



Investigating the Relationship between Thermal Islands and Green Space Areas and Detecting its Changes (Case Study: Kerman City)

Farahnaz Anjomshoa¹ | Maryam Morovati²  | Mahdi Tazeh³ | Fatemeh Bahadori Amjaz⁴

1. Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. E-mail: anjomshoa.f1372@gmail.com

2. Corresponding Author, Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box184, Ardakan, Iran. E-mail: Mymorovati@ardakan.ac.ir

3. Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. E-mail: mtazeh@ardakan.ac.ir

4. Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. E-mail: fateme.bahadori95@gmail.com

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 11 Sep 2021

Received in revised form: 25 Nov 2021

Accepted: 28 Nov 2021

Available online: 21 Dec 2021

Keywords:

Land Surface Temperature,
Inverse Planck Function,
Separate Window,
Green Space,
Kerman City,
Thermal Islands.

This study was conducted to investigate the effect of vegetation in the city in the form of green space on Land Surface Temperature (LST) and also to identify the thermal islands of the Kerman city. LST was calculated by inverse method Planck function using Landsat 8 in Google Earth engine. The calculated LST was calculated as the average of two images in the middle months of the four seasons of 2014, 2017 and 2020. Landsat Science Notebook and a split window were used in order to evaluate the efficiency of the method used in calculating the LST. The relationship and the effect of vegetation on the calculated LST for Kerman city have been done using correlation and selection of ring buffer at intervals of 50, 100, 150 and 200 meters. Finally, their seasonal changes were examined using Moran's I autocorrelation index and its position changes were analyzed both as a season-to-season trend and as a general trend. The results showed that the Planck function method and the Landsat Science Notebook method had more accurate results than the Split window method. There is a relationship between the area of the park and its temperature, and the lowest calculated temperatures for green spaces are related to the parks with the largest area. Correlation test analysis showed that in all seasons of the year, LST is inversely related to vegetation density index. Also, the amount and intensity of this negative correlation vary depending on different seasons. The highest negative correlation value of -0.48 was recorded for the summer in 2014. Quantifying the effect of green space on the ambient temperature fluctuation showed that, on average distance 200 meters from vegetated areas, the temperature has increased by 3 degrees resulting from increasing distance from the identified cores as green space; it is clear evidence indicating the effect of green space on the amount of measured temperature. The results of this study showed that the calculation of earth surface temperature provides reliable results in the management of urban space that can be useful in future urban decisions.

Cite this article: Anjomshoa, F., Morovati, M., Tazeh, M., Bahadori Amjaz, F. (2021). Investigating the Relationship between Thermal Islands and Green Space Areas and Detecting its Changes (Case Study: Kerman City). *Geography and Sustainability of Environment*, 11 (4), 83-106. DOI: 10.22126/GES.2022.6836.2439



© The Author(s).

Publisher: Razi University

DOI: 10.22126/GES.2022.6836.2439



بررسی رابطه جزایر حرارتی با محدوده‌های فضای سبز و آشکارسازی تغییرات آن (مطالعه

موردی: شهر کرمان)

فرحناز انجم الشعاع^۱ | مریم مروتی^۲ | مهدی تازه^۳ | فاطمه بهادری امجز^۴

۱. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. رایانامه: anjomshoa.f1372@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. رایانامه: Mymorovati@ardakan.ac.ir
۳. گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. رایانامه: mtazeh@ardakan.ac.ir
۴. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. رایانامه: fateme.bahadori95@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر پوشش گیاهی موجود در شهر، در قالب فضای سبز، بر دمای سطح زمین و همچنین شناسایی جزایر حرارتی شهر کرمان است. محاسبه دمای سطح زمین (LST) به روش معکوس، تابع پلانک با استفاده از تصاویر ماهواره لندست-۸ در محیط سامانه گوگل ارث انجام گرفت. دمای سنجیده شده به صورت میانگین دو تصویر در ماه‌های میانی چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹ محاسبه شد و به منظور ارزیابی کارایی روش مورد استفاده در محاسبه دما از روش‌های دفتر علوم لندست و پنجره مجزا برای شماری از تصاویر استفاده گردید. ارتباط پوشش گیاهی با دمای سطح زمین، محاسبه شده برای شهر کرمان، و اثر آن بر این دما به روش‌های هم‌بستگی و انتخاب بفری حلقه‌ای، در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری بررسی شد. در نهایت تغییرات فصلی آن‌ها با استفاده از شاخص خودهم‌بستگی موران بررسی شد و تحلیل تغییرات موقعیت آن، هم به صورت روند تغییر فصل به فصل و هم به صورت روند کلی، انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که روش معکوس تابع پلانک و روش دفتر علوم لندست نسبت به روش پنجره مجزا نتایج دقیق‌تری داشتند. بین مساحت پارک و مقدار دمای آن ارتباط وجود دارد و کمترین دماهای محاسبه شده به ازای فضاهای سبز مربوط به پارک‌های با بیشترین وسعت است. تحلیل آزمون هم‌بستگی نشان داد که در تمام فصول سال، دمای سطح زمین با شاخص تراکم پوشش گیاهی رابطه معکوس دارد؛ همچنین مقدار و شدت این هم‌بستگی منفی بسته به فصل متفاوت است. بیشترین مقدار هم‌بستگی منفی، ۰/۴۸- بود که در تابستان سال ۱۳۹۲ ثبت شد. کمی‌سازی تأثیر پوشش گیاهی بر نوسان دمای محیط پیرامون نشان داد که با افزایش فاصله از هسته‌های شناسایی شده به عنوان پوشش گیاهی، دمای سطح زمین افزایش می‌یابد، به نحوی که به طور متوسط در فاصله ۲۰۰ متری از مناطق دارای پوشش گیاهی، دما ۳ درجه افزایش داشته است که گواه آشکاری بر تأثیر پوشش گیاهی بر مقدار دمای اندازه‌گیری شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که محاسبه دمای سطح زمین نتایجی قابل اتکا در زمینه مدیریت فضای شهری ارائه می‌کند که می‌تواند در راستای تصمیم‌گیری‌های آتی شهری مفید واقع شود.
تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷ دسترسی آنلاین: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰	
کلیدواژه‌ها: دمای سطح زمین، معکوس تابع پلانک، پنجره مجزا، فضای سبز، شهر کرمان، جزایر حرارتی.	

استناد: انجم الشعاع، فرحناز؛ مروتی، مریم؛ تازه، مهدی؛ بهادری امجز، فاطمه (۱۴۰۰). بررسی رابطه جزایر حرارتی با محدوده‌های فضای سبز و آشکارسازی تغییرات آن (مطالعه موردی: شهر کرمان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۱ (۴)، ۸۳-۱۰۶. DOI: 10.22126/GES.2022.6836.2439



مقدمه

شهرنشینی و شهرها تأثیرات بسیاری بر زندگی انسان دارند. در واقع شهرنشینی تغییر جمعیت روستایی به شکل شهری و افزایش درصد شهرنشینان است. رشد شهرنشینی در حال حاضر به شکلی است که بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند، حال آنکه این میزان در ۵۰ سال گذشته ۳۰ درصد و در ۱۵۰ سال گذشته ۱۰ درصد بوده است. در بسیاری از موارد، شهرنشینی به نفع بشر بوده و سطح زندگی انسان را افزایش داده است (بورگستروم^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). این درحالی است که رشد سریع شهرنشینی یک مشکل جهانی در اکثر کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. نرخ رشد بالای شهرنشینی، طی دهه‌های اخیر، آثار مخرب زیادی در محیط‌زیست شهری، از جمله افزایش حرارت و تغییرات اقلیم، داشته است. از جمله مشکلات پیش‌آمده در اثر توسعه شهرنشینی، می‌توان به آلودگی هوا، افزایش عبور و مرور وسایل نقلیه و بیماری‌های روحی و روانی اشاره کرد که در جای خود، منجر به تغییرات اقلیمی، همچون آزاد شدن انرژی گرمایی زیاد، افزایش گازهای گلخانه‌ای و همچنین تغییر کاربری زمین در شهرها، می‌شود (رفیعیان و رضایی راد، ۱۳۹۶). از مهم‌ترین اثرات کالبدی-فضایی رشد شهرنشینی می‌توان به تخریب و تغییر کاربری‌های فضای سبز اشاره کرد. فضاهای سبز و باز شهری بازماندگان طبیعت در شهر محسوب می‌شوند که در نتیجه توسعه بی‌رویه شهری، دچار تغییرات کمی و کیفی شده‌اند و این تحولات اثرات اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی زیادی به همراه داشته است (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۸). به همین دلیل شهرها با کاهش میزان پوشش گیاهی و تبخیر، نسبت به محیط اطراف خود گرم‌تر خواهند بود (نیگروم^۲، ۲۰۱۸). تغییرات سریع کاربری-پوشش زمین شهری به نگرانی‌های عمده محیط‌زیستی منجر شده و مشکلات زیست‌محیطی فراوانی، از جمله کاهش فضای سبز و توسعه جزیره حرارتی، به وجود آورده است (ناصری، ۱۳۹۴). جزیره حرارتی شهری پدیده‌ای است که به موجب آن، مناطق شهری درجه حرارت بالاتری نسبت به مناطق روستایی اطراف آن تجربه می‌کنند (هاشمی دره‌بادامی و همکاران، ۱۳۹۴). پدیده جزیره حرارتی، امروزه یکی از مهم‌ترین خطرهای محیط‌زیستی در جهان محسوب می‌شود که بر کیفیت زندگی تأثیر می‌گذارد (شاه‌محمدی^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). جزیره حرارتی ممکن است افزایش استرس‌های گرمایی و آلودگی هوای شهرها را نیز در پی داشته باشد (بالگون^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). توسعه شهرها و ارتباط آن با جزیره حرارتی شهری موضوع بسیار مهمی است که باید ابتدا درک و سپس کنترل شود (ونگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۴).

در بسیاری از مطالعات، اثر پوشش گیاهی و اثرات ساختار چشم‌انداز بر دمای سطح زمین (LST)^۶ در کاربری-پوشش‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص تراکم پوشش گیاهی نقش بسیاری مهمی در توزیع دمای سطح زمین دارد؛ بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین ارتباطی وجود دارد که به ما کمک می‌کند دمای سطحی را پیش‌بینی کنیم (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ ژائو^۷ و همکاران، ۲۰۱۷؛ محمودزاده

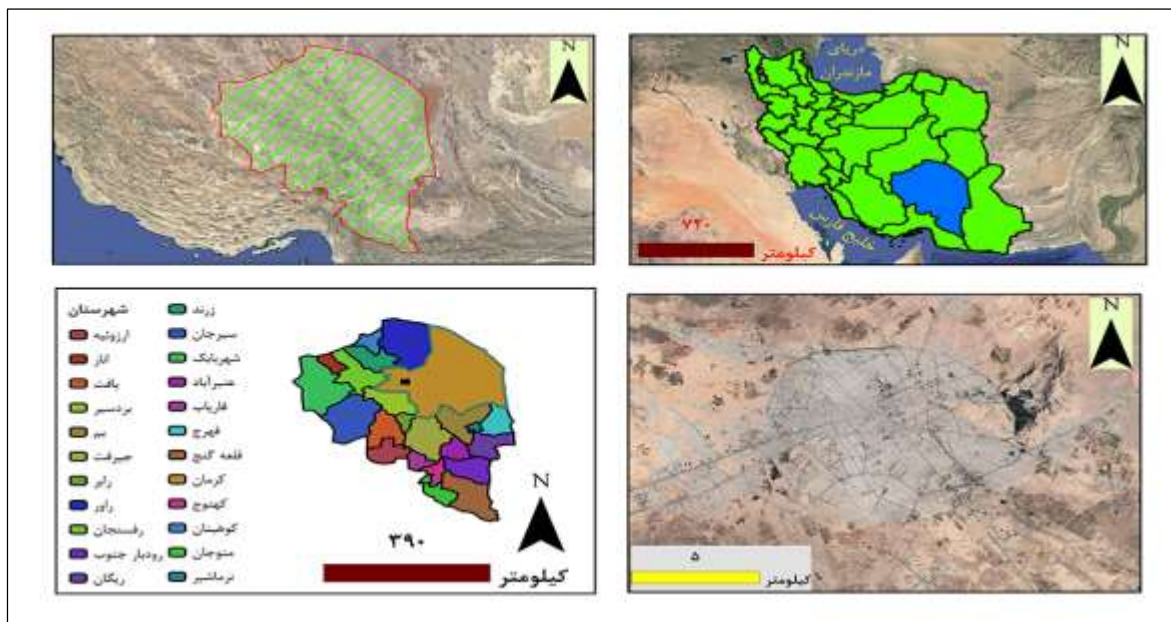
1. Borgstrom
2. Ningrum
3. Shahmohamadi
4. Balogun
5. Weng
6. Land Surface Teperature
7. Zhao

و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین ویژگی‌های مکانی و زمانی فضای سبز شهری بر جزیره گرمایی شهری تأثیرگذار است (شیائو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سلطانا و ساتیانارایانا^۲، ۲۰۲۰). برای برنامه‌ریزی دقیق توسعه شهری به اطلاعات به‌روز و به‌هنگام نیاز است تا بتوان بر اساس آن، تصمیم‌های لازم را برای مدیریت توسعه شهری اتخاذ کرد. مطالعه جزایر حرارتی در گذشته با استفاده از اندازه‌گیری دما در ایستگاه‌های هواسنجی و اتومبیل‌های مخصوص ثبت دما انجام می‌شد (ونگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات نشان می‌دهند که داده‌های سنجش از دور حرارتی امکان نظارت بر جزایر حرارتی شهری و ارزیابی آن‌ها را به‌صورت پویا فراهم می‌کنند؛ به همین دلیل نقش سنجش از دور حرارتی برای مطالعه اثرات جزایر حرارتی شهری بسیار حائز اهمیت است (متکان و همکاران، ۱۳۹۳). از دهه ۲۰۰۰، با ورود ماهواره‌های پایش زمینی و امکان مدل‌سازی، این تکنولوژی به‌طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری دمای سطح زمین استفاده شده و داده‌های ارزشمندی برای تحلیل جزیره حرارتی فراهم کرده است. طیف گسترده‌ای از داده‌هایی که سیستم‌های پایش و مدل‌سازی جمع‌آوری می‌کنند، می‌توانند در چهارچوب مدل‌های مکانی در GIS توسعه یابند (کیم و بیک^۴، ۲۰۰۵). با توجه به اهمیت و توانمندی‌ای که روش‌های تحلیل فضایی در مطالعات اقلیم‌شناسی شهری، به‌ویژه تحلیل فضایی دمای سطح زمین، دارند، در این مطالعه از نگرش تلفیقی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود. این مطالعه با بررسی ارتباط دمای سطح زمین با سایر پارامترهای شهری، از قبیل کاربری اراضی و شاخص‌های پوشش گیاهی، می‌تواند راهنمای مفیدی برای تدوین برنامه‌های محیطی و طراحی روش‌های تقلیل کاهش دما، همچون برنامه‌های فضای سبز بر مبنای سیاست‌های کلی پایداری محیط شهری، باشد.

معرفی منطقه مورد بررسی

شهر کرمان یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان کرمان است (شکل ۱). وسعت شهر کرمان حدود ۱۳۰ هزار هکتار است و به‌دلیل وسعت شهری و جمعیت آن، جزء کلان‌شهرهای استان طبقه‌بندی شده است. شهر کرمان یک مرکز جمعیتی و بزرگ‌ترین شهر در منطقه جنوب شرق ایران است و از لحاظ صنعتی، سیاسی، و علمی و فرهنگی نیز مهم‌ترین شهر جنوب شرق ایران محسوب می‌شود (مهندسین مشاور آرمانشهر، ۱۳۹۰). کرمان مرکز شهرستان کرمان است که در ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۱۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و از سطح دریا ۱۷۵۷ متر ارتفاع دارد. شیب شهر ملایم است و حداکثر به ۴ درصد می‌رسد. در حال حاضر شهر کرمان دارای جمعیتی بالغ بر ۷۲۲،۴۴۴ نفر، ۴ منطقه شهری، ۱۳ ناحیه و ۴۹ محله است (عبداللهی و قاسمی، ۱۳۹۷).

1. Xiao
2. Sultana & Satyanarayana
3. Weng
4. Kim & Baik



شکل ۱. موقعیت استان کرمان، شهرستان کرمان و شهر کرمان.

مواد و روش‌ها

برای تاریخ دریافت تصاویر از فیلترگذاری استفاده شد. برای هر فصل، ماه میانی آن انتخاب گردید تا تغییرات محیطی به صورت میانگینی از فصل بررسی شود. تاریخ‌های دریافت اطلاعات تصاویر ماهواره لندست-۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۴، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین به روش پلانک، مقدار انعکاسی^۱ برای باندهای چندطیفی^۲، سپس رادیانس^۳ و دمای درخشندگی^۴ برای باندهای حرارتی^۵ محاسبه شد، بعد از آن مقدار گسیل‌مندی^۶ باید محاسبه شود.

محاسبه انعکاس حد بالای اتمسفر (TOA)^۷ برای باندهای چندطیفی با استفاده از محاسبه مقادیر گین^۸ و آفست^۹ انجام شد. بر این اساس، تمام داده‌های مولتی‌باندها در مقدار 0.00002 ضرب و با مقدار 0.1 جمع می‌شود تا مقدار انعکاسی TOA محاسبه شود. لازم است شاخص تراکم پوشش گیاهی از روی داده‌های انعکاسی TOA محاسبه شود. مقدار گسیل‌مندی بر دمای سطح زمین به شدت تأثیر می‌گذارد. قابلیت گسیل‌مندی یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل‌دهنده پدیده‌های مختلف، متفاوت است و در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر تفاوت دارند. به همین دلیل پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان، می‌توان با استفاده از این پارامترها تشخیص داد (جیمز مونز و

1. Reflectance
2. Multispectral
3. Radiance
4. Brightness Temperature
5. Thermal Band
6. Emissivity
7. Top-Of-Atmosphere
8. gain
9. offset

سابرینو^۱، ۲۰۰۹؛ ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). با استفاده از تصاویر انعکاسی ایجاد شده و دستور Normalized difference، مقدار شاخص برای باندهای ۵ و ۴ محاسبه شد. این روش بر اساس همبستگی بالای گسیلندگی سطح و لگاریتم شاخص پوشش گیاهی ایجاد شده است (رازنستین^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). با استفاده از شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده، امکان محاسبه توان تشعشعی مواد مختلف خاکی در محدوده ۱۰ تا ۱۲ میکرومتر فراهم می‌شود (جیمینز مونز و سابرینو، ۲۰۰۹). در این مطالعه نیز مقدار گسیل مندی با استفاده از شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)^۳ محاسبه شد (فکرت و همکاران، ۱۳۹۹). به منظور محاسبه مقدار گسیل مندی سطح زمین در سامانه گوگل ارث انجین از شروطنی استفاده شد که در مطالعه ایسایا انداسی و آودن^۴ (۲۰۱۶) به آن اشاره شده است.

در این مطالعه، از باند ۱۰ ماهواره لندست به عنوان مینا برای تهیه دمای سطح زمین استفاده شد؛ چراکه این باند نسبت به باند ۱۱ دارای نویز کمتری است و به مقدار عددی ۹/۶۶ که بیشترین مقدار بازتاب از سطح زمین است، نزدیک است (فکرت و همکاران، ۱۳۹۹). از طرفی، به منظور تعیین دمای سطح زمین، استفاده از محاسبات تک‌باندی به جای محاسبه چندباندی، برای ماهواره لندست-۸ نیز توصیه شده است (عسگرزاده و همکاران، ۱۳۹۵). مجدداً برای محاسبه مقادیر گین و آفست از سایت «<https://remotepixel.ca>» و اطلاعات موجود در MTL فایل استفاده شد. مقدار آفست برای این محدوده برابر ۰/۱ محاسبه گردید. مقدار گین که معادل مولتی^۵ شناخته می‌شود، برابر ۰/۰۰۰۳۳۴۲۰ در نظر گرفته شد. پس از محاسبه ذکر شده، مرحله بعدی محاسبه دمای درخشندگی است که با محاسبه بر روی رادیانس انجام گرفت. در این مطالعه، با استفاده از معادله معکوس تابع پلانک، بر اساس رابطه ۱، دمای سطح زمین محاسبه شد. لاندای (λ) در محاسبات دمای سطح زمین به معنای طول موج است که در این مطالعه مقدار آن برای باند ۱۰ از ۱۰/۶ تا ۱۱/۱۹ است. از آنجا که برای محاسبه به مقدار عددی ثابتی برای لاندای نیاز داریم، مقدار میانگین آن، برابر ۱۰/۸۹ در نظر گرفته شد. مقدار ρ نیز برابر ۱۴/۳۸۰ در نظر گرفته شد (ایسایا انداسی و آودن، ۲۰۱۶؛ ویسی و همکاران، ۱۳۹۵).

$$Ts = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right] Lne\right\}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\rho(h * c/a) = 1.438 \cdot 10^{-2}$$

در این معادله، Ts برابر دمای سطح زمین برحسب کلون، BT برابر دمای درخشندگی، ε مقدار گسیل مندی، ρ مقدار ثابت عددی و λ نیز برابر طول موج است. با فراخوانی LST، دمای سطح زمین برحسب کلون محاسبه خواهد شد.

1. JiménezMuñoz & Sobrino
2. Rozenstein
3. Normalized Difference Vegetation Index
4. Isaya Ndossi & Avdan
5. multi

ارزیابی کارایی روش مورد استفاده

برای ارزیابی معکوس تابع پلانک مورد استفاده در تخمین دمای سطح زمین، از دو روش کلی استفاده شد که شامل ۱. مقایسه با سایر روش‌های محاسبه دما و ۲. استفاده از دمای ایستگاه سینوپتیک است. به منظور محاسبه کارایی روش مورد استفاده در تخمین دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه، ایستگاه‌های سینوپتیک بررسی شدند. برای بررسی دقت مدل با استفاده از دستور Print بر روی متغیر تصاویر فراخوانی شده سامانه گوگل ارث انجین، دسترسی به تاریخ اخذ تصاویر مورد بررسی در این مطالعه میسر است. از این رو، از میان تمام تصاویر مورد استفاده، از تصویر فصل زمستان، معادل بهمن ماه، در تاریخ ۲۰۲۰/۰۵/۱۸ برای محاسبه دمای سطح زمین به سایر روش‌ها استفاده شد. تصویر مورد استفاده از تارنمای «<https://earthexplorer.usgs.gov>» دانلود شد. جدول ۱ ویژگی این تصویر را برای مقایسه نمایش می‌دهد.

جدول ۱. ویژگی‌های تصویر برای ارزیابی سایر روش‌های محاسبه دما

نام ماهواره	نام سنجنده	ساعت اخذ تصویر به گرینویچ	گذر/ردیف
لندست-۸	TIRS	۰۶:۴۴:۲۴	۱۶۰/۳۹

پس از دریافت تصویر، عملیات پیش‌پردازش، شامل تصحیحات هندسی^۱ و اتمسفری^۲، به روش‌های کاهش تیرگی^۳ پدیده و توابع چندجمله‌ای^۴ انجام شد. این اطلاعات با استفاده از MTL فایل همراه تصاویر دانلودی در نرم‌افزار ENVI5.3 پردازش شد. محاسبه دمای سطح زمین در شش گام، شامل محاسبه شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)، برآورد کسری پوشش گیاهی^۵، برآورد قابلیت گسیل‌مندی، برآورد دمای روشنایی ماهواره، برآورد ستون بخار آب و الگوریتم پنجره مجزا، انجام گرفت. با توجه به در دسترس نبودن ضرایب پایگاه برای لندست-۸، ضرایب C از طریق شبیه‌سازی با اعداد مختلف (گاریسیا-هارو^۶ و همکاران، ۲۰۰۵) از شرایط اتمسفر (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴) به شرح جدول ۲ محاسبه شد.

جدول ۲. ضرایب الگوریتم پنجره متحرک

ضرایب ثابت‌ها	۰C	۱C	۲C	۳C	۴C	۵C	۶C
ارزش‌ها	-۰/۲۶۸	۱/۳۷۸	۰/۱۸۳	۵۴/۳	-۲/۲۳۸	-۱۲۹/۲	۱۶/۴

در روش دفتر علوم لندست، LST با استفاده از رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$LST = \frac{T_{sensor}}{1 + \left(\lambda \frac{T_{sensor}}{\rho} \right) \ln(\varepsilon)} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\rho = \frac{hc}{k} = (mk)1.438$$

در این معادله، Tsensor دما در سطح سنجنده (کلوین)، λ طول موج باند مورد نظر (۱۱/۵ میکرومتر)، h برابر با ثابت پلانک

1. Geometric Correction
2. Atmospheric Porrection
3. Dark Subtract
4. Polynomial
5. Fraction of Vegetation Cover
6. García-Haro

(۱۰۲۳×۱/۳۸)، C سرعت نور (۱۰۸×۲,۹۹۸)، K ثابت بولتزمن (۲۳-۱۰×۱/۳۸) و ϵ گسیل مندی سطح زمین است. بیشتر مطالعات انجام گرفته به منظور ارزیابی کارایی مدل، در محاسبه دمای سطح زمین از ایستگاه سینوپتیک کرمان به موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی استفاده شد. این ایستگاه در بخش غربی شهر در جاده کرمان به سمت سعادت آباد قرار دارد.

ارتباط دمای سطح زمین با شاخص تراکم پوشش گیاهی

تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین در مطالعات دیگر نیز مشخص شده است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸). پس از محاسبه دمای سطح زمین در این مطالعه، برای بررسی ارتباط بین دمای محاسبه شده و شاخص تراکم پوشش گیاهی از تحلیل همبستگی استفاده شد. با استفاده از این آزمون، مقدار و نوسان دمای سطح و ارتباط آن با شاخص تراکم پوشش گیاهی محاسبه خواهد شد. در این راستا، از شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) که محققان به مقدار زیاد ذکر کرده اند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۶؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ کیت^۱ و همکاران، ۲۰۱۶؛ هریهر^۲، ۲۰۱۷) استفاده خواهد شد. از آنجا که دمای سطح زمین استفاده شده در مطالعات مذکور میانگین ماهانه است، در این مطالعه نیز از میانگین ماهانه استفاده شد. بررسی مقدار همبستگی بین شاخص تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از آنالیز Band Collection Stats در محیط نرم افزار ArcGIS10.4.1 انجام گرفت.

کمی سازی تغییرات فضای سبز

یکی از محدودیت ها که در پیاده سازی این مطالعه با آن مواجه بودیم، دسترسی داده های زمین مرجع فضای سبز در شهر کرمان بود. این محدودیت بسیار جدی بخشی از کاستی و نقصی است که آرشیو اطلاعاتی سازمان پارک ها و فضای سبز شهر کرمان و همچنین شهرداری کرمان با آن مواجه است. با این حال، اطلاعات کاملی از سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ برای طبقات مختلف فضای سبز، شامل مساحت و تعداد، وجود داشت که از این اطلاعات برای تفسیر تغییرات رخ داده در سطح فضای سبز استفاده شد.

اما از آنجا که برای تبیین اثر فضای سبز در پوشش گیاهی به اطلاعات زمین مرجع نیاز است، در این مطالعه به منظور کمی سازی روند تغییرات فضای سبز شهری، مجبوریم از حد آستانه ۳ استفاده کنیم. حد آستانه مقداری عددی است برای ایجاد شکاف و تفاوت دودویی ۴ برای یک متغیر پیوسته که بیشتر به صورت پیش بینی ای خواهد بود که برای دو حالت رخداد (۲ طبقه) استفاده می شود. شناسایی این حد افتراق با استفاده از تابع ROC انجام خواهد شد. در این مطالعه مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) به عنوان یک نقشه پیش بینی و برابر نقشه پیوسته است که در آن هریک از پدیده های سطح زمین بر اساس مقدار این شاخص دارای ارزش اند. در این شاخص، مناطق با پوشش گیاهی انبوه و بدون پوشش به راحتی قابل شناسایی اند. مقدار این شاخص دارای دامنه تغییراتی بین ۱ و -۱ است که مقدار مثبت آن مربوط به پوشش گیاهی غنی و ارزش عددی صفر، مقادیر نزدیک به آن مربوط به مناطق بدون پوشش گیاهی، و ارقام نزدیک به -۱ بیانگر محل های خیس و آب است (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۷؛ مختاری و همکاران، ۱۳۸۸). در این نمونه، به منظور تشخیص فضای سبز باید

1. Kayet
2. Hereher
3. threshold or cut off
4. Binominal
5. Receiver Operating Characteristic Curve

از داده‌های صفر و ۱ استفاده شود که در این نمونه تعلیمی، صفر برابر با نقاط عدم حضور فضای سبز و ۱ برابر مناطق حضور فضای سبز است. از آزمون یودن^۱ برای شناسایی نقطه افتراق یا بیشترین حساسیت در مقابل ویژگی استفاده شد. رابطه ۱ و ۲ نحوه محاسبه این آماره را بر اساس مقادیر حساسیت^۲ و ویژگی^۳ نمایش می‌دهد.

یودن = حساسیت + ویژگی - ۱

محاسبه آماره یادون در نرم‌افزار MedCalc version 13.3.3 انجام شد (کریمی و میرسنجری، ۱۳۹۶).

ارتباط تغییرات دما و فضای سبز

از آنجا که متغیر پوشش گیاهی در بسیاری از مطالعات نقش مهمی در تعدیل دما داشته است، در این مطالعه نیز به منظور بررسی کمی این تأثیر، از جداسازی فضای سبز از سایر کاربری‌های سطح شهر استفاده شد تا از این طریق مشخص شود که چه مقدار تغییری در فواصل پدید خواهد آمد. استفاده از بافرهای حلقه‌ای^۴ برای بررسی روند تأثیر و تغییر در مطالعات دیگر نیز مرسوم است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۹). به این منظور، سطح فضای سبز شناسایی شده با استفاده از حد آستانه از سایر نواحی جدا شد، سپس با استفاده از دستور Extract by Mask در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.4.1 مقدار دمای توزیع شده در سطح فضای سبز محاسبه گردید. در این مطالعه تلاش شد تا اثر این پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین تبیین شود. از این رو، به منظور تبیین این اثر، ابتدا با استفاده از دستور Multiple Ring Buffer در نرم‌افزار ArcGIS در فواصل معین ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از مناطق شناسایی شده توسط مقدار حد آستانه، حلقه‌های بافری تشکیل خواهند شد، سپس با استفاده از دستور برش داده‌های رستری، بر اساس داده‌های وکتوری مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی به‌ازای خود فضای سبز شناسایی شده و فواصل معین ذکر گردیده، برش انجام خواهد شد و مقدار میانگین محاسبه شده دما به‌ازای عوارض ذکر شده، میانگین دما در نظر گرفته خواهد شد.

پایش تغییرات جزایر حرارتی

یکی از شاخص‌های جالب و درحال رشد آمار فضایی مربوط به خودهم‌بستگی فضایی است. خودهم‌بستگی به رابطه بین مقادیر باقی‌مانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خودهم‌بستگی فضایی مفهومی نسبتاً ساده است و در حقیقت بسط همین مفهوم در آمار است. خودهم‌بستگی قوی زمان رخ می‌دهد که مقادیر یک متغیر که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک‌اند، با هم مرتبط باشند. اگر عوارض یا متغیرهای مربوط به آن‌ها به‌طور تصادفی در فضا توزیع شده باشند، ظاهراً نباید بین آن‌ها ارتباطی وجود داشته باشد. ابزار تحلیل خودهم‌بستگی موران^۵ به بررسی خودهم‌بستگی فضایی بر اساس مکان دو مقدار خصیصه عوارض جغرافیایی می‌پردازد.

با فرض اینکه تمام محدوده شهر جزیره حرارتی است، پایش جزایر حرارتی برای فصل‌های ابتدا و انتهای بازه زمانی مورد مطالعه، یعنی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹، با استفاده از شاخص موران انجام گرفت؛ به این معنا که تغییرات جزایر حرارتی در دو ماه اردیبهشت و مرداد، و آبان و بهمن بررسی شد. افزون بر این، به منظور بررسی تغییرات فصلی جزیره حرارتی در سال ۱۳۹۹ نیز از فصول این سال استفاده شد. برای پیاده‌سازی و محاسبه این شاخص از نرم‌افزار QGIS3.16.3 استفاده گردید.

1. Youden Index
2. Sensitivity
3. Specificity
4. Ring buffer
5. Moran's I

نتایج

دمای محاسبه شده سطح زمین

جدول ۳ دمای سطح زمین را برحسب کلونین در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹ نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج، دمای محاسبه شده در فصول مختلف، متفاوت و دارای نوسان بوده است. این جدول بر اساس نوسان دمای اندازه‌گیری شده توسط تصاویر فوق، تهیه شده است.

جدول ۳. دمای سطح زمین در محدوده شهر کرمان برحسب کلونین

سال	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱۳۹۲	۲۸۶/۵۲	۳۲۳/۵۲	۳۰۴/۷۳	۳۳۲/۷۳	۲۸۴/۸۶	۳۱۴/۴۲	۲۷۵/۱۹	۳۰۰/۷۳
۱۳۹۵	۲۹۰/۸۸	۳۲۷/۱۱	۲۸۹/۴۱	۳۲۵/۲۰	۲۸۴/۶۳	۳۰۹/۵۱	۲۷۴/۳۱	۲۹۹/۱۱
۱۳۹۹	۲۸۵/۴۵	۳۱۶/۵۷	۲۸۴/۶۱	۳۲۷/۹۶	۲۸۵/۰۵	۳۱۰/۲۹	۲۷۳/۵۲	۳۰۴/۲۱

ارتباط شاخص تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح زمین

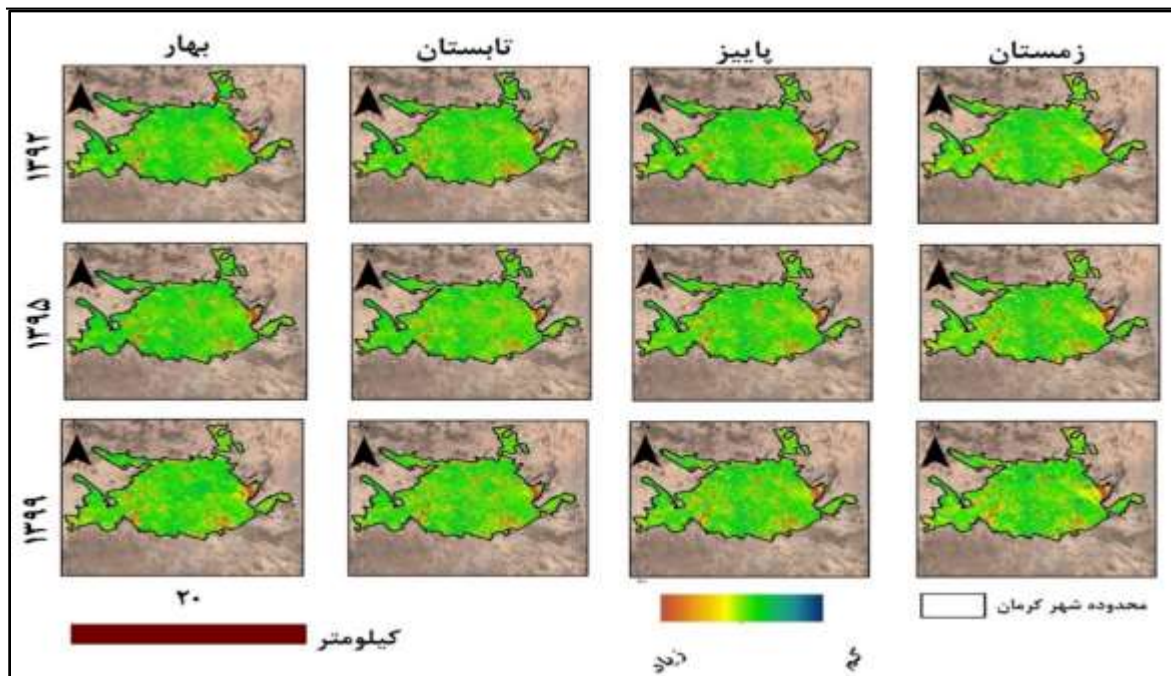
جدول ۴ ماتریس هم‌بستگی بین دمای سطح زمین در بازه‌های زمانی مختلف و شاخص تراکم پوشش گیاهی محاسبه شده را نمایش می‌دهد. مقدار هم‌بستگی محاسبه شده به خوبی نشان می‌دهد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین محاسبه شده در فصول مختلف رابطه منفی وجود دارد؛ به این معنا که با افزایش مقادیر محاسبه شده برای یک متغیر، مقدار متغیر دیگر تغییراتی معکوس خواهد داشت که شدت این تغییرات را میزان هم‌بستگی آن مشخص خواهد کرد.

جدول ۴. تغییرات مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST)

میزان هم‌بستگی	سال	فصل		
		بهار	تابستان	پاییز
۱۳۹۲	-۰/۳۵	-۰/۴۸	-۰/۲۷	-۰/۰۳
۱۳۹۵	-۰/۳۷	-۰/۱۸	-۰/۲۲	-۰/۰۸
۱۳۹۹	-۰/۱۹	-۰/۳۷	-۰/۲۱	۰/۱۱

شاخص تراکم پوشش گیاهی در سطح شهر

شکل ۲ تغییرات مربوط به شاخص تراکم پوشش گیاهی را منطبق با فصول نمایش می‌دهد. در این تصویر رنگ‌های آبی مقادیر منفی معمولاً وجود آب را نمایش می‌دهد و رنگ‌های سبز مناطقی را نشان می‌دهد که پوشش گیاهی نیمه‌مترکم دارند. در بازه زمانی این مطالعه، بیشترین مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۹۵ است که در این تصویر، بیشترین مقدار شاخص محاسبه شده برابر ۰/۸۴ است. به‌طور کلی بیشترین شاخص تراکم پوشش گیاهی نیز مربوط به پارک‌های جنگلی محدوده مورد مطالعه است.



شکل ۲. شاخص تراکم پوشش گیاهی و روند تغییرات آن در محدوده شهر کرمان

ارزیابی کارایی روش‌های مورد استفاده

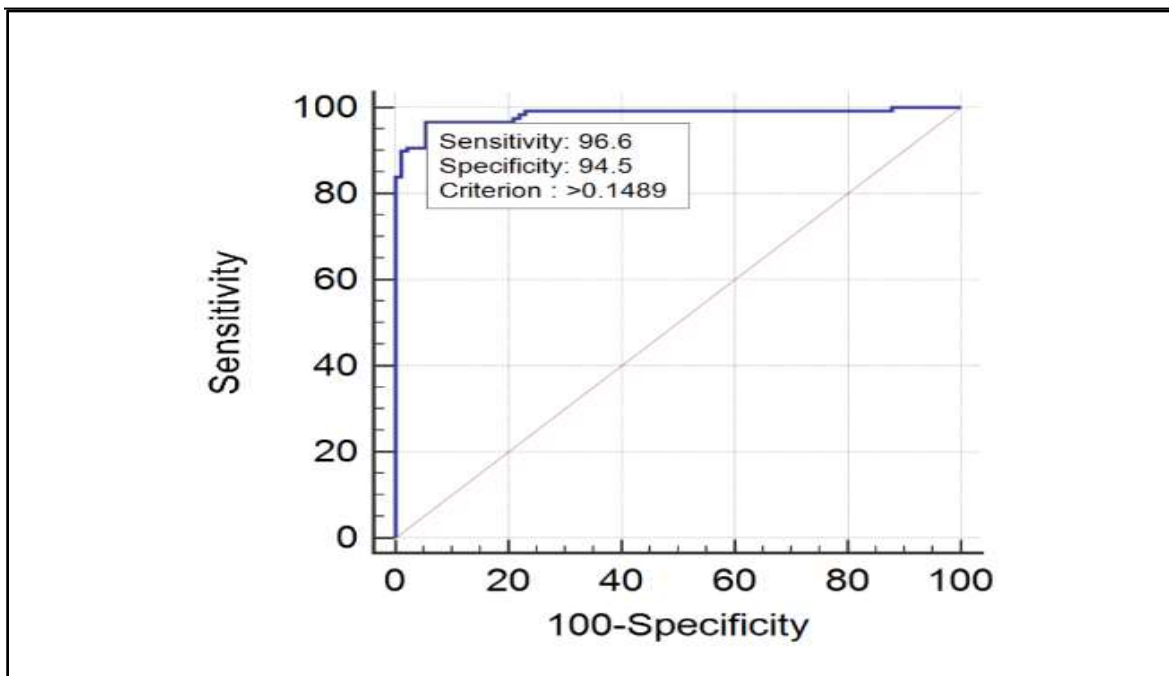
به‌منظور ارزیابی کارایی روش‌های مورد استفاده در برآورد دمای سطح زمین، از دو روش مجزا استفاده شد که شامل محاسبه دمای سطح زمین با روش‌های دفتر علوم لندست و همچنین پنجره مجزاست. استفاده از این دو روش، در کنار استفاده از روش تابع پلانک، قدرت و تمایز روش‌های مختلف را نمایش می‌دهد. شکل زیر روش‌های مختلف محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه را در تاریخ اخذ تصویر که برابر ۲۰۲۰/۰۵/۱۸ است، نمایش می‌دهد. بر اساس این محاسبات، دمای سطح زمین در روش پنجره مجزا برابر ۲۱/۵۶ تا ۴۸/۷۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد که نسبت به دو روش دیگر مورد استفاده، مقدار بالاتری است. بر این اساس، روش دفتر علوم لندست محدوده دما را بین ۲۲/۱۹ تا ۴۳/۵۶ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی کرده است و این مقدار برای روش تابع پلانک برابر ۲۲/۴۵ تا ۴۴/۶۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد که نشان می‌دهد دو روش تابع پلانک و دفتر علوم لندست دمای تقریباً مشابهی را ثبت کرده‌اند. به‌منظور ارزیابی قدرت تابع پلانک در تعیین دما، سطح دمای ایستگاه سینوپتیک شهر کرمان دریافت شد. نتایج پیش‌بینی دمای محاسبه‌شده به‌ازای موقعیت ایستگاه سینوپتیک برای روش‌های مختلف محاسبه شد و بر اساس روش‌های دفتر علوم لندست، پنجره مجزا و تابع پلانک، مقدار دمای محاسبه‌شده برای ایستگاه به‌ترتیب دارای مقادیر ۴۰/۸۱ درجه سانتی‌گراد، ۳۸/۹۹ درجه سانتی‌گراد و ۳۹/۶۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید که با مقدار محاسبه‌شده در حالت حداکثر آن، یعنی ۳۲ درجه، اختلافی حداقل ۶ درجه‌ای دارند. این اختلاف می‌تواند ناشی از شرایط و موقعیت قرارگیری ایستگاه باشد. از آنجا که این ایستگاه خارج از محدوده شهر قرار گرفته است، طبیعی است که مقدار دمای محاسبه‌شده برای آن بیشتر از مقدار دمای محاسبه‌شده در داخل شهر باشد. از طرفی، از دیگر عواملی که می‌تواند بر افزایش دما تأثیر گذاشته باشد، این است که در پیرامون ایستگاه هواشناسی کرمان عملاً هیچ‌گونه پوشش گیاهی‌ای وجود ندارد.

جدول ۵. ساعت گذر ماهواره لندست و دمای ایستگاه سینوپتیک

تاریخ	ساعت	ساعت به وقت محلی	دمای محاسبه شده	
			حداکثر	حداقل
۲۰۲۰/۰۵/۱۸	۶/۴۴	۹/۴۷	۳۶/۴	۱۵/۱
			متوسط	۳۲/۲

بررسی تغییرات پوشش گیاهی

برای بررسی مقدار تغییرات فضای سبز، از حد آستانه استفاده شد. این حد آستانه با استفاده از شاخص TSS محاسبه گردید. به این منظور، از تعداد ۱۱۷ نقطه فضای سبز در محدوده شهر که دارای پوشش گیاهی درختی بود، استفاده شد. هر دو دسته از نقاط که به حضور و عدم حضور پارک اشاره می‌کنند، در بستر تصویر گوگل ارث با استفاده از سرویس‌های موجود به ArcGIS متصل و خروجی گرفته شده‌اند. در این تصویر، نقاط سبز فضای سبز، شامل پارک‌ها، بوستان‌ها، میدان‌ها و پوشش گیاهی در تقاطع، را نمایش می‌دهد و نقاط قرمز نیز مناطقی فاقد پوشش گیاهی را به نمایش می‌گذارد. از مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی مربوط به اردیبهشت سال ۱۳۹۹ که بالاترین مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی را در میان بازه‌های مورد مطالعه داشت، استفاده شد تا مقدار مناسب حد برش شناسایی و محاسبه شود. شکل ۳ مقدار برش شناسایی شده را بر اساس حد نقاط نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج، برش مناسب برای تفکیک بخش‌های دارای پوشش گیاهی با تیپ‌های بوستان، پارک جنگلی و فضای سبز، در مقدار ۰/۱۴ انجام خواهد شد. این به معنای آن است که از این مقدار کمتر با پوشش‌های زمین خشک مواجه خواهیم بود، که این امر با ماهیت و دامنه تغییر شاخص تراکم پوشش گیاهی در مقادیر کم آن مطابقت دارد. در حد آستانه شناسایی شده، ۹۶ درصد فضاهای سبز درست شناسایی شده‌اند و این مقدار برای فضاهای غیرسبز برابر ۹۴ درصد بوده است. با اعمال این مقدار بر روی نقشه‌های شاخص‌های تراکم پوشش گیاهی، نقشه‌های فضای سبز برای سال‌های متفاوت محاسبه شد.



شکل ۳. شناسایی نقطهٔ برش یا کات آف با استفاده از نقاط تعلیمی

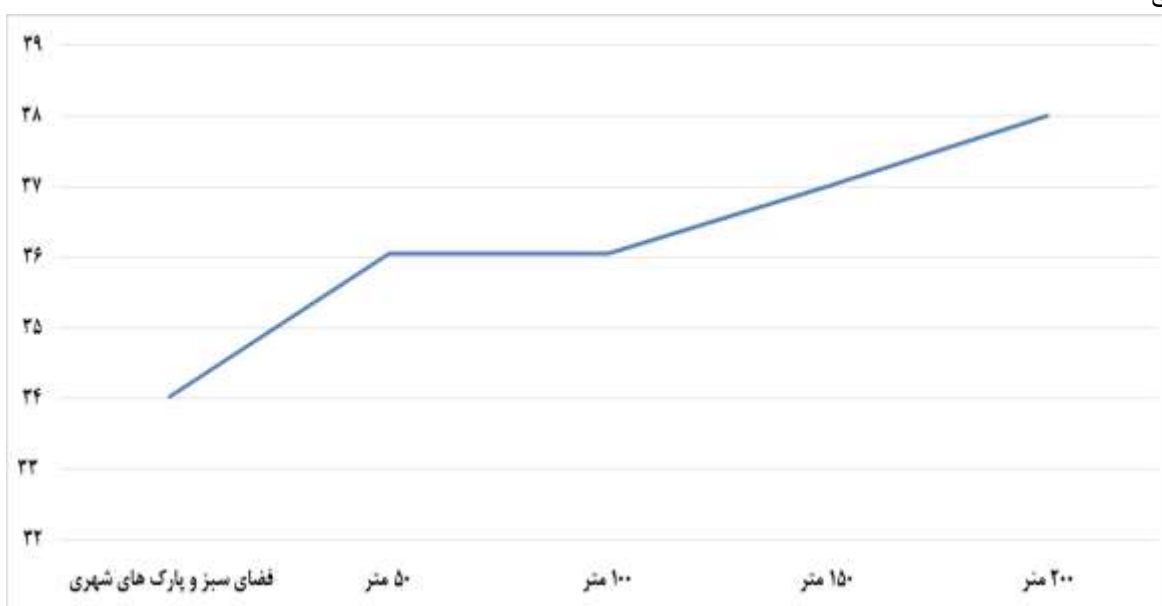
مساحت محاسبه شده برای محدودهٔ شهری به تفکیک در جدول ۶ ذکر شده است. بر این اساس، در سال ۱۳۹۲ مساحتی معادل ۱۸/۸۵ درصد از سطح شهر جزء فضای سبز است که این درصد در سال ۱۳۹۵ به مقدار ۱۴/۷۵ کاهش یافته است و در نهایت در سال ۱۳۹۹ به ۲۰/۳۷ درصد رسیده است.

جدول ۶. مساحت فضای سبز اندازه گیری شده توسط حد آستانهٔ برش خورده

۱۳۹۹		۱۳۹۵		۱۳۹۲		
غیر فضای سبز	فضای سبز	غیر فضای سبز	فضای سبز	غیر فضای سبز	فضای سبز	طبقه
۸۸۶۵/۹۷	۲۲۶۸/۴۴	۹۴۹۳/۷۶	۱۶۴۳/۳۳	۹۰۳۵/۶۰	۲۰۹۹/۵۸	مساحت (هکتار)
۷۹/۶۳	۲۰/۳۷	۸۵/۲۵	۱۴/۷۵	۸۱/۱۴	۱۸/۸۵	درصد از شهر

نقش پوشش گیاهی در تعدیل دما

شکل ۴ در بافرهای فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری، میانگین دمای محاسبه شده به ازای فواصل مختلف را نمایش می دهد. بر اساس نتایج این مطالعه، با افزایش فاصله از فضاهای سبز و پارک های شهری، افزایش دما قابل تشخیص است؛ به نحوی که از ابتدا و منبع که فضای سبز است تا انتها که برابر فاصله ۲۰۰ متری از این مناطق است، به طور متوسط ۳ درجه سانتی گراد بر دمای محاسبه شده افزوده شده است که این امر به وضوح تأثیر پارک ها و فضاهای سبز در تعدیل دمای شهر را نمایش می دهد.

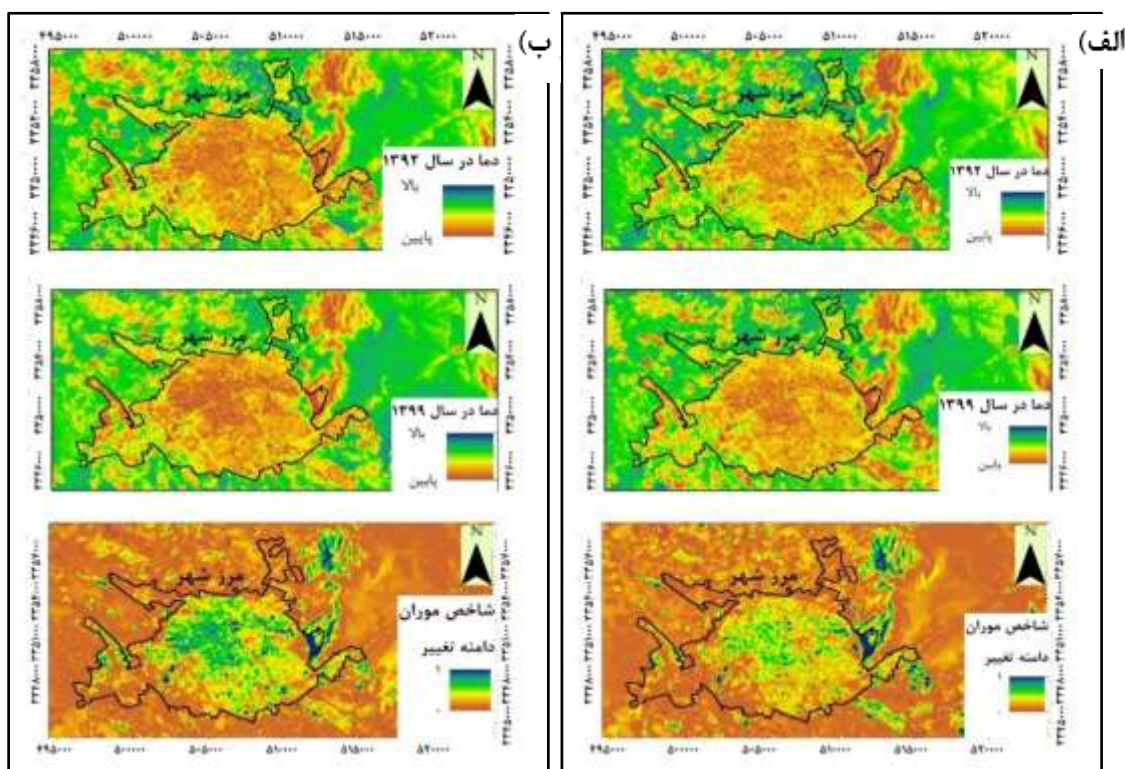


شکل ۴. تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین در فواصل مختلف مطالعاتی

شاخص خودهمبستگی فضایی موران

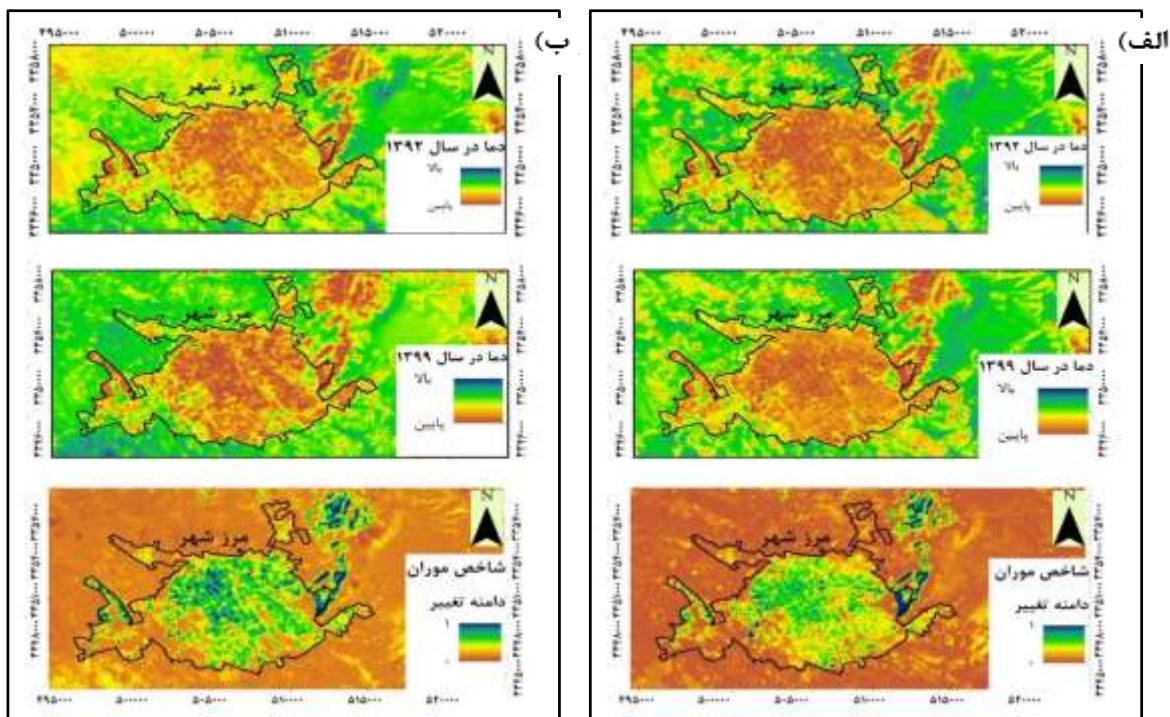
شکل ۵-الف تغییرات جزیره حرارتی محاسبه شده را با استفاده از شاخص موران برای فصل بهار نمایش می دهد. در شاخص موران رنگ آبی به معنای مناطقی ثابت از نظر مقادیر پیکسلی در تصویر مورد بررسی و رنگ قهوه ای به معنای مناطقی دارای تغییر در دو تصویر مورد مقایسه است. بر این اساس، بخش های آبی رنگ در این نقشه تغییری نداشته اند و بیشترین تغییرات در مقایسه با سال ۱۳۹۲ مربوط به بخش های غربی شهر است. این بخش ها شامل مناطقی است که در فاصله زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ در آن ها ساخت و ساز شده است. در محدوده مرکز شهر، بیشترین ثبات در محدوده پارک ها و فضاهای سبز، مانند پارک خواجوی کرمانی، پارک جنگلی شهید باهنر، پارک شورا و پارک قدس، بوده است. شکل ۵-ب تغییرات جزیره حرارتی را در فصل تابستان نمایش می دهد. در این شکل نیز بخش های آبی رنگ در شاخص موران مناطقی را نمایش می دهند که دارای تغییرات کمتری هستند. جزیره حرارتی در بخش های مرکزی شهر نسبت به سایر نواحی مورد بررسی تغییرات کمتری داشته است. در مقایسه با فصل بهار، باید اذعان داشت که ثبات بیشتری برای این محدوده جزیره حرارتی در بخش های جنوبی شهر حادث شده است که این امر ممکن است نشان دهنده افزایش توسعه و رشد شهری در این

بخش باشد، اما کماکان بخشی‌های غربی محدوده شهر، مانند روند تغییرات فصل بهار، کمترین پایداری در جزیره حرارتی را دارند.



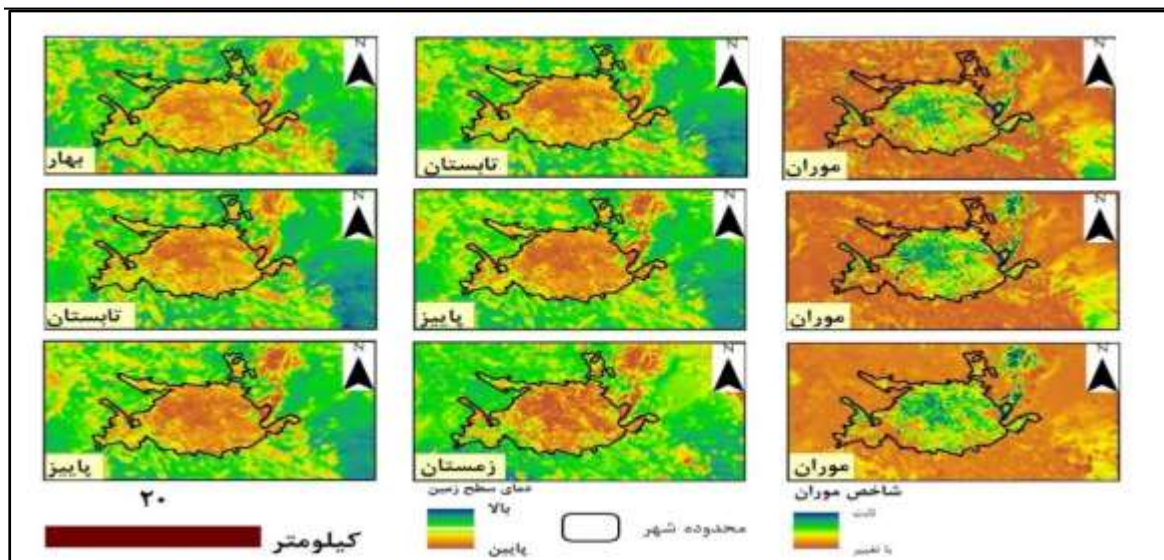
شکل ۵-الف. روند تغییرات جزیره حرارتی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ در فصل بهار (اردیبهشت)؛ ۵-ب. روند تغییرات جزیره حرارتی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ در فصل تابستان (مرداد)

شکل ۶-الف تغییرات جزیره حرارتی را در فصل پاییز نمایش می‌دهد. در مقایسه بین آبان ۱۳۹۲ و ۱۳۹۹ مشخص می‌شود که بخش‌های مرکزی و تا حدودی جنوبی شهر مجدداً دارای ثبات در جزیره حرارتی هستند. شکل ۶-ب تغییرات جزیره حرارتی را در فصل زمستان نمایش می‌دهد. مقایسه این دو سال نشان می‌دهد که در بخش‌های جنوبی و شرقی شهر، ثبات در جزیره حرارتی بیشتر شده است و در مقایسه با دیگر تاریخ‌ها به‌نظر می‌رسد در این فصل بیشترین ثبات در جزیره حرارتی در بخش‌های جنوبی شهر وجود دارد؛ از طرفی بر ثبات جزیره حرارتی در بخش‌های شرقی شهر نیز افزوده شده است.



شکل ۶الف. روند تغییرات جزیره حرارتی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ در فصل پاییز (آبان)؛ ب. روند تغییرات جزیره حرارتی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ در فصل زمستان (بهمن)

در کنار بررسی تغییرات جزایر حرارتی در طول بازه هفت‌ساله مورد بررسی، تغییرات جزایر حرارتی در فصول مختلف سال ۱۳۹۹ نیز بررسی شد که نتایج آن در شکل ۷ ارائه شده است. بر این اساس، در گذر از فصل بهار به تابستان مشخص است که جزایر حرارتی در بخش‌های مرکزی شهر قرار خواهند گرفت که شامل منطقه ۱ و منطقه ۲ شهری می‌شوند؛ و سهم مناطق ۱ و ۲ از این جزیره حرارتی به مراتب کمتر است. از فصل تابستان به پاییز، جزیره حرارتی باثبات افزایش می‌یابد و افزون بر مناطق ۱ و ۲ ذکر شده، منطقه ۳ را نیز شامل می‌شود، کمترین مقدار را نیز منطقه ۴ خواهد داشت؛ و از فصل پاییز به زمستان نیز همین وسعت تغییر در جزیره حرارتی قابل مشاهده است، با این تفاوت که مقدار آن در منطقه ۴ شهری افزایش می‌یابد.



شکل ۷. روند تغییرات جزیره حرارتی در طول فصول مختلف سال ۱۳۹۹

بحث

در این مطالعه از معکوس تابع پلانک برای ارزیابی دمای سطح زمین استفاده شد و با در نظر گرفتن نتایج خوب آن در مقایسه با ایستگاه سینوپتیک شهر کرمان، از این روش برای محاسبه میانگین دمای سطح در سامانه گوگل ارث انجین استفاده گردید. بر اساس نتایج دمای سطح زمین، مقادیر بالای دما در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۴۵، ۵۴، ۳۴ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. مقادیر پایین آن هم به ترتیب در فصول ذکر شده برابر ۲۰، ۳۱، ۱۲ و ۳ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است که نشان می‌دهد دمای محاسبه شده به‌ازای فصول با نوسان فصول در این سال همخوانی داشته است. در سال ۱۳۹۵ نیز به ترتیب حد بالای دما برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن برابر ۴۷، ۴۹، ۳۱ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد و حد پایین دما برابر ۲۵، ۲۷، ۱۲ و ۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد که مجدداً مانند سال ۱۳۹۲ دارای نوسان بین فصول است. در سال ۱۳۹۹ نیز بیشترین دماهای ثبت شده برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب در حد بالا برابر ۴۶، ۴۹، ۳۱، ۲۰ و در حد پایین نیز برابر ۲۳، ۲۹، ۱۳ و ۰/۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. از میان سه سال مورد مطالعه، دمای مرداد سال ۱۳۹۲ به مراتب بیش از سایر فصول بوده است. در مجموع، بر اساس نتایج این اندازه‌گیری‌ها، مشخص است که معکوس تابع پلانک مورد استفاده در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹ به خوبی توانسته است تغییرات فصلی را مشخص کند. سهولت در پردازش از ویژگی‌های مهم و قابل توجه این روش است، اما عدم استفاده از اطلاعات موجود در اتمسفر در این الگوریتم از نقاط ضعف آن است. نتایج حاصل از مطالعه ایسایا انداسی و آودن (۲۰۱۶) و فروتن (۱۳۹۸) با این پژوهش هماهنگ است و مطالعه‌ای که فکرت و همکاران (۱۳۹۹) انجام دادند، خلاف یافته‌های این مطالعه است. روش پنجره مجزا یکی از روش‌های مناسب اندازه‌گیری دمای سطح زمین است که کارایی آن در مقابل سایر روش‌ها در مطالعات مختلف ذکر شده است (جویباری‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۴؛ فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۶). مشهود است که سطوح نفوذناپذیر و خاک به علت جذب و نگه داشتن انرژی خورشیدی اثر گرم‌کننده دارند، در حالی که پوشش گیاهی به دلیل تبخیر و تعرق دمای کمتری دارد (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸؛

کریمی فیروزجانی و کیاورز مقدم، ۱۳۹۵؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین دمای سطح زمین با توجه به درصد پوشش گیاهی متفاوت است و هرچه پوشش گیاهی بیشتر باشد، دمای سطح زمین کمتر خواهد بود (پندا و جین^۱، ۲۰۱۷؛ سان و کفاتوس^۲، ۲۰۰۷؛ یوان و بیور^۳، ۲۰۰۷). در واقع ارتباط مستقیمی بین کاهش مقدار توده پوشش گیاهی و افزایش درجه حرارت سطح وجود دارد (امیری^۴ و همکاران، ۲۰۰۷؛ هاشمی^۵ و همکاران، ۲۰۱۳). در این مطالعه، مقدار حد آستانه مناسب برای تفکیک شهر از پوشش گیاهی برابر ۰/۱۴۳۸ محاسبه شده که مقداری مناسب برای تفکیک شهر از سایر طبقات پوشش برحسب نوسان شاخص تراکم پوشش گیاهی است (هریهر، ۲۰۱۷). نتایج این مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی پتانسیل مناسبی برای کاهش دمای سطح زمین دارد. در این مطالعه مشخص شد که با افزایش فاصله از مناطق دارای پوشش گیاهی، دما افزایش می‌یابد و در بیشترین حالت آن، در این مطالعه به‌طور متوسط به‌ازای کل پوشش گیاهی محدوده شهر باعث اختلاف ۳ درجه‌ای می‌شود که خود بیانگر نقش مهم این عامل در ایجاد میکرواقلیم در سطح شهر است. همچنین در مطالعه متکان و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی برای نقش پوشش گیاهی ذکر شده است. پوشش گیاهی بر میزان تابش خورشیدی منعکس شده از سطح زمین، تفکیک تابش خالص از شار گرمایی محسوس و نهان، میزان بازیافت تابش، افزایش گردوخاک و دیگر ذرات معلق موجود در جو، رطوبت خاک، انتقال بخار آب و آب‌های زهکشی و جریان رواناب تأثیر می‌گذارد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۷). این مطالعه، کات‌آف اجرا شده بر روی شاخص تمام فضاهای سبز را شامل می‌شود. از طرفی اثر پوشش گیاهی بر رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی محسوس است و در مجموع می‌تواند بسته به نوع گونه گیاهی، تراکم، جنس پوشش کف، دوری و نزدیکی به منابع آبی و ساختمان، به‌عنوان ساختار فضای سبز، شرایط آسایش حرارتی فضای باز را تعدیل کند (داوطلب و همکاران، ۱۳۹۵). به‌عنوان رویکرد پژوهشی می‌توان تفکیک تعدیل دما را برای تیپ‌های مختلف فضای سبز نیز بررسی کرد. در تمام سال‌های مورد بررسی، با افزایش دما، اختلاف بین مناطق دارای پوشش گیاهی و فضای سبز با مناطق حاشیه افزایش می‌یابد.

گیاهان در حفظ سلامتی اکوسیستم طبیعی شرکت دارند. آن‌ها به تغییرات عناصر محیطی بسیار حساس‌اند و پوشش گیاهی همیشه شاخصی مهم برای اندازه‌گیری شرایط محیط محلی و شناسایی تغییرات محیطی محسوب می‌شود (یو^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). تغییرات جزایر حرارتی در طول فصول مختلف سال حاکی از تغییرات پراکنده آن‌هاست. از بهار به زمستان، این جزایر به سمت قسمت‌های جنوبی در منطقه ۳ و ۴ میل می‌کنند. با این حال، میانگین جزیره حرارتی در تمام طول سال در بخش مرکزی شهر، در قسمت شمالی آن و بین مناطق ۱ و ۲ است. بررسی تغییرات دما در سطح شهر کرمان نشان داد که دما در حاشیه شهر بیشتر از بخش مرکزی آن است. این یافته در پژوهش احمدی و داداشی رودباری (۱۳۹۶) در مطالعه شهر اصفهان نیز مشاهده شده بود. جزیره حرارتی مستقر در شهر کرمان از نوع جزیره حرارتی سرد (UCI)^۷ است، چراکه در تمام فصول سال مورد بررسی، دمای آن از محیط پیرامون آن کمتر بوده است. این درحالی است که مناطق حاشیه شهر نقش جزیره حرارتی گرم (UHI)^۸ را دارند. البته جزایر حرارتی سرد در مجاور پارک‌ها و فضاهای سبز قرار دارند. بزرگ‌ترین جزیره

1. Panda & Jain
2. Sun & Kafatos
3. Yuan & Bauer
4. Amiri
5. Hashemi
6. Yue
7. Urban Cool Island
8. Urban Heat Island

حرارتی شهر در بخش مرکزی آن بین مناطق ۱ و ۲ واقع است و مابقی جزایر حرارتی در فصول خاصی، مثلاً پاییز و زمستان، به سمت جنوب شهر تمایل پیدا می‌کنند. بیشترین جزایر حرارتی مشاهده شده در شهر، در حاشیه فضاهای سبز و پارک‌ها قرار دارند، اما برخی از جزایر حرارتی که به صورت نواری هستند، در حاشیه جاده‌های درون شهری و کوچه‌های آسفالت‌ه واقع‌اند. در گذر از مرکز شهر به حاشیه‌ها، به‌ویژه سمت غرب شهر، شیب تغییر در جزیره حرارتی بیشتر خواهد شد که البته این تغییر در جزایر حرارتی را باید در ویژگی‌های محلی محدوده مورد مطالعه جست‌وجو کرد؛ چراکه با حرکت به سمت غرب شهر از پیوستگی بافت شهری کم می‌شود و این امر در محیط شهری گسیختگی ایجاد می‌کند. این خلأ بین بخش‌های متراکم شهری و گسیختگی ناشی از توسعه جدید، توسط زمین‌های بدون پوشش و قابل مشاهده است که این امر منجر به افزایش دمای این مناطق شده است. در مطالعه‌ای دیگر که احمدی و داداشی رودباری (۱۳۹۶) درباره جزایر حرارتی شهر اصفهان انجام داده‌اند نیز نتایج نشان می‌دهد که بین مرکز شهر و حاشیه‌های شهر، تغییر تندی در جزایر حرارتی وجود دارد.

مقایسه جزایر حرارتی شهر کرمان با مطالعات انجام گرفته در شهرهای تهران (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸؛ صادقی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲)، مشهد (موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۹۱) و شیراز (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱) نشان می‌دهد که الگوی متفاوتی از جزیره حرارتی در شهر کرمان حاکم است، به‌گونه‌ای که مرکز شهر به دلیل وجود فضای سبز و سایر ساختارهای شهری دمای کمتری نسبت به حاشیه شهر دارد. مطالعه گو^۱ و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد فقر پوشش گیاهی و تمرکز مناطق ساخته شهری مهم‌ترین عوامل بیوفیزیکی شهری هستند که بیشترین تأثیر را در خوشه جزایر حرارتی شهری دارند. در این مطالعه، جزایر حرارتی در فصول مختلف مورد بررسی قرار گرفتند تا روند تغییرات آن‌ها، هم در مقایسه با سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ و هم در فصول مختلف، مشخص شود. یکی از عوامل مهمی که در رشد و شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهر کرمان مؤثر است و در صورت عدم برخورد به‌جد در آینده مشکل ایجاد خواهد کرد، بحث رشد شهری است. نتایج مطالعات مشابه انجام گرفته نشان می‌دهد این رشد بی‌رویه و افزایش حاشیه‌نشینی‌ها منجر به توسعه فیزیکی و ناهمگون شهر خواهد شد و به‌جای بهبود بافت‌های فرسوده شهری، با ایجاد مجتمع‌های مسکونی، رشد شهری‌ای را خواهیم داشت که بیشتر بر پایه تغییر کاربری کشاورزی حاشیه شهر به اراضی مسکونی خواهد بود (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). طبق مطالعه سلطانی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸)، طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، ۱۱ درصد از سهم اراضی کشاورزی کاسته شده و به محدوده شهر کرمان افزوده شده است. این افزایش افسارگسیخته شهری در کنار ایجاد شهرک‌های حاشیه‌نشین، افزون بر معضلات و مشکلات محیط‌زیستی، عواقب فرهنگی و اجتماعی مربوط به خود را نیز خواهد داشت. متناسب با در نظر گرفتن وسعت، شهر کرمان در زمینه فضای سبز، از آمار قابل قبولی برخوردار است. نتیجه بر اساس تحلیل آمار سازمان پارک‌ها و فضای سبز تأیید شد و نتایج حاصل از آستانه‌گذاری نیز این تغییرات افزایشی را آشکار کرد. این مهم با در نظر گرفتن موقعیت شهر و قرار گرفتن آن در محیط گرم و خشک، یک فاکتور مثبت برای شهر ارزیابی می‌شود که به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه شهری دارای سرانه فضای سبز بالاست. با در نظر گرفتن تحلیل تغییر جهت‌دار مشخص است که گسترش این فضای سبز به سمت غرب شهر (شهرک الغدیر) است که بیشترین مقدار از هم‌گسیختگی را دارد. این امر می‌تواند نقش مهمی در کاهش شیب تغییرات جزایر حرارتی داشته باشد که به‌منظور تحقق آن، باید تلاش شود که انسجام و توسعه شهر بیشتر گردد. با این حال، مشخص است که شهر مسیرهای متفاوتی را برای توسعه در پیش‌رو دارد که شمال توسعه در بخش شمال شرقی (شهرک سیدی، ثارالله، شهرک بندی هاشم)، شمال (شرف‌آباد، شهرک ولایت) و شمال غربی (شهرک الغدیر به سمت اختیارآباد) است، درحالی که هنوز برخی از مناطق داخل شهری دارای زمین‌های خالی و فضاهای باز هستند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، محدوده دمای سطح زمین در ابعادی که شهر کرمان و حاشیه آن‌ها را دربر می‌گیرد، محاسبه شد که با این عمل، امکان محاسبه دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف حاشیه شهر نیز میسر شد و نتایج نشان داد که کاربری‌های حاشیه شهر کرمان دمای بیشتری نسبت به خود شهر دارند که این نتیجه تداعی‌کننده مفهوم جزیره حرارتی برای شهر کرمان است. در داخل شهر کرمان نیز بخش‌های حاشیه شهر که دارای پیوستگی کمتری نسبت به مرکز شهر هستند، دمای بالاتری نسبت به بخش‌های داخل شهر دارند؛ بنابراین تضادی در مقدار جزیره حرارتی در حاشیه شهر و مرکز شهر وجود دارد. جزایر حرارتی در طول فصول مختلف سال در نواحی مختلف شهر قرار دارند و با سرد شدن این جزایر به سمت جنوب شهر میل می‌کنند. پوشش‌های گیاهی داخل شهر نقش بسیار کارآمدی در کاهش دمای سطح زمین دارند و در تمام فصول سال، این کمینه بودن دما مشخص و مشهود است. روند روبه‌رشد این پوشش‌های گیاهی منجر به تعدیل دما در بخش‌های غربی شهر خواهد شد که در حال حاضر دمای بالایی دارند.

منابع

- احمدی، بهروز؛ قربانی، اردوان؛ صفر راد، طاهر؛ سبحانی، بهروز (۱۳۹۴). بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور. *فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶ (۱)، ۶۱-۷۷.
- احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۶). شناسایی جزایر حرارتی شهری مبتنی بر رویکرد محیط‌زیستی (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان). *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۸ (۷۶)، ۱-۲۰.
- احمدی، محمود؛ عاشورلو، داوود؛ نارنگی‌فرد، مهدی (۱۳۹۱). تغییرات زمانی مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM & ETM. *فصلنامه سنجش از دور و GIS*، ۴ (۴)، ۶۸-۵۵.
- اسماعیلی، مینا؛ شایسته، کامران؛ کرمی، پیمان (۱۳۹۹). اثر سد تنگ حمام بر روی زیستگاه آهوی ایرانی (*Subgutturosa Gazella Subgutturosa*) در منطقه شکار ممنوع قراویز (استان کرمانشاه). *فصلنامه علمی-پژوهشی خشک‌بوم*، ۱۰ (۱)، ۱۳۶-۱۴۹.
- براتی قهفرخی، سوسن؛ سلطانی کوپانی، سعید؛ خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین؛ رایگانی، بهزاد (۱۳۸۷). بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۵۴-۱۳۸۱). *فصلنامه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۱۳ (۴۷)، ۳۴۹-۳۶۵.
- جویباری‌مقدم، یاسر؛ آخوندزاده، مهدی؛ سراجیان، محمدرضا (۱۳۹۴). ارائه یک الگوریتم پنجره مجزا نوین به منظور تخمین دمای سطح زمین از داده‌های ماهواره لندست-۸. *نشریه علمی-پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری*، ۵ (۱)، ۲۱۵-۲۲۶.
- داوطلب، جمشید؛ حافظی، محمدرضا؛ ادیب، مرتضی (۱۳۹۵). اثر ساختار فضای سبز بر میانگین دمای تابشی در اقلیم خرد فضای باز (مطالعه موردی: اقلیم گرم و خشک سیستان). *فصلنامه علمی-پژوهشی صفا*، ۲۶ (۷۵)، ۱۹-۴۱.
- ذوالفقاری، فرهاد؛ آذرنیوند، حسین؛ خسروی، حسن؛ زهتابیان، غلامرضا؛ خلیقی سیگارودی، شهرام (۱۳۹۷). اثر پوشش گیاهی بر ایجاد خرد اقلیم در اکوسیستم‌های مناطق خشک (مطالعه موردی: دشت سیستان). *فصلنامه مرتع و آبخیزداری*، ۷۱ (۴)، ۹۰۱-۹۱۴.

- رفعیان، مجتبی؛ رضایی راد، هادی (۱۳۹۶). روندیابی تغییرات حرارتی سطوح نواحی شهر تهران. پژوهش‌های محیط‌زیست، ۸ (۱۶)، ۱۶۷-۱۷۶.
- زنگی‌آبادی، علی؛ نسترن، مهین؛ کمالی باغراهی، اسماعیل (۱۳۹۴). تحلیل روند و نحوه توسعه فیزیکی-کالبدی شهر کرمان از پیدایش تا کنون، *مجله جغرافیای اجتماعی شهری*، ۲ (۴)، ۲۳-۴۲.
- سازمان پارک‌ها و فضای سبز کرمان (۱۳۹۹). *آمار و اطلاعات مناطق تحت مدیریت*. ۱ صفحه.
- سلطانی‌نژاد، حمید؛ خلیلی، سروش؛ شاهی، زهرا؛ رضویان، محمدتقی (۱۳۹۸). تغییرات کاربری فضاهای سبز شهر کرمان، با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست (۲۰۰۰-۲۰۱۸). *فصلنامه کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی*، ۱۰ (۱)، ۷۲-۸۴.
- شکیبا، علیرضا؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود؛ نامداری، سودابه (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+. *فصلنامه سنجش از دور و GIS در ایران*، ۱ (۱)، ۳۹-۵۶.
- صادقی‌نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ خالدی، شهریار (۱۳۹۲). کاربرد تکنیک خودهم‌بستگی مکانی در تحلیل جزایر حرارتی شهر تهران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۳ (۳۰)، ۶۷-۹۰.
- طرح تفصیلی کرمان (۱۳۹۰)، مهندسین مشاور آرمانشهر.
- عبداللهی، علی‌اصغر؛ قاسمی، مسلم (۱۳۹۷). تحلیل فضایی رشد هوشمند مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر کرمان). *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات و برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۳ (۴)، ۱۰۳-۱۱۹.
- عسگرزاده، پروانه؛ درویشی بلورانی، علی؛ بهرامی، حسینعلی؛ حمزه، سعید (۱۳۹۵). مقایسه برآورد دمای سطح زمین در روش‌های تک‌باندی و چندباندی با استفاده از تصویر لندست-۸. *فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۷ (۳)، ۱۸-۲۹.
- فروتن، سمانه (۱۳۹۸). *پایش تغییرات پارامترهای سطح در پوشش‌های زمین با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرهای لنگرود و لاهیجان)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست. دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر. ۱۲۴ صفحه.
- فکرت، حسین؛ اصغری سراسکانرود، صیاد؛ علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۹۹). تخمین دمای سطح اراضی اردبیل با استفاده از تصاویر لندست و ارزیابی روش‌های برآورد دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های میدانی. *فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۱ (۱۴)، ۱۱۴-۱۳۴.
- فیضی‌زاده، بختیار؛ دیده‌بان، خلیل؛ غلام‌نیا، خلیل (۱۳۹۴). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست-۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوزه آبریز مهاباد). *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی سپهر*، ۲۵ (۹۸)، ۱۷۲-۱۸۱.
- کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران؛ اسماعیلی، مینا (۱۳۹۸). بارسازی اهمیت متغیر پوشش گیاهی بر روی دمای سطح زمین توزیع‌شده در کاربری/پوشش‌های مختلف محدوده شهر جوانرود. *فصلنامه حفاظت از زیست‌بوم گیاهان*، ۷ (۱۵)، ۳۲۳-۳۵۶.
- کرمی، پیمان؛ میرسنجری، مهرداد (۱۳۹۶). مدل‌سازی و شناسایی عوامل مؤثر در استقرار اکوتوریسم در شهرستان جوانرود با استفاده از طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری. *فصلنامه پایداری و توسعه محیط‌زیست*، ۴ (۲)، ۶۷-۷۸.

کریمی فیروزجانی، محمد؛ کیاورزمقدم، مجید (۱۳۹۵). بررسی ارتباط بین دما، شار تابش خالص با خصوصیات بیوفیزیکی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست-۸. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷ (۴)، ۷۹-۹۶.

متکان، علی اکبر؛ نوحه گر، احمد؛ میرباقری، بابک؛ ترک چین، ناهید (۱۳۹۳). تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده های چندزمانه سنجنده Aster (مطالعه موردی: شهر بندرعباس). فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵ (۴)، ۱-۱۴.

محمودزاده، حسن؛ نقدبیشی، افسانه؛ مؤمنی، سحر (۱۳۹۷). تأثیر کاربری های شهری در ایجاد جزایر حرارتی (مطالعه موردی: شهر مشهد). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷ (۳)، ۱۰۵-۱۱۹.

مختاری، سحر؛ سلطانی فر، هادی؛ یآوری، احمدرضا (۱۳۸۸). خودسازمان دهی در تالاب بزرگ هویزه/ بزرگ الهویزه با تأکید بر اکولوژی سیمای سرزمین. فصلنامه پژوهش های جغرافیایی طبیعی، ۴۱ (۷۰)، ۹۳-۱۰۵.

موسوی بایگی، سید محمد؛ اشرف، بتول؛ حسینی، علیرضا؛ میان آبادی، آمنه (۱۳۹۱). «بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نظریه فرکتال». مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱ (۱)، ۳۵-۴۸.

ناصری، عبدعلی (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل گیری جزایر حرارتی شهری مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست بیرجند. ۱۲۳ صفحه.

هاشمی دره بادامی، سیروس؛ نورایی صفت، ایثار؛ کریمی، سعید؛ نظری، سجاد (۱۳۹۴). تحلیل روند توسعه جزایر حرارتی شهری در رابطه با تغییر کاربری اراضی / پوشش با استفاده سری زمانی تصاویر لندست. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶ (۳)، ۱۵-۲۸.

هاشمی، سید ابراهیم؛ کافی، محسن؛ هاشمی، سید محمود؛ خان سفید، مهدی (۱۳۸۸). تجزیه و تحلیل روند تغییرات فضای سبز شهری منطقه دو تهران. فصلنامه علوم محیطی، ۶ (۳)، ۷۳-۸۶.

ولیزاده کامران، خلیل؛ غلام نیا، خلیل؛ عینالی، گلزار؛ موسوی، سید محمد (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و رگرسیون چندمتغیره. نشریه پژوهش و برنامه ریزی شهری، ۸ (۳۰)، ۳۵-۵۰.

ویسی، شادمان؛ ناصری، عبدعلی؛ حمزه، سعید؛ مرادی، پوریا (۱۳۹۵). برآورد دمای مزارع نیشکر با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست-۸. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷ (۱)، ۲۷-۴۰.

Abdollahi, A. & Ghasemi, M. (2018). Smart Growth Urban Areas (Case study: Kerman City). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 13(4), 1003-1119 (In Persian).

Ahmadi, B., Ghorbani, A., Safarrad, T. & Sobhani, B. (2015). Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing data. *RS & GIS for Natural Resources*, 6(1), 61-77 (In Persian).

Ahmadi, M. & Dadashi Roudbari, 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).

Ahmadi, M., Ashourloo, D. & Narangifard, M. (2012). Temporal-spatial changes of thermal and land use patterns of Shiraz city using TM & ETM sensor data. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 4(4), 55-68 (In Persian).

- Amiri, R., Alimohamadi, A. & Alavipanah, S. K. (2007). Spatial-temporal variability study of temperature associated with the land use/land cover in the city of Tabriz using thermal and reflection TM and ETM+ Landsat data. *Journal of Environmental Studies*, 33(43), 107-120.
- Asgarzadeh, P., Darvishi Bolorani, A., Bahrami, H. & Hamzeh, S. (2016). Comparison between land surface temperature estimation in single and multi-channel method using LandSat images 8. *RS & GIS for Natural Resources*, 7(3), 18-29 (In Persian).
- Balogun, A. A., Balogun, I. A. & Adeyewa, Z. D. (2010). Comparisons of urban and rural heat stress conditions in a hot-humid tropical city. *Global Health Action*, 3(1), 5614.
- Barati Ghahfarokhi, S., Soltani Kopani, S., Khajeh al-Din, J. & Raygani, B. (2008). Investigation of land use changes in Shahrokh Castle sub-basin using remote sensing technique (period 1975-2002). *Journal of Water and Soil Science*, 13(47), 349-365 (In Persian).
- Borgstrom, S., Lindborg, R. & Elmqvist, T. (2013). Nature conservation for what? Analyses of urban and rural nature reserves in southern Sweden 1909-2006. *Landscape and Urban Planning*, 117(2013), 66-80.
- Davtalab, J., Hafezi, M. & Adib, M. (2015). The effect of green space structure on the average radiant temperature in the microclimate of outdoor space, a case study of hot and dry climate of Sistan. *Soffeh*, 26(75), 19-41 (In Persian).
- Detailed plan of Kerman, Armanshahr consulting engineers, 2011 (In Persian).
- Esmaili, M., Shayesteh, K. & Karami, P. (2020). Effect of Tang Hammam dam on Persian gazelle (*Gazella S. Subgutturosa*) habitat in no hunting areas of Gharaviz (Kermanshah province). *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 1(10), 136-149 (In Persian).
- Faizi Zadeh, B., Dideban, Kh. & Ghulam Nia, Kh. (2015). Estimation of surface temperature using Landsat 8 satellite imagery and separate window algorithm Case study: Mahabad catchment. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (Sepehr)*, 25(98), 172-181 (In Persian).
- Fekrat, H., Asghari Saraskanrood, S. & Alavipanah, K. (2020). Estimation of Ardabil land surface temperature using Landsat images and accuracy assessment of land surface temperature estimation methods with ground truth data. *RS & GIS for Natural Resources*, 11(14), 114-134 (In Persian).
- Foroutan, S. (2019). *Monitoring changes in surface parameters in land cover using remote sensing Case study: Langrud and Lahijan cities*. Master Thesis in Environment. 124 pages (In Persian).
- García-Haro, F. J., Sommer, S. & Kemper, T. (2005). Variable multiple end member spectral mixture analysis (VMESMA). *International Journal of Remote Sensing*, 26, 2135-2162.
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X. & Zhang, X. (2015). Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
- Hashemi Dareh Badami, S., Nouraeisafat, A., Karimi, S. & Nazari, S. (2015). Development trend analysis of urban heat island regarding land use/cover changes using time series of landSat images. *RS & GIS for Natural Resources*, 6(3), 15-28 (In Persian).
- Hashemi, S., Kafi, M., Hashemi, M. & Khansefid, M. (2009). Urban green space change process analysis, Case Study: Region Two of Tehran Municipality. *Journal of Environmental Sciences*, 6(3), 73- 86 (In Persian).
- Hereher, M. E. (2017). Effect of land use/cover change on land surface temperatures-The Nile Delta, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 126, 75-83.
- 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.
- Jiménez-Muñoz, J. C. & Sobrino, J. A. (2009). A single-channel algorithm for land-surface temperature retrieval from ASTER data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7(1), 176-179.
- Joybari Moghadam, Y., Akhundzadeh, M. & Serajian, M. (2015). Introduce a new stand-alone window algorithm to estimate surface temperature from Landsat 8 satellite data. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 5(1), 215-226 (In Persian).
- Karami, P. & Mirsanjari, M. (2017). Modeling and Identification of Effective Factors on the Establishment of Ecotourism in Javanrud County by Using Classification Tree. *Sustainability, Development & Environment*, 4(2), 67-78 (In Persian).
- Karami, P., Shayesteh, K. & Esmaeili, M. (2019). Highlighting the importance of vegetation variables on land surface temperature distributed in different land uses/coverings in Javanrud city. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7(15), 323-356 (In Persian).
- Karimi Firozjaei, M. & Kiavarz Moghadam, M. (2017). Investigating the relationship between temperature, net radiation flux by biophysical properties and land use using LandSat 8 satellite imagery. *RS & GIS for Natural Resources*, 7(4), 96-79 (In Persian).
- Kayet, N., Pathak, K., Chakrabarty, A. & Sahoo, S. (2016). Spatial impact of land use/land cover change on surface temperature distribution in Saranda Forest, Jharkhand. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3), 1-10.
- Kim, Y. H. & Baik, J. J. (2005). Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. *Journal of Applied Meteorology*, 44(5), 591-605.
- Mahmoudzadeh, H., Naghdbishi, A. & Momeni, S. (2018). The effect of urban uses in creating thermal islands (Case study of Mashhad). *Journal of Geography and environmental hazards*, 7(3), 105-119 (In Persian).
- Matkan, A., Nohegar, A., Mirbagheri, B. & Torkchin, N. (2014). Assessment relations of land use in heat islands using time series ASTER sensor data (Case study: Bandar Abbas city). *RS & GIS for Natural Resources*, 5(4), 1-14 (In Persian).
- Mokhtari, S., Soltanifar, H. & Yavari, A. (2009). Self-organization in Bozorg Hoveyze/Bozorg Al-Hoveyze wetland with emphasis on the ecology of the land. *Physical Geography Research Quarterly*, 41(70), 93-105 (In Persian).
- Mousavi Baigi, M., Ashraf, B., Hosseini, A. & Miyan abadi, A. (2012). Investigation of thermal island of Mashhad using satellite images and fractal theory. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(1), 35-48 (In Persian).
- Naseri, A. (2015). Investigation and analysis of land use role in the formation of urban thermal islands of Mashhad. *Master Thesis, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand*, 123 pages (In Persian).
- Ningrum, W. (2018). Urban Heat Island towards Urban Climate Urban Heat Island towards Urban Climate. *IOP Conference Series*, 0-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012048>
- Panda, S. & Jain, M. K. (2017). Effects of Green Space Spatial Distribution on Land Surface Temperature: Implications for Land Cover Change as Environmental Indices. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 10(2), 180-184.
- Parks and Green Space Organization of Kerman. *Statistics and information on managed areas* (2020). 1 page (In Persian).
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y. & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
- Sadeghinia, A., Alijani, B., Ziaian Firoozabadi, P. & Khaledi, Sh. (2013). Application of spatial

- autocorrelation technique in the analysis of thermal islands in Tehran. *Scientific Journals Management System*, 13(30), 67-90 (In Persian).
- Shahmohamadi, P., Sodoudi, S. & Cubasch, U. (2013). Mitigation of urban heat island effects as an environmental phenomena in Tehran metropolitan area: the way to move forward sustainability. *Caspian Journal of Applied Sciences Research*, 2(9), 126-135.
- Shakiba, A., Ziaian Firoozabadi, P., Ashourloo, D. & Namdari, S. (2009). Analysis of land use relationship and land cover and thermal islands of Tehran, using ETM+data. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 1(1), 39-56 (In Persian).
- Soltaninejad, H., Khalili, S., Shahi, Z. & Razavian, M. (2019). Modifications in Green Spaces of Kerman, Using Landsat Images Time Series (2000-2018). *Journal of GIS & RS Application in Planning*, 10(1), 72-84 (In Persian).
- Sultana, S. & Satyanarayana, A. N. V. (2020). Assessment of urbanisation and urban heat island intensities using landsat imageries during 2000-2018 over a sub-tropical Indian City. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101846.
- Sun, D. & Kafatos, M. (2007). Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34(24).
- Valizadeh K., Ghulam Nia, Kh., Einali, G. & Mousavi, M. (2017). Estimation of surface temperature and extraction of thermal islands using separate window algorithm and multivariate regression. *Journal of Research and Urban Planning*, 8(30), 35-50 (In Persian).
- Veysi, Sh., Naseri, A., Hamzeh, S. & Moradi, P. (2016). Estimation of sugarcane field temperature using Split Window Algorithm and OLI LandSat 8 satellite images. *RS & GIS for Natural Resources*, 7(1), 27-40 (In Persian).
- Weng, Q., Lu, D. & Liang, B. (2006). Urban surface biophysical descriptors and land surface temperature variations. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(11), 1275-1286.
- Weng, Q., Lu, D. & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Xiao, X. D., Dong, L., Yan, H., Yang, N. & Xiong, Y. (2018). The influence of the spatial characteristics of urban green space on the urban heat island effect in Suzhou Industrial Park. *Sustainable Cities and Society*, 40(2018), 428-439.
- Yuan, F. & Bauer, M. E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of environment*, 106(3), 375-386.
- Yue, Y., Wang, K., Bing, Z., Chen, Z., Jiao, Q., Bo, L. & Chen, H. (2009). Exploring the relationship between vegetation spectra and eco-geo-environmental conditions in Karst region, Southwest China. *Environ. Monit. Assess*, 160(1-4), 157-168.
- Zangi abadi, A., Mahin, N. & Kamali Baghrabi, A. (2015). Analysis of the process and manner of physical development of Kerman city from its inception until now. *Journal of Urban Social Geography*, 2(4), 23-42 (In Persian).
- Zhao, Z. Q., He, B. J., Li, L. G., Wang, H. B. & Darko, A. (2017). Profile and concentric zonal analysis of relationships between land use/land cover and land surface temperature: Case study of Shenyang, China. *Energy and Buildings*, 155, 282-295.
- Zolfaghari, F., Azarnivand, H., Khosravi, H., Zehtabian, Gh. & Khaliqi Sigaroodi, Sh. (2018). Effect of vegetation on microclimate creation in ecosystems of arid regions (Case study: Sistan plain). *Journal of Range and Watershed Management*, 71(4), 901-914 (In Persian).