

Application of split-window algorithm to study urban heat island in Yazd county

Azin Norouzi^{1*} , Ulduz Norouzi² 

¹ Graduated M.Sc. Student in Soil Resource Management, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

² Graduated M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran

Abstract

Introduction

LST (LST) is one of the important parameters that affect the physical, chemical, and biological processes of the earth as well as environmental science and urban planning. Human activities such as land use changes and the development of urban areas led to an increase in the LST and the appearance of thermal islands. The main source of climate data such as temperature are synoptic stations, however, it is impossible and time-consuming to use traditional methods to estimate the LST for all types of earth conditions, on the other hand, synoptic stations only measure temperature information for specific points, and the obtained values are only related to that specific point; while according to the land cover and other conditions, the temperature in different parts of a region is different compared to the temperature recorded for a specific point and can be several degrees celsius lower or higher, therefore, it is necessary to use scientific methods that provide the possibility of calculating the temperature of any point on the earth's surface. At present, remote sensing images due to features such as wide and continuous coverage, low cost, timeliness, and the ability to obtain information in reflective and thermal ranges, are suitable tools for extracting LST and land use maps. Spatial analysis is one of the important subjects in the temporal and spatial evaluation of land surface data, which can be used to examine the spatial and temporal changes of spatial data in a region. Given that the data that are examined in environmental studies are not independent of each other in most cases and their dependence is due to the location of the observations in the studied space, which are called spatial data; Due to the existence of a spatial correlation between the data, the usual statistical methods are not a suitable method for examining these data, and spatial statistics can be used as a suitable option for analyzing these data. The aim of this research is to extract LST and land use map of Yazd county using a remote sensing technique. In this study, the spatial autocorrelation of LST in Yazd city and the identification of hot thermal clusters have been investigated using the global Moran statistic and the Getis-Ord GI statistic.

Materials and Methods

In this research, Landsat 8 satellite's multi-spectral and thermal images have been used to extract the land use and LST in the study area, After performing the necessary corrections in the preprocessing stage, the land use map of the study area was prepared in 5 classes (built-up, vegetation cover, water bodies, bare land, and rock) using the support vector machine method and the overall accuracy and kappa coefficient were used to evaluate the classification result. In the next step, LST was extracted by the split window method. The relationship between LST and Soil adjusted vegetation index (SAVI) was investigated using regression analysis. In order to identify the spatial pattern of the LST, the global Moran index was used and hot spots were identified by Getis-Ord GI statistics.

Results and Discussion

Our findings show that the kappa coefficient and overall accuracy were equal to 0.96% and 98.99%, respectively, bare lands are the most, and water bodies have the least area, equal to 76.16 and 0.09%, respectively. The average LST was 50.83°C. The result showed that the type of land use had an effect on LST, the water bodies had the lowest, and barren lands had the highest mean LST, equal to 36.91 and 52.13 °C, respectively. Vegetation is one of the factors that regulate the LST, areas without vegetation have a maximum LST and areas with high density vegetation have minimum LST. Based on the results, the vegetation quality of the study area was poor and its

average temperature was 45.61°C. The mean of SAVI index was equal to 0.09 and correlation analysis showed a negative correlation between SAVI index and LST ($r = -0.51$). The analysis of spatial correlation with global Moran indexes showed that the LST of Yazd has a spatial structure, in other words, LST is distributed in a cluster form, Based on the results of the Getis-Ord GI statistic, the area of hot and cold spots was equal to 66.86% and 27.4%, respectively. In general, parks, cultivated lands, tree and forest cover and water areas, formed the cold spot areas of yazd city, and the hot spot areas of yazd city were located in the industrial areas and surrounding urban lands, hospitals, passenger terminals, gas stations, places near busy roads and bare and uncovered lands.

Conclusion

The results showed a strong relationship between land use and LST. Based on the results, the LST data of Yazd has a spatial structure pattern, barren lands and industrial areas formed hot thermal islands, and vegetation and water bodies formed cold thermal islands in the study area; the wide area of barren lands, the lack and poor vegetation cover due to the lack of rainfall and drought are factors affecting the LST and the creation of hot thermal islands in the study area. The result showed a negative relationship between LST and SAVI, the vegetation of the study area is weak and its temperature is high. Considering the role of vegetation in adjusting LST, it is recommended to take necessary management measures in order to improve the quality of vegetation and reduce bare land in the study area, and also prevent the conversion of natural land uses into built-up land. The results of this research can be used by managers and planners for better urban management. The results of this research confirm the capability of remote sensing in environmental studies, it is suggested to identify thermal islands in other seasons and at night and compare the results with the results of this research.

Keywords: Landsat 8, Land cover, Land Surface Temperature, Global Moran Index, Linear regression model

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, Email: norouzi.azin@gmail.com

Citation: Norouzi, A., & Norouzi, U. (2023). Application of split-window algorithm to study urban heat island in Yazd county. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(1), 115-129.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11148.1103

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.7.9

Received: 12 July 2022, Received in revised form: 17 August 2022, Accepted: 18 August 2022, Published Online: 18 August 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 1, pp. 115-129

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





کاربرد الگوریتم پنجره مجزا در شناسایی جزایر حرارتی شهرستان یزد

آذین نوروزی^{۱*}، الدوز نوروزی^۲

^۱ کارشناسی ارشد مدیریت منابع خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
^۲ کارشناسی ارشد چینه و فسیل‌شناسی، گروه ژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری، پوشش اراضی و توسعه مناطق انسان‌ساخت موجب افزایش دمای سطح زمین و پیدایش جزایر حرارتی شده است. در پژوهش حاضر تغییرات دمای سطح زمین در پوشش اراضی شهرستان یزد با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ بررسی شد. نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی با استفاده از روش ماشین‌بردار پشتیبان در پنج کلاس انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، پیکره آبی، اراضی بایر و رخنمون سنگی، تهیه و برای استخراج نقشه دمای سطح زمین از روش پنجره مجزا استفاده شد. به منظور شناسایی الگوی حاکم بر دمای سطح زمین از شاخص موران جهانی استفاده و لکه‌های داغ با به‌کارگیری آماره گتیس-ارد جی شناسایی شدند. بر اساس نتایج، اراضی بایر بیش‌ترین و پیکره آبی کم‌ترین مساحت را به ترتیب برابر با ۱۳۹۳۶۰/۹۶ و ۱۶۰/۵۶ هکتار به خود اختصاص داده‌اند. میانگین دمای سطح زمین برابر با ۵۰/۸۳ درجه سانتی‌گراد به دست آمد و پیکره آبی، کم‌ترین و اراضی بایر بیش‌ترین میانگین دمای سطح زمین را به ترتیب برابر با ۳۶/۹۱ و ۵۲/۱۳ درجه سانتی‌گراد به خود اختصاص داده بودند. داده‌های دمای زمین شهر یزد با مقدار شاخص موران ۰/۹۲ دارای خودهمبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای بودند. در این پژوهش، مساحت لکه‌های داغ و سرد به ترتیب برابر با ۴۶۵۳۹/۱۸ و ۱۱۳۵۵۳/۸۱ هکتار به دست آمد. اراضی بایر، تشکیل جزایر حرارتی داغ و پوشش گیاهی و پیکره آبی تشکیل جزایر سرد را داده و جزیره حرارتی داغ با گستردگی بالایی اطراف محدوده شهری را احاطه کرده بود. نتایج پژوهش نشان داد که کیفیت کلاس پوشش گیاهی ضعیف و میانگین دمای آن برابر با ۴۵/۶۱ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون خطی، بین شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI) با دمای سطح زمین همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0/51$) در سطح احتمال یک درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: لندست ۸، پوشش اراضی، دمای سطح زمین، شاخص موران جهانی، رگرسیون خطی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: norouzi.azin@gmail.com

استناد: نوروزی، آ. و نوروزی، ا. (۱۴۰۲). کاربرد الگوریتم پنجره مجزا در شناسایی جزایر حرارتی شهرستان یزد. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱۳(۱)، ۱۱۵-۱۲۹.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11148.1103

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.7.9

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۱۱۵ تا ۱۲۹

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مؤثر بر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی زمین است و یکی از مؤلفه‌های مهم در علوم محیطی و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری اراضی و توسعه مناطق شهری موجب افزایش دمای سطح زمین و پیرو آن پیدایش جزایر حرارتی می‌شود (Shabani et al., 2019). تغییر در الگوی دمایی محیط، شرایط طبیعی و سلامت انسانی را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Koushesh Vatan and Asghari Zamani, 2021). در حال حاضر تصاویر سنجش از دور به‌علت ویژگی‌هایی، مانند پوشش وسیع و پیوسته، به‌هنگام بودن، توانایی کسب اطلاعات در محدوده‌های انعکاسی و حرارتی امواج الکترومغناطیسی و هزینه کم، ابزار مناسبی برای برآورد دمای سطح زمین و تهیه نقشه کاربری اراضی به‌شمار می‌آید (Karimi Firozjaei et al., 2017; Shabani et al., 2019).

تحلیل فضایی از موضوعات مهم در ارزیابی زمانی و مکانی داده‌های سطح زمین است که با استفاده از آن می‌توان تغییرات مکانی و زمانی داده‌های مکانی در یک منطقه را بررسی کرد. با توجه به این که داده‌هایی که در مطالعات محیطی بررسی می‌شوند در اکثر مواقع مستقل از یکدیگر نیستند و وابستگی آن‌ها با یکدیگر به‌علت موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه است که این مشاهدات داده‌های فضایی نام دارند؛ به‌دلیل وجود همبستگی فضایی بین داده‌ها، روش‌های معمول آماری روش مناسبی برای بررسی این داده‌ها نیستند و می‌توان از آمار فضایی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای تحلیل این داده‌ها استفاده کرد، از جمله مدل‌هایی که به‌طور گسترده در تحلیل فضایی استفاده می‌شود، می‌توان به آماره خودهمبستگی موران جهانی و تحلیل لکه‌های داغ و سرد اشاره کرد (Khosravi et al., 2017).

در مطالعه‌ای (Khosravi et al., 2017) تغییرات زمانی و مکانی دمای سطحی شهر زنجان طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، بیش‌ترین مقادیر دمایی مربوط به زمین‌های بایر و کم‌ترین مقادیر دمایی مربوط به پوشش گیاهی و بافت‌های فرسوده است و داده‌های دمای سطح زمین دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. در بررسی تغییرات دمایی کلاس‌های کاربری اراضی شهر تهران (Pirnazar et al., 2018) گزارش کردند که فضای سبز پس از کلاس آب، خنک‌ترین کلاس بوده و نقش مهمی در تعدیل دمای سطح زمین و محیط اطراف خود دارد. در بررسی رابطه دمای سطحی با پوشش گیاهی شهرستان اردبیل (Asghari and Emami, 2019) گزارش کردند که مناطق پوشیده از خاک و

شهری که دارای پوشش گیاهی کم‌تری نسبت به نواحی مانند رابطه کشاورزی و مرتع هستند، دمای بیش‌تری دارند؛ زیرا پوشش گیاهی همواره به‌صورت مانع برای ورود حرارت بوده است و رابطه معکوس با حرارت سطحی دارد. در بررسی اثر از بین رفتن پوشش درختی بر تغییرات دمای سطح زمین ماسوچوست مرکزی Rogan et al. (2013) گزارش کردند که کاهش ۱۰ درصدی تاج پوشش درختی، موجب افزایش دمای سطح زمین به‌میزان ۰/۷ درجه سانتی‌گراد شده است. در بررسی تغییرات زمانی و مکانی جزایر حرارتی شهری در شهر کانو نیجریه (Umer and Kumar, 2014)، گزارش کردند که شدت جزایر حرارتی شهری با پوشش گیاهی رابطه منفی دارد. بر اساس مطالعه (Kazemi et al., 2019)، داده‌های دمای سطحی شهر میناب دارای توزیع خوشه‌ای بود و توزیع پراکنده و تصادفی معنا پیدا نکرد. این پژوهش‌گران گزارش کردند که تغییرات الگوی دمای سطحی بالا و پایین ناشی از تغییرات کاربری اراضی است و با کاسته شدن از مساحت اراضی بایر و پوشش گیاهی، پراکنش الگوهای خوشه‌ای نیز دچار تقلیل و یا تغییر شدند و با توسعه ساخت و سازهای انسانی این خوشه‌ها تغییرات مکانی دادند؛ بر اساس نتایج این پژوهش‌گران خوشه‌های حرارتی مترکم در جنوب شهر به‌علت ساخت و سازها و از بین رفتن کانون‌های حرارتی شامل زمین بایر و شوره‌زار محو شده است. در بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر روی تغییرات دمای سطح منطقه‌ای در هند (Choudhury et al., 2019) گزارش کردند که سطوح غیرقابل نفوذ، مناطق صنعتی و معادن زغال سنگ، دمای سطح بالایی داشته و پوشش آبی و گیاهی حداقل دما را داشته است. در مطالعه‌ای (Worku et al., 2021) در برآورد تغییرات دمای سطح زمین و پوشش گیاهی شهر آدیس آبابا، اتیوپی طی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۵ گزارش کردند که طی دوره مطالعاتی مساحت پوشش گیاهی کاهش و مساحت کاربری انسان ساخت افزایش یافته است. بر اساس نتایج، در مرکز شهر و مناطقی که پوشش گیاهی کمی دارند، دمای سطح زمین از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ افزایش ۳-۸ درجه سانتی‌گراد را داشته و همبستگی منفی بین NDVI و دمای سطح زمین وجود دارد. در پژوهشی (Al Masaodi and Al-Zubaidi, 2021) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین در استان بابل، عراق طی دوره ۲۰۱۳-۲۰۲۰ گزارش کردند که حداکثر دما در زمین‌های بایر به‌میزان ۶۲ درجه سانتی‌گراد وجود داشته و میانگین دما بین ۴۵ تا ۵۱ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. در پژوهشی (Asaf Abir and Saha, 2021) در بررسی تغییرات دمای سطح زمین منطقه‌ای در بنگلادش طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ گزارش کردند که میانگین دمای سطح زمین در

افزایش جمعیت شاهد گسترش فیزیکی و تغییرات کاربری اراضی در این شهرستان هستیم که نتیجه آن از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش دمای سطح زمین است؛ پایش پیوسته دمای سطح زمین و ارتباط آن با نوع پوشش اراضی اطلاعات مفیدی را برای مقابله با پیامدهای مخرب افزایش دمای سطح زمین فراهم می‌کند. با توجه به این که در مطالعات قبلی، توزیع فضایی دمای سطح زمین در شهرستان یزد بررسی نشده است، در این مطالعه با به‌کارگیری رویکردی جدید به بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین شهرستان یزد و شناسایی خوشه‌های داغ حرارتی با استفاده از آماره موران جهانی و آماره گنیس-ارد جی پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

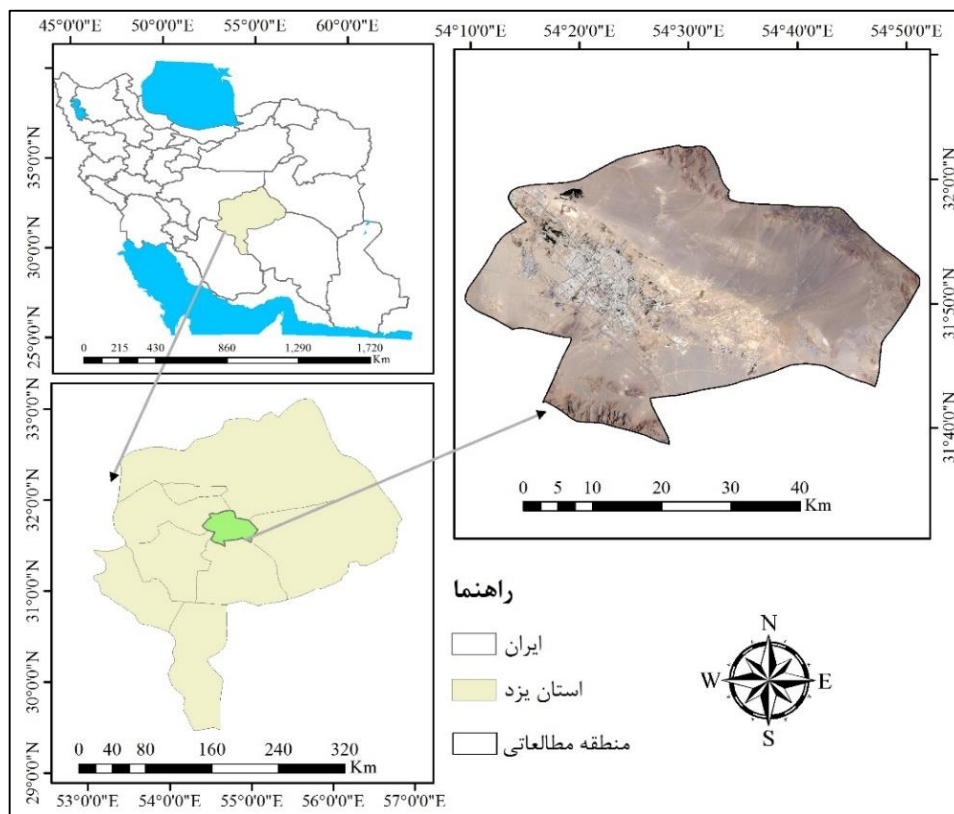
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی با مساحت $۱۶۹۸۴۵/۰۳$ هکتار در موقعیت جغرافیایی $۳۱^{\circ}۴۰'۰۰''$ تا $۳۱^{\circ}۱۰'۰۰''$ عرض شمالی گسترده شده است (شکل ۱). جهت باد غالب در بهار و تابستان شمال غربی، آبان تا بهمن، جنوب شرقی و اسفند، غربی است. آب و هوای منطقه خشک و فرا خشک، میانگین بارش بلندمدت برابر با $۶۴/۱۳$ میلی‌متر و ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۶۴ متر از سطح دریا است.

فصل زمستان طی ۳۰ سال گذشته $۰/۶۳$ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بر اساس نتایج، دمای سطح زمین با شاخص NDBI همبستگی مثبت و با شاخص NDVI همبستگی منفی ضعیفی داشت.

در بررسی دمای سطح زمین منطقه بیابانی یزد-اشکدز برای سال ۲۰۰۲، Dashtakian and Dehghani (2008) گزارش کردند که اراضی بایر و شن‌زارها دارای بیش‌ترین دما و اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی دارای کم‌ترین دما هستند و علت آن را رطوبت نسبی موجود در خاک و فعالیت بیولوژیکی پوشش گیاهی دانستند. در بررسی و پیش‌بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد Mansour moghaddam et al. (2020) گزارش کردند که طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰ میانگین دمای سطح زمین روند افزایشی داشته و این روند تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد یافت، این پژوهشگران گزارش کردند که کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی شهری موجب افزایش دمای سطح زمین شده است و رابطه منفی بین مجاورت با پوشش گیاهی به دلیل اثر خنک‌کنندگی و رابطه بالا بین مجاورت با اراضی بایر به دلیل همگنی و مساحت بالا، با میانگین دمای سطح زمین وجود دارد.

شهرستان یزد از خشک‌ترین و کم‌بارش‌ترین مناطق ایران است و در دهه‌های اخیر به‌علت صنعتی‌بود و مهاجرپذیری و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

Figure 1- Geographical location of the study area

۲-۲- تهیه نقشه پوشش اراضی

۱-۲-۲ پیش‌پردازش داده‌ها

به‌منظور تهیه نقشه پوشش اراضی، از تصویر ماهواره لندست ۸ در تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۳۰ (۲۰۲۱/۰۶/۲۰) به‌شماره گذر ۱۶۲ و شماره ردیف ۰۳۸ استفاده شد. در مرحله پیش‌پردازش داده‌ها، مقادیر ارزش‌های رقومی پیکسل‌های تصویر به رادینس تبدیل شد و عملیات تصحیح اتمسفری تصاویر با استفاده از روش تصحیح اتمسفری^۱ QUAC انجام شد.

۲-۲-۲ پردازش داده‌ها

در مرحله پردازش داده‌ها، با تفسیر بصری تصویر ۵ کلاس پوشش اراضی شامل: انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، اراضی بایر، پیکره آبی و رخنمون سنگی در نظر گرفته شد و سپس نمونه‌های تعلیمی برای استخراج این کلاس‌ها با ایجاد ترکیب رنگی کاذب و با توجه به شناخت منطقه و گوگل ارث اخذ شد، در این مرحله تعدادی از نمونه‌های تعلیمی برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی در نظر گرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱- تعداد نمونه‌های تعلیمی و واقعیت زمینی

Table 1- Number of training and ground truth samples

مرحله/پوشش اراضی	انسان‌ساخت	پوشش گیاهی	اراضی بایر	پیکره آبی	رخنمون سنگی
پردازش داده‌ها	4596	510	111808	297	11037
ارزیابی نتایج طبقه‌بندی	2520	339	57986	131	6748

عملیات طبقه‌بندی تصویر با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان صورت پذیرفت. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان از روش‌های طبقه‌بندی باینری است که با تعیین یک صفحه تفکیک‌کننده بهینه در فضای داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر تفکیک پذیری، طبقه‌بندی می‌نماید. فرا صفحه‌ای که بیش‌ترین تفکیک را بین دو کلاس فراهم می‌کند را فرا صفحه بهینه می‌نامند و داده‌های نزدیک‌تر به فرا صفحه بردارهای پشتیبان نامیده می‌شوند. در این روش انتخاب نوع کرنل تأثیر زیادی بر عملکرد الگوریتم SVM دارد و در پژوهش حاضر پس از اجرای کرنل‌های مختلف و ارزیابی نتایج آن، کرنل شعاعی به‌عنوان کرنل با عملکرد بهتر انتخاب شد (Entezari et al., 2016).

۲-۲-۳ ارزیابی دقت طبقه‌بندی

دقت طبقه‌بندی با تشکیل ماتریس خطا و بررسی پارامترهای آماری دقت تولیدکننده، دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا انجام شد. دقت تولیدکننده احتمال این‌که یک پیکسل در تصویر طبقه‌بندی شده در همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی قرار بگیرد و با رابطه ۱ محاسبه شد و دقت کاربر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس مشخص بر زمین در همان کلاس بر تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد و با رابطه ۲ محاسبه شد (Fatemi and Rezaie, 2018).

$$P.A.j = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}} \quad (1)$$

$$U.A.i = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^r X_{ij}} \quad (2)$$

که در روابط فوق، X_{ij} و X_{ii} عنصر قطری هر کلاس، $\sum_{i=1}^r X_{ij}$ جمع مقادیر سطر هر کلاس، i و j شماره درایه‌های ماتریس ابهام، PA دقت تولیدکننده و UA دقت کاربر است (Fatemi and Rezaie, 2018).

دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و با رابطه ۳ محاسبه شد، ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی ارزیابی می‌نماید و نشان‌دهنده توافق دقت کلی با حالت موجود در طبیعت است و با رابطه ۴ محاسبه شد (Fatemi and Rezaie, 2018).

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad (3)$$

که در این رابطه، c تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطری ماتریس خطا و OA دقت کلی است.

$$\bar{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_r X_{i+} + X_{+i}}{N^2 - \sum_r X_{i+} X_{+i}} \quad (4)$$

که در رابطه فوق، N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام است (Fatemi and Rezaie, 2018).

۲-۳- بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی

به‌منظور بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی، ابتدا شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI) با رابطه ۵ محاسبه شد (Hute, 1988)، سپس با بررسی تغییرات ارزش پیکسل‌های این شاخص در منطقه مطالعاتی، حد آستانه ۰/۲ برای پوشش گیاهی در نظر گرفته شد و رابطه رگرسیونی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی SAVI به‌دست آمد.

$$SAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{Red})}{(\rho_{NIR} + \rho_{Red} + L)} \times (L + 1) \quad (5)$$

² Soil adjusted vegetation index

¹ QUick Atmospheric Correction

باند ۱۰ برابر با ۰/۹۸۷ و برای باند ۱۱ برابر با ۰/۹۸۹ و FVC کسر پوشش گیاهی است که از رابطه ۸ محاسبه شد (Rongali et al., 2018).

$$FVC = (NDVI - NDVI_S) / (NDVI_V - NDVI_S) \quad (۸)$$

در این رابطه NDVI شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی که محدوده آن بین ۱ و -۱ است و با رابطه ۹ به دست می‌آید (Tucker, 1979). در سطح جهانی NDVI_S برابر با ۰/۲ و NDVI_V برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (Sobrino and Jimenez-Munoz, 2014).

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (۹)$$

۲-۳-۳- برآورد دمای سطح زمین

پس از محاسبه پارامترهای لازم، دمای سطح زمین از رابطه ۱۰ محاسبه شد (Rongali et al., 2018).

$$LST = (TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W(1 - m) + (C_5 + C_6W)\Delta m) \quad (۱۰)$$

در این فرمول، TB_{10} و TB_{11} دمای روشنایی باندهای حرارتی، m میانگین گسیل مندی باندهای حرارتی، Δm اختلاف گسیل مندی باندهای حرارتی، W بخار آب موجود در جو (g/cm^2) که با رابطه ۱۱ محاسبه شد (Liu and Yuanzhi, 2011) و ضرایب C_0 تا C_6 ضرایب الگوریتم پنجره مجزا هستند که مقادیر آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است (Rongali et al., 2018).

$$w_i = 0.0981 \times \left\{ 10 \times 0.6108 \times \exp \left[\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)} \right] \times RH \right\} + 0 \cdot 1697 \quad (۱۱)$$

در این رابطه، T_0 دمای ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک (K) و RH رطوبت نسبی است که از ایستگاه هواشناسی دریافت می‌شوند. در نهایت با استفاده از رابطه ۱۲ نقشه دمای سطح زمین از واحد درجه کلین به درجه سانتی‌گراد تبدیل شد.

$$LST_c = LST_k - 273.15 \quad (۱۲)$$

جدول ۱- ضرایب الگوریتم پنجره مجزا
Table 1- Split-window coefficient values

ضریب	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
مقدار	-0.268	1.378	0.183	۵۴/۳۰۰	-2.238	-129.200	16.400

۲-۵- شاخص موران جهانی و تحلیل لکه‌های داغ

در این پژوهش به منظور بررسی الگوی فضایی حاکم بر دمای سطح زمین از شاخص موران جهانی استفاده شد، این شاخص تحت نمره استاندارد (Z-score)، مقدار عددی را نشان می‌دهد که اگر این عدد

در این رابطه ρ_{NIR} مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و ρ_{Red} مقادیر بازتاب در باند قرمز و L فاکتور تنظیم کننده خاک برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد که در اکثر مطالعات این مقدار به عنوان پیش فرض در نظر گرفته می‌شود (Rahdari et al., 2014).

۲-۴- تهیه نقشه دمای سطح زمین با الگوریتم پنجره مجزا

در این مطالعه برای برآورد دمای سطح زمین از روش پنجره مجزا استفاده شد. در این روش با استفاده از تلفیق دو باند حرارتی مجاور، اثرات اتمسفری کاهش یافته است. از مزایای این روش عدم نیاز به پروفیل اتمسفری دقیق و کارآمدی برای تمام سنسورهای با حداقل ۲ باند حرارتی و از محدودیت‌های این روش، وابستگی به اطلاع از ضریب گسیل و وابستگی ضرایب هر مدل به نوع منطقه است (Sobrino and Jimenez Munoz, 2014; Joibari Moghadam et al., 2015).

۲-۴-۱- برآورد دمای روشنایی

ابتدا ارزش‌های رقومی باندهای حرارتی به رادیانس طیفی بالای اتمسفر تبدیل شد و سپس با رابطه پلانک (رابطه ۶) برای برآورد دمای روشنایی استفاده شد (Rongali et al., 2018).

$$TB = K_2 / \ln(k_1/L\lambda + 1) \quad (۶)$$

در این فرمول T_B دمای درخشندگی بر حسب کلین، $L\lambda$ رادیانس، K_1 و K_2 ضرایب ثابت کالیبراسیون برای باند ۱۰ و ۱۱ هستند که مقادیر آن‌ها برای باند ۱۰ به ترتیب برابر با ۷۷۴/۸۸۵۳، ۰/۷۸۹/۱۳۲۱ و برای باند ۱۱ به ترتیب برابر با ۴۸۰/۸۸۸۳ و ۰/۱۴۴۲/۱۲۰۱ است که از متادیتا تصویر استخراج شد.

۲-۴-۲- برآورد قابلیت انتشار سطح زمین

به دلیل تفاوت قابلیت انتشار یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل دهنده پدیده‌های مختلف، در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر، پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان می‌توان با استفاده از این پارامتر تشخیص داد. هنگامی که قابلیت انتشار انرژی از اجسام واقعی در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود، مقادیر متفاوتی حاصل خواهد شد که این امر وابسته به طول موج است (Kakehmami et al., 2020). برای برآورد قابلیت انتشار سطح زمین از رابطه ۷ استفاده و این پارامتر به طور جداگانه برای باندهای ۱۰ و ۱۱ محاسبه شد (Rongali et al., 2018).

$$\varepsilon = \varepsilon_S \times (1 - FVC) + \varepsilon_V \times FVC \quad (۷)$$

در این رابطه، ε_S گسیل مندی که برای باند ۱۰ برابر با ۰/۹۷۱ و باند ۱۱ برابر با ۰/۹۷۷ و ε_V گسیل مندی پوشش گیاهی که برای

اراضی بایر به علت ظرفیت جذب گرمایی بالا و ظرفیت هدایتی پایین موجب ایجاد جزایر حرارتی در منطقه مطالعاتی شده‌اند. در نتیجه مطالعات پژوهش‌گران دیگری مانند Shabani et al. (2019) و Hoseinzadeh et al. (2021) بیش‌ترین دما برای اراضی بایر گزارش شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

اراضی انسان‌ساخت میزان $12485/25$ هکتار معادل $7/35$ درصد از سطح منطقه را به خود اختصاص داده‌اند و میانگین دمای سطح زمین در این اراضی برابر با $47/91$ درجه سانتی‌گراد است که بعد از اراضی بایر بیش‌ترین میزان دمای سطح زمین را دارند. دمای اراضی انسان‌ساخت با توجه به میزان توان تشعشعی مصالح شهری، مانند آسفالت و سیمان، فعالیت‌های انسانی گرماساز مانند مصرف سوخت فسیلی، استفاده از انرژی الکتریسیته و تردد خودروها تعیین می‌شود (Arabi ali abad et al., 2021).

پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی وسعت کمی به‌میزان $2354/67$ هکتار از سطح منطقه مطالعاتی را به خود اختصاص داده و از سوی‌درجه دیگر میانگین دمای پوشش گیاهی برابر با $45/61$ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. پوشش گیاهی یکی از عوامل تعدیل‌کننده دمای سطح زمین است و باعث می‌شود که فرآیند جذب دما در یک ناحیه صورت نگیرد و در نتیجه دمای سطح زمین کاهش یابد. در صورت عدم وجود پوشش گیاهی فرآیند بازتابش دما صورت نگرفته و این موضوع موجب افزایش دمای سطح زمین می‌شود (Ansari and Norouzi, 2021). بر اساس نتایج Feizizadeh et al., (2016) مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای حداکثر LST و مناطق با پوشش زیاد دارای حداقل LST هستند. در پژوهشی Hadipour et al. (2020) دلیل اصلی جزایر حرارتی شهری را کمبود تبخیر و تعرق در نتیجه کمبود پوشش گیاهی در مناطق شهری دانستند. آن‌ها بیان کردند که فقدان یا کمبود پوشش گیاهی تبعاتی، مانند نبود سایه و گردش هوای خنک را به همراه دارد. بارش یکی از عواملی است که بر تغییرات و کیفیت کلاس پوشش گیاهی مؤثر است، بررسی وضعیت بارش منطقه مطالعاتی نشان داد که در اکثر سال‌ها، مجموع بارش سالانه از میانگین بلندمدت بارش ($64/13$ میلی‌متر)، کم‌تر است. این مسأله نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر، شهرستان یزد با وضعیت خشکسالی روبه‌رو بوده است (شکل ۳). در پژوهش Arabi ali abad et al. (2021) بر بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در شهر یزد طی دوره $2011-2019$ نیز بیان شد که پوشش گیاهی تپه‌های ماسه‌ای وابسته به‌میزان بارش بوده که در خشکسالی پیاپی سال‌های اخیر کاهش یافته و موجب افزایش دمای شدید در این پوشش شده است.

به $+1$ نزدیک باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای بوده و اگر نزدیک به عدد -1 باشد، داده‌ها از هم گسسته و پراکنده هستند. در موران جهانی فرض صفر بیان می‌کند که بین داده‌ها خود همبستگی فضایی وجود ندارد، اما اگر مقدار Z-score بسیار بزرگ و مقدار p-value کوچک باشد، این فرض رد می‌شود (Khosravi et al., 2017).

پس از محاسبه شاخص موران جهانی، لکه‌های داغ حرارتی با استفاده از آماره گتیس-ارد جی شناسایی شدند. در این آماره، نمره Z محاسبه شده نشان می‌دهد در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. این تحلیل به این گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار زیاد داشته باشد، مهم است؛ ولی این بدان معنا نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عوارض همسایه آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز Z برای خروجی نهایی زمانی به‌دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به‌طور نسبی با جمع کل عوارض مقایسه شود. هر چه عدد به‌دست آمده برای این آماره بزرگ‌تر باشد، به‌معنی خوشه‌های با ارزش بالا (لکه‌های داغ) و هرچه عدد به‌دست آمده منفی‌تر باشد به معنی خوشه‌های با ارزش پایین (لکه‌های سرد) است (Khosravi et al., 2017; Asghari Sarasekanrood et al., 2019).

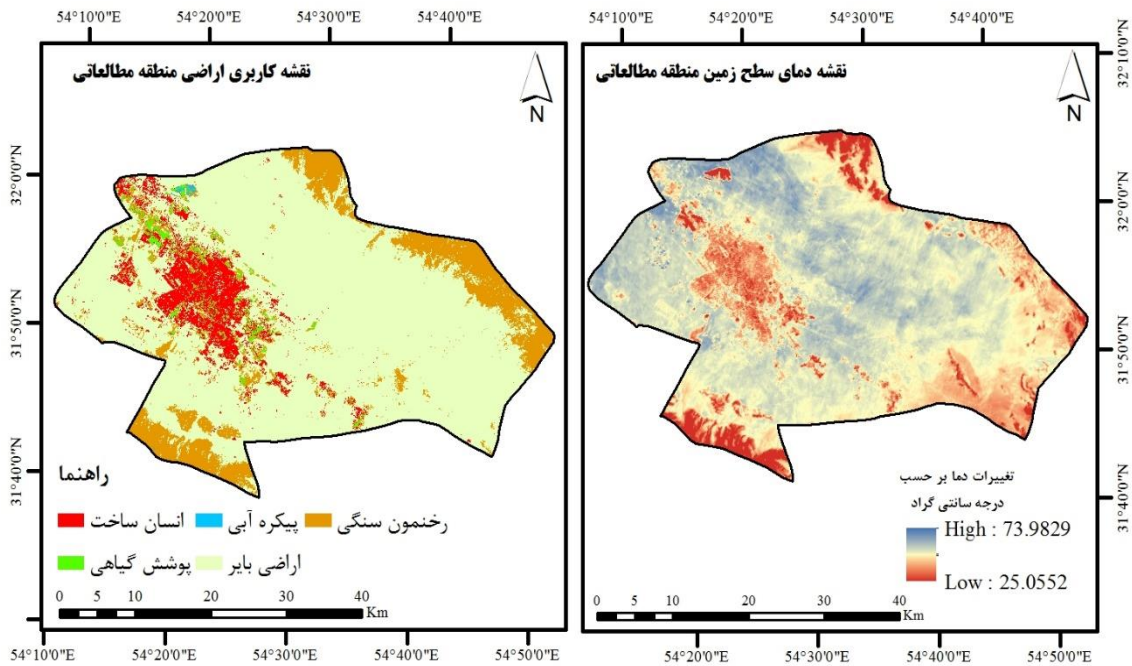
۲-۶- نرم‌افزارها و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر برای تهیه نقشه کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI 5.3، بررسی خودهمبستگی فضایی و تحلیل لکه‌های داغ از نرم‌افزار ArcGIS 10.3، انجام رگرسیون خطی از نرم‌افزار Terrset 2020 و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نقشه پوشش اراضی و دمای سطح زمین منطقه مطالعاتی

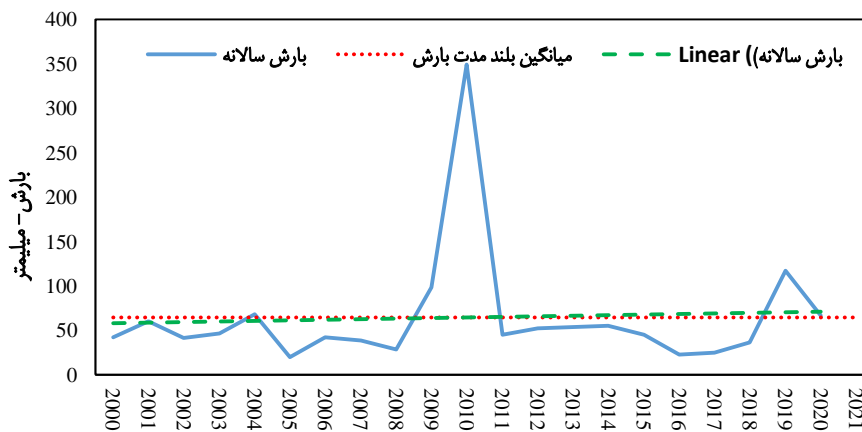
نقشه پوشش اراضی منطقه مطالعاتی با میزان ضریب کاپا برابر با ۹۶ درصد و دقت کلی برابر با $98/99$ درصد تهیه شد (شکل ۲). اراضی بایر با مساحت $129360/96$ هکتار معادل با $76/16$ درصد از سطح منطقه مطالعاتی بیش‌ترین و پیکره‌آبی با مساحتی برابر با $160/56$ هکتار معادل با $0/09$ درصد از سطح منطقه مطالعاتی کم‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲). میزان دمای سطح زمین از 25 تا $73/98$ درجه سانتی‌گراد در سطح منطقه مطالعاتی متغیر و میانگین آن برابر با $50/83$ درجه سانتی‌گراد است. میانگین دمای سطح زمین در اراضی بایر برابر با $52/13$ درجه سانتی‌گراد است که از سایر کاربری‌ها بالاتر است،



شکل ۲- نقشه پوشش اراضی و دمای سطح زمین منطقه مطالعاتی
Figure 2 – Land use and Land Surface maps of study area

جدول ۲- مساحت کلاس‌های کاربری و میانگین دمای سطح زمین در آن‌ها
Table 2- Land use area and mean of LST in land use classes

کاربری اراضی	انسان ساخت	پوشش گیاهی	پیکره آبی	اراضی بایر	رخنمون سنگی
هکتار	12485.25	2354.67	160.56	129360.96	25483.59
درصد	7.35	1.39	0.09	76.16	15
میانگین دما	47.91	45.61	36.91	52.13	46.86
دقت کاربر (درصد)	99.96	93.49	95.56	99.35	95.88
دقت تولیدکننده (درصد)	92.98	93.22	98.47	99.68	95.6
ضریب کاپا (درصد)	96		دقت کلی %	98.99	



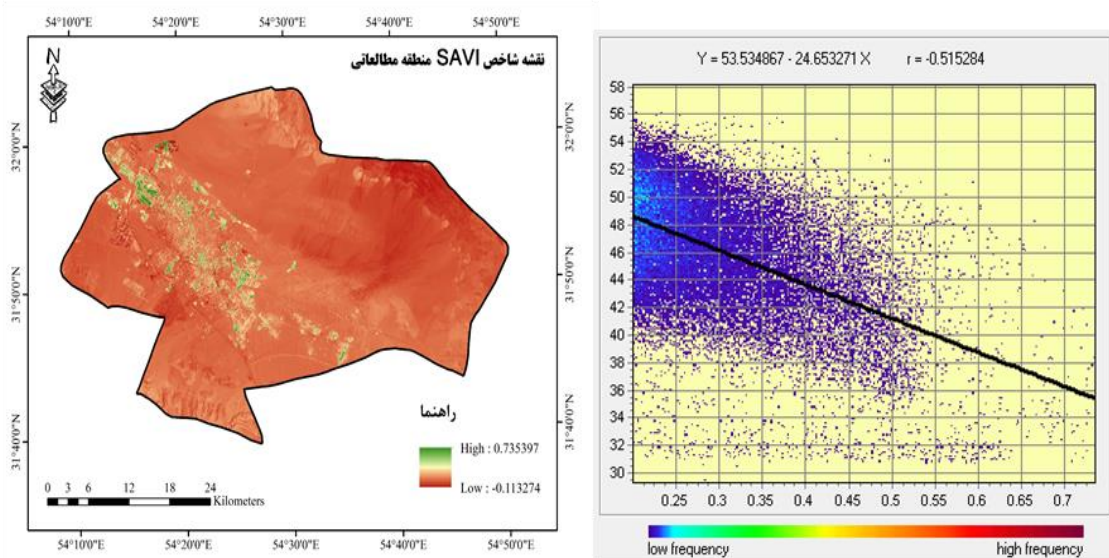
شکل ۳- روند تغییرات بلندمدت بارش سالانه (۲۰۰۰-۲۰۲۱) در ایستگاه سینوپتیک یزد
Figure 3- The trend of long-term changes in precipitation (2000-2020) at Yazd synoptic station

گیاهی در منطقه مطالعاتی است. نتایج حاصل از رگرسیون خطی بین دمای سطح زمین و شاخص SAVI با اعمال آستانه ۰/۲ به

بر اساس نتایج، میانگین شاخص SAVI در منطقه مطالعاتی به ۰/۰۹ به دست آمد که نشان‌دهنده ضعیف بودن کلاس پوشش

نیست (شکل ۴). پژوهشگران دیگری همبستگی منفی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی را گزارش کردند (Asghari and Emami, 2019; Sekertekin and Zadbagher, 2021; Anjomshoa et al., 2021; Njoku and Tenenbaum, 2022; Rani and Mal, 2022; Rashid et al., 2022)؛ که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

بالا برای ارزش‌های شاخص SAVI در تجزیه و تحلیل، نشان داد که بین این دو پارامتر، همبستگی منفی و معنادار به میزان 0.51 - در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و با افزایش پوشش گیاهی، دمای سطح زمین کاهش یافته است، هر چند که این همبستگی به‌علت ضعیف بودن کیفیت پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی قوی



شکل ۴- شاخص پوشش گیاهی SAVI و نتیجه آنالیز رگرسیون خطی
Figure 4- SAVI Index and The result of linear regression analysis

شناسایی شد. مساحت لکه‌های داغ برابر با برابر با $46539/18$ هکتار معادل با $66/86$ درصد و مساحت لکه‌های سرد برابر با $113553/81$ هکتار معادل با $27/4$ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). اراضی بایر تشکیل جزایر حرارتی داغ در منطقه مطالعاتی داده و جزیره حرارتی داغ با گستردگی بالایی اطراف محدوده شهری را احاطه کرده است که علت آن را می‌توان همگنی مناطق بایر و عدم وجود پوشش‌های تعدیل‌کننده میزان دما در این مناطق دانست (شکل ۵). مناطق صنعتی، کارخانجات و مکان‌های پر تردد، مانند شهرک صنعتی یزد، پادگان شهید صدوقی، میدان تره بار مرکزی یزد، شرکت راه‌سازی فرش راه و شرکت آجر خوشرنگ تشکیل جزایر حرارتی در شهرستان یزد را داده‌اند. پژوهش‌گران دیگری (Choudhury et al., 2019; Das et al., 2021) نیز به نقش کاربری صنعتی در افزایش دمای سطح زمین اشاره کرده‌اند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

پوشش گیاهی شامل پارک‌ها، بوستان‌ها و اراضی کشاورزی کشت شده تشکیل جزایر سرد حرارتی داده‌اند که به‌عنوان مثال می‌توان به جزایر سرد تشکیل شده در پارک کوهستان، پارک شادی و باغ دولت‌آباد اشاره کرد؛ در مطالعات (Das et al., 2021)

۳-۲- محاسبه شاخص موران و شناسایی لکه‌های داغ

مقدار شاخص موران جهانی برابر با 0.92 به‌دست آمد و با توجه به این که مقدار به‌دست آمده برای Z بسیار بزرگ (خارج از محدوده اطمینان) و برابر با $4953/96$ و مقدار p-value بسیار کوچک است؛ بنابراین، فرض صفر مبنی بر نبود هیچ نوع ارتباط فضایی بین داده‌های دمای سطح زمین شهرستان یزد رد می‌شود؛ بنابراین، داده‌های دمای زمین شهرستان یزد دارای خودهمبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای بودند که در $\alpha=0.01$ معنادار است (شکل ۵- الف)؛ اگر داده‌های دمای سطح زمین شهرستان یزد به‌صورت نرمال در فضا توزیع شده بودند، مقدار شاخص موران جهانی 0.000001 - به‌دست می‌آمد. این نتیجه با نتایج سایر پژوهش‌ها (Asghari Sarasekanrood et al., 2019; Asghari Sarasekanrood and Asadi., 2019; Kumari et al., 2019; Mohammadpour et al., 2021; Madadi et al., 2022; Njoku and Tenenbaum, 2022) هم‌خوانی دارد.

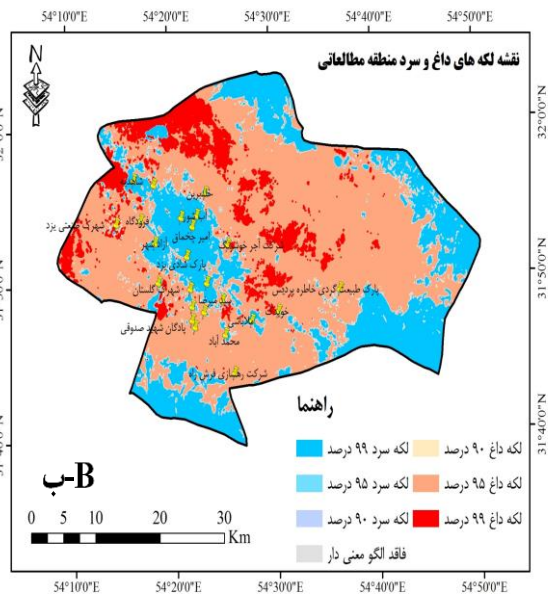
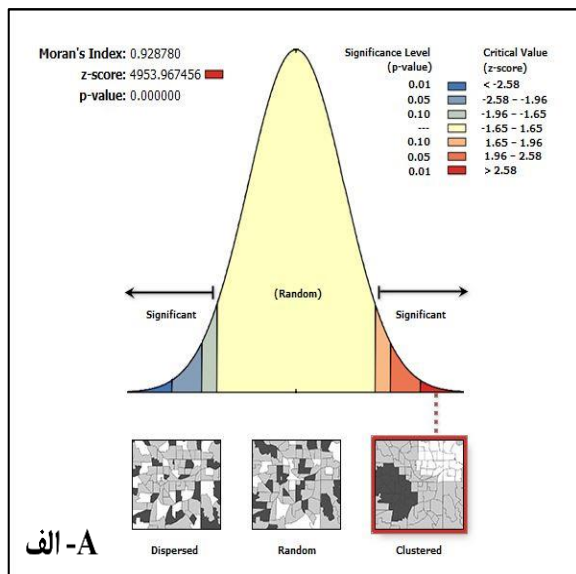
بر اساس نتایج محاسبه آماره گتیس-ارد جی محدوده‌هایی که دمای سطح زمین آن دارای خودهمبستگی فضایی مثبت و جزایر حرارتی داغ را تشکیل داده‌اند و محدوده‌هایی که دارای خودهمبستگی فضایی منفی و جزایر حرارتی سرد را تشکیل داده‌اند،

گیاهی پوشیده شده و تشکیل جزایر حرارتی سرد را در منطقه مطالعاتی داده‌اند. پیکره آبی نیز به علت ظرفیت گرمایی بالا تشکیل جزایر سرد را داده که با نتایج (Njoku and Tenenbaum (2022 هم‌راستا است.

(Worku et al., 2021) نیز به نقش پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح زمین اشاره شده است. رخنمون سنگی نسبت به دیگر پوشش‌ها شرایط توپوگرافی متفاوتی داشته و در ارتفاع بالاتری نسبت به دیگر پوشش‌ها قرار دارند و سطح آن‌ها اغلب با پوشش

جدول ۳- مساحت لکه‌های داغ و سرد
Table 3- Hot and Cold Spot Area

طبقات	سرد-۹۹ درصد	سرد-۹۵ درصد	سرد-۹۰ درصد	فاقد الگو	سرد-۹۰ درصد	سرد-۹۵ درصد	سرد-۹۹ درصد
هکتار	44531.73	1504.71	502.74	9752.04	1226.61	95288.76	17038.44
درصد	26.22	0.89	0.3	5.74	0.72	56.1	10.03



شکل ۵- موران جهانی (الف) و لکه‌های داغ و سرد منطقه مطالعاتی (ب)
Figure 5- Global Moran (a) and hot and cold spot (b)

نتیجه کمبود بارش و وقوع خشکسالی از عوامل مؤثر بر مقدار دمای سطح زمین و ایجاد جزایر حرارتی داغ در منطقه مطالعاتی است. با توجه به نقش پوشش گیاهی در تعدیل دمای سطح زمین، توصیه می‌شود که اقدامات مدیریتی لازم، مانند افزایش فضای سبز شهری در منطقه صورت گیرد و همچنین از تبدیل پوشش‌های طبیعی به اراضی انسان‌ساخت جلوگیری شود. پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، جزایر حرارتی در دیگر فصل‌های سال و شب‌هنگام شناسایی و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه شود.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به تحلیل فضایی دمای سطح زمین شهرستان یزد با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد. بر اساس نتایج داده‌های دمای سطح زمین به صورت خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند؛ یعنی دماهای بالا و پایین تمایل به خوشه‌ای شدن در فضا دارند. اراضی بایر و مناطق صنعتی تشکیل‌دهنده جزایر حرارتی داغ و پوشش گیاهی و پیکره آبی تشکیل‌دهنده جزایر حرارتی سرد را داده بودند؛ وسعت زیاد اراضی بایر، فقدان و پوشش گیاهی ضعیف در

سنجده OLI و ETM مطالعه موردی: شهرستان اردبیل).

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۳)، ۱۹۵-۲۱۵.
اصغری سراسکانرود، ص.، فعال‌نذیری، م.، و قلعه، ا. (۱۳۹۸). ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی (موران) با استفاده از داده‌های تصاویر

منابع

اصغری سراسکانرود، ص.، و اسدی، ب. (۱۳۹۹). بررسی اثرات کاربری‌های مختلف شهرستان اصفهان بر ایجاد جزایر حرارتی. *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، ۲۸ (۲)، ۲۱۷-۲۴۶.
اصغری سراسکانرود، ص.، و امامی، ه. (۱۳۹۸). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر

- ماهورهای لندست ۸ (OLI) (مطالعه موردی: شهر اردبیل).
 جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۰(۱)، ۹۳-۱۱۰.
- انتظاری، ع.، امیراحمدی، ا.، علی‌آبادی، ک.، خسروی، م.، و ابراهیمی، م. (۱۳۹۵). پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دریاچه پریشان).
 هیدروژئومورفولوژی، ۸(۳)، ۱۱۳-۱۳۹.
- انجم‌الشعاع، ف.، مروتی، م.، تازه، م.، و بهادری امجز، ف. (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.
- انصاری، م.ر.، و نوروزی، ا. (۱۴۰۰). بررسی تغییرات دمای سطح زمین با کاربری اراضی در کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸. تحقیقات آب و خاک / ایران، ۵۲(۷)، ۱۸۴۰-۱۸۲۵.
- پیرنظر، م.، روستایی، ش.، فیضی‌زاده، ب.، و رئیسی نافچی، ف. (۱۳۹۷). بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌های سنجنده لندست ۸- مطالعه موردی شهر تهران. آمایش جغرافیایی فضا، ۸(۲۹)، ۲۴۰-۲۲۷.
- جویباری مقدم، ی.، آخوندزاده، م.، و سراجیان، م.ر. (۱۳۹۴). ارائه یک الگوریتم پنجره مجزا نوین به‌منظور تخمین دمای سطح زمین از داده‌های ماهواره لندست-۸. علوم و فنون نقشه‌برداری، ۵(۱)، ۲۱۵-۲۲۶.
- حسین‌زاده، ا.، کاشکی، ع.ر.، کرمی، م.، و جاویدی صباغیان، ر. (۱۴۰۰). برآورد تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم‌های تک‌پنجره، تک‌کانال و پلانک (مطالعه موردی: دشت بجنورد). پژوهش‌های محیط زیست، ۱۲(۲۳)، ۱۳-۲۶.
- خسروی، ی.، حیدری، م.ع.، توکلی، ا.، و زمانی، ع.ع. (۱۳۹۷). تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر زنجان). برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۱(۳)، ۱۴۴-۱۱۹.
- دشتکیان، ک.، و دهقانی، م. ا. (۱۳۸۶). بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با پوشش گیاهی و توسعه شهری با استفاده از سنجنش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مناطق بیابانی، مطالعه موردی: منطقه یزد-اشکدز. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۲۰(۴)، ۱۷۹-۱۶۹.
- راهداری، و.، سفینیان، ع.، خواجه‌الدین، ج.ا.، و ملکی نجف‌آبادی، س. (۱۳۹۲). بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه درصد تاج پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی پناهگاه حیات وحش مونه). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵(۴)، ۴۳-۵۴.
- شعبانی، م.، درویشی، ش.، و سلیمانی، ک. (۱۳۹۸). بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر الگوهای زمانی-مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی؛ مطالعه موردی شهرستان سقز. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۰(۱)، ۳۷-۵۴.
- عربی‌علی‌آباد، ف.، زارع، م.، و غفاریان‌المیبری، ح.م. (۱۴۰۰). بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۹(۲)، ۴۳-۶۶.
- فاطمی، ب.، و رضائی، ی. (۱۳۹۶). مبانی سنجنش از دور. انتشارات آزاده، تهران.
- فیضی‌زاده، ب.، دیده‌بان، خ.، و غلام‌نیا، خ. (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد). اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۵(۹۸)، ۱۷۱-۱۸۱.
- کاظمی، م.، نفرزادگان، ع.، و محمدی، ف. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر جزایر حرارتی شهرمیناب با استفاده از رویکردهای طبقه‌بندی جنگل تصادفی و واکوی خودهمبستگی فضایی. سنجنش‌زردور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۴)، ۳۸-۵۶.
- کاکه ممی، ا.، قربانی، ا.، اصغری سراسکانرود، ص.، قلعه، ا.، و غفاری، س. (۱۳۹۹). بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین. سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۲)، ۲۷-۴۸.
- کریمی فیروز جانی، م.، کیاورز، م.، و علوی‌پناه، س.ک. (۱۳۹۶). پایش و پیش‌بینی شدت جزیره حرارتی شهر بابل با توجه به گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۶۴. مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۵(۳)، ۱۲۳-۱۵۱.
- کوشش وطن، م.ع.، و اصغری زمانی، ا. (۱۴۰۰). مطالعه دمای سطح زمین شهر تبریز در رابطه با کاربری اراضی با استفاده از تصویر لندست ۸. چشم‌انداز مطالعات شهری و روستایی، ۲(۳)، ۴۹-۵۸.
- محمدپور، ع.، علیجانی، ب.، اکبری، م.، و ضیائی‌ان فیروزآبادی، پ. (۱۳۹۹). تحلیل فضایی و زمانی جزایر گرمایی مناطق شهری گرگان. آمایش جغرافیایی فضا، ۱۰(۳۸)، ۱۵۷-۱۷۲.
- مددی، ع.، قلعه، ا.، عبادی، ا.، و نفاقت تکل، ب. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی (موران) با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: شهرستان کوثر). فضای جغرافیایی، ۲۲(۷۷)، ۹۹-۱۱۹.
- منصورمقدم، م.، روستا، ا.، زمانی، م.ص.، مختاری، م.ح.، کریمی فیروزجایی، م.، و علوی‌پناه، س.ک. (۱۴۰۰). مطالعه و پیش‌بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد: بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی. سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۲(۴)، ۱-۲۷.
- هادی‌پور، م.، دارابی، ح.، و داودی‌راد، ع.ا. (۱۳۹۸). بررسی جزایر حرارتی شهری و ارتباط آن با شرایط آلودگی هوا و شاخص‌های NDVI و NDBI در شهر اراک. اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۸(۱۱۲)، ۲۴۹-۲۶۴.

References

- Al Masaodi, J.O., & Al-Zubaidi, H.A.M. (2021). Spatial-temporal changes of land surface temperature and land cover over Babylon Governorate, Iraq. *Materials Today: Proceedings*, 46(9), 1-10.
- 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 Environmental Sustainability*, 11(4), 83-106 (in Persian).
- Ansari, M., & Norouzi, A. (2021). Investigation of land surface temperature trends relative to land use changes in dust sources of South East Ahwaz Using Landsat 8 Satellite Data. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(7), 1825-1840 (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 (in Persian).
- Asaf Abir, F., & Saha, R. (2021). Assessment of land surface temperature and land cover variability during winter: A spatio-temporal analysis of Pabna municipality in Bangladesh. *Environmental Challenges*, 4, 1-12.
- Asghari Sarasekanrood, S., & Asadi, B. (2021). Analysis of land use changes and their effects on the creation of thermal islands in Isfahan City. *Geographical Research on Desert Areas*, 8(2), 217-246 (in Persian).
- Asghari Saraskanroud, S., & Emami H. (2019). Monitoring the earth surface temperature and relationship land use with surface temperature using of OLI and TIRS Image. *Geographical Sciences*, 19(53), 195-215 (in Persian).
- Asghari Saraskanroud, S., Faal Naziri, M., & Ghale, E. (2019). The Relationship of Different Land Uses with Land Surface Temperature based on Spatial Correlation (Moran) Analysis Using Landsat 8 Satellite Images (OLI) (Case Study: Ardebil City). *Geography and Environmental Planning*, 30(1), 93-110 (in Persian).
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 22(2), 203-218.
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2021). Assessment of variation of land use/land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24(1), 131-149.
- Dashtakian, K., & Dehghani, M.A. (2008). Land surface temperature analysis of desert area in relation with vegetation and urban development using RS and GIS (Case study: Yazd-Ashkezar area. *Pajouhesh va Sazandegi*, 20(4), 169-179 (in Persian).
- Entezari, A., Amir Ahmadi, A., Aliabadi, K., Khosravian, M., & Ebrahimi, M. (2016). Monitoring land surface temperature and evaluating change detection land use (Case study: Parishan lake basin). *Hydrogeomorphology*, 3(8), 113-139 (in Persian).
- Fatemi, S.B., & Rezaei, Y. (2018). *Principles of Remote Sensing*. Azade Press, Tehran (in Persian).
- Feizizadeh, B., Didehban, K., & Gholamnia, K. (2016). Extraction of land surface temperature (LST) based on Landsat satellite images and split window algorithm (study area: Mahabad catchment). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 25(98), 171-181 (in Persian).
- Hadipour, M., Darabi, H., & Davudirad, A. (2020). Investigating urban heat islands (UHI) and the irrelation with air pollution, NDVI and NDBI in Arak using RS techniques. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(112), 249-264 (in Persian).
- Hoseinzadeh, A., Kashki, A., Karami, M., & Javidi Sabaghian, R. (2021). Estimating land surface temperature changes using Landsat satellite imagery and three algorithms, mono window, single channel and Planck, Case study of Bojnourd Plain. *Environmental Researches*, 12(23), 13-26 (in Persian).
- Huete, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Jimenez-Muñoz, J.C., & Sobrino, J.A. (2010). Split-window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5, 806-809.
- Jouybari, Y., Moghaddam, M., Akhoondzadeh, M. R., & Saradjian, M.R. (2015). A split-window algorithm for estimating LST from Landsat-8 satellite images. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 5(1), 215-226 (in Persian).
- 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 (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 (in Persian).
- Kazemi, M., Nafarzadegan, A., & 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 (in Persian).
- Khosravi, Y., Heidari, M.A., & Tavakoli, A. (2017). Analyzing of the relationship between land surface temperature; temporal changes and spatial pattern of land use changes. *Journal of Spatial Planning*, 21(3), 119-144 (in Persian).
- Koushesh Vatan, M., & Asghari Zamani, A. (2021). Study of land surface temperature concerning land-use in Tabriz city using the Landsat 8 data. *Journal of Economic geography research*, 2(3), 49-58 (in Persian).
- Kumari, M., Sarma, K., & Sharma, R. (2019). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of land surface temperature in relation to land use/cover around a thermal power plant in Singrauli district, Madhya Pradesh, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15, 1-6.
- Liu, L., & Yuanzhi, Z. (2011). Urban heat island analysis using the landsat tm data and aster data: a case study in hong kong. *Remote Sensing*, (3), 1535-1552.
- Madadi, A., Ghale, E., Ebadi, E., Nezafat, B. (2022). Investigating the relationship between different uses with Earth's surface temperature based on spatial autocorrelation analysis using Landsat satellite image data (Case study: Kosar county). *Geographic Space*, 22(77), 99-119 (in Persian).
- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., Zamani, M., Mokhtari, M., Karimi Firozjaei, M., & Alavipanah, S. (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 (in Persian).
- mohammadpour, A., Alijani, B., Akbary, M., & Zeaiean Firouzabadi, P. (2021). Spatial and temporal analysis of the thermal islands of Gorgan urban areas. *Geographical Planning of Space*, 10(38), 157-172 (in Persian).
- Njoku, E.A., & Tenenbaum, D.E. (2020). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of land surface temperature in relation to land use/cover around a thermal power plant in Singrauli district, Madhya Pradesh, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 1-18.
- Pirnazar, M., Rostaii, S., Feyzizadeh, B., & Raisi, F. (2018). Calculating the earth surface temperature and its relation to urban land cover classes by Landsat 8 data (case study: Tehran city). *Geographical Planning of Space*, 8(29), 227-240 (in Persian).
- Rahdari, V., Soffianian, A., Khajaldin, S.J., & Maleki Najafabadi, S. (2014). Identification of satellite image ability for vegetation cover crown percentage mapping in arid and semi arid region (case study: Mouteh wild life sanctuary). *Journal of environmental Science and Technology*, 15(4), 43-54 (in Persian).
- Rani, S., & Mal, S. (2022). Trends in land surface temperature and its drivers over the High Mountain Asia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 25, 717-729.
- Rashid, N., Mostahidul Alam, J.A.M., Arif Chowdhury, M., & Ul Islam, S.L. (2022). Impact of landuse change and urbanization on urban heat island effect in Narayanganj city, Bangladesh: A remote sensing-based estimation. *Environmental Challenges*, 8, 1-11.
- Rogan, J., Ziemer, M., Martin, D., Ratick, S., Cuba, N., & DeLauer, V. (2013). The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using landsat thematic mapper thermal data. *Applied Geography Journal*, 45, 49-57.
- Rongali, G., Keshari, A.K., Gosain, A.K., & Khosa, R. (2018). Split-window algorithm for retrieval of land surface temperature using Landsat 8 thermal infrared data. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 2(14), 1-19.
- Sekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Ecological Indicators*, 122, 1-11.
- Shabani, M., Darvishan, S., & Solaimani, K. (2019). Investigating the effects of land use change on spatiotemporal patterns of land surface temperature and thermal islands (Case study: Saqqez County). *Geography and Environmental Planning*, 30(1), 37-54 (in Persian).
- Sobrino, J., & Jimenez-Munoz, J. (2014). Minimum configuration of thermal infrared bands for land surface temperature and emissivity estimation in the context of potential future mission. *Remote Sensing Environment*, 148, 158-167.
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Umar, U.M., & Kumar, J.S. (2014). Spatial and temporal changes of urban heat island in Kano metropolis, Nigeria. *International Journal of Research in Engineering Science and Technology*, 1(2), 20-28.
- Worku, G., Teferi, E., & Bantider, A. (2021). Assessing the effects of vegetation change on

urban land surface temperature using remote sensing data: The case of Addis Ababa city,

Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22, 1-14.