., Farhan, I., & Alzboun, N.M. (2020). Simulation and prediction of land use and land cover change using GIS, remote sensing and CA-Markov model. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(2), 215-232.
30. Muro, J., Strauch, A., Heinemann, S., Steinbach, S., Thonfeld, F., Waske, B., & Diekkruger, B. (2018). Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *Int Journal Appl Earth Obs Geoinformation*, 70, 62-71.
31. Naserieh, M. (2016). Spatial-temporal variations of thermal island of Kermanshah and its relation to air pollution using satellite imagery, M.Sc. thesis, Razi University.
32. Pal, S., & Ziaul, S. K. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145.
33. Shafiei Sabet, N., Shakiba A., & Mohammadi, A. (2019). Detection and prediction of land-use changes using the Ca-Markov model (case study: Damavand metropolitan area). *Journal of Geographical Information*, 28(1), 1-16 (in Persian).
34. Sin. H.T., & Chan N.W. (2004). The urban heat island phenomenon in Penang Island: Some observations during the wet and dry season. *Bangui world Conference on Environmental Management; Facing Changing Conditions*. Bangui, Malaysia, 1(2), 504-516.
35. Tepanosyan, G., Muradyan, V., Hovsepyan, A., Pinigin, G., Medvedev, A., & Asmaryan, S. (2021). Studying spatial-temporal changes and relationship of land cover and surface Urban Heat Island derived through remote sensing in Yerevan, Armenia. *Building and Environment*, 187, 107390.
36. Xiao, j., & Moody, A. (2005). A Comparison of Methods for Estimating Fractional Green Vegetation Cover Within a Desert-to-Upland Transition Zone in Central New Mexico. *USA Remote Sensing of Environment*, 98 (2-3), 237- 250.
37. Yacouba, Diallo., Guangdao, Hu., & Xingping, Wen. (2010). Assessment of Land Use Cover Changes Using NDVI and Dem in Puer and Simao Counties, Yunnan Province, China. *World Rural Observations*, 1(2), 1-11.