https://sppl.ui.ac.ir/?lang=en
Spatial Planning
E-ISSN: 2476-3357
Document Type: Research Paper
Vol. 13, Issue 1, No.48, Spring 2023, pp. 1- 6
Received: 10/01/2023 Accepted: 24/04/2023

The Effect of Vegetation Covers on Surface Temperature Changing of Isfahan City (2001-2020)

Reza Zakerinejad[1] *, Saeed Movhedi[2], Zahra Jazi [3]

1- Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran
r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran
s.movahedi@geo.ui.ac.ir

3- MA in Climatology, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran
zjjazi@gmail.com

Abstract

The surface of the earth or the top of the earth at the level of cities and urban areas becomes significantly higher than the surrounding environment, which is known as the thermal component. If this phenomenon is higher than a certain limit, it will cause problems for the city residents. But one of the most important factors that can play a very important role in controlling this phenomenon is the presence of vegetation, which is mainly a significant part of this coverage in urban areas. In this study, the effect of vegetation cover on the amount of urban heat island in Isfahan City was investigated. For this purpose, the surface temperature of the city and its relationship with the surface cover were investigated using the land surface temperature (LST) products of the MODIS sensor in places with heat islands by applying the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of Landsat satellite data during the period of 2001-2020. Examining the annual changes in temperature in Isfahan shows that during this period, the temperature is generally increasing, so 2011 with an average annual temperature of 37.21 degrees Celsius is the hottest year and 2012 is the coldest year with an average

*Corresponding Author
Zakerinejad, R., Movaheid, S., & Jazi, Z. (2023). The effect of Vegetation Covers on Surface Temperature Changing of Isfahan City (2001-2020). *Spatial Planning*, 13 (1), 1 -6.

2476-3357 © The Author(s). Pulished by University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0)
https://doi.org/10.22108/sppl.2023.136224.1689 20.1001.1.22287485.1402.13.1.3.0

annual temperature of 33.7 degrees Celsius. The most apparent thermal islands were observed in areas with industrial use, high-traffic places with severe air pollution and population density, and places with weak vegetation, areas with dense and worn-out textures.
Keywords: LST, Landsat Satellite, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

Introduction

In today's growing world, there is unprecedented urbanization and urban development, which have become factors affecting the air temperature around urban areas. This temperature causes the creation of a heat island in these areas compared to the surroundings, and as a result, it can play a fundamental role in air quality and consequently public health. In one study conducted by Taghizadeh and Mazidi (2019), the variability of heat island risk based on changes in land use and land cover was investigated in Isfahan. The results of this research showed that the expansion of the city cannot be the main cause of the increase in the surface temperature and the expansion of the heat island, but the change in the use of other lands has also been effective in increasing or decreasing the temperature. The purpose of the present study is to investigate the effects of vegetation in adjusting the surface temperature of the ground in Isfahan City. Depriving the cities of vegetation will cause the temperature to rise, especially in the summer season in big cities like Isfahan. Isfahan region is also facing the mentioned problems due to the large size of urban areas and rapid growth in recent decades. In this regard, Landsat and MOADIS satellite data are used.

Materials and Methods

To achieve the purpose of this study, satellite data were used. To investigate the effects of the independent variable (i.e. vegetation covers) at the city level, the MODIS sensor data of the Terra satellite were used in the period from 2001 to 2020. Landsat satellite data, which have a pixel size of 30 meters in the period from 2001 to 2020, were used to investigate the amount of vegetation (NDVI index) in the city of Isfahan. In order to collect the data, first, satellite images were received by referring to the United States Earth and Science website https://earthexplorer.usgs.gov. The NDVI index was used in the period from January 2001 to December 2020 to investigate the patterns of vegetation changes and fluctuations in time and place. For this purpose, raw images were obtained from the NASA website, which included 240 monthly time series images of vegetation covers.

Research Findings

The results of the analysis showed that the average annual temperature of the surface of the earth in this city is 35.6 degrees Celsius. According to the annual surface temperature map for the city of Isfahan, the minimum temperatures are completely consistent with the peripheral heights of the city, which can be seen in the form of spots in the northern parts (northern elevations of the foothills) and southwest areas (southern elevations of Shahreza). These parts show a temperature between 19 and 25 degrees Celsius. The temperature of 25 to 30 degrees is scattered around the mentioned parts as well as around the city of Isfahan and the Gav Khouni swamp. The largest temperature zone in the annual map includes the temperature of 35 to 40 degrees, which covers most of the city. The maximum

temperature that shows the hottest spots is located in the central part of the city. In order to investigate the effects of the presence of vegetation and the amount of vegetation density in reducing the surface temperature in the urban area of Isfahan, Landsat satellite data were used, and the NDVI vegetation index was applied to these data. Then, a map and the amount of vegetation density were obtained. Since the map of vegetation cover and surface temperature was prepared exactly on a specific and simultaneous date, it is easy to visually observe the moderating role of vegetation covers in different parts of Isfahan. With the investigations carried out, it was precisely determined that wherever there is vegetation in Isfahan, the minimum temperature corresponds exactly to these parts. In parts of the city that are devoid of vegetation, which mainly corresponds to urban constructions or barren lands, a significant increase in the temperature of the surface of the earth can be seen. Therefore, the moderating effect of vegetation on the temperature of the city and the simultaneous reduction of the heat island in the studied area cannot be ignored. The major part of the concentration and density of vegetation in this city exactly corresponds to the passage of Zayandeh Rood.

Discussion of Results and Conclusion

The development of urbanization causes the reduction of barren lands with high temperatures and the formation of a layer of relatively lower temperatures than barren lands in residential areas. Vegetation has a reducing effect on urban built surfaces such as busy streets and changes in land use such as agricultural land to residential use. Being adjacent to barren lands in the city has intensifying effects on high temperatures and hot spots. In fact, the results of this study show that, according to the investigations carried out on the Landsat satellite data in Isfahan, there is a strong correlation between the presence of vegetation and the decrease in the temperature of the city. In this regard, in the parts of the city where the density of vegetation increases, the surface temperature is greatly reduced, and the moderating role of vegetation can be seen well, but the temperature increases completely as you move away from the vegetation.

برنامه‌ریزی فضایی
سال سیزدهم، شماره اول، (پیاپی ٤٨)، بهار ١٤٠٢، ص ٤٠- ٢١
تاریخ وصول: ١٤٠١/١٠/٢٠ تاریخ پذیرش: ١٤٠٢/٢/٤

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر تغییرات دمای سطحی زمین شهرستان اصفهان با استفاده از داده‌های سنجش از دور

رضا ذاکری‌نژاد*، **استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران**
r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir
سعید موحدی ، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
s.movahedi@geo.ui.ac.ir
زهرا جزی، دانش آموخته کارشناسی ارشد رشتهٔ آب‌وهواشناسی (سینوپتیک)، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
zjjazi@gmail.com

چکیده

دمای سطح زمین یا دمای رویهٔ زمین درسطح شهرها و مناطق شهری نسبت به محیط اطراف به‌طور چشمگیری بیشتر است که به‌عنوان جزیهٔ گرمایی شناخته می‌شود. این پدیده اگر از حد مشخصی بیشتر شود باعث ایجاد مشکلاتی برای ساکنان شهر می‌شود. در پژوهش حاضر اثر وجود پوشش گیاهی برروی میزان جزیرهٔ حرارتیِ شهری شهرستان اصفهان بررسی شد. بدین منظور، روند تغییرات دمایی سطح زمین منطقهٔ مطالعه‌شده و ارتباط آن با پوشش سطحی با استفاده از محصولات دمای سطح زمین (LST) سنجیدهٔ مودیس، مکان‌هایی با جزیرهٔ حرارتی بررسی شد. همچنین، برای تهیهٔ نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی در بازهٔ زمانی2001-2020 میلادی از شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال (NDVI) داده‌های ماهورهٔ لندست استفاد شد. بررسی تغییرات زمانی سالانهٔ دمای رویهٔ شهرستان اصفهان نشان می‌دهد که دما در طی این دوره افزایشی است؛ به‌طوری که سال 2011 با میانگین دمای سالانه ٣٧/٢١ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان گرم‌ترین و سال 2012 با میانگین دمای سالانه ٣٣/٧ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان سردترین سال در دورهٔ زمانی مطالعه شده است. نتایج مربوط به بررسی پوشش گیاهی نیز نشان داد که اراضی بایر بیشترین دما و اراضی با پوشش گیاهی، کمترین دما را دارند. جزایر حرارتی نشان داد که مناطق با کاربری صنعتی و مکان‌هایی با تراکم بالای جمعیت (پرترافیک)، هوایی آلوده و بافتی فشرده و فرسوده دارند. توسعهٔ کاربری شهری درطول دورهٔ مطالعه، بسیار محسوس بوده است که به همین نسبت نیز کاهش پوشش گیاهی را به همراه دارد و نشان‌دهندهٔ افزایش دمای شهری است.

واژه‌های کلیدی: LST، ماهورهٔ لندست، تفاضل پوشش گیاهی نرمال (NDVI).

---

*نویسنده مسؤول

ذاکری نژاد، رضا، موحدی، سعید، جزی، زهرا. (١٤٠٢). بررسی تاثیر پوشش گیاهی بر تغییرات دمای سطحی زمین شهرستان اصفهان با استفاده از داده های ماهوره ای در دوره ی زمانی ٢٠٠١-٢٠٢٠. *برنامه ریزی فضایی*، ١٣ (١)، ٤٠- ٢١ .

2476-3357 © The Author(s). Pulished by University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0)

https://doi.org/10.22108/sppl.2023.136224.1689 20.1001.1.22287485.1402.13.1.3.0

مقدمه

در دنیای امروز رشد بی‌سابقه‌ای از شهری‌شدن و توسعهٔ شهرنشینی دیده می‌شود که یکی از عوامل مؤثر بر افزایش دمای هوا در اطراف نواحی شهری است. این افزایش دما موجب ایجاد جزیرهٔ حرارتی بر این مناطق در مقایسه با محیط اطراف می‌شود و اثرهای ناشی از آن می‌تواند نقشی اساسی و مهم در کیفیت هوا و به‌تبع آن سلامت عمومی داشته باشد (طالشی و همکاران، ۱۳۹۳). فرایندهای متعدّدی دربین اجزای ساختاری شهر وجود دارد که در عملکرد حرارتی شهر و تشکیل جزایر حرارتی مؤثر است؛ زیرا بر کیفیت هوای مناطق شهری تأثیر منفی دارد و آثار سوء بر اراضی پیرامونی، خرد اقلیم (میزان بارش، دما و جریان باد)، آلودگی‌ها و مصرف منابع آب می‌گذارد. علاوه بر این، تأثیر بر کیفیت آب شهری و ناهنجاری‌های دمایی از آثار منفی پدیدهٔ جزایر حرارتی شهری (UHI[1]) است (Tan et al., 2010). یکی از عوامل اصلی پیدایش جزیرهٔ حرارتی شهری، نحوهٔ استفاده از زمین و تغییر کاربری اراضی است که با اقداماتی نظیر تخریب پوشش گیاهی، ساخت‌وسازهای جدید و سازه‌های بتونی، آسفالت خیابان‌ها و کوچه‌ها و فعالیت‌های صنعتی و خانگی، سبب سرعت‌بخشیدن به گسترش و توسعهٔ جزیرهٔ حرارتی شهری می‌شود. یکی از دلایل پیدایش جزایر حرارتی شهری، کاهش مناطق سبز و پوشش‌های گیاهی است که بر میزان تابش خورشیدی جذب‌شده، دمای سطح زمین، میزان تبخیر و تعرق، گرمای ذخیره‌شده، باد و درنتیجه، تغییر شرایط جوّی در نزدیکی سطح زمین اثر گذار است (Malick et al., 2008). امروزه با به‌کارگیری تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای برای بررسی و ارزیابی تغییرات دمای رویهٔ زمین و جزایر حرارتی، هزینه‌های بررسی در مقایسه با روش‌های سنتی به‌شکل چشم‌گیری کاهش یافته است. مزیدی و حسینی (۱۳۹۳) در پژوهشی در نواحی شهری یزد، افزایش مساحت نواحی ساختمانی و کاهش پوشش گیاهی را علت افزایش وسعت جزیرهٔ حرارتی مستقر بر مرکز این شهر می‌دانند. در پژوهشی دیگر که برای بررسی نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی از داده‌های چندزمانهٔ سنجندهٔ ASTER برروی شهر بندرعباس انجام شد، نتایج نشان داد که مناطق صنعتی، زمین‌های بایر با حرارت زیاد، مناطق ساحلی به‌دلیل مجاورت با آب و مناطق با پوشش گیاهی و فضای سبز به‌دلیل تبخیر و تعرق از سطح برگ درختان و ایجاد سایه، دمای کمتری نسبت به سایر کاربری‌ها دارند (متکان و همکاران، ۱۳۹۳).

در پژوهشی دیگر که در محیط شهری اصفهان انجام گرفت، نتایج نشان داد که پراکندگی دامنهٔ دمایی گرم در مناطق ٥، ٦ و ١٣ و سرد در نواحی مرتفع جنوبی در دورهٔ سرد سال و دامنهٔ دمایی گرم در مناطق ٦ و ٥ و سرد در نواحی پیرامونی رودخانهٔ زاینده‌رود در دورهٔ گرم سال مشاهده‌شدنی است (بابایی، ١٣٩٤). درزمینهٔ تأثیر جزیرهٔ حرارتی نیز مطالعاتی زیادی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و همچنین، با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی صورت گرفته است؛ ازجمله دو شاخص NDVI و LST که در شهر شیراز صورت گرفت و نتایج آن نشان داد که اراضی بایر بیشترین دما و اراضی با پوشش گیاهی، کمترین دما را دارند و بیشتر جزیرهٔ حرارتی در مناطقی از اراضی با کاربری صنعتی، مکان‌های پرترافیک با آلودگی شدید هوا، اماکن با پوشش گیاهی ضعیف و مناطق با بافت فشرده و

1. Urban Heat Island

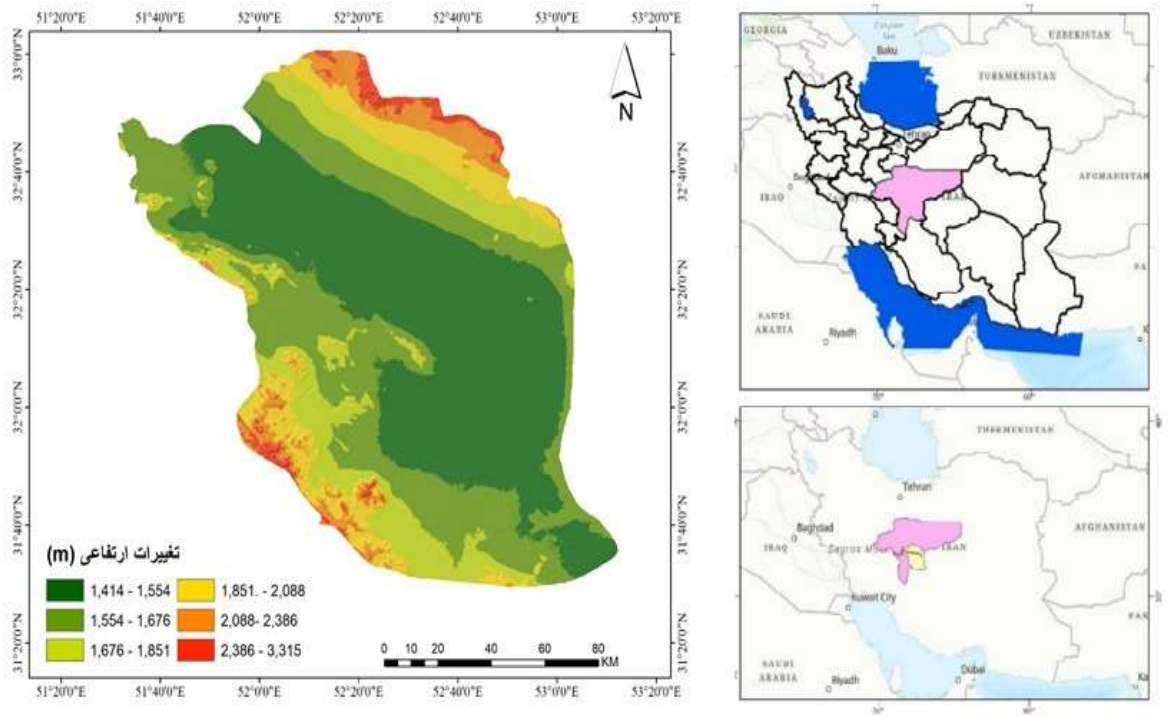
فسرده مشاهده شد (سلطانی، ۱۳۹۵). در یک مطالعهٔ دیگر که تقی‌زاده و مزیدی (۱۳۹۸) با عنوان *بررسی تغییرپذیری مخاطرهٔ جزیرهٔ گرمایی باتوجه به تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر اصفهان* انجام دادند، تغییرپذیری مخاطرهٔ جزیرهٔ گرمایی را براساس تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر اصفهان بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که گسترش شهر نمی‌تواند عامل اصلی افزایش دمای سطح و گسترش جزیرهٔ گرمایی باشد، بلکه تغییر نوع کاربری سایر اراضی در افزایش یا کاهش دما نیز مؤثر بوده است. در پژوهشی دیگر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست درسطح کلانشهر اصفهان، ارتباط دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزیرهٔ گرمایی و مخاطره‌های آن بررسی شد که نتایج گویای تسریع افزایش دما در سال‌های اخیر نسبت به سال‌های گذشته است؛ به‌طوری که متوسط دمای سالانه در بازهٔ زمانی 2010 تا 2016، ۰/٦۱ درجهٔ سانتیگراد بود (گلسرانی و همکاران، ۱٤۰۱). در مطالعهٔ دیگری، تغییرات زمانی و مکانی جزایر حرارتی شهری در شهر کانو نیجریه برررسی شد و محققان به این نتیجه رسیدند که شدت جزایر حرارتی شهری با پوشش گیاهی ارتباطی منفی دارد. براساس این پژوهش، بزرگ‌ترین جزایر گرمایی شهری در محدودهٔ فرودگاه بین‌المللی این شهر رهنمون دارد (Umar & Kumar, 2014). در یک مطالعه نیز اثرهای نواحی مسکونی برروی دمای سطح زمین در مناطق شهری ایتالیا بررسی شد و نتایج نشان داد که نقشه‌های LST مرتبط با نواحی مسکونی، ابزار مناسبی برای درک هرچه بهتر دینامیک پیچیدهٔ محیط‌زیست شهری است (Morabito et al., 2016). Tepanosyan et al. (2021) در پژوهشی با عنوان *بررسی تغییرات مکانی-زمانی و رابطهٔ پوشش زمین و سطح جزیرهٔ حرارتی شهری حاصل از سنجش از دور در ایروان، ارمنستان* نشان دادند که پوشش گیاهی از عوامل مؤثر بر تغییرات دمای سطح و خشکی جزیرهٔ حرارتی در شهر ایروان است. درواقع، می‌توان بیان کرد که برای بررسی و درک تغییرات پوشش بر افرایش دمایی، رابطهٔ بین تغییرات دمای سطح زمین (LST)، کاربری زمین و پوشش گیاهی بسیار ضروری است (Hidalgo & Arco 2022; Tepanosyan et al., 2021).

مطالعات فراوانی درزمینهٔ اثرهای پوشش گیاهی، توسعهٔ سطح‌های ناپایدار در مناطق شهری انجام‌شده که در بیشتر این مطالعات به افزایش در میزان پوشش گیاهی اشاره شده است که موجب کاهش در پهنهٔ جزیرهٔ حرارتی می‌شود (Li et al., 2020; Hua et al., 2020; Yang et al., 2022; Ma & Peng, 2021; Waheed et al., 2023).

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر تغییرات دمای سطحی زمین شهرستان اصفهان با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای است. شهرستان اصفهان به‌دلیل وسعت زیاد محیط‌های شهری و رشد سریع در دهه‌های اخیر با مشکلات ذکرشده، مواجه است. تصاویر سنجش از دور به‌سبب پوشش گسترده، به‌روز و دقت بالا ابزار سودمندی برای واکاوی ساختار جزایر حرارتی شهری هستند. درواقع، دسترسی‌نداشتن به داده‌های مکانی و تنوع زیاد کاربری و پوشش اراضی در پهنه‌های شهری، موجب بهره‌گیری از فناوری سنجش از دور در شناسایی و تحلیل جزایر حرارتی شهری شده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرهای پوشش گیاهی در تعدیل دمای رویهٔ زمین در شهرستان اصفهان است. در این راستا از داده‌های ماهوارهٔ لندست و سنجندهٔ مادیس استفاده می‌شود.

منطقهٔ مطالعه‌شده

شهرستان اصفهان از سمت غرب به شهرستان‌های شهرضا، مبارکه، فلاورجان، خمینی‌شهر و از سمت شمال بـه برخـوار، میمه و اردستان و از شرق به نایین، اردکان و صدوق و از سمت جنوب به ابرکوه و آبـاده محـدود مـی‌شـود. ایـن محـدوده طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ تا ۳۳ درجـه و ۲ دقیقه را پوشش می‌دهد. بیشینهٔ ارتفاعی شهرستان ۳۳۰۰ متر در بخش‌های شمالی است و کمینهٔ ارتفاعی با مقـدار ۱٤۰۰ متـر در بخش‌های مرکزی شهرستان دیده می‌شود. متوسط ارتفاعی شهرستان ١٦٥٠ متر است (شکل ۱).



شکل ۱: نقشهٔ محدوده (سمت راست) و ارتفاعی (سمت چپ) منطقهٔ مطالعه‌شده (شهرستان اصفهان)

(منبع: بازترسیم، نگارندگان، ١٤٠٢)

Figure 1: The location (right side) and height (left side) of the studied area (Isfahan city)

داده‌ها و روش کار

از آنجایی که هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرهای وجود پوشش گیاهی بر تغییرات دمـای سـطح زمـین (LST) است، داده‌های ماهواره‌ای به کار گرفته شد. همچنین، برای بررسی این اثرها درسـطح شهرسـتان از داده‌هـای سـنجندهٔ مودیس ماهواره ترا در بازهٔ زمانی 2001 تا 2020 استفاده شد. این سنجنده ٣٦ باندی بوده است که محصـولات هشـت روزهٔ دمای سطح زمین را درقالب فایل V005,MOD11A2 با فرمت hdf و قدرت تفکیک مکـانی ۱ کیلـومتر دارد.

از آنجایی که اندازهٔ پیکسل‌های این دیتا ۱۰۰۰ متری است (محصول MOD11A1) پس مـی‌توانـد درسـطح کـلان مثل شهرستان به کار گرفته شود. برای بررسی میزان پوشش گیاهی درسطح شهرستان اصـفهان از داده‌هـای مـاهواره‌ای

لندست استفاده شد. این داده‌ها در بازهٔ زمانی 2001 تا 2020 و با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر بوده است که جزئیات بیشتری را نشان می‌دهند. برای گردآوری داده‌ها ابتدا با مراجعه به سایت علوم و زمین ایالات‌متحدهٔ آمریکا به نشانی https://earthexplorer.usgs.gov/، تصاویر ماهواره‌ای دریافت شد. نحوهٔ انتخاب تصاویر باتوجه به عوامل تأثیرگذار بر میزان واضح‌بودن تصویر (مانند اغتشاشات جوّی و پوشش ابرهای بالا و غیره) انتخاب شد. سنجنده‌های استفاده‌شده در این پژوهش، مودیس (ماهواره تررا)، لندست سنجندهٔ TM ٤ و ٥، لندست سنجندهٔ ETM + ٧ و لندست سنجندهٔ OLI/TIRS ٨ است که شامل دو مجموعه باندهای طیفی انعکاسی و باندهای حرارتی است. در پژوهش حاضر برای پردازش و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار (ArcGIS10.8) و برای استخراج مشخصات مکانی دقیق کاربری‌ها از نرم‌افزار گوگل ارث (Google Earth) استفاده و فرآورده‌های LST مودیس به‌صورت پیوسته و در ردیف‌های منظم ارائه می‌شود و تغییرات فضایی-زمانی را به‌شکل روزانه، هشت‌روزه و ماهانه به‌صورت جهانی پردازش می‌کند. برای بررسی ویژگی‌های مکانی و زمانی دمای رویهٔ زمین در شهرستان اصفهان از داده‌های شبکه‌ای پایگاه سنجندهٔ MODIS ماهوارهٔ Terra استفاده شده است. در ابتدا، کیفیت تصاویر ماهوارهٔ لندست ازنظر ابرناکی و وجود گرد و غبار در فریم‌های موجود که کل محدودهٔ لازم را دربردارد، بررسی و درنهایت، تصاویر لازم از سایت ذکرشده دانلود شد. تصاویر ماهواره‌ای قبل از به‌کارگیری برای تجزیه‌وتحلیل‌های اصلی، باید یکسری پیش‌پردازش‌هایی برروی آنها اعمال شود که یک امر مهم و ضروری در پردازش تصاویر ماهوارهای است (فرهادی و نجف‌زاده، ١٤٠٠). بنابراین در پژوهش حاضر پیش‌پردازش‌های لازم (شامل تصحیح رادیومتریک، هندسی و اتمسفری) برروی تصاویر ماهواره‌ای لندست در محیط نرم‌افزار Envi صورت گرفت.

در پژوهش حاضر بعد از دریافت تصاویر ماهواره‌ای، کوشش شده است ارتباط کاربری زمین به‌خصوص اثر پوشش گیاهی بر تعدیل جزیرهٔ حرارتی مشخص شود و مناطق با جزایر گرمایی شناسایی شوند و سپس باتوجه به توسعهٔ شهر در طی دوره، تجزیه‌وتحلیل صورت گیرد.

شاخص نرمال‌شدهٔ اختلاف پوشش (Normalized Vegetation Index) (NDVI) گیاهی یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌ها در جهان است که به‌طور وسیع در مسائل مختلف به کار می‌رود. شاخص‌های گیاهی از عوامل مؤثر در تحلیل جزایر حرارتی شهری هستند؛ زیرا گیاهان با اثرگذاری بر کاهش دما، نقش مؤثری را در کنترل اقلیم محیط شهری دارند؛ بنابراین در این ارتباط مبحث توسعهٔ دوستدار محیط‌زیست اشاره به کارکرد اقتصادی فضای سبز در کاهش مصرف انرژی ناشی از افزایش دما و ایجاد پدیدهٔ جزیره حرارتی در محیط شهری دارد (عقیلی نسب و همکاران، ١٣٩٢). تغییرات این شاخص با تغییرات اقلیمی، دما و میزان بارندگی ارتباط مستقیمی دارد (Yang et al., 2014; Mihretab et al., 2020).

این شاخص در مقادیر نزدیک به ١+ نشان‌دهندهٔ پوشش انبوه گیاهی است. سایر شاخص‌های حاصل با بیشترین ضریب تبیین از شاخص‌های مناسب برای تعیین پوشش گیاهی منطقهٔ مطالعه‌شده هستند.

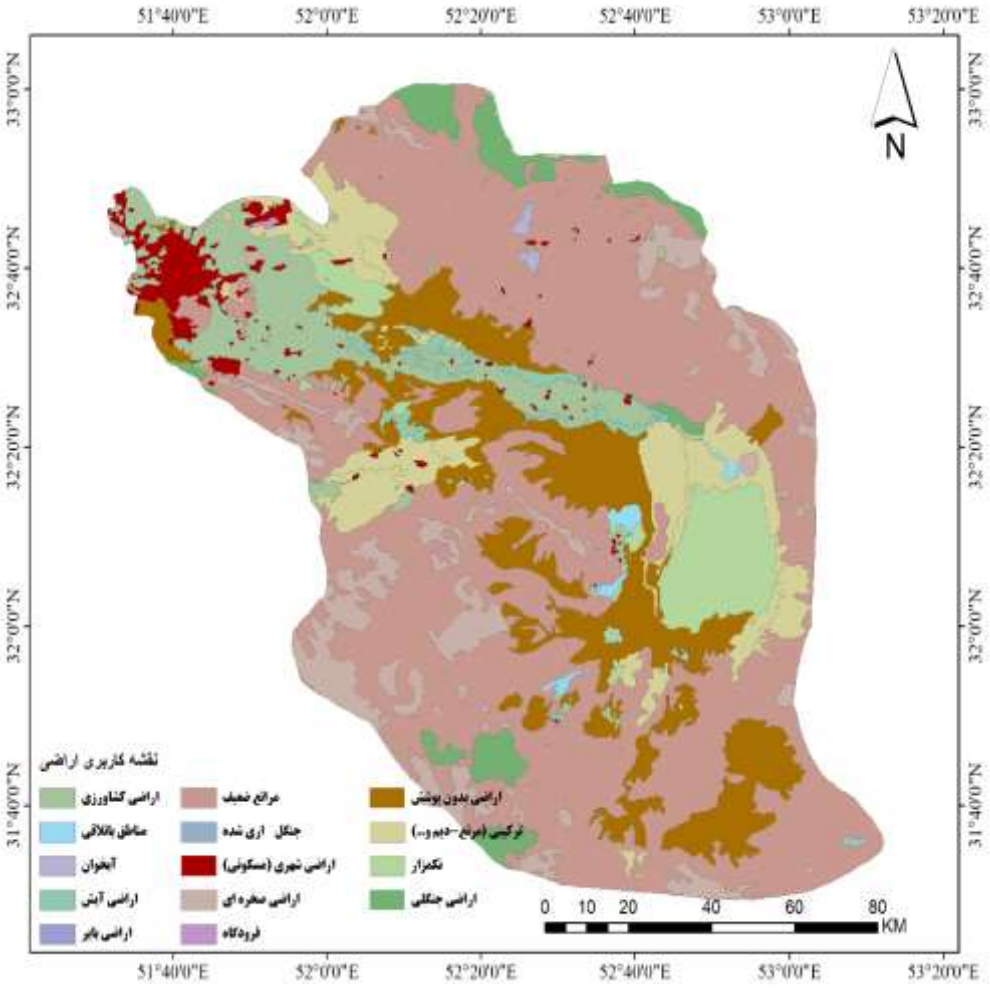
شاخص پوشش گیاهی NDVI (شاخص گیاهی تفریقی نرمال‌شده) از پرکاربردترین شاخص‌های فراوانی پوشش گیاهی است که با نسبت‌گیری باندهای قرمز و مادون قرمزِ نزدیک به دست می‌آید

معادلهٔ ۱

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

که NIR باند مادون قرمز نزدیک (برای سنجنده‌های ۵ و۷ باند٤ و برای لندست ۸ باند ۵) وRED باند قرمز(برای لندست ۵ و۷ باند ۳ و برای لندست ۸ باند ٤) است (Essaadia et al., 2022; Faramarzi et al., 2018).

باتوجه به‌شکل ۳ کاربری بایر بیش از ۹۲٪ از سطح شهرستان، کاربری شهر و انسان‌ساخت حدود ۱/۸٪، کاربری کشاورزی و زراعی حدود ۱,۳٪، کاربری درختچه‌های پراکنده حدود ۳/٤ درصد و درنهایت، مراتع کمتر از ۰/۵٪ از سطح شهرستان را پوشش می‌دهد (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه‌های کاربری اراضی منطقهٔ مطالعه‌شده (منبع: بازترسیم، نگارندگان، ١٤٠٢)

Figure 2: Land use maps of the studied area

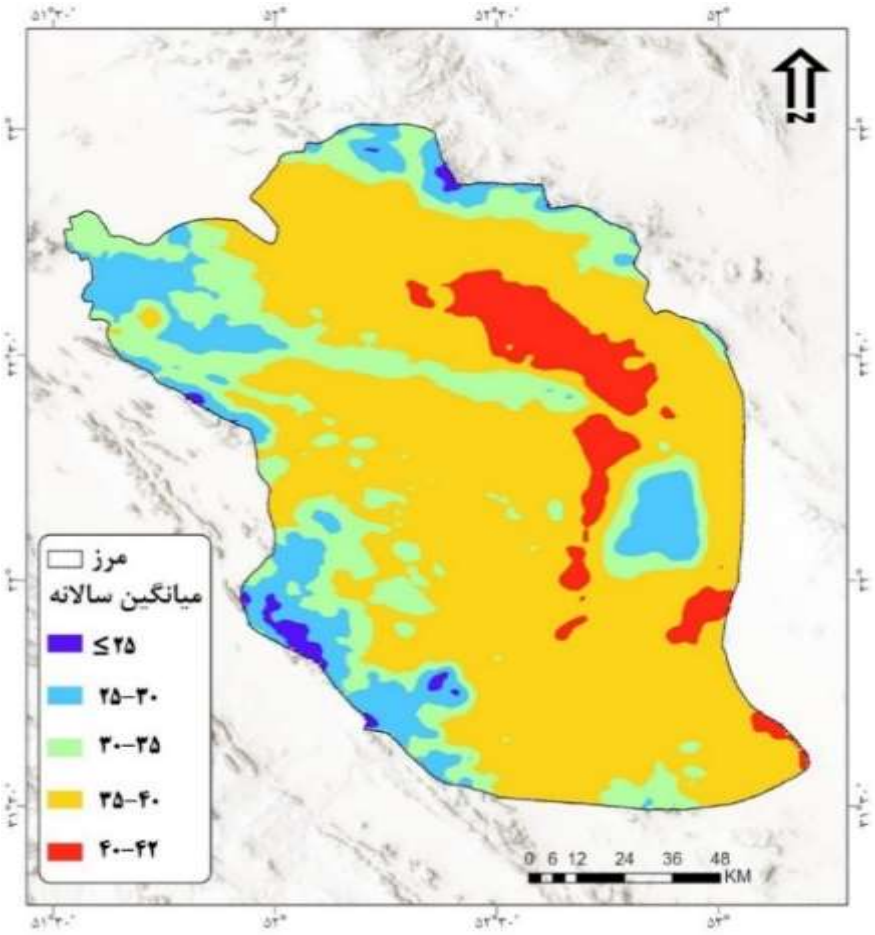
شاخص NDVI می‌تواند تغییرات سطح پوشش گیاهی را به‌دلیل همبستگی قوی بین پوشش گیاهی و شاخص مذکور اندازه‌گیری کند (Zhang et al., 2004). در این میان، فرآورده‌های شاخص پوشش گیاهی تفاضل نرمال‌شدهٔ (NDVI) سنجندهٔ مودیس نقش مهمی را در پایش و ارزیابی پوشش گیاهی دارد. برای بررسی الگوهای تغییرات و

نوسان‌های پوشش گیاهی در زمان و مکان از شاخص NDVI در بازهٔ زمانی ژانویهٔ 2001 تا دسامبر 2020 استفاده شد. بدین منظور، تصاویر خام از وب‌سایت ناسا دریافت که شامل ۲٤۰ تصویر سری زمانی ماهانهٔ پوشش گیاهی شد.

برای بررسی وضعیت تغییرات پوشش گیاهی در شهرستان اصفهان از دیتاهای سنجندهٔ مودیس ماهوارهٔ Terra با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متری استفاده شد. شاخص NDVI از این تصاویر استخراج و وضعیت تغییرات مکانی پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه به‌صورت نقشه تهیه شد.

شرح و تفسیر نتایج

در پژوهش حاضر برای بررسی تغییرات دمایی شهرستان اصفهان در نواحی مرکزی ایران از سنجدهٔ مودیس در دورهٔ زمانی 2001 تا 2020 استفاده و برای بررسی تغییرات میزان تراکم پوشش گیاهی نیز از تصاویر ماهورهٔ لندست در دورهٔ مذکور استفاده شد. نتایج تحلیل بعد از بررسی‌های صورت‌گرفته برروی داده‌های یاخته‌ای دمای رویهٔ زمین درسطح منطقهٔ مطالعه‌شده نشان داد که میانگین یاخته‌ای دمای سالانهٔ سطح زمین در این شهرستان ۳۵/٦ درجهٔ سلسیوس است. براساس نقشهٔ سالانهٔ دمای رویهٔ زمین شهرستان اصفهان، کمینه‌های دمایی به‌طور کامل، منطبق بر ارتفاعات حاشیه‌ای شهرستان است که به‌صورت لکه‌هایی در بخش‌های شمالی (ارتفاعات شمال کوهپایه) و جنوب غربی (ارتفاعات جنوبی شهرضا) دیده می‌شود. این بخش‌ها دمای بین ۱۹ تا ۲۵ درجهٔ سلسیوس را نشان می‌دهد. طبقهٔ دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه به‌صورت حریمی در اطراف بخش‌های اشاره‌شده، اطراف شهر اصفهان و باتلاق گاوخونی پراکنده شده است. بزرگ‌ترین پهنهٔ دمایی در نقشهٔ سالانه شامل دمای ۳۵ تا ٤۰ درجه می‌شود که بخش اعظم شهرستان را دربرگرفته است. بیشینهٔ دمایی که گرم‌ترین لکه‌ها را نشان می‌دهد، در بخش مرکزی شهرستان قرار گرفته است (جدول۱ و شکل ۳).



شکل ۳: میانگین دمای سالانهٔ رویهٔ زمین شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ١٤٠٢)

Fig 3: The monthly of annual temperature of Isfahan (2001-2020)

جدول۱: درصد تغییرات دمای سالانهٔ شهرستان اصفهان (2001-2020)

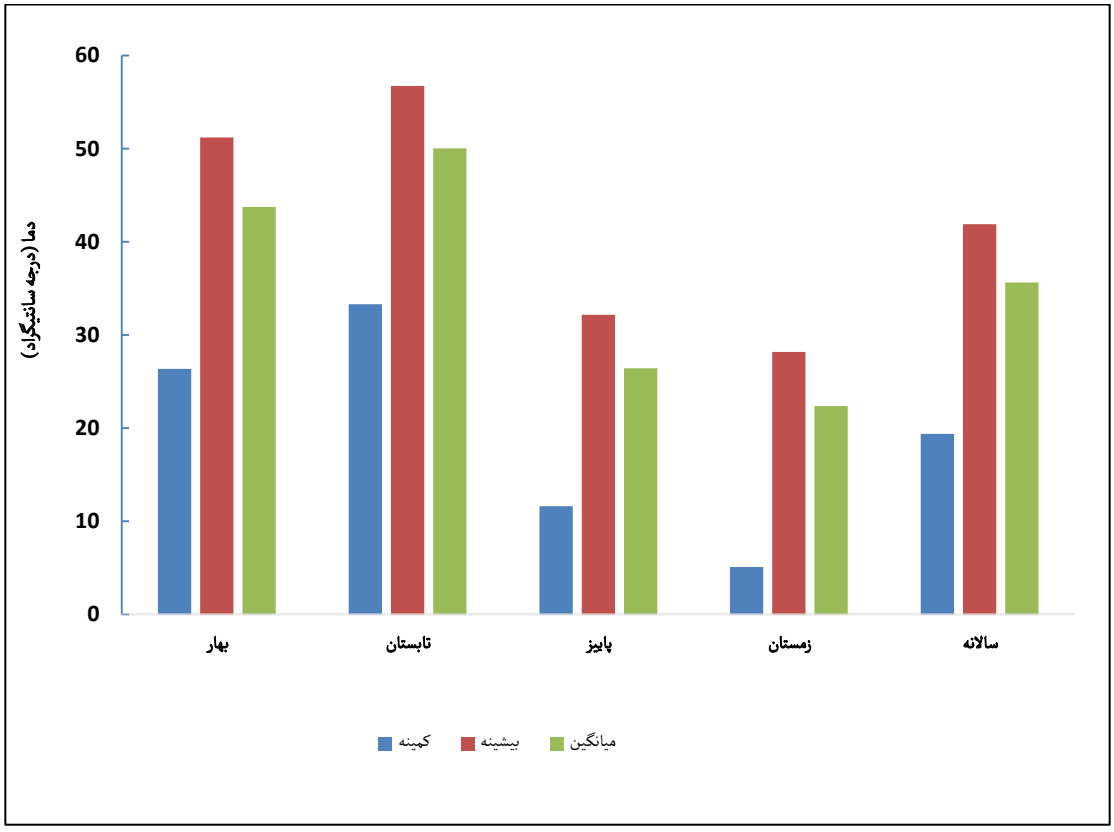
Table 1: Percentage of annual changes in Isfahan city

محدودهٔ دمایی (درجه)	وسعت منطقه (کیلومتر مربع)	درصد از وسعت منطقه
کمتر از ۲۵	١٤٥	۱
۲۵ تا ۳۰	۱۷۸۰	۱۱/۳
۳۰ تا ۳۵	۳۰۷۲	۱۹/۵
۳۵ تا ٤٠	٩٦٢١	٦١/٢
بیشتر از ٤٠	١٠٩٦	٦/٩

منبع: یافته‌های پژوهش، ١٤٠٢

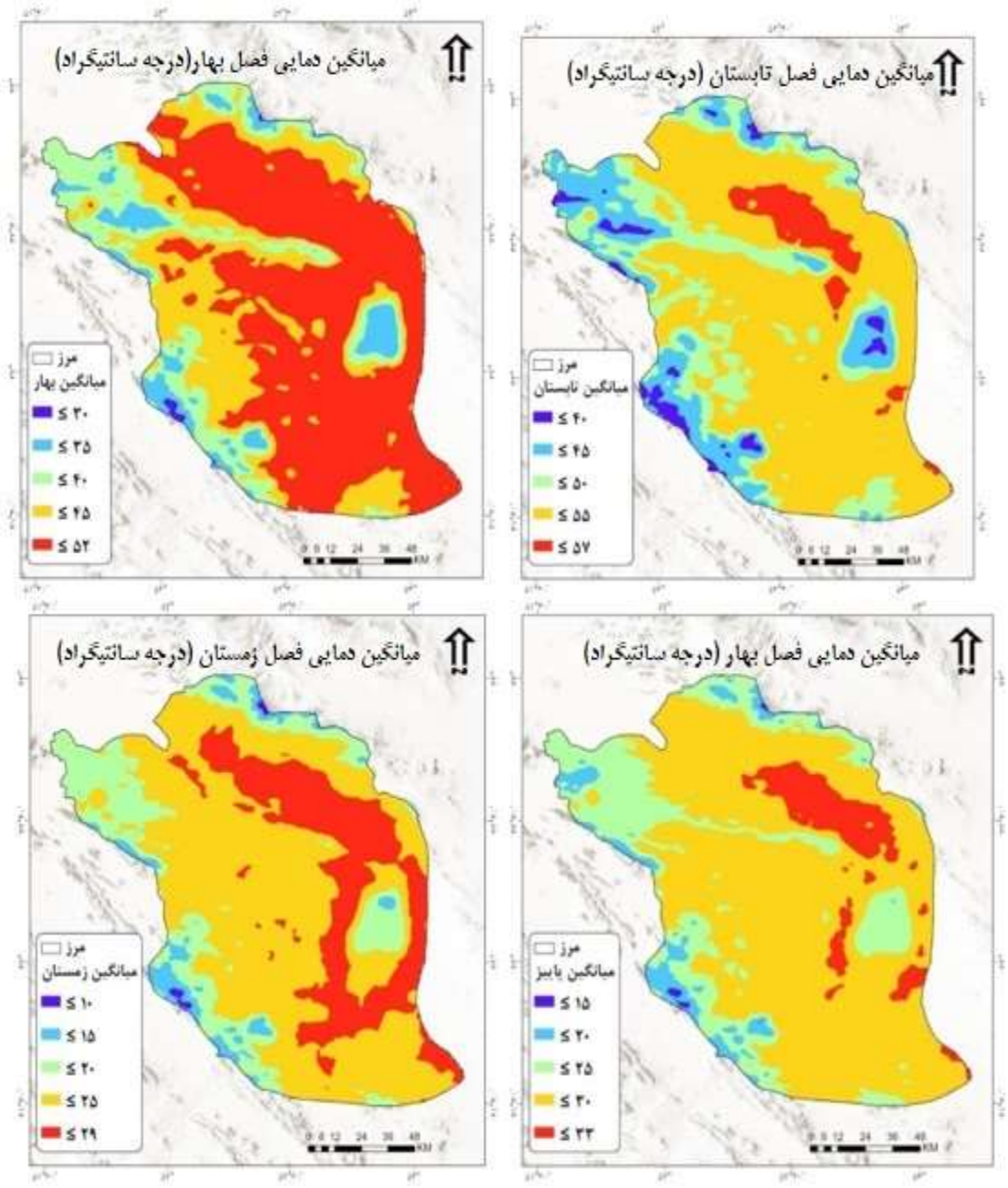
فصل تابستان با میانگین دمای ۵۰/۰۵ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان گرم‌ترین فصل سال و فصل زمستان با میانگین دمای ۲۲/۳۷ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان سردترین فصل سال شناخته شد. بیشینهٔ دمایی فصل تابستان نیز به‌صورت لکه‌هایی در مرکز شهرستان قرار دارد که محدودهٔ بین هرند، ورزنه و جنوب کوهپایه را در برمی‌گیرد و لکه‌های

کوچکی نیز در جنوب باتلاق گاوخونی واقع شده است. باتوجه به اینکه دمای سطح زمین ارتباط نزدیکی با تغییر ارتفاع دارد، کمینهٔ دمایی این فصل بیشتر در بخش‌هایی دیده می‌شود که ارتفاعات وجود دارد؛ بنابراین ارتفاعات شمالی کوهپایه و ارتفاعات شهرضا بخش مهم کمینهٔ دمایی را پوشش می‌دهد؛ البته نباید اثر وجود پهنه‌های آبی و پوشش گیاهی را در کاهش و تعدیل دما نادیده گرفت. به همین خاطر، در بخش‌هایی که منطبق با باتلاق گاوخونی است، به‌دلیل وجود رطوبت، دمای کمینه دیده می‌شود و همچنین، در بخش‌هایی از اطراف شهر اصفهان که باغ‌ها و پوشش گیاهی وجود دارد نیز همین حالت صدق می‌کند. این بخش‌ها دماهای کمتر از ٤٠ درجهٔ سلسیوس را در برمی‌گیرد؛ اما در فصل زمستان که تغییرات مکانی دما بین ٥ تا حدود ٢٨ درجه است، فقط لکه‌های کوچکی در شمال و جنوب شهرستان وجود دارد. بخش اعظم شهرستان دمای کمتر از ٢٥ درجهٔ سلسیوس دارد؛ اما در این بین رطوب گاوخونی باعث ایجاد یک لکهٔ کاهشی دما شده است. در فصل پاییز که بعد از زمستان دومین فصل سرد سال است، میانگین دمایی ٢٦/٤٤ درجهٔ سلسیوس ثبت شده است. نوسانات دمایی این فصل نیز ١١/٦ تا ٣٢/١٦ درجهٔ سلسیوس است که کمینهٔ دمایی مثل حالت سالانه در ارتفاعات شمالی و جنوبی است. میانگین کلی فصل بهار برای شهرستان اصفهان ٤٣/٧٤ درجهٔ سلسیوس است. دامنهٔ تغییرات مکانی دما ٢٦ تا ٥١ درجه را نشان می‌دهد (شکل‌های ٤ و ٥، جدول ٢).



شکل ٤: پراکندگی فصلی دمای رویهٔ زمین شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ١٤٠٢)

Fig 4: Seasonal distribution of surface temperature in Isfahan city (2001-2020)



شکل ۵: میانگین دمای رویهٔ زمین فصل‌های شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Fig 5: The Average surface temperature of the seasons in Isfahan city (2001-2020)

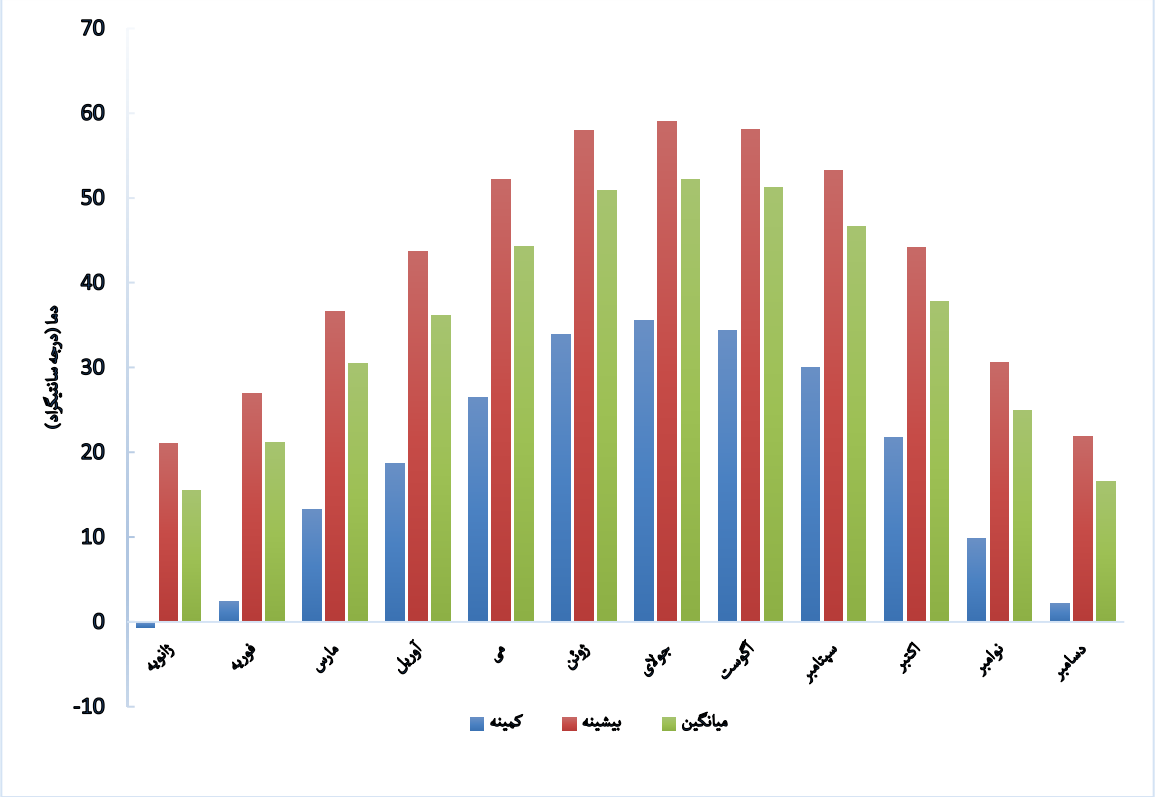
جدول ۲: درصد تغییرات مکانی دمای فصل بهار اصفهان (2001-2020)

Table 1: The percentage of spatial changes in Isfahan's spring temperature

فصل	محدودهٔ دمایی (درجه)	وسعت منطقه (کیلومتر مربع)	درصد از وسعت منطقه
بهار	کمتر از ۳۰	۳۷/۷	۰/۲٤
	۳۰ تا ۳۵	۱۰۱٤	٦/٤
	۳۵ تا ٤۰	۲۳۷۱	۱۵
	٤۰ تا ٤۵	۳۹۹٦	۲۵/٤
	بیشتر از ٤۵	۸۲۹۵	۵۲/۷
تابستان	کمتر از ٤۰	٤۳٦	۲/۷
	٤۰ تا ٤۵	۲۰۹٤	۱۳/۳
	٤۵ تا ۵۰	۳۰۵۵	۱۹/٤۳
	۵۰ تا ۵۵	۹۲٤۹	۵۸/۸
	بیشتر از ۵۵	۸۸۱	۵/٦
	کمتر از ٤۰	٤۳٦	۲/۷
پاییز	کمتر از ۱۵	۳۱/۷	۰/۲
	۱۵ تا ۲۰	۷۰۹	٤/۵
	۲۰ تا ۲۵	۳۲۸۵	۲۰/۹
	۲۵ تا ۳۰	۱۰٤۱۹	٦۷
	بیشتر از ۳۵	۱۲۷۰	۸
زمستان	کمتر از ۱۰	٤۳	۰/۲۷
	۱۰ تا ۱۵	٦۱۹	۳/۹
	۱۵ تا ۲۰	۲٦۹۸	۱۷
	۲۰ تا ۲۵	۸۹۰۵	۵٦/٦
	بیشتر از ۲۵	۳٤٤۹	۲۱/۹

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

ازنظر پراکندگی مکانی، ماهانه دمای رویهٔ زمین در شهرستان اصفهان باید به دو گروه تقسیم شود: ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر، دسامبر با میانگین دمای ۲۱ تا ۳۰ درجهٔ سلسیوس سردترین ماه‌های سال و ماه‌های مارس، آوریل، می، جون، جولای، آگوست، سپتامبر، اکتبر با میانگین دمای ۳۰ تا ۵۹ درجهٔ سلسیوس گرم‌ترین ماه‌های سال هستند. ماه ژانویه با میانگین دمای ۲۱ درجه سردترین ماه سال است. کمینه دمای این ماه با مقدار کمتر از ۵ درجهٔ سلسیوس منطبق بر ارتفاعات شمالی و جنوبی شهرستان است (شکل ٦).



شکل٦: پراکندگی ماهانه دمای رویهٔ زمین شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ١٤٠٢)

Fig 6: Monthly distribution of surface temperature of Isfahan city (2001-2020)

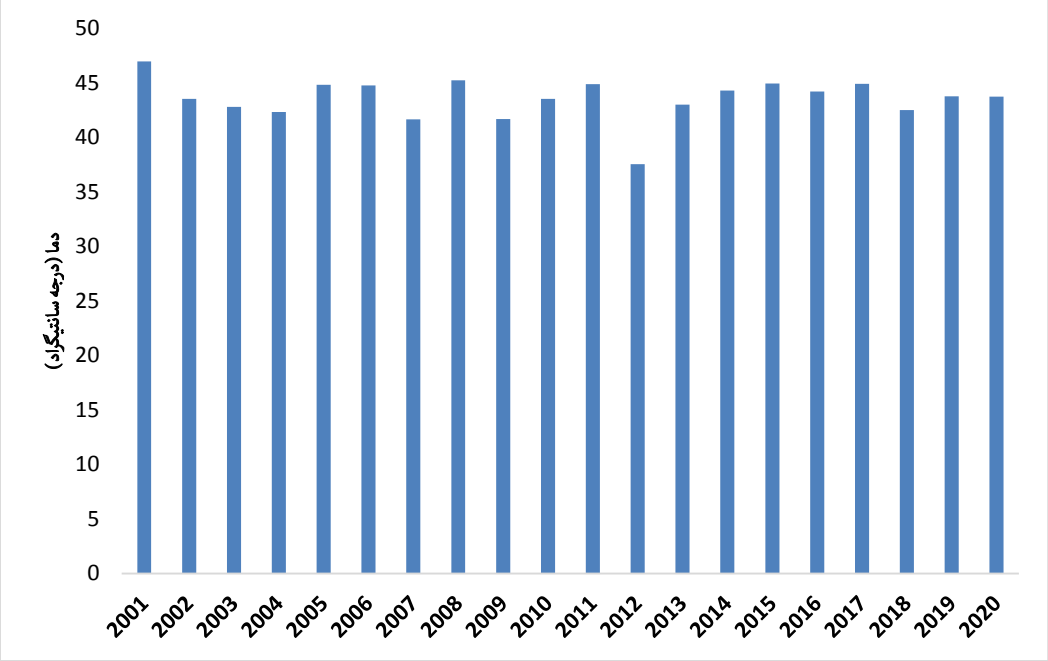
بررسی تغییرات زمانی دما و تراکم پوشش گیاهی

بررسی تغییرات زمانی سالانه دمای رویهٔ شهرستان اصفهان نشان می‌دهد که در طی این دوره، دما به‌طور کلی افزایشی است. سال 2011 با میانگین دمای سالانه ۳۷/۲۱ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان گرم‌ترین و سال 2012 با میانگین دمای سالانه ۳۳/۷ درجهٔ سلسیوس به‌عنوان سردترین سال در دورهٔ بررسی‌شده شناخته می‌شود.

برای بررسی اثرهای وجود پوشش گیاهی و میزان تراکم پوشش گیاهی در کاهش دمای رویهٔ زمین در منطقهٔ شهری اصفهان از داده‌های ماهورهٔ لندست استفاده و شاخص پوشش گیاهی NDVI برروی این داده‌ها اعمال شد؛ درنتیجه نقشه و میزان تراکم پوشش گیاهی به دست آمد. از آنجایی که نقشهٔ پوشش گیاهی و دمای رویهٔ زمین به‌طور عینی در یک تاریخ مشخص و همزمان تهیه شده است، پس به‌راحتی ازنظر بصری می‌توان نقش تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی را در نقاط مختلف شهر اصفهان مشاهده کرد. این پوشش گیاهی یا به‌صورت طبیعی ایجاد شده است یا اینکه به‌صورت پارک‌های مختلف انسان‌ساخت در بخش‌های مختلف شهر دیده می‌شود. با بررسی‌های صورت‌گرفته به‌طور دقیق مشخص شد در هرجایی از پهنهٔ اصفهان که پوشش گیاهی وجودداشته، به‌طور دقیق کمینهٔ دمایی نیز منطبق بر همین بخش‌ها بوده است. به همین خاطر در بخش‌هایی از شهر که خالی از پوشش گیاهی است (بیشتر منطبق بر ساخت‌وسازهای شهری یا زمین‌های بایر است) افزایش چشمگیری در دمای رویهٔ زمین دیده می‌شود؛ بنابراین

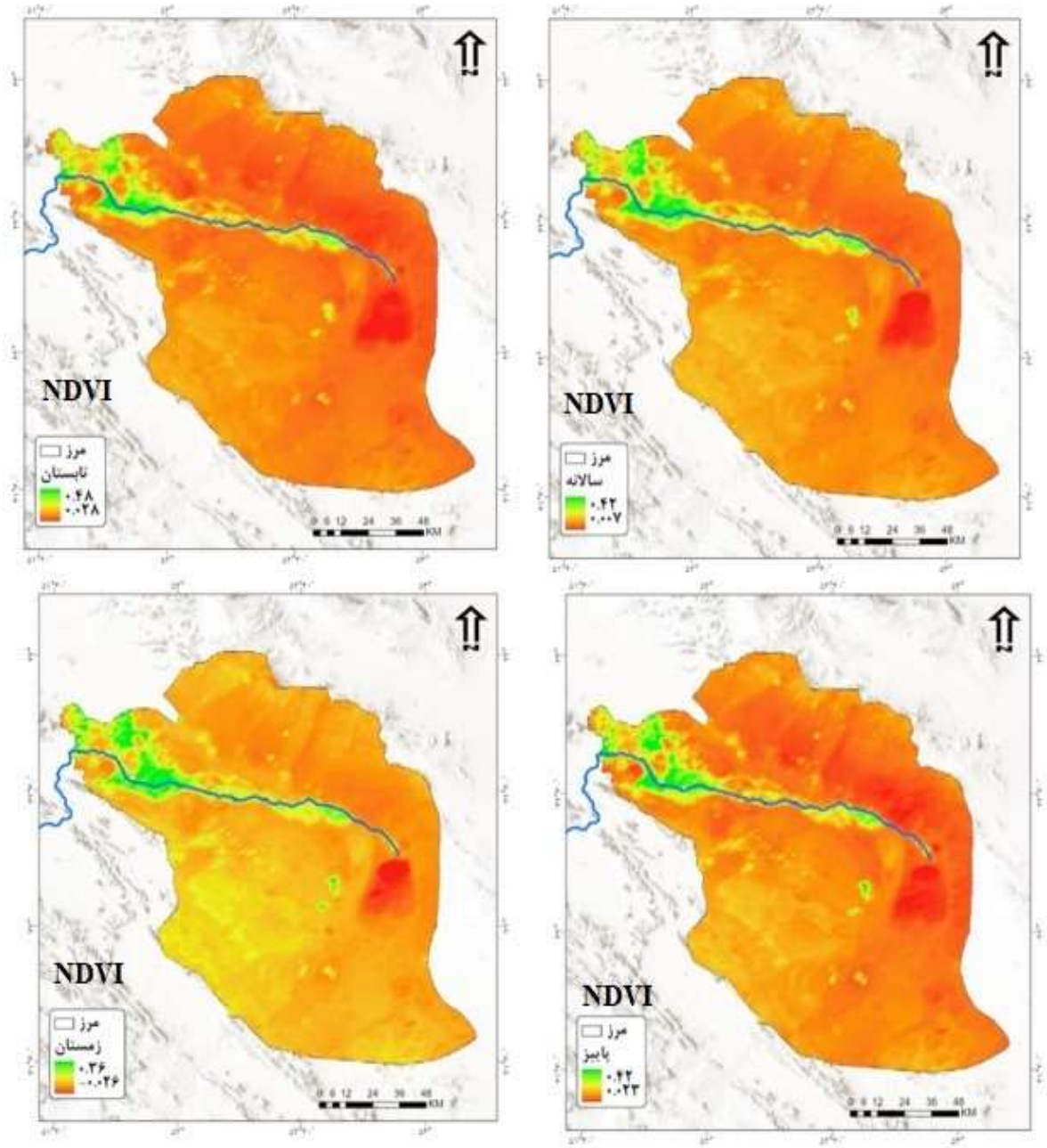
نمی‌توان از اثر تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی در دمای شهر و کاهش همزمان جزیرهٔ حرارتی در منطقهٔ مطالعه‌شده چشم‌پوشی کرد. بخش عمدهٔ تمرکز و تراکم پوشش گیاهی در این شهرستان به‌طور دقیق، منطبق بر مسیر عبور زاینده رود است. در این مسیر بیشتر، زمین‌های کشاورزی و باغ‌هایی است که با آب زاینده رود زنده هستند. پس نقش زاینده رود در سرسبزی این پهنه انکارناپذیر است و در زمان‌هایی که این رودخانه خشک است، به‌طور قطع، اثر آن در میزان پوشش گیاهی منطقه نیز بارز خواهد بود. در این پهنه دورهٔ رشد یا رویشی از ماه آوریل تا اکتبر است. براساس نمودار شکل ۷ بیشتر پوشش گیاهی در ماه‌های فصل بهار دیده می‌شود که نشان‌دهندهٔ شروع دورهٔ رویشی در این منطقه است و نیز می‌تواند بیانگر بیشینهٔ میزان پوشش گیاهی در کشت بهاره نسبت به کشت پاییزه باشد.

ازطرفی تغییرات رشد شهری نشان از تخریب شدید در پوشش سبز منطقه دارد و بخش عمدهٔ این تغییرات برای تبدیل‌شدن به مناطق شهری است. تغییرات رشد شهری باعث شده است که جزایر حرارتی شهری به‌سمت مناطقی هدایت شوند که با فقر پوشش گیاهی و توسعهٔ کاربری‌های ساخت‌وسازشده مواجه بوده‌اند. تمامی این موارد حاصل افزایش جمعیت، افزایش مساحت شهری و تغییر کاربری‌های رخ‌داده، است. دلیل دمای پایین برخی از بخش‌های مرکز شهر، وجود پارک‌های پراکنده، آب‌نماهای مصنوعی، دریاچه‌های کوچک داخل پارک، فضای سبز خنک و گاهی آب جاری زاینده رود است. همان‌طور که اشاره شد دلیل این خنکی مرکزی به‌دلیل قرارگیری شهر در منطقهٔ نیمه‌خشک کشور است و به‌طور دقیق بخش‌هایی از شهر حرارت بیشتری دارند که فاقد فضای سبز و منبع آبی هستند. همچنین، وجود باغ‌های گسترده و وسیع در اطراف زاینده و غرب شهر اصفهان، اهمیت تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی را در دمای سطحی بارز کرده است.



شکل ۷: روند تغییرات زمانی دمای رویهٔ زمین شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Fig 7: The trend of temporal changes in surface temperature of Isfahan city (2001-2020)



شکل۸: تغییرات پوشش گیاهی شهرستان اصفهان (2001-2020) (منبع: نگارندگان، ١٤٠٢)

Fig 8: Vegetation changes in the city of Isfahan (2001-2020)

نتیجه‌گیری

فضای سبز، رشد پوشش گیاهی و افزایش رطوبت همواره به‌عنوان عوامل تعدیل‌کنندگی دما شناخته شده است که نقش موثری در کاهش این جزایر حرارتی به‌ویژه در مناطق شهری دارند. بدین منظور در پژوهش حاضر از داده‌های ماهواره‌ای لندست برای بررسی اثر تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی در دمای سطحی شهر اصفهان استفاده و از فرآورده‌های سنجندهٔ مودیس نیز برای بررسی وضعیت دمایی و نقش پوشش گیاهی در آن برای شهرستان اصفهان

استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روند تغییرات کاربری اراضی در طی دهه‌های اخیر که منجر به رشد و توسعهٔ شدید شهری‌شده، اثر آن در تخریب شدید پوشش گیاهی سبز قابل مشاهده است. به‌دلیل وجود همبستگی شدید بین کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای شهری، لزوم حفظ و نگهداری پوشش گیاهی و افزایش فضای سبز به‌ویژه در مناطق شهری اهمیت فراوانی دارند؛ زیرا نقش مهمی در تعدیل شرایط اقلیمی دارند.

نتایج این تحقیق نشان داد که رشد شهرنشینی باعث تشکیل طبقات دمایی بالا در مناطق مسکونی و غیرمسکونی می‌شود. به‌گونه‌ای که الگوی توزیع تغییرات مکانی-زمانی حرارتی در شهر اصفهان و جابه‌جایی مکانی نقاط گرم در بعضی از بخش‌های شهر منجر به کاهش نقاط گرم، ثابت‌ماندن تقریبی تراکم، تسلط درجه حرارت بالا و افزایش تعداد الگوی حرارتی به‌صورت کم وسعت‌تر اما خرد و پراکنده‌تر درطول زمان مطالعه‌شده می‌شود (بابایی، ۱۳۹٤؛ احمدی و داداشی رودباری، ۱۳۹٦). توسعهٔ شهرنشینی باعث کاهش اراضی بایر با درجه حرارت بالا و تشکیل طبقه‌ای از دمای به نسبت کمتر از اراضی بایر برروی مناطق مسکونی می‌شود؛ اما فشردگی بافت شهری همراه با عوامل دیگر ناشی از گسترش شهرنشینی باعث تشکیل کانون‌های جدید از الگوی حرارتی در بخش‌های شلوغ و پر ازدحام شهر می‌شود. پوشش گیاهی اثر کاهنده بر سطح‌های ساخته‌شدهٔ شهری (خیابان‌های پرترافیک)، تغییر در کاربری زمین (زمین‌های کشاورزی) به کاربری مسکونی، همجوارشدن با اراضی بایر در شهر، اثرهای تشدیدکننده بر درجه حرارت بالا و نقاط گرم دارد (Zipper at al., 2016; Senanayake et al., 2013).

درواقع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که باتوجه به بررسی‌های صورت‌گرفته برروی داده‌های ماهوارهٔ لندست در اصفهان، همبستگی شدیدی بین وجود پوشش گیاهی و کاهش دمای سطح شهر وجود دارد. به‌گونه‌ای که در بخش‌هایی از شهر که میزان تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد، به‌شدت از دمای سطح کاسته و درنتیجه نقش تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی به‌خوبی دیده می‌شود؛ اما با فاصله‌گرفتن از پوشش گیاهی دما به‌طور کامل افزایشی می‌شود. به‌ویژه در مناطقی که ساخت‌وساز شهری افزایش پیدا کرده است. گفتنی است نقشهٔ تعدیل‌کنندگی رودخانهٔ زاینده رود در سال‌هایی که آب در آن جاری است در پیرامون خود به‌طور کامل نمایان است؛ درنتیجه باید گفته شود که مقایسهٔ نقشه‌های پوشش گیاهی مشتق‌شده از شاخص NDVI و مقایسهٔ آن با نقشه‌های دمایی همان زمان، نشان از انطباق و هماهنگی چشمگیر جزایر حرارتی شهری با سطح‌های بالا و پایین پوشش گیاهی دارد که با سایر پژوهش‌های صورت‌گرفته در مناطق شهری نیز مطابقت دارد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ بابایی، ۱۳۹٤؛ مزیدی و حسینی، ۱۳۹٤).

ازطرفی تغییرات رشد شهری نشان از تخریب شدید در پوشش سبز منطقه دارد و بخش عمدهٔ این تغییرات برای تبدیل‌شدن به مناطق شهری است. این عامل باعث شده است که جزایر حرارتی شهری به‌سمت مناطقی هدایت شوند که با فقر پوشش گیاهی و توسعهٔ کاربری‌های ساخت‌وسازشده، مواجه بوده‌اند. تمامی این موارد حاصل افزایش جمعیت، افزایش مساحت شهری و تغییر کاربری‌های رخ داده است. از آنجایی که شهر اصفهان در یک منطقهٔ نیمه‌خشک قرار گرفته است، مرکز شهر دمای سطحی کمتری را نسبت به محیط اطراف خشک غیرشهری دارد که

به‌خوبی مؤید وجود جزایر حرارتی سرد در این شهر است. در مرز بین مرکز شهر و حومهٔ شهری یک شیب تند حرارتی دارد. دلیل دمای پایین برخی از بخش‌های مرکز شهر، وجود پارک‌های پراکنده، آب‌نماهای مصنوعی، دریاچه‌های کوچک داخل پارک، فضای سبز خنگ و گاهی آب جاری زاینده رود است. همان‌طور که اشاره شد دلیل این خنکی مرکزی به‌دلیل قرارگیری شهر در منطقهٔ نیمه‌خشک کشور است و به طور دقیق بخش‌هایی از شهر که حرارت بالاتری دارند، فاقد فضای سبز و منبع آبی هستند. همچنین، وجود باغ‌های گسترده و وسیع در اطراف زاینده رود و غرب شهر اصفهان، اهمیت تعدیل‌کنندگی پوشش گیاهی را در دمای سطحی بارز کرده است که با مطالعهٔ انجمن‌الشعاع و همکاران ۱۴۰۰ در شهر کرمان مطابقت دارد؛ درنتیجه باید گفته شود که مقایسهٔ نقشه‌های پوشش گیاهی مشتق‌شده از شاخص NDVI و مقایسهٔ آن با نقشه‌های دمایی همان تاریخ، نشان از انطباق و هماهنگی چشمگیر جزایر حرارتی شهری با سطح‌های بالا و پایین پوشش گیاهی دارد. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده و تأثیر فراوان پوشش گیاهی در کاهش دما، لزوم و اهمیت حفاظت و نگهداری کاربری پوشش گیاهی و فضای سبز به‌ویژه در محیط‌های شهری برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری به‌عنوان یک متغیر بسیار مهم برای تعدیل شرایط آب‌وهوایی است.

منابع

انجم‌الشعاع، فرحناز؛ مریم، مروتی؛ مهدی، تازه و بهادری امجز، فاطمه (۱۴۰۰). بررسی رابطهٔ جزایر حرارتی با محدوده های فضای سبز و آشکارسازی تغییرات آن: مطالعهٔ موردی شهر کرمان. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۱ (٤)، ۸۳-۱۰٦.

احمدی، محمود و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹٦). شناسایی جزایر حرارتی شهری مبتنی بر رویکرد زیست‌محیطی: مطالعهٔ موردی کلانشهر اصفهان. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۸ (۳)، ۱-۲۰.

بابایی فینی، ام‌السلمه (۱۳۹٤). بررسی رابطهٔ دمای سطح زمین و شاخص بهنجارشدهٔ پوشش گیاهی در محیط شهری: مطالعهٔ موردی کلانشهر اصفهان. *جغرافیای طبیعی*، ۸ (۲۹)، ۷۵-۹۰.

تقی‌زاده زهرا و مزیدی، احمد (۱۳۹۸). بررسی تغییرپذیری مخاطرهٔ جزیرهٔ گرمایی باتوجه به تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر اصفهان. *مخاطرات محیطی*، ۳ (٦)، ۱۰۳-۱۲۰.

رضایی، الهه؛ محمد، فرینازگلی؛ شاهرخ، سلطانی‌نیا و موزون، مجید (۱۳۹۵). راهکارهای سهم ینا در کاهش پدیدهٔ جزایر گرمایی شهرها در اقلیم گرم و خشک. *کنفرانس بین‌المللی توسعهٔ پایدار و عمران شهری*، اصفهان.

ساسانپور، فرزانه؛ ضیاییان، پرویز و بهادر، مریم (۱۳۹۲). بررسی رابطهٔ کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران. *جغرافیا (فصلنامهٔ بین‌المللی جغرافیایی ایران)*، ۱۱ (۳۹)،۲۵٦-۲۷۰.

طالشی، علی؛ ستوده، احمد؛ صبوحی، مرتضی و نیازی، یعقوب (۱۳۹۳). ارزیابی اثرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین با کاربرد سنجش از دور حرارتی: مطالعهٔ موردی در تهران. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۵ (۱۰)، ٦۹-۷۸.

عقیلی نسب، زهرا؛ محمدزاده، مرجان؛ ماهینی، عبدالرسول و زارعی، حسین (۱۳۹۱). تحلیل روش محاسبهٔ جزیرهٔ حرارتی شهری با استفاده از سنجش از دور. دومین *کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست*، تهران.

عقیلی نسب، زهرا؛ محمدزاده، مرجان؛ ماهینی، عبدالرسول و زارعی، حسین (۱۳۹۲). تحلیل جزایر حرارتی شهری با استفاده از سنجش از دور و رابطهٔ آن با توسعهٔ دوستدار محیط‌زیست. *مجلهٔ محیط‌زیست و توسعه*، ٤ (۸)، ۷۹-۸۸.

متکان، علی‌اکبر؛ نوحه‌گر، احمد؛ میرباقری، بابک و ترک‌چین، ناهید (۱۳۹۳). تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چندزمانهٔ سنجندهٔ ASTER: مطالعهٔ موردی: شهر بندرعباس. *مجلهٔ سنجش از دور و GIS در منابع طبیعی*، ۵ (٤)، ۱-١٤.

مزیدی، احمد و حسینی، فاطمه سادات (۱۳۹٤). تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیرهٔ گرمایی در منطقهٔ شهری یزد با استفاده از داده‌های سنجش از دور. *جغرافیا و توسعه*، ۱۳ (۳۸)، ۱-۱۲.

هاشمی، سید محمود؛ علوی‌پناه، سید کاظم و دیناروندی، مرتضی (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست‌شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی. *محیط‌شناسی*، ۳۹ (۱)، ۸۱-۹۲.

گلسرانی، زهره؛ محمدی، حسین؛ برنا، رضا و اسدیان، فریده (۱٤۰۱). تحلیل ارتباط دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در شکل‌گیری جزیرهٔ گرمایی و مخاطرات آن: مطالعهٔ موردی: کلانشهر اصفهان. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۹ (٤)، ۳٤۱-۳٥٤.

فرهادی، هادی؛ نجف‌زاده، محمد (۱٤۰۰). ارائهٔ روشی نوین در بهبود پایش فصلی دمای سطح آب رودخانهٔ کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست. *نشریهٔ مهندسی عمران امیرکبیر*، ۵۳ (۱۱)، ٤٦۳۹ -.٤٦٥٦۸.

References:

Aghili Nasab, Z., Mohammadzadeh, M., Mahini, A. S., & Zarei, H. (2012). Analysis of urban heat island calculation method using remote sensing. *The Second Environmental Planning and Management Conference*. (n.p) [In Persian].

- Aghili Nasab, Z., Mohammadzadeh, M., Mahini, A. S., & Zarei, H. (2013). Analysis of urban heat islands using remote sensing and its relationship with the environmentally friendly development. *Journal of Environment and Development*, *4*(8), 79-88 [In Persian].
- Ahmadi, M., & Dadashi, A. (2017). The identification of urban thermal islands based on an environmental approach (Case study: Isfahan Province). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 28(3), 1-20 [In Persian].
- Anjomshoa, F., Morovati, M., Tazeh, M., & Bahadori Amjaz, F. (2022). Investigating the relationship between thermal islands and green space areas and detecting its changes (Case study: Kerman City). *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, *11*(4), 83-106 [In Persian].
- Babaee Fini, O. S. (2015). A Study of the relationship between the land surface temperature and normalized indicator of vegetation in the urban environment (Case study: Esfahan Province). *Quarterly Journal of Physical Geography*, *8*(29), 75-90 [In Persian].
- Essaadia, A., Abdellah, A., Ahmed, A., Abdelouahed, F., & Kamal, E. (2022). The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: Comparison and

dynamics. *Heliyon Journal*, *8*(12), e12204.
- Faramarzi, M., Heidarizadi, Z., Mohamadi, A., & Haidari, M. (2018). Detection of vegetation changes in relation to normalized difference vegetation index (NDVI) in semi-arid rangeland in western Iran. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, *20*, 51-60.
- Farhadi, H., & Najafzadeh, M. (2022). Presenting a new method to improve seasonal monitoring of Karun River water surface temperature using Landsat-8 Satellite images. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *53*(11), 4639-4656 [In Persian].
- Ganie, M. A., & Nusrath, A. (2016). Determining the vegetation indices (NDVI) from Landsat 8 satellite data. *International Journal of Advanced Research*, *4*(8), 1459-1463. DOI:10.21474/IJAR01/1348.
- Ghebrezgabher, M. G., Yang, T., Yang, X., & Sereke, T. E. (2020). Assessment of NDVI variations in responses to climate change in the Horn of Africa. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *23*(3), 249-261, https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.08.003.
- Golestani, Z., Mohammadi, H., Borna, R., & Asadian, F. (2022). Analysis of the relationship between earth surface temperature and vegetation in the formation of heat island and its hazards (Case study: Isfahan Metropolis). *Journal of Environmental Hazards Management*, *9*(4), 341-354.
- Hashemi, S. M., Alavipanah, S. K., & Dinarvandi, M. (2013). LST assessment using thermal remote sensing in urban environment. *Journal of Environmental Studies*, *39*(1), 81-92 [In Persian].
- Hidalgo-García, D., & Arco-Díaz, J. (2022) Modeling the surface urban heat island (SUHI) to study of its relationship with variations in the thermal field and with the indices of land use in the metropolitan area of Granada (Spain). *Journal of Sustainable Cities and Society*, *87*, 104166. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104166.
- Hua, L., Zhang, X., Nie, Q., Sun, F., & Tang, L. (2020). The impacts of the expansion of urban impervious surfaces on urban heat islands in a coastal city in China. *Sustainability*, *12*(2), 475.
- Li, L., Zha, Y., & Zhang, J. (2020). Spatial and dynamic perspectives on surface urban heat island and their relationships with vegetation activity in Beijing, China, based on moderate resolution imaging spectroradiometer data. *International Journal of Remote Sensing*, *41*(3), 882-896.
- Ma, X., & Peng, S. (2021). Assessing the quantitative relationships between the impervious surface area and surface heat island effect during urban expansion. *PeerJ*, *9*, e11854. https://doi.org/10.7717/peerj.11854.
- Mallick, J., Kant, Y., & Bharath, B. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *The Journal of Indian Geophysical Union*, *12*(3), 131-140.
- Matkan, A. A., Nohegar, A., Mirbagheri, B., & Torkchin, N. (2015). Assessment relations of land use in heat islands using time series ASTER sensor data (Case study: Bandar Abbas City). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *5*(4), 1-14 [In Persian].

- Mazidi, A., & Hosseini, F. S. (2015). Effects of changing land use and land cover on the heat island in the urban area of Yazd using remote sensing data. *Journal of Geography and Development*, *13*(38), 1-12 [In Persian].
- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G., & Munafò, M. (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of the Total Environment*, *551*, 317–326.
- Rezaei, M., Goli, F., Soltaninia, Sh., & Mozoun, M. (2016). Sahm Bana's solutions to reduce the phenomenon of heat islands in cities in hot and dry climates. *International Conference on Sustainable Development and Urban Development.* (n.p) [In Persian].
- Sasanpour, F., Ziaeian, P., & Bahadori, M. (2013). Investigating the relationship between land-use and land cover and thermal islands in Tehran. *Journal of Geography*, *11*(32), 256-270 [In Persian].
- Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Journal of Urban Climate*, *5*, 19-35.
- Solano, R., Didan, K., Jacobson, A., & Huete, A. (2010). MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series). *Vegetation Index and Phenology Lab, the University of Arizona*, 1-38.
- Taghizadeh, Z., & Mazidi, A. (2019). The investigation of the variability of heat island hazard according to land use and land cover changes in Esfahan. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, *6*(3), 103-110 [In Persian].
- Taleshi, A., Sotoudeh, A., Sabouhi, M., & Niazi, Y. (2014). Evaluating the land cover impact assessment on land surface temperature using thermal remote sensing data (Case study: Tehran Province). *Journal of Environmental Researches*, *5*(10) [In Persian].
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., ... & Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, *54*(1), 75–84.
- 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. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107390.
- Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A. A., Javed, M. F., Nazir, A., … & Mohamed, A. (2023). Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, *9*(2). doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13322.
- Umar, U. M., & Kumar, J. S. (2014). Spatial and temporal changes of urban heat island in Kano metropolis, Nigeria. *International Journal of Research in Engineering Science and Technology*, *1*(2), 1-9.
- Yang, L., Li, X., & Shang, B. (2022). Impacts of urban expansion on the urban thermal

environment: A case study of Changchun, China. *Chinese Geographical Science*, *32*(1), 79–92 https://doi.org/10.1007/s11769-021-1251-3.

- Yang, X., Yang, T., Ji, Q., He, Y., & Ghebrezgabher, M. G. (2014). Regional-scale grassland classification using moderate-resolution imaging spectrometer datasets based on multistep unsupervised classification and indices suitability analysis. *Journal of Applied Remote Sensing*, *8*(1), 083548. https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083548.
- Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., & Strahler, A. H. (2004). Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid-and high latitudes inferred from MODIS data. *Journal of Global Change Biology*, *10*(7), 1133-1145.
- Zipper, S. C., Schatz, J., Singh, A., Kucharik, C. J., Townsend, P. A., & Loheide, S. P. (2016). Urban heat island impacts on plant phenology: Intra-urban variability and response to land cover. *Journal of Environmental Research Letters*, *11*(5), 054023.