



Analyzing the Relationship between Temporal and Spatial Changes in Daily Surface Temperature and the Spatial Pattern of Land Cover Changes in the Direction of Environmental Sustainability (Case Study: Kashan city_ Iran)

Mostafa Tahani Yazdli¹ | Iman Rousta² | Hadi Abdolazimi³

1. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: tahani.m61@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Geography, Faculty of Humanities, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: irousta@yazd.ac.ir
3. Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Science, Agriculture and New Technology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: hadiabdolazimi@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 16 Jul 2022

Received in revised form:
21 Aug 2022

Accepted: 27 Aug 2022

Available online: 21 Jan
2023

Keywords:

Land Cover,
Surface Temperature,
Horizontal and Vertical
Expansion of the City,
Spatial Autocorrelation,
Kashan City.

The world is experiencing an unprecedented flow of urbanization. Population growth and urbanization have changed land use in urban areas. One of the consequences of these changes is the increase in the temperature of the earth's surface in urban areas and the formation of a heat island. The main purpose of this research is to monitor the surface temperature of the earth and its relationship with land cover. For this purpose, Landsat 8 and 7 satellite images were taken first. Then, using the supervised classification method - maximum likelihood algorithm, the land cover map was classified into three classes of man-made land, barren land and vegetation and finally, in order to monitor the surface temperature of the earth, the surface temperature map of Kashan city was extracted using single channel algorithm. The analysis of land cover showed that man-made lands increased by 21.05 percent during the years 1385 to 1400, and barren lands and lands with vegetation (with 11.17 percent and 9.88 percent, respectively) has had a decreasing trend. The minimum temperature of the earth's surface has reached from 34.87 degrees Celsius to 42.33 degrees Celsius in 1385 and 1400, respectively. Also, during the 15-year period, the maximum temperature has increased from 59.63 degrees Celsius to 60.70 degrees Celsius. Vegetation has the lowest surface temperature in the studied years. Due to its climatic and spatial nature, the city of Kashan, like other arid and semi-arid regions of Iran, has a lower surface temperature than its surrounding environment, this phenomenon is known as urban cool islands. Moran's spatial autocorrelation analysis at the 99% confidence level showed that the surface temperature data of Kashan city are distributed in clusters. According to the G_i^* index, in all the studied years, the maximum temperature belongs to barren lands.

Cite this article: Tahani Yazdli, M., Rousta, I. & Abdolazimi, H. (2023). Analyzing the Relationship between Temporal and Spatial Changes in Daily Surface Temperature and the Spatial Pattern of Land Cover Changes in the Direction of Environmental Sustainability (Case Study: Kashan city_ Iran). *Geography and Environmental Sustainability*, 13 (1), 1-20. DOI: 10.22126/GES.2022.8014.2551



© The Author(s).

DOI: 10.22126/GES.2022.8014.2551

Publisher: Razi University

تحلیل رابطه تغییرات زمانی و مکانی دمای روزانه سطح زمین با الگوی فضایی تغییرات پوشش اراضی در راستای پایداری محیطی (مطالعه موردی: شهر کاشان)

مصطفی طحانی یزدلی^۱ | ایمان روستا^۲ | هادی عبدالعظیمی^۳

۱. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: tahani.m61@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: irousta@yazd.ac.ir
۳. گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم، کشاورزی و فناوری‌های نوین، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: hadiabdolazimi@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله:</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۵</p> <p>دسترسی آنلاین: ۱۴۰۱/۱۱/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>پوشش اراضی، دمای سطح زمین، گسترش افقی و عمودی شهر، خودهمبستگی فضایی، شهر کاشان.</p>	<p>جهان امروزه جریان بی‌سابقه‌ای از شهری شدن را تجربه می‌نماید. رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی موجب تغییرات کاربری اراضی در نواحی شهری شده است. یکی از پیامدهای این تغییرات، افزایش دمای سطح زمین در نواحی شهری و شکل‌گیری جزیره گرمایی می‌باشد هدف اصلی از این تحقیق پایش دمای سطح زمین و رابطه‌ای آن با پوشش اراضی می‌باشد. به همین منظور ابتدا تصاویر ماهواره لندست ۸ و ۷، اخذ شد. سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده - الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه پوشش اراضی به سه طبقه اراضی انسان ساخت، بایر و پوشش گیاهی طبقه‌بندی گردید و در نهایت به منظور پایش دمای سطح زمین، نقشه دمای سطحی شهر کاشان با استفاده از الگوریتم تک کاناله استخراج گردید. تحلیل پوشش اراضی نشان داد که اراضی انسان ساخت طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ با رشد ۲۱/۰۵ درصدی، روند افزایشی داشته است و اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی (به ترتیب با ۱۱/۱۷ درصد و ۹/۸۸ درصد) روند کاهشی داشته است. حداقل دمای سطح زمین در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب از ۳۴/۸۷ سانتی‌گراد به ۴۲/۳۳ درجه سانتی‌گراد رسیده است. همچنین در این مدت، حداکثر دما از ۵۹/۶۳ درجه سانتی‌گراد به ۶۰/۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. پوشش‌های گیاهی در سال‌های مورد مطالعه کمترین دمای سطحی را به خود اختصاص داده‌اند. شهر کاشان با توجه به ماهیت اقلیمی و مکانی خود، همچون دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، دارای دمای سطحی کمتری نسبت به محیط اطراف خود می‌باشد، این پدیده با عنوان جزایر خنک شهری شناخته می‌شود. تحلیل خودهمبستگی فضایی موران در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد که داده‌های دمای سطحی شهر کاشان به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. بر اساس شاخص G_i^*، در تمامی سال‌های مورد مطالعه، دمای حداکثر متعلق به زمین‌های بایر بوده است.</p>

استناد: طحانی یزدلی، مصطفی؛ روستا، ایمان؛ عبدالعظیمی، هادی (۱۴۰۲). تحلیل رابطه تغییرات زمانی و مکانی دمای روزانه سطح زمین با الگوی فضایی تغییرات پوشش اراضی در راستای پایداری محیطی (مطالعه موردی: شهر کاشان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۳ (۱)، ۱-۲. DOI: 10.22126/GES.2022.8014.2551



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

جهان امروزه جریان بی‌سابقه‌ای از شهری شدن را تجربه می‌نماید (محمدی و عقیفی، ۱۴۰۰). با اینکه شهرنشینی یک پدیده رایج در سراسر جهان است، پویایی در کشورهای درحال توسعه به دلیل رشد سریع اقتصادی شدت بیشتری پیدا کرده است (Gohain et al., 2021) تا دهه‌های اخیر نواحی شهری فقط ۲ درصد از مساحت سطح زمین را اشغال می‌کردند، اما امروزه مناطق شهری غالب‌ترین چشم‌اندازهای انسانی را تشکیل داده و تأثیرات قابل توجه روی اکوسیستم‌های محلی و جهانی گذاشته‌اند (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۹).

طبق گفته سازمان ملل پیش‌بینی می‌شود که شهرهای آسیایی با افزودن ۱/۵ میلیارد نفر دیگر به ساکنین شهرها، بیش از نیمی از جمعیت شهری جهان را در خود جای داده‌اند (Gohain et al., 2021). گسترش سریع شهرها موجب تغییرات گسترده در کاربری اراضی و پوشش زمین شده و به تبع آن موجب اثرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی جهانی شده است (کاکه‌ممی و همکاران، ۱۳۹۹). این تغییرات گسترده با کاهش تنوع زیستی و با افزایش دمای سطح زمین LST^۱ در شهرها، موجب ایجاد جزیره گرمایی UHI^۲ در شهرها شده است و تغییرات آب‌وهوایی را تشدید می‌کند.

تغییر اقلیم یکی از خطرناک‌ترین جنبه‌های زیست‌محیطی است که بر اکوسیستم، پایداری محیطی و زندگی روزمره تأثیر می‌گذارد (Kafy et al., 2021). پدیده جزایر حرارتی، مخاطره محیطی نوظهوری است که ناشی از گسترش شهرنشینی است (Zare Naghadehi et al., 2021; Mansourmoghaddam et al., 2022a) که در مناطق شهری یا کلان‌شهرها، به دلیل فعالیت‌های انسانی، به طور قابل توجهی گرم‌تر از مناطق اطراف آن است. در شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک، مناطق ساخته شده نسبت به مناطق غیرشهری اطراف دمای کمتری را تجربه می‌کنند که این پدیده به‌عنوان اثر جزیره خنک شهری نامیده می‌شود (مرتضوی اصل و همکاران، ۱۴۰۰).

پدیده جزایر گرمایی و گرم‌تر شدن شهر موجب مصرف بیشتر انرژی جهت تهویه هوای مساکن در فصول گرم و افزایش هزینه‌های مالی برای شهروندان می‌شود. از طرف دیگر عدم وزش باد و ساکن ماندن هوای موجود باعث تثبیت گازهای آلاینده در فضای شهر شده و موجب بروز خطرانی برای سلامت افراد می‌شود (Maleki et al., 2020; Mansourmoghaddam et al., 2022b). در پدیده جزایر گرمایی اختلاف دما معمولاً در شب بیشتر از روز است و بیشتر در هنگام کاهش سرعت باد آشکار می‌شود. UHI بیشتر در تابستان‌ها و زمستان‌ها ظاهر شده و قابل توجه است (حلبیان و همکاران، ۱۴۰۰).

از علل اصلی ایجاد جزیره گرمایی، جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با عوارض شهری همچون سنگفرش، ساختمان و سایر ساخت‌وسازهای شهری می‌باشد که اثرات خنک‌کنندگی سطح را از بین می‌برند. همچنین، ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش داده و هوای پیرامون را گرم‌تر می‌کنند. این عوامل منجر به شکل‌گیری پدیده جزیره گرمایی شهری می‌شوند (Karimi Firozjaei et al., 2017; Mansourmoghaddam et al., 2021). از روش‌های مورد استفاده برای کاهش اثر جزایر گرمایی، شامل افزایش پوشش گیاهی شهری، استفاده از مواد خنک در سطوح (مانند رنگ‌های انعکاس دهنده) و تغییر هندسه شهری است که تغییر هندسه شهری، مانند بهینه‌سازی جهت‌گیری خیابان و ساختمان، می‌تواند از دو روش دیگر مؤثرتر باشد (Liu & Morawska, 2020; Asadi et al., 2020).

در گذشته مطالعه جزایر گرمایی شهری به طور سنتی با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، یا پیمایش‌های انجام شده به کمک وسایل نقلیه صورت می‌گرفت، اما امروزه برای کاهش ضعف این روش‌ها و به‌منظور مطالعه دقیق‌تر، از داده‌های ماهواره‌ای و سنسور از دور به دلیل داشتن وضوح مکانی بیشتر نسبت به داده‌های زمینی و همچنین پوشش وسیع‌تر (Mansourmoghaddam et al., 2022c) ایستگاه‌های هواشناسی بیشتر استفاده می‌شود (Alavipanah., 2013:21) مطالعات فراوانی در رابطه با جزایر حرارتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. در پژوهشی تراور و همکاران

1- Land Surface Temperature

2- Urban Heat Island

(۲۰۲۱) به ارزیابی تغییرات کاربری/پوشش زمین و اثرات آن بر دمای سطح زمین در بانگوی (پایتخت جمهوری آفریقای مرکزی) اقدام نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد به موازات تغییرات کاربری اراضی، بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۷، میانگین دمای سطح زمین در شهر افزایش یافته است (Traore et al., 2021). این مطالعه همچون مطالعات پیشین نشان داد بین 1 NDBI و LST یک همبستگی مثبت، و بین 2 NDVI با LST همبستگی منفی وجود دارد (Traore et al., 2021, Mansourmoghaddam et al. 2022d; Rousta et al. 2022).

نصیر و همکاران در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری زمین و تأثیر آنها بر دمای سطح زمین در شهر کوهات، پاکستان در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۱۸ می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد دمای سطح زمین از متوسط ۳۱/۸۱ سال ۱۹۹۸ به ۳۶/۱۷ در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. بر اساس این مطالعه، بیشترین تغییر در دمای سطح زمین در مناطق پرجمعیت و کمترین در آب و باغات رخ داده است (Nasir et al., 2022).

عمران و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین و آسایش حرارتی انسان، بین سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۲۰، در شهر داکا بنگلادش پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بین دمای سطح زمین و شاخص (NDVI) و شاخص (3 NDWI) همبستگی منفی وجود دارد. در حالی که بین دمای سطح زمین و شاخص شده (NDBI) و شاخص (4 NDBAI) همبستگی مثبت وجود دارد (Imran et al., 2021). چودوری و همکاران در پژوهشی به ارزیابی تغییرات پوشش اراضی کاربری و تأثیر آن بر تغییرات دمای سطح زمین در منطقه آسانسول - دورگاپور، طی سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ می‌پردازند. نتیجه این مطالعه نشان داد که سطح نفوذناپذیر، منطقه صنعتی و منطقه معدن زغال سنگ دارای دمای سطح بالایی است و بدنه‌های آبی و پوشش گیاهی دمای سطح پایینی را تجربه کرده است (Choudhury et al., 2019).

عابدینی و قلعه (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح در بازه زمانی ۲۸ ساله، در شهرستان مشکین شهر پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد و کاربری کشاورزی دیم نسبت به مناطق مجاور دارای بیشترین میانگین دما می‌باشد. همچنین مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل تغییرات مکانی و زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک پرداخته‌اند. نتایج به‌کارگیری شاخص‌های (NDVI) و (LST) نشان داد که، بیشترین نمود جزایر گرمایی، در مناطق با کاربری صنعتی، مکان‌های پرتراфик و دارای آلودگی شدید هوا و تراکم بالای جمعیت، مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، مناطق دارای بافت فشرده و فرسوده مشاهده گردید.

عربی علی آبادی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ به روش‌های تک باندی و پنجره مجزا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که دمای سطح زمین، متأثر از عوامل سطحی، نوع پوشش و خصوصیات آن می‌باشد. کمترین دما، در منطقه مورد مطالعه مربوط به کشاورزی است. دمای سطح زمین در اراضی بایر و تپه ماسه‌ای که به سایر پوشش‌ها تبدیل شده است به طور قابل توجهی کاهش یافته است. شهر کاشان دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است که به علت واقع شدن بر روی کمربند بیابانی جهانی و دوری از منابع رطوبتی خلیج فارس و دریای عمان یکی از خشک‌ترین شهرها می‌باشد و نوسانات شدید دمایی در آن دیده می‌شود. از طرف دیگر در دهه‌های اخیر توسعه فیزیکی شهر کاشان علاوه بر گسترش افقی نامناسب منجر به تغییرات پوشش اراضی نیز شده است و با نابودی پوشش گیاهی، بر این نوسانات دمایی در شهر دامن زده است. با توجه به اینکه دمای سطح زمین وابستگی زیادی به نوع پوشش زمین دارد می‌توان با استفاده از تکنولوژی سنجنش‌آزودر به آشکارسازی و ارزیابی تغییرات دما و پوشش سطح زمین پرداخت. در این پژوهش سعی شده تغییرات پوشش اراضی بایر و پوشش‌های طبیعی و انسان‌ساخت مورد بررسی قرار گرفته و بر این اساس پایداری محیطی در ارتباط با گسترش سکونتگاه‌های انسانی و نوسانات دمایی شهر کاشان

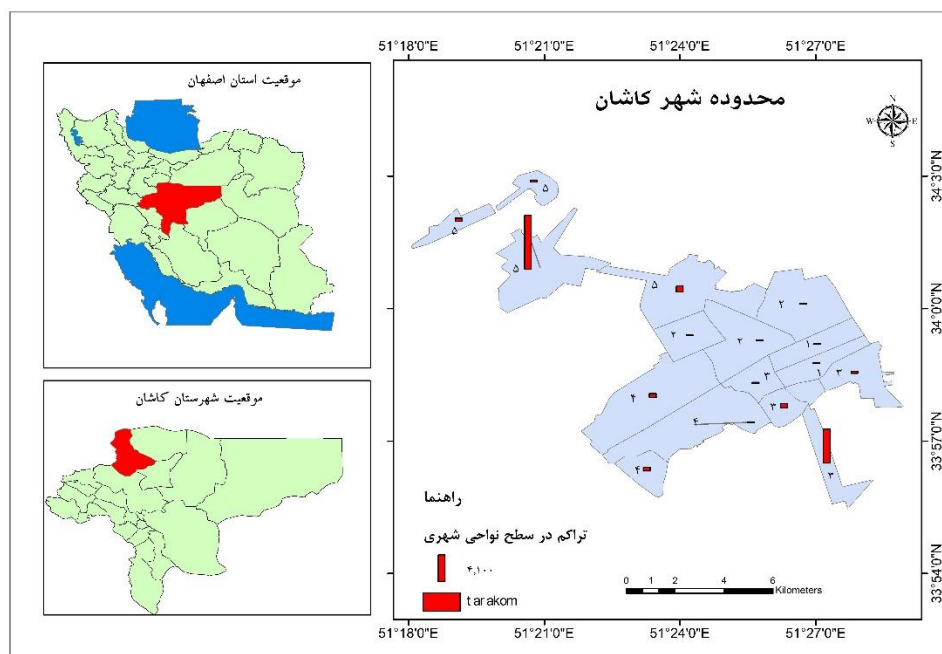
- 1- Normalized Difference Built-up Index
- 2- Normalized Difference Vegetation Index
- 3- Normalized Difference Water Index
- 4- Normalized Difference Bare land Index

مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان کاشان با وسعت ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع و جمعیت ۵۰۰۰۰۰ نفر می‌باشد. کاشان با مساحت ۲۱۰۰ هکتار در ناحیه مرکزی ایران قرار گرفته است که از یک سو پشت به کوهستان و از سوی دیگر روی به دشت کویر دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۹۴۵ متر بوده و دارای مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. شهرستان کاشان دارای چهار بخش (مرکزی، قمصر، نیاسر و برزک) و شش شهر (کاشان، قمصر، نیاسر، جوشقان قالی، کامو، چوگان و برزک) می‌باشد. کاشان از لحاظ اقلیم دارای دو نوع آب هوای خشک و نیمه‌خشک و کوهستانی است. مناطق شمال و شرق شهرستان شامل دشت‌های هموار و گسترده دارای آب‌وهوای کویری گرم و خشک و مناطق جنوب و غرب آن شامل مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی و بیلاقی هستند (حاجی زاده وادقانی، ۱۳۹۷). کاشان بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن دارای اقلیم فرا خشک معتدل است و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای اقلیم گرم و بیابانی و با روش آمبرژه دارای اقلیم خشک سرد و با روش سلیمان‌یومف دارای اقلیم بیابانی است (نمایه اقلیمی شهرستان کاشان، ۱۳۹۴). مجموع بارش سالانه کاشان ۱۳۶/۵ میلی‌متر است. بالاترین میزان بارش سالانه این شهر ۲۵۹/۵ میلی‌متر است که در سال ۱۹۷۲ اتفاق افتاده است. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا طبق آمار بلندمدت (۲۰۱۴-۱۹۶۷) در کاشان ۴۰ درصد است (اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی، ۱۳۹۴).



شکل ۱. محدوده شهر کاشان و تراکم در سطح نواحی

داده‌های مورد استفاده و روش مطالعه

به منظور بررسی میزان توسعه مکان‌های گرم شهر و مشخص نمودن الگوهای حرارتی شهری، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های لندست ۷ و ۸، در بازه زمانی ۲۰۰۶ و ۲۰۲۱ میلادی استفاده شده است. باندهای حرارتی برای شناسایی دمای سطح قابل استفاده بوده و باندهای انعکاسی نیز به منظور اعمال شاخص‌ها برای پردازش تصویر به کار گرفته می‌شود (حلبیان و همکاران، ۱۴۰۰). از تصویر ماهواره لندست ۸، سنجنده OLI به منظور استخراج نقشه پوشش اراضی و از سنجنده TIRS1 آن به منظور استخراج دمای سطح زمین استفاده شد و همچنین از تصویر سنجنده ETM+ لندست به منظور تهیه نقشه

پوشش اراضی با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز و از باندهای حرارتی به منظور استخراج دمای سطح استفاده گردید. انتخاب تصاویر با در نظر گرفتن عواملی از جمله شرایط زمانی، کیفیت مطلوب، عدم پوشش لکه‌های ابر در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت (ساعدپناه و همکاران، ۱۴۰۰). تصاویر در فصل تابستان به منظور نبود پوشش‌های ابری و برفی بالا و همچنین بالابودن شدت تابش نور خورشید اخذ شد. همچنین به منظور به دست آوردن دقت بهتر از نرم افزار Google Earth استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیومتریکی از نرم افزار ENVI 5.3 و به منظور استخراج نقشه‌های مربوطه از نرم افزار ARC GIS 10.8 استفاده شد. اطلاعات تصاویر اخذ شده از سایت زمین‌شناسی آمریکا^۱ در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات تصاویر سنجنده لندست ۷ و ۸ منبع: متادیتا تصاویر

نوع سنجنده	ستون	سطر	درصد پوشش ابر	زاویه خورشید	زمان گرینویچ	تاریخ
لندست ۸-	۱۶۴	۳۶	۰/۰۹	۱۱۸/۹۲۲۳۶۹۷۰	۰۷:۰۸:۴۷	۲۰۲۱/۰۷/۲۰
لندست ۷-	۱۶۴	۳۶	۰۰۰	۱۱۴/۸۲۸۸۱۰۸۸	۰۶:۵۸:۱۵	۲۰۰۶/۰۷/۱۹

نقشه پوشش اراضی

در این پژوهش، برای بررسی، اثر پوشش اراضی مختلف منطقه مورد مطالعه بر روی دمای سطح و تغییرات کاربری اراضی در طی دوره‌ی زمانی ۱۵ ساله، ابتدا تصاویر از وب‌گاه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا^۲ تهیه شد. سپس، با استفاده از نرم افزار ENVI 5.3 عملیات پیش پردازش برای اعمال تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی روی آنها انجام شده و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال، پوشش اراضی به سه طبقه انسان ساخت، پوشش گیاهی، اراضی بایر تقسیم شد. روش حداکثر احتمال تاکنون دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش‌های استفاده شده است (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۹). این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای انجام طبقه‌بندی حداکثر احتمال، انتخاب نمونه‌های تعلیمی از طبقات مختلف لازم است. برای این کار، فرض می‌شود که همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند؛ بنابراین، تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی، در این گستره‌ی پیوسته قرار گیرد (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۹).

جهت ارزیابی صحت نقشه طبقه‌بندی شده، با توجه به بازدید میدانی از محدوده و نرم افزار گوگل ارث برای هر کدام از طبقات پوشش اراضی نمونه‌های واقعی به صورت تصادفی از سطح منطقه تهیه شد و پس از پیاده‌سازی نمونه‌های واقعی بر روی تصاویر، پارامترهای آماری دقت ماتریس خطای طبقه‌بندی شامل صحت کلی و ضریب کاپا استخراج شد. بر اساس استاندارد سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) حداقل مقدار قابل قبول ضریب کاپا ۸۵ درصد است (فروغی فر و دشتی، ۱۳۹۹). با توجه به نتایج حاصل شده در جدول ۲، دقت به دست آمده از طبقه‌بندی، تأیید می‌شود. در انتها با استفاده از روش بارزسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی، تغییرات مکانی - زمانی کاربری اراضی محاسبه شد. جدول (۲) نتایج حاصل از صحت سنجی تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از ضریب کاپا را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ضریب کاپا تصاویر طبقه‌بندی شده

نقشه پوشش اراضی	ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)
۲۰۲۱	۰/۸۹	۸۷/۴۲
۲۰۰۶	۰/۸۴	۸۵/۳۴

دمای سطح زمین

به دست آوردن LST به روش تک کانال (SC)

برای محاسبه دما از الگوریتم تک کانال استفاده شد. الگوریتم‌های SC را می‌توان به هر یک از دو باند TIRS اعمال کرد.

1- <http://earthexplorer.usgs.gov>

2- <http://earthexplorer.usgs.gov>

بالین حال از آنجا که TIRS-1 در منطقه جذب اتمسفر پایین تر قرار گرفته است بهتر است از این باند استفاده شود الگوریتم SC مورد استفاده برای ارزیابی LST بر روی TIRS-1 اعمال شده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۱) معادله کلی این الگوریتم به صورت رابطه (۱) می باشد. این روش برای استخراج دمای سطح زمین از باندهای مادون قرمز حرارتی استفاده می کند. در این روش از بخار آب برای محاسبه دمای سطح زمین بهره می جوید و با استفاده از معادلات زیر به دست می آید.

$$Ts = [1\epsilon(\phi_1 Lsen + \phi_2) + \phi_3] + \delta \quad \text{رابطه ۱}$$

که در اینجا، Ts دمای سطح زمین، ϵ توان تشعشعی زمین، $Lsen$ رادیانس در سطح سنجنده و پارامترهای γ و δ از رابطه ۲ و ۳ به دست می آیند.

$$y = \left\{ \frac{c_2 Lsensor}{T^2 sensor} \left[\frac{\lambda^4}{c_1} Lsensor + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\delta = -y Lsensor + Tsensor \quad \text{رابطه ۳}$$

در این معادلات Ts پایه Lst ، $Tsensor$ دمای روشنایی سنسور بر حسب کلوین، λ طول موج مؤثر از یک باند مادون قرمز حرارتی می باشد.

$$C1 = 1.19104 \times 10^8 \text{ W} \cdot \text{m} \cdot 2 \cdot \text{sr} \cdot 1 \cdot \mu\text{m}^4$$

$$C2 = 14387.7 \mu\text{mK}^2$$

پارامترهای اتمسفری، ϕ_1 ، ϕ_2 ، ϕ_3 را می توان از طریق رابطه های ۴-۶ تخمین زد.

$$\phi_1 = 0.14714w^2 - 0.15583w + 1.1234 \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\phi_2 = -1.1836w^2 - 0.3760w - 0.52894 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\phi_3 = 0.04554w^2 + 1.8719w - 0.3 \quad \text{رابطه ۶}$$

برای محاسبه هر کدام از پارامترهای موجود در رابطه ۱ لازم است گام های زیر طی شود:

گام اول محاسبه رادیانس طیفی در سنجنده

برای محاسبه دمای درخشندگی از اطلاعات باند حرارتی سنجنده TIRS استفاده می شود. جهت دستیابی به دمای درخشندگی، ابتدا مقدار رقومی هر پیکسل به کمک مقادیر کالیبراسیون داده شده به انرژی طیفی ثبت شده در سنجنده تبدیل می شود. برای تبدیل مقدار رقومی هر پیکسل در تصاویر خام به انرژی طیفی ثبت شده در سنجنده برای ETM+ و TM از رابطه ۷ و برای تصاویر لندست ۸ از رابطه ۸ استفاده می شود:

$$L\lambda = \left(\frac{LMAX\lambda - LMIN\lambda}{Qcalmax - Qcalmin} \right) \cdot (Qcal - Qcalmin) + LMIN\lambda \quad \text{رابطه ۷}$$

$L\lambda$ رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ، مقدار پیکسل، $Qcalmin$ حداقل مقدار پیکسل، $Qcalmax$ حداکثر مقدار پیکسل، $LMAX\lambda$ و $LMIN\lambda$ حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$. برای به دست آوردن رادیانس طیفی در سنجنده OLI از رابطه (۸) استفاده می شود:

$$ML * Qcal + AL = L\lambda \quad \text{رابطه ۸}$$

در این رابطه $L\lambda$ رادیانس در بالای اتمسفر، $(ML \text{ watts/m}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m})$ ضریب تبدیل ضربی، $Qcal$ ارزش پیکسل باند ۱۰ و ۱۱ و AL ضریب تبدیل تجمیع کننده است. ضرایب ML و AL در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. فاکتور تغییر مقیاس برای باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده (منصور مقدم و همکاران، ۱۴۰۰)

ضریب کالیبراسیون	M _L باند ۱۰	AL باند ۱۰	M _L باند ۱۱	AL باند ۱۱
مقدار ضریب	۰/۰۰۰۳۴۲	۰/۱	۰/۰۰۰۳۴۲	۰/۱

گام دوم به دست آوردن ضریب انعکاس

هنگام مقایسه سنجنده‌های، استفاده از ضریب انعکاس سه مزیت دارد: (۱) حذف اثر زاویه کسینوس ارتفاع‌های مختلف خورشید ناشی از زمان‌های مختلف جمع‌آوری داده، (۲) تصحیح تنوع فاصله زمین تا خورشید بین زمان‌های مختلف کسب داده، (۳) جبران مقادیر متفاوت تابش خورشیدی بالای اتمسفر^۱ حاصل از باندهای مختلف (Chander et al., 2009). ضریب انعکاس بروی زمین طبق رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad \text{رابطه ۹}$$

ρ_{λ} ضریب انعکاس، $\pi = 3.14159$ ، L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ، d فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)، $ESUN$ میانگین تابش خورشید $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ و θ زاویه زینت خورشید^۲ (درجه) (احمدی و فرهمند، ۱۳۹۶).

گام سوم به دست آوردن دمای درخشندگی

بعد از تبدیل ارزش‌های رقومی به رادیانس طیفی، داده‌های باند حرارتی باید به دمای درخشندگی تبدیل شوند (Wang et al., 2019). داده‌های باندهای حرارتی می‌تواند از رادیانس طیفی در سنجنده به دمای درخشندگی تبدیل شود. دمای درخشندگی با فرض اینکه زمین جسم سیاه است ($\text{emissivity} = 1$) محاسبه می‌شود و شامل تأثیرات اتمسفر است (علوی پناه و همکاران، ۱۳۹۴).
دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطه (۱۰) به دست می‌آید:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$T =$ دمای مؤثر درخشندگی در سنجنده؛ $K2 =$ ضریب کالیبراسیون^۲ بر حسب کلونین؛ و $K1 =$ ضریب کالیبراسیون بر حسب $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ؛ $L_{\lambda} =$ رادیانس طیفی (Pal & Ziaul, 2017).
ضرایب $K1$ و $K2$ برای سنجنده‌های مختلف لندست در جدول ۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴. ضرایب کالیبراسیون باندهای حرارتی سنجنده‌های OLI و +ETM و TM (Chander et al., 2009)

ضریب / سنجنده	لندست ۴ و ۵-TM	لندست ۷-ETM	لندست ۸ باند ۱۰	لندست ۸ باند ۱۱
$K1 [W/(m^2 \text{ Sr } \mu\text{ m})]$	۶۰۷/۷۶	۶۶۶/۰۹	۱۳۲۱/۰۸	۱۲۰۱/۱۴
$K2 [\text{kelvin}]$	۱۲۶۰/۵۶	۱۲۸۲/۷۱	۷۷۷/۸۹	۴۸۰/۸۹

گام چهارم بازبایی توان تشعشعی سطح زمین

برای به دست آوردن دمای سطح زمین نیازمند دانش پیرامون توان تشعشعی سطح زمین LSE است. باتوجه به اینکه شاخص پوشش گیاهی نقش عمده‌ای در نقل و انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر دارد و آثار متفاوتی بر روی عناصر اقلیمی از جمله دمای پیرامون خود می‌گذرد، در نتیجه می‌توان آن را به عنوان یکی از فاکتورهای تأثیرگذار در محاسبه دمای سطح زمین به حساب آورد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۹). عوامل متعددی مانند زمان روز، فصل، تغییرات پوشش گیاهی و آب‌وهوا بر

1- Exoatmospheric Solar Irradiance

2- Solar Zenith Angle

رابطه بین NDVI و LST می‌تواند تأثیرگذار باشد (Rehman et al., 2022). برای دست آوردن توان تشعشعی از روش ترکیبی آستانه NDVI و طبقه‌بندی تصویر استفاده شد. شاخص NDVI بر پایه‌ی ارتباط جذب انرژی در محدوده طیفی قرمز توسط کلروفیل و افزایش انعکاس در انرژی مادون قرمز نزدیک برای پوشش گیاهی سالم استوار است NDVI با استفاده از روش‌های زیر می‌توان محاسبه کرد. برای سنجنده ETM لندست ۷ مقدار NDVI از رابطه (۱۱) به دست می‌آید.

$$\text{NDVI OLI/TIRST} = (B4-B3)/(B4+B3) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

برای سنجنده OLI لندست ۸ مقدار NDVI از رابطه (۱۲) به دست می‌آید.

$$\text{NDVI OLI/TIRST} = (B4-B5)/(B4+B5) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

بر اساس فرمول ژانگ زمانی که NDVI یک ناحیه مشخص باشد، می‌توان LSE تخمین زد. LSE یک پیکسل با طبقه‌بندی پیکسل‌ها بر اساس کلاسی که در آن قرار می‌گیرند، تخمین زده می‌شود. به عنوان مثال هنگامی که یک پیکسل دارای مقدار NDVI کمتر از ۰/۱۸۵ است، مقدار LSE آن پیکسل ۰/۹۹۵ خواهد بود. به همین ترتیب برای سایر مقادیر NDVI مقادیر LSE محاسبه می‌شود (Isaya Ndossi & Avdan, 2016). برای محاسبه توان تشعشعی LST شروط مندرج در جدول ۵ در دستور Band math در نرم‌افزار اعمال شد.

جدول ۵. الگوریتم مبتنی بر تصاویر NDVI

NDVI	LSE
NDVI < -0.185	0.995
-0.185 ≤ NDVI < 0.157	0.985
0.157 ≤ NDVI ≤ 0.727	1.009 + 0.047 - ln(NDVI)
NDVI > 0.727	0.990

گام پنجم تعیین بخار آب اتمسفر Atmospheric Water Vapor

به منظور محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از روش Single Channel آگاهی از میزان بخار آب موجود در اتمسفر در هنگام گذر ماهواره بسیار مهم است. ستون بخار آب در بهبود دقت و بازیابی دمای سطح زمین نقش مهمی ایفا می‌کند (غیاثوند نجی، ۱۴۰۰) در این مطالعه به منظور تعیین بخار آب اتمسفر از رابطه زیر استفاده شد (Isaya Ndossi & Avdan, 2016).

$$W = 0.0981 * \{ 10 * 0.6108 * \exp[\frac{17.27T}{273.3+T}] * RH \} + 0.1679 \quad \text{رابطه ۱۳}$$

در این رابطه، RH معادل میزان بخار آب موجود در جو، T دمای منطقه مورد مطالعه و میزان رطوبت موجود در جو می‌باشد. برای به دست آوردن هر دو پارامتر موجود در معادله از سایت www.ogimet.com استفاده شده است.

تحلیل آمار فضایی دمای سطحی

شناخت الگوهای حاکم بر داده‌های فضایی از اهمیت بسیاری برخوردار است. لذا به منظور بررسی الگوی حاکم بر دمای سطحی شهر کاشان از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ از تحلیل خودهمبستگی فضایی (الگوی موران محلی) و لکه‌های داغ (Getis-Ord Gi* statistic) استفاده شد. در آمار فضایی قبل از هر گونه تحلیل، به منظور تشخیص اینکه توزیع داده‌ها در فضا از چه الگو و قاعده‌ای تبعیت می‌کنند از این تحلیل استفاده می‌شود (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۹). برای تحلیل خوشه و ناخوشه برای هر عارضه موجود در لایه اطلاعاتی، نمره Z و P-Value که بیانگر معناداری شاخص و محاسبه شده است، بر اساس رابطه ۱۴ محاسبه می‌گردد:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s^2_x} \sum_{i=1}^n \omega(x_i - \bar{x}) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در این رابطه؛ X_i خصیصه عارضه i میانگین خصیصه مربوطه W_{ij} ، وزن فضایی بین عارضه j و i است. مقدار S_i از رابطه ۱۵ محاسبه گردید.

$$s_i = \left[\frac{n^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 + 3(\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij})^2 - n \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{(n^2 - 1) \times (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij})^2} \right]^{0.5} \quad \text{رابطه ۱۵}$$

در این رابطه، N تعداد کل عوارض موجود در لایه؛ W_{ij} وزن فضایی بین عارضه بین دو عارضه j و i که عکس فاصله است. همچنین نمره استاندارد Z از رابطه‌های ۱۶ و ۱۷ محاسبه گردید.

$$Z_{ii} = \frac{I_i}{\sqrt{V[I_i]}} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad \text{رابطه ۱۷}$$

در این رابطه‌ها؛ اگر مقدار I مثبت باشد، بدین معناست که عارضه مورد نظر توسط عوارض مشابه خود احاطه شده‌اند. بنابراین عارضه مورد نظر بخشی از آن خوشه است. اگر مقدار I منفی باشد، به معنای آن است که عارضه مورد نظر توسط عوارض نامشابه احاطه شده است (کازمی و همکاران، ۱۳۹۹). تحلیل لکه‌های داغ از آمار (G_i^*) برای کلیه عوارض موجود در داده‌ها استفاده می‌کند. این آماره تکنیکی بسیار مفید برای ارزیابی خودهمبستگی مکانی محلی می‌باشد. این تکنیک ساختار خودهمبستگی مکانی درون نواحی را از طریق شناسایی خوشه‌های محلی با ارزش‌های بالا یا پایین و نواحی دارای سهم بیشتر در خودهمبستگی مکانی عمومی آشکار می‌سازد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶). نمره Z محاسبه شده نشان می‌دهد که در کدام مناطق داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند (آزادی مبارکی، ۱۴۰۰) در چهار چوب مفهومی این مدل؛ هنگامی که خود عارضه و عوارض اطراف آن از نظر آماری معنادار باشد، لکه داغ محسوب می‌شود (کازمی و همکاران، ۱۳۹۹). این آماره (G_i^*) بر اساس رابطه محاسبه می‌شود (عسگری، ۱۳۹۰).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} - x \sum_{i=1}^n W_{ij}}{s \times \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n W_{ij})^2]}{n-1}}} \quad \text{رابطه ۱۸}$$

در رابطه X مقدار خصیصه برای عارضه j و W_{ij} وزن فضایی بین عوارض i و j با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. این رابطه هرچه عدد به دست آمده بزرگ‌تر باشد به معنی خوشه‌های با ارزش بالا می‌باشد و هر چه عدد به دست آمده منفی‌تر باشد به معنی خوشه‌های با ارزش پایین می‌باشد (عسگری، ۱۳۹۰). همچنین برای محاسبه S از رابطه استفاده شد:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad \text{رابطه ۱۹}$$

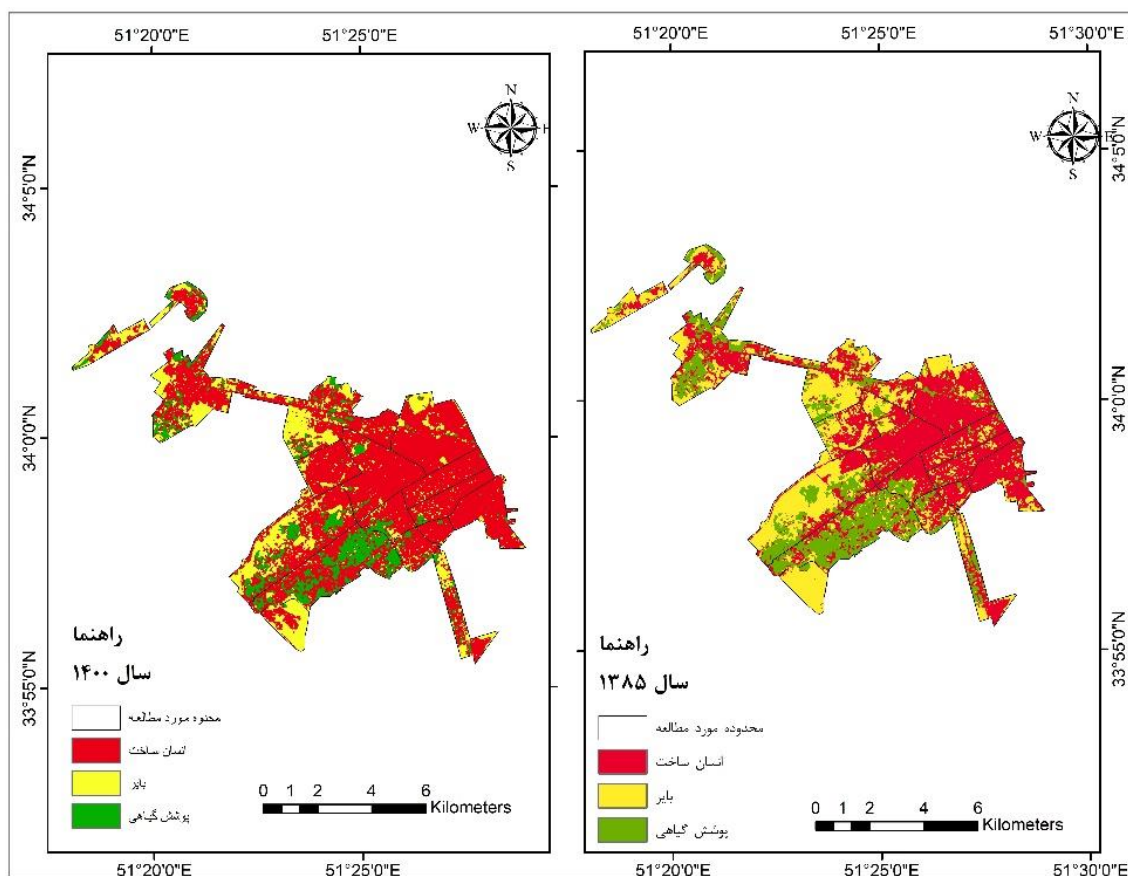
باتوجه به اینکه G_i^* خود نوعی نمره Z محسوب می‌شود، لذا شاخص Z محاسبه نمی‌گردد. مقادیر مثبت این شاخص که از نظر آماری معنادار باشند هر چه بزرگ‌تر باشند نشان‌دهنده خوشه‌بندی مناسب و ایجاد لکه‌های گرم (جزایر حرارتی) هستند. امتیاز منفی این شاخص که از نظر آماری معنادار باشند هر چه کوچک‌تر باشد به معنای خوشه‌بندی مقادیر پایین و لکه‌های خنک را تشکیل می‌دهند (عسگری، ۱۳۹۰).

نتایج

تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

نقشه پوشش اراضی شهر کاشان با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ در شکل ۲ ارائه شده است.

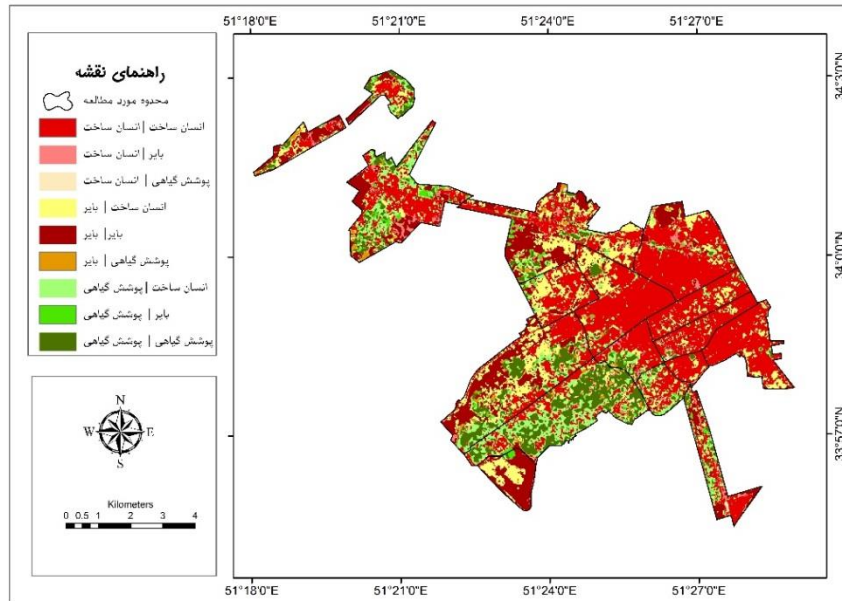
بررسی تصاویر پوشش اراضی نشان دهنده تغییرات وسیعی در شهر کاشان است. تجزیه و تحلیل پوشش اراضی نشان داد که مناطق شهری، طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ روند افزایشی و اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی، روند کاهشی داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مساحت اراضی انسان‌ساخت از ۳۰۵۶/۸۴ هکتار در سال ۱۳۸۵ هکتار به ۴۴۴۸/۵۰ هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده است و طی یک دوره ۱۵ ساله رشد ۲۱ درصدی را تجربه کرده است. اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰، به ترتیب از ۲۰۸۹/۴۶ و ۱۴۶۳/۸۹ هکتار به ۱۳۵۱ و ۸۱۰/۷۸ هکتار کاهش داشته است و طی یک دوره ۱۵ ساله از وسعت اراضی بایر حدود ۱۱ درصد و اراضی دارای پوشش گیاهی حدود ۱۰ درصد کاسته شده است (جدول ۶). از دلایل روند کاهشی اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی (باغات و اراضی کشاورزی)، ایجاد وسعت کافی برای جمعیت در حال رشد است. به عبارت دیگر اراضی بایر به مناطق شهری تبدیل شده‌اند علاوه بر این می‌توان از دلایل دیگر کاهش اراضی دارای پوشش گیاهی، کمبود ذخایر منابع آب زیرزمینی و کاهش نزولات جوی، اشاره کرد. در شکل ۳ تغییرات پوشش اراضی در فاصله بین سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ در قالب طبقات اراضی انسان‌ساخت/اراضی بایر/اراضی دارای پوشش گیاهی، نشان داده شده است.



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی شهر کاشان، ۱۳۸۵ (۲۰۰۶ میلادی) - سال ۱۴۰۰ (میلادی ۲۰۲۱)

جدول ۶. مساحت طبقات پوشش اراضی (۱۳۸۵-۱۴۰۰)

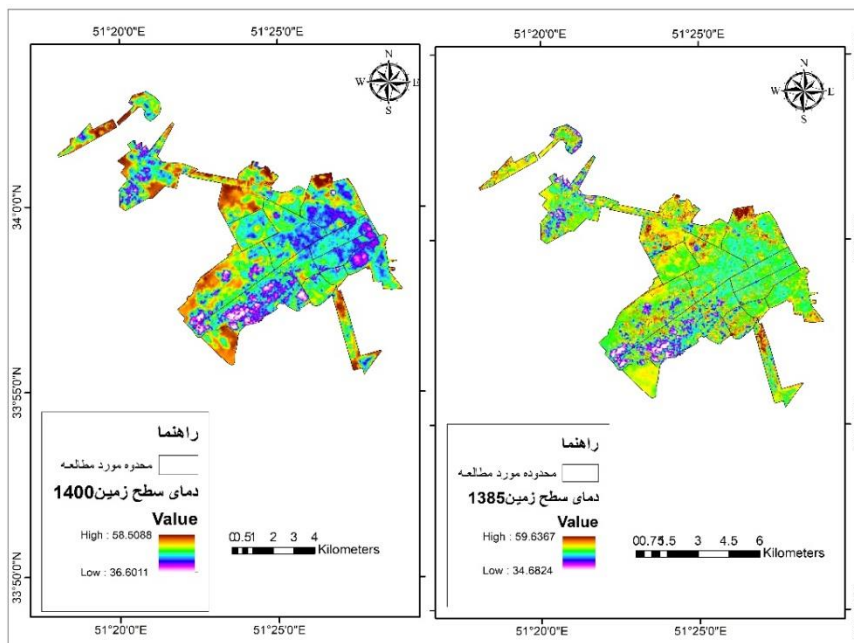
پوشش اراضی	۱۳۸۵		۱۴۰۰		۱۳۸۵-۱۴۰۰	
	مساحت هکتار	% مساحت	مساحت هکتار	% مساحت	مساحت هکتار	% مساحت
اراضی انسان‌ساخت	۳۰۵۶/۸۴	۴۶/۲۴	۴۴۴۸/۵۰	۶۷/۲۹	۱۳۹۱/۶۶	۲۱/۰۵
اراضی بایر	۲۰۸۹/۴۶	۳۱/۶۰	۱۳۵۱	۲۰/۴۳	-۷۳۸/۴۶	۱۱/۱۷
پوشش گیاهی	۱۴۶۳/۸۹	۲۲/۱۴	۸۱۰/۷۸	۱۲/۲۶	-۶۵۳/۱۱	۹/۸۸
	۶۶۱۰/۲۸		۶۶۱۰/۲۸			



شکل ۳. نقشه تغییرات پوشش اراضی (۱۳۸۵-۱۴۰۰)

نتایج تغییرات دمای سطح زمین بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

نقشه دمای سطح زمین در شکل (۴)، نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین میزان دما (بیشینه) در سال ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ برای اراضی بایر به ترتیب ۵۹/۶۳ و ۶۰/۷۰ ثبت شده است. حداقل میزان دمای سطح زمین (کمینه) مربوط به اراضی دارای پوشش گیاهی بوده که از ۳۴/۶۸ در سال ۱۳۸۵ به ۳۴/۶۶ در سال ۱۴۰۰ رسیده است. بالاترین میانگین دما در سال ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب با ۵۲/۱۱ و ۵۵/۵۷ درجه سانتیگراد، مربوط به پوشش اراضی بایر است. همچنین پایین‌ترین میانگین دما در سال ۱۳۸۵، ۴۶/۲۱، و در سال ۱۴۰۰ با ۴۹/۶۲، به پوشش اراضی دارای پوشش گیاهی تعلق دارد. در نگاه کلی و باتوجه به جدول (۷)، میانگین میزان دمای سطح زمین در تمام پوشش اراضی در سال ۱۴۰۰ روند افزایشی داشته است. میزان این افزایش در اراضی انسان‌ساخت، ۰/۲۹۲ درجه، اراضی بایر به میزان ۳/۴۶ درجه و اراضی دارای پوشش گیاهی ۳/۴۱ درجه، نسبت به سال ۱۳۸۵، بوده است.



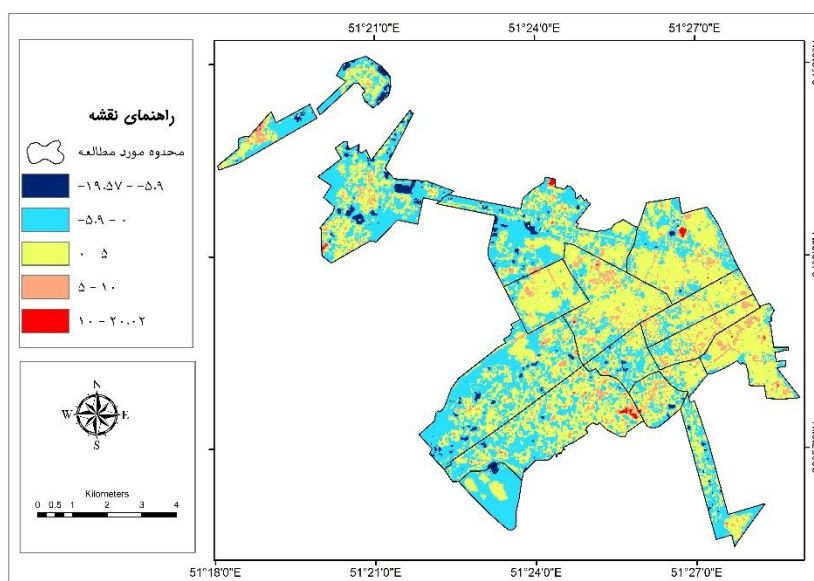
شکل ۴. نقشه توزیع دمای سطح زمین در شهر کاشان - سال ۱۳۸۵ (۲۰۰۶ میلادی)، سال ۱۴۰۰ (میلادی ۲۰۲۱)

جدول ۷. توزیع دمای سطح زمین در پوشش اراضی (۱۴۰۰-۱۳۸۵)

پوشش اراضی	۱۳۸۵			۱۴۰۰		
	کمینه	بیشینه	متوسط	کمینه	بیشینه	متوسط
اراضی انسان ساخت	۳۴,۶۸	۵۹,۴۳	۵۰,۰۴۸	۳۴,۶۶	۵۹,۶۱	۵۰,۳۴
اراضی بایر	۴۳,۸۶	۵۹,۶۳	۵۲,۱۱	۴۶,۳۱	۶۰,۷۰	۵۵,۵۷
پوشش گیاهی	۳۴,۸۷	۵۶,۵۵	۴۶,۲۱	۴۲,۳۳	۵۸,۶۹	۴۹,۶۲
	۶۶۱۰,۲۸	۶۶۱۰,۲۸				

نتایج رابطه تغییرات پوشش اراضی و دمای سطح زمین

تغییرات پوشش اراضی و تأثیرات آنها در دمای سطح زمین، به ترتیب در شکل (۵) و جدول (۸) نشان داده شده است. در مناطقی که اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی بایر تبدیل شده اند با افزایش دمای سطحی تا ۴/۶۸ سانتیگراد مواجه بودیم. همچنین تبدیل اراضی بایر به اراضی انسان ساخت با کاهش ۱/۴۵ درجه ای همراه بوده است. بیشترین کاهش دما در محدوده مورد مطالعه، در مناطقی که پوشش اراضی انسان ساخت و اراضی بایر به اراضی دارای پوشش گیاهی تبدیل شده اند مشاهده می شود، این کاهش دما در تغییر اراضی بایر به اراضی پوشش گیاهی به میزان ۵/۳۸ درجه و در تغییر اراضی انسان ساخت به اراضی پوشش گیاهی به میزان ۴/۷۵ درجه، می باشد.



شکل ۵. نقشه تغییرات دمای سطح زمین (شهر کاشان طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۵)

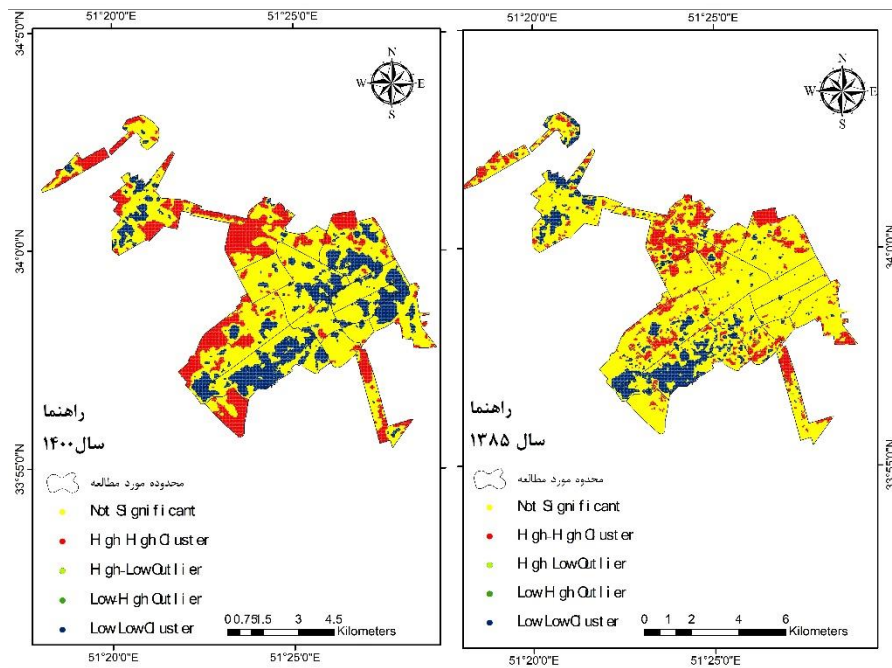
جدول ۸. میانگین دمای سطح زمین شهر کاشان با توجه به تغییرات پوشش اراضی طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۵

تغییرات پوشش اراضی	میانگین دمای سطح زمین (مردادماه ۱۳۸۵)	میانگین دمای سطح زمین (مردادماه ۱۴۰۰)	میانگین تغییرات دمای سطح زمین (۱۴۰۰-۱۳۸۵)
اراضی انسان ساخت به انسان ساخت	۴۹/۸۶	۴۸/۳۱	-۱/۵۵
اراضی بایر به اراضی انسان ساخت	۵۱/۸۴	۵۰/۳۹	-۱/۴۵
پوشش گیاهی به اراضی انسان ساخت	۴۷/۱۹	۴۸	۰/۸۱
اراضی انسان ساخت به اراضی بایر	۵۱/۶۸	۵۲/۵۳	۰/۸۵
اراضی بایر به اراضی بایر	۵۲/۳۱	۵۳/۹۶	۱/۶۵
پوشش گیاهی به اراضی بایر	۴۷/۷۰	۵۲/۳۸	۴/۶۸
اراضی انسان ساخت به پوشش گیاهی	۵۲/۲۰	۴۶/۸۲	-۵/۳۸
اراضی بایر به پوشش گیاهی	۵۲/۶۰	۴۷/۸۵	-۴/۷۵
پوشش گیاهی به پوشش گیاهی	۴۴/۹۰	۴۵/۳۶	۰/۴۶

نتایج تحلیل آمار فضایی

برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر دمای سطحی شهر کاشان طی ۱۵ سال گذشته از شاخص موران محلی استفاده شد. با استفاده از تحلیل خودهمبستگی فضایی، نحوه پراکنش نمونه‌ها بر اساس مکان آنها بررسی شده و نوع توزیع آنها از لحاظ درجه پخش‌شدگی، تراکم و تصادفی بودن آنها مشخص می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶).

در این آماره مقادیر حداکثر - حداکثر بیانگر خوشه‌های مقادیر زیاد (گرم) یا خودهمبستگی مثبت است (سطح اطمینان ۹۹٪). مقادیر حداکثر - حداقل و حداقل - حداکثر، بیانگر ناخوشه بودن می‌باشند. مقادیر حداقل - حداقل بیانگر خوشه‌های مقادیر کم (خنک) یا خودهمبستگی فضایی منفی هستند (کازمی و همکاران، ۱۳۹۸). در شکل (۶) خوشه‌های دارای مقادیر بالا و پایین (گرم و خنک) به ترتیب با رنگ‌های قرمز و آبی نشان داده شده‌اند. همان گونه که در این شکل مشخص است خوشه‌های با ارزش بالا (سطح اطمینان ۹۹٪) در سال ۱۳۸۵ منطبق با قسمت‌های حاشیه‌ای شهر و اراضی بایر می‌باشد که در سال ۱۴۰۰ با روند افزایشی روبرو بوده است. از طرفی دیگر در سال ۱۳۸۵، خوشه‌های با ارزش پایین (سطح اطمینان ۹۹٪) منطبق با باغات و اراضی دارای پوشش گیاهی داخل محدوده شهر می‌باشد که در سال ۱۴۰۰ با یک‌روند افزایشی، منطبق بر پوشش گیاهی و مناطق انسان‌ساخت واقع در مرکز شهر را شامل می‌شود.



شکل ۶. نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران محلی (خودهمبستگی فضایی) شهر کاشان

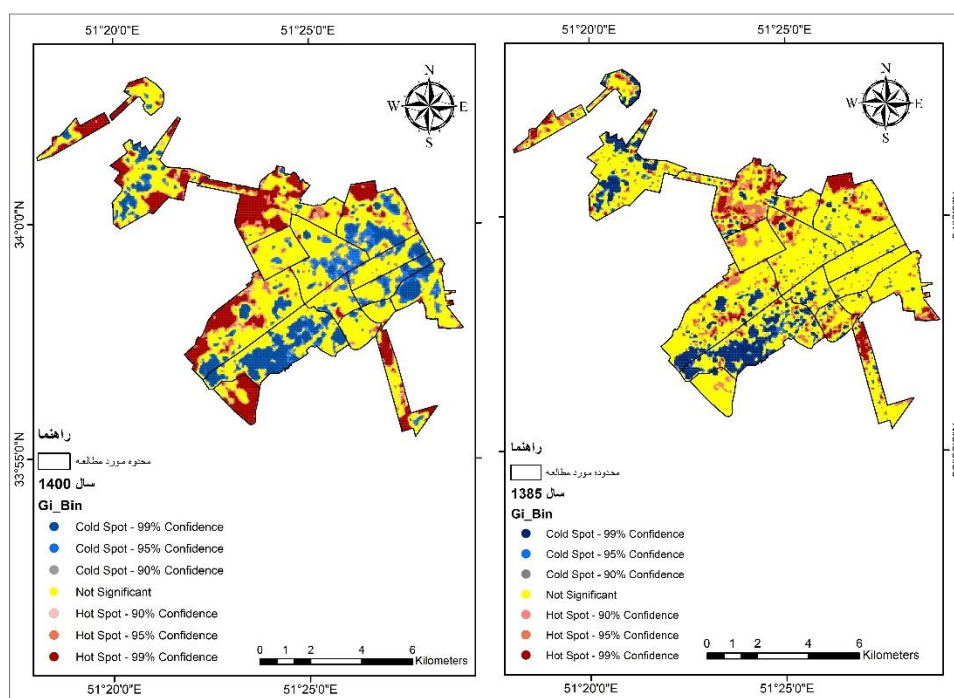
به کمک آماره موران محلی تعداد نقاط با سطح اطمینان (۹۹ درصدی) در مقادیر حداکثر - حداکثر (Cluster:High) و نقاط با مقادیر حداقل - حداقل (Cluster:Low) شمارش شدند. بر اساس نتایج جدول (۹) مشخص گردید که وسعت خوشه‌های مقادیر زیاد و مقادیر کم، در طول دوره مطالعه روند افزایشی را داشته است.

جدول ۹. تعداد نقاط H-H و L-L موران محلی برای دمای سطحی شهر کاشان

تعداد نقاط	نوع خوشه	سال
۱۴۰۰		۱۳۸۵
۵۵۴۲	Cluster:High	۳۶۴۹
۵۲۴۷	Cluster:Low	۲۸۴۶

برای اطمینان از مناطق دارای خوشه‌های با ارزش بالا و پایین از آماره گتیس - آرد جی (تحلیل فضایی لکه داغ) استفاده شد.

باتوجه به شکل ۷ محدوده‌های قرمز رنگ نواحی‌ای هستند که امتیاز Z به دست آمده از آماره GI^* ، Z مثبت بزرگ‌تری می‌باشد و با اطمینان ۹۹ درصد مقادیر بالای دمای حداکثر در آن نقاط متمرکز شده‌اند. محدوده‌های آبی رنگ نواحی هستند که امتیاز Z به دست آمده از آماره GI^* ، Z منفی کوچک‌تری می‌باشد و با اطمینان ۹۹ درصد مقادیر پایین دمای حداقل در آن نقاط متمرکز شده‌اند. خوشه‌های با ارزش بالا با اطمینان ۹۹ درصد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ منطبق بر زمین‌های حاشیه شهر و اراضی بایر می‌باشد. خوشه‌های با ارزش پایین با اطمینان ۹۹ درصد در سال‌های ۱۳۸۵ منطبق بر پوشش گیاهی و در سال ۱۴۰۰ با یک‌روند افزایشی نسبت به دوره قبل، منطبق بر پوشش گیاهی و مناطق انسان‌ساخت در مرکز شهر می‌باشد. نقاط زرد رنگ مناطقی هستند که بین دمای آنها رابطه معناداری وجود ندارد.



شکل ۷. خوشه‌بندی دمای سطح زمین با تابع لکه‌های داغ (GI^*) (Getis-ord)

بر اساس الگوی تغییرات فضایی پوشش اراضی در شهر کاشان می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات فضایی دمای سطحی با سطح اطمینان ۹۹ درصدی در شهر کاشان بیش از همه، با الگوی تغییرات فضایی اراضی دارای پوشش گیاهی و زمین‌های بایر ارتباط دارد. در این بین زمین‌های بایر، درجه حرارت بالاتری (لکه داغ) را به خود اختصاص داده‌اند.

بحث

افزایش دمای سطح زمین و ایجاد جزیره گرمایی شهری یکی از مهم‌ترین خطرات زیست‌محیطی محسوب می‌شود. این پدیده به طور مستقیم و غیرمستقیم بر اقلیم مناطق شهری و غیرشهری، آلودگی هوای شهری، تولید گازهای گلخانه‌ای اثر گذاشته و با برهم‌زدن آسایش حرارتی، افزایش مصرف آب و انرژی الکتریسیته و تشدید بیماری‌ها، پایداری محیطی در شهرها را به‌طور جدی با چالش مواجه می‌نماید. امروزه باتوجه به افزایش دمای سطح زمین روش‌های زیادی از جمله سنجش‌ازدور برای محاسبه دما و شناسایی عوامل مؤثر در نوسان آن معرفی شده است. در این پژوهش هدف برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم *Single Channel* و بررسی تأثیر پوشش اراضی مختلف منطقه مورد مطالعه بر روی محدوده دمای منطقه مورد نظر است.

شهر کاشان یکی از شهرهای واقع در منطقه گرم و خشک کشور می‌باشد که در دهه‌های اخیر گسترش افقی بیش از اندازه‌ای را تجربه کرده است. به همین دلیل در این پژوهش در اولین قدم به منظور طبقه‌بندی و سپس بررسی تغییرات حادث شده در یک بازه زمانی ۱۵ ساله در سطح شهر کاشان آن اقدام شد. بررسی تغییرات پوشش اراضی در طی بازه زمانی

۱۵ ساله از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۴۰۰ بیان می‌کند که حدود ۲۱ درصد به محدوده اراضی ساخته شده شهر افزوده شده است. به دنبال این افزایش، از وسعت اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی، به ترتیب حدود ۱۲ درصد و ۱۰ درصد کاسته شده است. باتوجه به تأثیر پذیری دمای سطح زمین از پوشش اراضی مناطق شهری، تغییرات در میزان مساحت پوشش اراضی محدوده شهری، به تبع موجب تغییرات دمایی خواهد شد.

با برآزش تغییرات پوشش سطح و دمای سطح زمین در شهر کاشان، ارتباط پوشش‌های مختلف و دمای سطح در این مناطق بررسی شد. جداول حاصل، حاکی از تأثیر توأمان پوشش‌های مختلف و لزوم بررسی تأثیر این پوشش‌ها بر دمای سطح در کنار یکدیگر است. نتایج بررسی نشان می‌دهد در هر دو دوره پژوهش اراضی بایر بیشترین میانگین دما (۵۲/۱۱ و ۵۵/۵۷ سانتیگراد) را به خود اختصاص داده‌اند. در اراضی بایر به علت عدم بهره‌مندی از سازوکارهای خنک‌کننده، تبخیر و تعرق بیشتر و ظرفیت حرارتی بالای جذب گرما باتوجه به پوشش زمین، دمای بالاتری دیده می‌شود (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین نتایج، نشان می‌دهد طی دوره ۱۵ ساله، اراضی دارای پوشش گیاهی با ۴۶/۲۱ درجه و ۴۹/۶۲ درجه کمترین میانگین دمای سطح را شامل می‌شوند. در مناطقی که تغییر پوشش از اراضی بایر و انسان‌ساخت به اراضی دارای پوشش گیاهی اتفاق افتاده است، به علت تأثیر شاخص سبزیگی بر دمای سطح زمین به دلیل ایجاد هم‌زمان سایه و رطوبت، شاهد کاهش دما بین ۴ تا ۵ درجه سانتیگراد هستیم. در واقع درختان و به‌طور کلی پوشش گیاهی، علاوه بر سایه، با ایجاد رطوبت حاصل از تبخیر و تعرق و جذب دی‌اکسیدکربن که یکی از عوامل افزایش دما در سطح شهرها هستند، باعث کاهش دمای سطح اطراف خود می‌شوند (غیاثوند نجی و همکاران، ۱۴۰۰).

در طی دوره مورد مطالعه، اراضی انسان‌ساخت، پس از اراضی بایر، با میانگین دمای با ۵۰/۴۸ درجه در سال ۱۳۸۵ و ۵۰/۳۴ درجه در سال ۱۴۰۰ بیشترین دما را به خود اختصاص داده‌اند. باتوجه به اینکه بیشتر مناطق مسکونی در هسته اصلی شهر واقع هستند. انتظار می‌رود به دلیل سطوح نفوذناپذیری که این سازه‌ها ایجاد می‌کنند، میزان دمای سطح زمین در مرکز شهر نسبت به حومه آن بیشتر باشد (غیاثوند نجی و همکاران، ۱۴۰۰). اما برخلاف انتظار در طی روز دمای سطح زمین در مرکز شهر نسبت به حومه کمتر بوده و در قسمت‌های از مرکز شهر شاهد جزایر خنک شهری هستیم. از جمله دلایل وجود جزایر خنک شهری در نواحی مرکزی شهر، می‌توان اختلاف دما بین اراضی بایر با دمای سطحی زیاد در اطراف مناطق شهری و حاشیه شهر اشاره نمود (ساعدپناه و همکاران، ۱۴۰۰).

از طرف دیگر تراکم ساختمان‌ها در هسته مرکزی شهر و نیز ارتفاع نسبتاً یکپارچه آن‌ها منجر به تشکیل کوچه‌هایی شده که با ایجاد سایه می‌توانند باعث کاهش دمای سطح شهر نسبت به حومه شوند (غیاثوند نجی و همکاران، ۱۴۰۰). در تحقیقات مشابهی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام شده است حاکی از آن است که در این مناطق در طول روز، شاهد جزایر خنک شهری هستیم. به این معنی که مناطق اطراف شهر در روز دمای سطح بالاتری نسبت به مناطق مرکزی شهر دارند که علت آن تغییرات روزانه ناشی از خصوصیات حرارتی پوشش‌های مختلف زمین است. با طلوع خورشید پوشش خاک باتوجه به ظرفیت حرارتی پایین به سرعت گرم می‌شود و دمای آن از سایر پوشش‌ها بالاتر می‌رود. در اواسط روز دمای مناطق ساخته شده نیز بالاتر رفته و به نزدیکی دمای خاک می‌رسد. با غروب خورشید پوشش خاک گرمای خود را به سرعت از دست داده و دمای آن از سایر پوشش‌ها کمتر می‌شود. این در حالی است که مناطق ساخته شده باتوجه به ظرفیت حرارتی بالا، گرمای ذخیره شده در طول روز را به آرامی به اتمسفر تابش می‌کنند و تا اواسط شب دمای سطح بالایی دارند (Hashemi Darrehbadami et al., 2018).

از این جهت در مناطق خشک و نیمه خشک در طول شب، شاهد جزایر گرمایی در سطح شهر هستیم که با یافته‌های (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۹ و ساعدپناه و همکاران، ۱۴۰۰) مطابقت دارد. نتایج حاصل از خودهمبستگی فضایی موران نشان داد که داده‌های دمای سطحی شهر کاشان دارای ساختار فضایی بوده و خوشه‌های مقادیر زیاد (گرم) و خوشه‌های مقادیر کم (خنک)، تمایل به متمرکز شدن یا خوشه‌ای شدن در فضا دارند و خوشه‌های حرارتی داغ یا خنک را تشکیل داده‌اند. بررسی تعداد نقاط خوشه‌های با مقادیر بالا و مقادیر کم، حاکی از روند افزایشی در طول دوره مورد مطالعه بوده است.

به منظور حصول اطمینان از مناطق دارای خوشه‌های با ارزش بالا و پایین از شاخص HOT SPOT استفاده شد نتایج نشان داد تغییرات الگوی دمای سطحی بالا و پایین از تغییرات پوشش اراضی نشئت گرفته است. خوشه‌های با ارزش بالا در طی دوره ۱۵ ساله، منطبق بر کاربری اراضی بایر و زمین‌های حاشیه شهر بوده است. خوشه‌های با ارزش پایین در سال‌های ۱۳۸۵ منطبق بر پوشش گیاهی و در سال ۱۴۰۰ منطبق بر پوشش گیاهی و ساخت‌وسازهای انسانی متراکم در مرکز شهر می‌باشد که با یافته‌های (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر باهدف بررسی رابطه بین پوشش اراضی و دمای سطح زمین در شهر کاشان با استفاده داده‌های سنجش از دور انجام شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد بیشترین دمای سطح زمین در دو دوره مورد مطالعه، مربوط به اراضی بایر و کمترین دمای سطح، به پوشش گیاهی تعلق دارد. تغییرات در مساحت پوشش اراضی محدوده شهر، در فاصله زمانی ۱۵ ساله، موجب تغییرات دمایی در محدوده شهر کاشان شده است. با توجه به تأثیر پذیری دمای سطح زمین از پوشش اراضی مناطق شهری، بر اساس نتایج می‌توان گفت بین میزان دما و پوشش اراضی منطقه ارتباط معناداری وجود دارد و الگوی تغییرات فضایی دمای سطحی شهر کاشان بیش از همه با الگوی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و زمین‌های بایر ارتباط تنگاتنگی دارد.

تحلیل خودهمبستگی فضایی با شاخص‌های موران محلی نشان داد دمای سطح زمین در شهر کاشان ساختار فضایی دارد؛ به بیانی، یاخته‌های دمایی زیاد و کم به متمرکز شدن یا خوشه‌ای شدن در فضا تمایل دارند. تحلیل لکه‌های داغ تأییدی آشکار به خوشه‌ای شدن جزایر خنک شهری (سطح اطمینان ۹۹ درصدی) در سطح مناطق انسان ساخت بوده است. در ضمن تطابق بسیار خوبی بین نتایج آماره گتیس - آرد جی (تحلیل فضایی لکه‌های داغ) و آماره موران محلی (خودهمبستگی فضایی) در مورد الگوی فضایی خوشه‌های گرم و سرد مشاهده شد. از جمله یافته‌های این پژوهش، می‌توان به وجود جزایر خنک شهری در طول روز، در قسمت‌های مرکزی و مناطق انسان ساخت شهر کاشان اشاره نمود.

نتایج پژوهش اهمیت برنامه‌ریزی و مدیریت و حفظ مناطق دارای پوشش گیاهی و جلوگیری از تبدیل آن‌ها به اراضی ساخته شده و بایر را در راستای حفظ پایداری محیطی مناطق شهری، نشان می‌دهد. برای این هدف استفاده از قابلیت‌های فن‌آوری نوین سنجش از دور حرارتی بسیار کارا و مؤثر می‌باشد. همچنین به منظور کاهش تخریب اراضی دارای پوشش گیاهی داخل و حاشیه شهرها و جلوگیری از گسترش افقی شهرها استفاده از سیاست‌های افزایش تراکم در محدوده شهری و توسعه شهری به سمت زمین‌های کشاورزی با مرغوبیت کمتر از راهکارهای قابل پیشنهاد می‌باشد.

منابع

- آزادی مبارکی، محمد؛ احمدی، محمود (۱۴۰۰). بررسی جزایر حرارتی شهری کلان‌شهر تبریز با استفاده از داده‌های چند زمانه ماهواره LANDSAT8 مبتنی بر روش تحلیل لکه‌های داغ. *فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۱ (۴۳)، ۴۷-۶۳.
- احمدی، محمود؛ فرهمند، قاسم (۱۳۹۶). واکاوی تغییرات مکانی هسته‌های جزایر حرارتی شهر ارومیه از سال (۱۳۹۵ تا ۱۳۹۲). *فصلنامه مطالعات عمران شهری*، ۱ (۲)، ۳۷-۶۰.
- احمدی، عبدالمجید؛ اکبری، ابراهیم؛ جمال آبادی، جواد؛ آل محمد، مریم (۱۴۰۱). تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی نمونه موردی: شهر قاین. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۲ (۶۴)، ۷۹-۹۳.
- امیدوار، کمال؛ مویدفر، سعیده؛ فاطمی، مهران؛ نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۹). ارزیابی ارتباط کاربری اراضی شهری و جزایر حرارتی مطالعه موردی: شهر بیابانی یزد. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۱۳ (۴۷)، ۱-۱۷.
- حاجی‌زاده وادقانی، بهاره؛ بالیست، جهانبخش؛ کریمی، سعید (۱۳۹۷). مکان‌یابی توسعه‌ی شهری با منطق فازی و ترکیب خطی وزنی و تکنیک تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای مطالعه موردی: شهرستان کاشان. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، ۲۷ (۱۰۷)، ۲۱۹-۲۳۲.
- حلبیان، امیرحسین؛ پروین، نادر؛ نقیب‌زاده، رویا (۱۴۰۰). تحلیل تغییرات مکانی - زمانی الگوهای حرارتی شهر اراک با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و GIS، *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۳۰ (۱۱۹)، ۱۲۱-۱۳۸.
- 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). برنامه ریزی و آمایش فضا، ۲۱(۳)، ۱۱۹-۱۴۴.
- ساعدپناه، مهین؛ امان‌اللهی، جمیل؛ قربانی، فرشید (۱۴۰۰). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان سنندج). محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۱(۴۷)، ۸۲-۶۹.
- عابدینی، موسی؛ قلعه، احسان (۱۴۰۱). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM مطالعه موردی: (شهرستان مشکین شهر). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۷)، ۳۷۵-۳۹۳.
- عبداللهی، علی اصغر؛ خبازی، مصطفی؛ درانی زاده، زهرا (۱۳۹۹). مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون (مطالعه موردی: شهر لاهیجان)، برنامه ریزی و آمایش فضا، ۲۴(۱)، ۴۹-۷۹.
- عربی علی آباد، فهیمه؛ زارع، محمد؛ غفاریان مالگیری، حمیدرضا (۱۴۰۰). بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد. نشریه علمی کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۹(۲)، ۴۳-۶۶.
- عسگری، علی (۱۳۹۰). تحلیل های آمار فضایی با ArcGIS. تهران: انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- علوی پناه، سید کاظم؛ هاشمی دره بادامی، سیروس؛ کاظم زاده، علی (۱۳۹۴). تحلیل زمانی - مکانی جزیره حرارتی شهر مشهد باتوجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری - پوشش زمین. پژوهش های جغرافیای برنامه ریزی شهری، ۳(۱)، ۱-۱۷.
- غیاثوند ننجی، حسین؛ تشیع، بهنام؛ مؤمنی، مهدی؛ یزدان پناه، همایون (۱۴۰۰). مدل سازی عوامل مؤثر بر توزیع مکانی و شدت جزایر گرمایی شهر قم با استفاده از تبدیل تسلدکپ. "جغرافیا و پایداری محیط، ۳۸، ۷۳-۹۱.
- فروغی فر، اکرم؛ دشتی، سولماز (۱۳۹۹). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: شهرستان شوش). نشریه علمی برنامه ریزی توسعه کالبدی، ۵(۳)، ۱۰۱-۱۱۴.
- کاظمی، محمد؛ نفرزادگان، علیرضا؛ محمدی، فریبرز (۱۳۹۸). بررسی تأثیر تغییرات کاربری های اراضی بر جزایر حرارتی شهر میناب با استفاده از رویکردهای طبقه بندی جنگل تصادفی و واگوی خودهمبستگی فضایی. سنجش زدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۴)، 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. نشریه سنجش زدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۲)، ۲۴-۴۸.
- کریمی فیروزجایی، محمد؛ کیاورز، مجید؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۶). پایش و پیش بینی شدت جزیره حرارتی شهر بابل باتوجه به گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۶۴-۱۳۹۴. نشریه علمی پژوهشی - مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۵(۳)، ۱۲۳-۱۵۱.
- محمدی، مجتبی؛ عیفی، محمدابراهیم (۱۴۰۰). بررسی وقوع پدیده جزایر حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای ASTER (منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز). فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۰(۳۷)، ۲۱-۴۴.
- محمودزاده، حسن؛ پوبان جم، آذر؛ امان زاده، فاطمه (۱۳۹۹). محاسبه دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا در شهر ارومیه. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۴(۷۳)، ۳۲۵-۳۴۸.
- مرتضوی اصل، سید کامیار؛ سعیدی رضوانی، نوید؛ رضایی، محمود (۱۴۰۰). تأثیر کاربری اراضی بر پراکنش فضایی جزایر خنک در شهر تهران. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، ۲(۲)، ۵۰-۳۱.
- منصورمقدم، محمد؛ روستا، ایمان؛ زمانی، محمدصادق؛ مختاری، محمدحسین؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۴۰۰). مطالعه و پیش بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد: بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی. سنجش زدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۲(۴)، ۱-۲۷.
- هاشمی دره بادامی، سیروس؛ نورایی صفت، ایثار؛ کریمی، سعید؛ نظری، سجاد (۱۳۹۴). تحلیل روند توسعه جزیره حرارتی شهری در رابطه با تغییر کاربری اراضی/پوشش با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست. سنجش زدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳)، ۱۵-۲۸.
- هاشمی دره بادامی، سیروس؛ درویشی بلورانی، علی؛ علوی پناه، سید کاظم؛ ملکی، محمد؛ بیات، رضا (۱۳۹۷). تحلیل تغییرات جزیره حرارتی سطوح شهری در روز و شب با استفاده از محصولات چند زمانه سنجنده مادیس (مطالعه موردی: کلان شهر تهران). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیای، ۹(۵۲)، ۱۱۳-۱۲۸.
- اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی (۱۳۹۴). نمایه اقلیمی شهرستان کاشان، اصفهان: اداره کل هواشناسی استان اصفهان

References

- Abdollahi, A. A., Khabazi, M., & Dorani, z. (2020). Modeling Land Use Change Using Perceptron Neural Network (Case Study: Lahijan City). *The Journal of Spatial Planning*, 24(1), 49-79 (In Persian).
- Abedin, M., Ghale, E., Aghazadeh, N., & Mohamadzadeh Sheshegaran, M. (2022). Monitoring the surface temperature and studying the land use relationship with surface temperature using OLI and TM image sensors (Case study: Meshginshahr city). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 22(67), 375-393 (In Persian).
- Ahmadi, A., Akbari, E., Jamalabadi, J., & Alemohammad, M. (2022). Impact of land use and vegetation on the formation of thermal islands Case Study: Qainat City. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 22(64), 79-93 (In Persian).
- Ahmadi, M., Farahmand, Q. (2017). Analyzing the spatial changes of the cores of thermal islands in Urmia city, *Journal of Urban Development Studies*, 1(2), 37-60 (In Persian).
- Alavipanah, S. K., Hashemi Darrehbadami, S., & Kazemzadeh, A. (2015). Spatial- Temporal Analysis of Urban Heat- Island of Mashhad City due to Land Use/ Cover Change and Expansion. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 3(1), 1-17. doi:10.22059/jurbangeo.2015.54436 (In Persian).
- Arabi Ali Abad, F., Zare, M., & Ghafarian Malamiri, H. (2021). Effect of land cover changes on land surface temperature in Yazd plain, Iran. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 9(2), 43-66 .Retrieved from (In Persian).
- Asadi, M., Oshnooei-Nooshabadi, A., Saleh, S. A., Habibnezhad, F., Sarafranz-Asbagh, S., & Van Genderen, J. L. (2022). Simulation of Urban Sprawl by Comparison Cellular Automata-Markov and ANN.
- Asgari, A. (2013). Spatial statistics analysis with Arc gis. Tehran: Publications of Information Technology and Communications Organization of Tehran Municipality. *Journal of Urban Social Geography*, 6(1), 213-227 (In Persian).
- Azadi Mubarak, M., & Ahmadi, M. (2021). Investigation of urban heat islands of Tabriz metropolis using multi-time data of LANDSAT8 satellite based on hot spot analysis method. *Regional Planning*, 11(43), 47-63. doi:10.30495/jzpm.2021.3992 (In Persian).
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (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 Science*, 22(2), 203-218.
- Foroughifar, A., & Dashti, S. (2020). Land Use Changes Detection Using Satellite Images (Case study: Susa County). *Physical Social Planning*, 7(3), 101-114. doi:10.30473/psp.2020.41954.1476 (In Persian).
- Ghiasvand Nanji, H., Tashayo, B., Momeni, M., & Yazdanpanah, H. (2021). Modelling the Effective Factors on Temporal and Thermal Island Distribution of Qom applying Tasseled Cap Transformation (TCP). *Geography and Environmental Sustainability*, 11(1), 73-91. doi:10.22126/ges.2021.5922.2322 (In Persian).
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A. (2021). Assessing the impact of land use land cover changes on land surface temperature over Pune city, India. *Quaternary International*, 575, 259-269 .
- Hajzade Vadeghani, B., Balist, J., & Karimi, S. (2018). Urban development locating with Fuzzy Logic, weighted linear combination and FANP Decision-Making Technique - Case study: Kashan City. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(105), 219-232. doi:10.22131/sepehr.2018.31496 (In Persian).
- Halabian, A., Parvin, N., & Naghibzadeh, R. (2021). Analysis of the spatial and temporal variations in the thermal patterns of the Arak City in Iran using satellite image processing. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 30(119), 121-139. doi:10.22131/sepehr.2021.247885 (In Persian).

- Hashemi Darebadami, S., Darvishi Bolorani, A., AlaviPanah, S. K., maleki, M., & Bayat, R. (2019). Investigation of changes in surface urban heat-island (SUHI) in day and night using multi-temporal MODIS sensor data products (Case Study: Tehran metropolitan). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 19(52), 113-128. doi:10.29252/jgs.19.52.113.
- Hashemi Dareh Badami, S., Nouraeisfat, I., & Karimi, S., & Nazari, S. (2015). Development Trend Analysis Of Urban Heat Island Regarding Land Use/Cover Changes Using Time Series Of Landsat Images. *Journal Of Rs And Gis For Natural Resources (Journal Of Applied Rs And Gis Techniques In Natural Resource Science)*, 6(3), 15-28 (In Persian).
- Heidari, M. A., & Tavakoli, A. (2017). Analyzing of the Relationship Between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes. *The Journal of Spatial Planning*, 21(3), 119-144 (In Persian).
- Imran, H. M., Hossain, A., Islam, A. K. M., Rahman, A., Bhuiyan, M. A. E., Paul, S., & Alam, A. (2021). Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in Dhaka City of Bangladesh. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 667-693.
- Isaya Ndossi, M., & Avdan, U. (2016). Application of open source coding technologies in the production of land surface temperature (LST) maps from Landsat: a PyQGIS plugin. *Remote sensing*, 8(5), 413 .
- Kafy, A.-A., Dey, N. N., Al Rakib, A., Rahaman, Z. A., Nasher, N. R., & Bhatt, A. (2021). Modeling the relationship between land use/land cover and land surface temperature in Dhaka, Bangladesh using CA-ANN algorithm. *Environmental Challenges*, 4, 100190.
- Kakehmami, A., Ghorbani, A., Asghari Sarasekanrood, S., Ghale, E., & Ghafari, S. (2020). Study of the relationship between land use and vegetation changes with the land surface temperature in Namin County. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(2), 27-48. Retrieved (In Persian).
- Karimi Firozjaei, M., Kiavarz Mogaddam, M., & Alavi Panah, S. K. (2017). Monitoring and predicting spatial-temporal changes heat island in Babol city due to urban sprawl and land use changes. *Journal of Geospatial Information Technology*, 5(3), 123-151. doi:10.29252/jgit.5.3.123 (In Persian).
- Kazemi, M., Nafarzadegan, A. R., & Mohammadi, F. (2019). Studying changes in heat islands and land uses of the Minab city using the random forest classification approach and spatial autocorrelation analysis. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(4), 38-56. Retrieved from (In Persian).
- Khosravi, Y., Heidari, M. A., Tavakoli, A., & Zamani, A. (2017). Analyzing of the Relationship Between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes. *The Journal of Spatial Planning*, 21(3), 119-144 (In Persian).
- Liu, N., & Morawska, L. (2020). Modeling the urban heat island mitigation effect of cool coatings in realistic urban morphology. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121560 .
- Mahmoudzadeh, H., Puyanjam, A., & Amanzadeh, F. (2020). Calculation of land surface temperature and thermal island extraction using Landsat 8 satellite imagery and separate window algorithm in Urmia. *Geography and Planning*, 24(73), 325-348. doi:10.22034/gp.2020.10794 (In Persian).
- Maleki, M., Van Genderen, J. L., Tavakkoli-Sabour, S. M., Saleh, S. S., & Babae, E. (2020). Land use/cover change in Dinevar rural area of West Iran during 2000–2018 and its prediction for 2024 and 2030. *Geogr. Tech*, 15, 93-105.
- Mansourmoghaddam, M., Ghafarian Malamiri, H. R., Arabi Aliabad, F., Fallah Tafti, M., Haghani, M., & Shojaei, S. (2022c). The Separation of the Unpaved Roads and Prioritization of Paving These Roads Using UAV Images. *Air, Soil and Water Research*, 15, 11786221221086285.
- Mansourmoghaddam, M., Ghafarian Malamiri, H. R., Roustai, I., Olafsson, H., & Zhang, H. (2022d). Assessment of Palm Jumeirah Island's Construction Effects on the Surrounding Water Quality and Surface Temperatures during 2001–2020. *Water*, 14(4), 634.
- Mansourmoghaddam, M., Naghipur, N., Roustai, I., & Ghaffarian, H. R. (2022b). Temporal and Spatial Monitoring and Forecasting of Suspended Dust Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data (Case Study: Qazvin Province). *Desert Management*, 10(1), 77-98.

- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Zamani, M. S., Mokhtari, M. H., Karimi Firoozjaei, M., & Alavipanah, S. K. (2021). Study and prediction of land surface temperature changes of Yazd city: assessing the proximity and changes of land cover. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12(4), 1-27.
- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Zamani, M. S., Mokhtari, M. H., Karimi Firoozjaei, M., & Alavipanah, S. K. (2022a). Investigating And Modeling the Effect of The Composition and Arrangement of The Landscapes of Yazd City on The Land Surface Temperature Using Machine Learning and Landsat-8 and Sentinel-2 Data. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, -. doi:10.52547/gisj.2022.223918.1060
- Mohammadi, M., & Afifi, M. (2021). Investigation of the occurrence of urban thermal islands phenomenon using ASTER satellite images (Study area: Shiraz city). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 10(37), 21-44. Retrieved from (In Persian).
- Mortazavi Asl, S., & Saeedi Rezvani, N., & REZAEI, M. (2021). The Effect of Land Use on the Spatial Distribution of Cool Islands in Tehran. *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas*, 2(2 (6)), 31-50 (In Persian).
- Nasir, M. J., Ahmad, W., Iqbal, J., Ahmad, B., Abdo, H. G., Hamdi, R., & Bateni, S. M. (2022). Effect of the Urban Land Use Dynamics on Land Surface Temperature: A Case Study of Kohat City in Pakistan for the Period 1998–2018. *Earth Systems and Environment*, 6(1), 237-248.
- Omidvar, k., Moayedfar, S., Fatami, M., Narengifard, M. (2020). Assessing the relationship between urban land use and thermal islands, Case study: Yazd desert city. *Physical Geography Quarterly*, 13(47), 1-17. (In Persian).
- Pal, S., & Ziaul, S. (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.
- Rehman, A., Qin, J., Pervez, A., Khan, M. S., Ullah, S., Ahmad, K., & Rehman, N. U. (2022). Land-Use/Land Cover Changes Contribute to Land Surface Temperature: A Case Study of the Upper Indus Basin of Pakistan. *Sustainability*, 14(2), 934 .
- Rousta, I., Mansourmoghaddam, M., Olafsson, H., Krzyszczak, J., Baranowski, P., Zhang, H., & Tkaczyk, P. (2022). Analysis of the recent trends in vegetation dynamics and its relationship with climatological factors using remote sensing data for Caspian Sea watersheds in Iran. *International Agrophysics*, 36(3), 139-153.
- Saedpanah, M., Amanoollahi, J., & Ghorbani, F. (2021). Investigating the effect of land use changes on land surface temperature in cold and semi-arid areas (Case study: Central Zone of Sanandaj City). *Journal of Natural Environment*, 74(1), 69-82. doi:10.22059/jne.2021.314241.2121 (In Persian).
- Traore, M., Lee, M. S., Rasul, A., & Balew, A. (2021). Assessment of land use/land cover changes and their impacts on land surface temperature in Bangui (the capital of Central African Republic). *Environmental Challenges*, 4, 100114 .
- Wang, M., Zhang, Z., Hu, T., & Liu, X. (2019). A practical single-channel algorithm for land surface temperature retrieval: application to landsat series data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(1), 299-316.
- Zare Naghadehi, S., Asadi, M., Maleki, M., Tavakkoli-Sabour, S. M., Van Genderen, J. L., & Saleh, S. S. (2021). Prediction of Urban Area Expansion with Implementation of MLC, SAM and SVMs' Classifiers Incorporating Artificial Neural Network Using Landsat Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(8), 513.