



Monitoring changes in vegetation cover and its relationship with surface temperature and land use in Khodaafrin and Kalibar cities using Remote sensing technology

Ali Khodaie¹ | Rahman Zandi²

1. Corresponding Author, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. E-mail: a.khodaie@hsu.ac.ir

2. Department of Natural Geography, Faculty of Environmental Sciences and Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran. E-mail: r.zandi@geo.ui.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 26 September 2023

Received in revised form 9 November 2023

Accepted 11 December 2023

Published online 4 May 2024

Keywords:

Earth surface temperature, Khodafarin-Kalibar, Land use, Vegetation.

ABSTRACT

Investigating changes in vegetation density and land use is one of the most important aspects of natural resource management and reviewing environmental changes. In this research, using remote sensing technique, the monitoring of changes in vegetation cover and its relationship with surface temperature and land use in Khoda Afarin and Kalibar cities were investigated using remote sensing technology during a period of 22 years (2000-2022). To perform statistical and visual analysis on satellite images, Envi 5.6 and Arc GIS 10.8 software were used. NDVI index was used to investigate changes in vegetation area and quality. Also, in order to investigate qualitative changes in vegetation, the numerical values of this index were classified into three classes: dense, semi-dense, weak or no vegetation, and the temperature changes of the earth's surface during the study period using It was calculated from Landsat satellite images and then the land use maps were extracted based on the supervised classification method and through the maximum similarity algorithm. Based on the analysis, it was determined that in the studied period, 58,196 hectares, about 15.6% of dense vegetation density, and 38,415 hectares, about 10.2% of semi-dense vegetation density, have been lost. In fact, 96,611 hectares, about 25.8% of the density of dense and semi-dense vegetation, have been converted to other uses in 22 years. The study of land use in the region showed that the changes in vegetation density are mostly related to the use of agricultural and garden lands and pastures, and during the study period, the most destruction is related to dense vegetation density. Finally, investigating the relationship between vegetation cover and land surface temperature (LST) showed that the vegetation cover index (NDVI) has a negative and inverse correlation with the land surface temperature and in most areas that have denser vegetation cover; shows a lower temperature. The results of the research show that the most important factor in the changes in vegetation density in the region is human activities such as agriculture, construction and road construction, which have caused many changes in the land surface, the analysis of the area of these land uses shows He said that the level of agricultural lands and pastures has increased significantly, which is mainly the result of the conversion of dense vegetation, especially forests, to agriculture. The results of this research can be used by the organizations of agricultural jihad, natural resources and the Ministry of Interior.

Cite this article: Khodaie, A., & Zandi, R. (2024). Monitoring changes in vegetation cover and its relationship with surface temperature and land use in Khodaafrin and Kalibar cities using Remote sensing technology. *Journal of Natural Environment*, 77 (1), 59-73. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.365834.2602>





پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با دمای سطح زمین و کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور

علی خدائی^۱ | رحمان زندی^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: a.khodaie@hsu.ac.ir
۲. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم محیطی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: r.zandi@geo.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	بررسی تغییرات تراکم پوشش های گیاهی و کاربری اراضی، یکی از مهم ترین جنبه های مدیریت منابع طبیعی و بازنگری در تغییرات محیطی است. در تحقیق حاضر با استفاده از تکنیک سنجش از دور، پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با دمای سطح زمین و کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور در طی دوره ۲۲ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام تحلیل های آماری و بصری بر روی تصاویر ماهواره ای، از نرم افزارهای Arc GIS 10.8 و Envi 5.6 استفاده شد. برای بررسی تغییرات مساحت و کیفیت پوشش گیاهی از شاخص NDVI استفاده شد. همچنین، به منظور بررسی تغییرات کیفی پوشش گیاهی، مقادیر عددی این شاخص به سه طبقه متراکم، نیمه متراکم، ضعیف یا فاقد پوشش گیاهی طبقه بندی شد و تغییرات دمایی سطح زمین در دوره مطالعاتی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست محاسبه شد و سپس نقشه های کاربری اراضی براساس روش طبقه بندی نظارت شده و از طریق الگوریتم حداکثر تشابه استخراج شد. براساس تجزیه و تحلیل های صورت گرفته مشخص گردید، در بازه زمانی مورد مطالعه، ۵۸۱۹۶ هکتار حدوداً ۱۵/۶ درصد تراکم پوشش گیاهی انبوه و ۳۸۴۱۵ هکتار حدوداً ۱۰/۲ درصد تراکم پوشش گیاهی نیمه متراکم از بین رفته است. در حقیقت ۹۶۶۱۱ هکتار حدوداً ۲۵/۸ درصد از تراکم پوشش گیاهی متراکم و نیمه متراکم طی ۲۲ سال تبدیل به دیگر کاربری های شده است. بررسی کاربری اراضی منطقه نشان داد که تغییرات تراکم پوشش گیاهی بیشتر مربوط به کاربری اراضی زراعی و باغی و مراتع می باشد و در طول دوره مورد مطالعه بیشترین تخریب مربوط به تراکم پوشش گیاهی انبوه می باشد. در نهایت، بررسی ارتباط پوشش گیاهی و دمای سطح زمین (LST) نشان داد شاخص پوشش گیاهی (NDVI) همبستگی منفی و معکوسی با دمای سطح زمین دارد و در اکثر مناطقی که پوشش گیاهی انبوه تری دارند؛ دمای کمتری را نشان می دهد. نتایج تحقیق گویای این مطلب است که مهم ترین عامل تغییرات تراکم پوشش گیاهی در منطقه، فعالیت های انسانی از جمله کشاورزی، ساخت و ساز و راه سازی، موجب تغییرات بسیاری در پوشش سطح زمین شده است، تجزیه و تحلیل مساحت این کاربری ها نشان داد که سطح اراضی کشاورزی و مراتع افزایش چشمگیری پیدا کرده که عمدتاً این افزایش نتیجه تبدیل تراکم پوشش گیاهی انبوه به خصوص جنگل ها به کشاورزی می باشد. نتایج پژوهش حاضر می تواند مورد استفاده سازمان های جهاد کشاورزی، منابع طبیعی و وزارت کشور قرار گیرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵	
کلیدواژه ها: پوشش گیاهی، خداآفرین-کلیبر، دمای سطح زمین، کاربری اراضی.	

استاد: خدائی، علی؛ و زندی، رحمان (۱۴۰۳). پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با دمای سطح زمین و کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور. محیط زیست طبیعی، ۷۷ (۱)، ۷۳-۵۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.365834.2602>



مقدمه

پوشش گیاهی، به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده و شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pettorelli *et al.*, 2005). تغییر کاربری و پوشش اراضی عمدتاً به دلیل فعالیت‌های انسانی می‌باشد. به لحاظ بررسی تاریخی بیشترین عامل برای این تغییرات، رشد جمعیت است (Ramankutty *et al.*, 2002). خصوصیات بیوفیزیکی فضای شهری عوامل تعیین‌کننده آب‌وهوای محلی شهری است. هنگامی که تغییرات قابل توجهی مانند جایگزینی پوشش گیاهی و سطوح تبخیری با سطوح غیر قابل نفوذ وجود داشته باشد، مقدار انرژی سطح تغییراتی را تجربه می‌کند که منجر به گرم شدن در مقیاس محلی می‌شود. اغلب دانشمندان بر این باورند که دمای کره زمین از قرن ۱۹ میلادی در حال افزایش است (Mahdavi *et al.*, 2022). اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری و پوشش اراضی امری ضروری است. امروزه، فناوری سنجنش‌ازدور به‌عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت شناسایی منابع طبیعی، به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، در مناطق مختلف جهان به‌صورت علمی مورد استناد قرار می‌گیرد (Sharifi *et al.*, 2012). ترسیم نقشه‌های تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی اطلاعات با ارزشی را برای فهم وضعیت طبیعت و محیط‌زیست انسان ساخت با استفاده از بیان کمی پوشش گیاهی در مقیاس‌های محلی تا جهانی در یک دوره زمانی مشخص و یا در طول دوره زمانی پیوسته ارائه می‌دهد (Bandari *et al.*, 2012). همچنین آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی شاخصی برای تعیین ناهمگونی سیمای سرزمین و تنوع زیستی و در نهایت تعیین نواحی در اولویت برای حفاظت می‌باشد (Kerr and Ostrovsky, 2003).

سری‌های زمانی سنجنش‌ازدور یا داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققین برای بررسی تغییرات و پویایی‌های محیطی می‌باشد (Brian *et al.*, 2011). کاربرد سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به‌ویژه در برخورد با چندین داده جغرافیایی و تفسیر منطقه گسترده سطح زمین به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amirin and Hasmadi, 2010). شاخص‌های پوشش گیاهی به‌طور گسترده به‌عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و عوامل دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Magee *et al.*, 2011). یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی منتج از تصاویر ماهواره‌ای، شاخص (NDVI)^۲ است (Zhou *et al.*, 2011). پایه این شاخص، براساس اختلاف در بازتاب‌های طیفی (باندهای انعکاسی قرمز و مادون قرمز نزدیک) ناشی از وضعیت پوشش گیاهی حاکم است (Herb *et al.*, 2008). توزیع فضایی پوشش گیاهی ارتباط زیادی با شرایط اقلیمی دارد (Saugier, 1996). بررسی تغییرات پوشش‌های گیاهی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد گرمایش جهانی به‌همراه داشته باشد (Pettorelli *et al.*, 2005). در حال حاضر، یکی از چالش‌برانگیزترین مشکلات جهانی، تغییرات آب‌وهوایی ناشی از گرمایش جهانی است. گرم شدن کره زمین سیستم‌های فیزیکی و زیستی را در قاره‌ها تحت تأثیر قرار داده است (Chen *et al.*, 2015). به‌عنوان یکی از حساس‌ترین شاخص‌های زیستی در پاسخ به گرمایش جهانی، افزایش دمای کره زمین شناخته شده است (Bertin, 2008). جزایر حرارتی شهری و ضریب گسیل سطح شاخص‌های مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و بررسی فعل و انفعالات سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی هستند (Zandi *et al.*, 2023). چنانچه مقدار دمای سطح زمین (LST)^۳ تغییر یابد، اشباع غیر متوازن محیطی باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و بارندگی‌های غیرقابل پیش‌بینی شده و در نهایت منجر به تغییر اقلیم محلی یک منطقه خواهد شد (Ghorbannia *et al.*, 2017). با توجه به تحقیقات صورت گرفته، ثابت شده است که رفتارهای NDVI و دمای سطح زمین تا حدی در ارتباط هستند. دمای سطح زمین، پارامتر مهمی است که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در سطح زمین باشد (Neteler *et al.*, 2010). امروزه به‌دلیل تغییر و تبدیل سطوح پوشش گیاهی به سطوح غیرقابل نفوذ، افزایش دمای سطح زمین مشاهده می‌شود (Ranzi and Taschner, 2008). برای این کار داده‌های سنجنش‌ازدور به‌طور گسترده و در سطح وسیع در دسترس است بنابراین، می‌توان توزیع فضایی از مؤلفه‌های تعادل انرژی مانند دمای سطح و آل بدو را تجزیه و تحلیل کرد. پردازش تصاویر ماهواره‌ای سنجنش‌ازدور حرارتی به بررسی رابطه بین LST و خصوصیات بیوفیزیکی سطح از جمله پوشش گیاهی می‌تواند منجر

^۱Geographic information system^۲Normalized Difference Vegetation Index^۳Land Surface Temperature

شود (Depew, 2004). مطالعات متعددی در زمینه پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور و ارتباط آن با فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی انجام شده است. Eva و Brink (۲۰۰۹) به ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی ۲۵ سال گذشته در ساحاران آفریقا با استفاده از تصاویر لندست پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق کشاورزی افزایش، مناطق جنگلی و پوشش گیاهی غیر جنگلی کاهش و مناطق بایر گسترش پیدا کرده است که علت آن افزایش جمعیت انسانی بوده است. Karnieli و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ارتباط LST و شاخص پوشش گیاهی در قاره آمریکا شمالی با استفاده از سنجش از دور برای ارزیابی خشک‌سالی پرداختند و به ارتباط معکوس بین آن‌ها دست یافته‌اند. Jiang و Tian (۲۰۱۰) با استفاده از سنجنده‌های TM و ETM⁺، ارتباط تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین و دما را در شهر پکن کشور چین مورد ارزیابی قرار دادند و با محاسبه شاخص پوشش گیاهی به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین است. همچنین بیان شد که مناطق با پوشش گیاهی متراکم دارای دمای پایین و مناطق با پوشش گیاهی پراکنده دارای دمای بالایی هستند. Rawat و همکاران (۲۰۱۳) با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و شاخص‌های NDVI، NDBI^۴ و NDWI^۵، به بررسی تغییرات پوشش اراضی در شهر رمنگر استان اوتاراکنند هندوستان پرداختند. نتایج نشان داد که در دو دهه گذشته منطقه مسکونی و نوار شن و ماسه به ترتیب ۸/۸۸ درصد و ۳/۹۸ درصد افزایش یافته است. در حالی که سایر کاربری‌های پوشش گیاهی، زمین‌های کشاورزی و آب به ترتیب ۹/۴۱ درصد، ۰/۶۹ درصد و ۲/۷۶ درصد کاهش یافته است. Molnar (۲۰۱۶) با استفاده از تصاویر لندست ۷ به بررسی ارتباط بین دمای سطح زمین و NDVI در بوداپست پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بین دمای سطح زمین و NDVI همبستگی معکوسی وجود دارد. Darwish و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خود علل تخریب مراتع در لبنان را با شاخص NDVI مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مناطق کشاورزی از ۹۳۲ هکتار به ۴۸۷۸ هکتار افزایش یافته و میزان مراتع از ۲۹۵۸۱ هکتار به ۲۵۰۰۰ هکتار کاهش یافته است. Abdolahi و همکاران (۲۰۰۹) در یک بازه زمانی ۱۳ ساله، چگونگی تغییر کاربری اراضی را در دو منطقه شهری و غیرشهری اردکان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در مناطق غیرشهری تغییرات چندانی در پوشش گیاهی و دمای ساطع شده از پوشش‌های زمینی به محیط‌های پیرامون به وجود نیامده است؛ ولی در مناطق شهری پوشش گیاهی به میزان ۳۶/۲ درصد کاهش و دمای این مناطق به علت تخریب پوشش گیاهی افزوده شده است. Mohammadyari و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای در شهرستان بهبهان با داده‌های سنجنده ETM⁺ و OLI در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از NDVI را محاسبه کردند. نتایج نشان داد که طی ۱۴ سال، طبقه با پوشش عالی بسیار خوب و ضعیف افزایش مساحت پیدا کرده و اراضی با پوشش خوب، کاهش یافته است. Mazyidi و Hosseini (۲۰۱۴) تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره گرمایی در منطقه شهری یزد را مورد بررسی قرار دادند نتایج بررسی رابطه میان NDVI و دمای سطح زمین با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون دومتغیره بیان‌کننده تأثیر پوشش گیاهی در کاهش دما به علت وجود فرآیند تبخیر و تعرق سطحی است. Mokaram و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات تاج پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با شاخص‌های گیاهی NDVI، SS^۶، VIN^۶ و RVI^۸ و اطلاعات اقلیمی در مکان‌های مختلف مرتعی در شمال شهرستان داراب واقع در استان فارس پرداختند. بدین منظور، از تصاویر ماهواره لندست ETM⁺ (۲۰۱۵) و ASTER (۲۰۰۵) استفاده شد. نتایج نشان داد میزان شاخص‌های گیاهی در فصل رشد زیادتر بوده که با افزایش دما میزان این شاخص در ماه‌های بعد کمتر می‌شود. از بین شاخص‌ها، شاخص NDVI دارای دقت جهت پیش‌بینی پوشش گیاهی است. Inteziri و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست و مادیس، در استان فارس طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۶ پرداختند. نتایج نشان داد، در اکثر مناطقی که دمای کمتری دارند، پوشش گیاهی انبوه‌تر به وجود آمده است. میزان همبستگی پوشش گیاهی مقدار ۰/۷۷- را نشان می‌دهد که بیانگر رابطه مستقیم و معکوس بین پوشش گیاهی و دما می‌باشد. Ahmadi و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهر قائن پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین دما در سال ۲۰۰۰

^۴Normalized Difference Built-up Index

^۵Normalized Difference Water Index

^۶Vegetation Index Number

^۷Slope Soil line

^۸Ratio vegetation index

(۳۸ درجه سانتی‌گراد) است و در سال ۲۰۱۰ بیشترین دما به ۴۲ درجه سانتی‌گراد و در سال ۲۰۱۷ بیشترین دما به ۴۵ درجه سانتی‌گراد تغییر یافته است که نشان از افزایش تدریجی دما دارد و با توجه به اهمیت پوشش گیاهی و نقش آن در تعدیل دمای سطح زمین، در مناطق با پوشش گیاهی فشرده و غنی دما روند کاهشی داشته است. Ruki و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در شهر اصفهان با استفاده از داده‌های ماهواره ای پرداختند، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد با افزایش مناطق ساخته شده شهری، جزایر حرارتی افزایش یافته و از کیفیت پوشش گیاهی کاسته شده است.

ارزیابی حاصل از مطالعات فوق نشان می‌دهد که ارتباط مستقیمی بین تغییرات پوشش زمین و دمای سطح زمین وجود دارد، در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سنجنش از دور پرداخته نشده و بیشتر براساس مطالعات توصیفی و نمونه‌برداری آزمایشگاهی بوده است بنابراین نوآوری پژوهش حاضر از دو منظر مهم می‌باشد؛ ۱) منطقه مورد مطالعه تاکنون مورد ارزیابی قرار نگرفته است. ۲) روش تحقیق و داده‌های مورد استفاده؛ که داده‌های لندست و فناوری سنجنش از دور و بروز بودن داده‌ها از مزایای پژوهش حاضر می‌باشد.

سوالات پژوهش حاضر به شرح زیر می‌باشند:

۱- تغییرات پوشش گیاهی در دوره مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه چگونه بوده است؟

۲- چه رابطه‌ای بین تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه وجود دارد؟

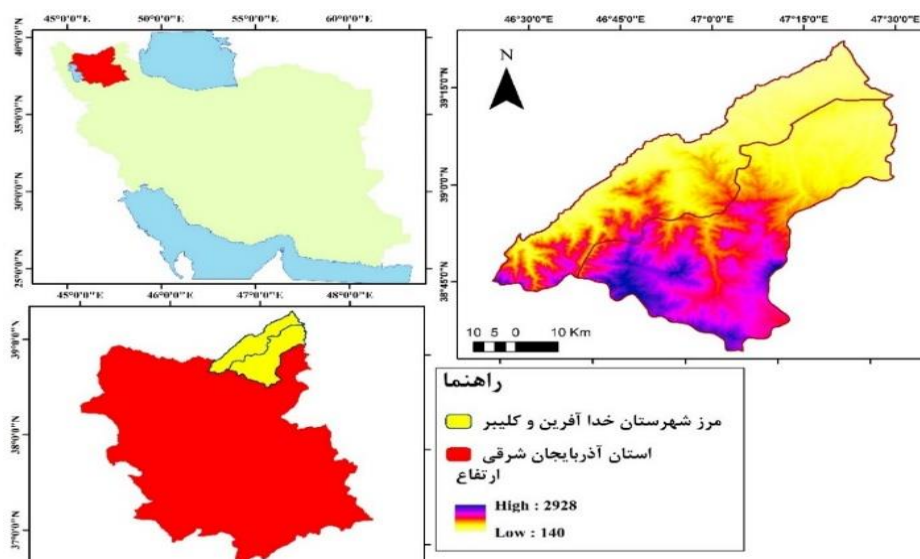
هدف از این پژوهش، پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با دمای سطح زمین و کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در یک بازه زمانی ۲۲ ساله (طی دوره ۲۰۲۲-۲۰۰۰) با استفاده از تکنیک‌های سنجنش‌ازدور و نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و (ENVI^۹) می‌باشد؛ و همچنین با توجه به اهمیت بالای محیط‌زیستی این منطقه و اتکای مردم شهرستان خداآفرین و کلیبر به بهره‌برداری از منابع طبیعی، باغات، کشاورزی و دامپروری، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه و لزوم توجه به پیامدهای حاصل از تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی، اهمیت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و داده‌های سنجنش‌ازدور در برنامه‌ریزی محیطی حائز اهمیت باشد.

روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه: شهرستان خداآفرین و کلیبر در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره‌داغ و رشته‌کوه‌های قفقاز واقع شده است. موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۰۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۱).

مساحت شهرستان خداآفرین ۱۵۵۲ کیلومترمربع و این مساحت حدود ۳/۴ درصد از کل مساحت استان آذربایجان شرقی را شامل می‌شود و طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان خداآفرین دارای سه بخش مرکزی (شامل دهستان‌های کیوان و بسطام لو)، گرما دوز (شامل دهستان‌های گرما دوز غربی و گرما دوز شرقی) و منجوان (شامل دهستان‌های منجوان غربی، منجوان شرقی و دیزمار شرقی)، یک نقطه شهری خمارلو و ۲۰۴ آبادی می‌باشد. براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان خداآفرین در حدود ۳۴۹۷۷ نفر (۰/۹ درصد جمعیت استان) برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۶۵۹ نفر، جمعیت روستایی آن ۳۳۳۱۸ نفر و تعداد ۱۰۱۹۶ خانوار است (Khodai et al., 2022). مساحت شهرستان کلیبر ۲۰۷۳ کیلومترمربع و حدود ۴/۶ درصد از کل مساحت استان آذربایجان شرقی را شامل می‌شود و طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان کلیبر دارای دو بخش به نام‌های مرکزی (شامل دهستان‌های بیلاق، میشه‌پاره، پیغان‌چایی و مولان) و آبش احمد (شامل دهستان‌های آبش احمد، قشلاق و سیدان)، دو نقطه شهری به نام‌های کلیبر و آبش احمد و ۲۴۴ آبادی می‌باشد. براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان کلیبر در حدود ۴۸۸۳۷ نفر (۱/۳ درصد جمعیت استان) و جمعیت مرکز این شهرستان ۹۸۸۷ نفر برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۲۲۰۵ نفر و جمعیت روستایی آن ۳۶۶۳۲ نفر و تعداد ۱۴۱۴۵ خانوار است.

⁹Environment for Visualizing Image



شکل ۱- موقعیت شهرستان خداآفرین و کلیبر در ایران و استان آذربایجان شرقی

جدول ۱- مشخصات داده‌های مورد استفاده

داده‌ها	سنجده	زمانی مقیاس	استفاده موارد	منبع
تصاویر	TM	۲۰۰۰/۰۶/۲۸	و زمین دمای سطح استخراج	سایت سازمان زمین‌شناسی
لندست	ETM ⁺	۲۰۱۱/۰۷/۰۲	پوشش گیاهی شاخص	ایالات متحده
	OLI/TIRS	۲۰۲۲/۰۷/۰۴		(Geological Organization website United States)
تصاویر	ETM ⁺	۲۰۰۰/۰۶/۲۸	Land cover	(earthexplorer.usgs.gov)
لندست	OLI/TIRS	۲۰۲۲/۰۷/۰۴		

وضعیت اقلیمی این شهرستان تحت تأثیر آب‌وهوای خزری بوده و اغلب اوقات کوهستان‌های مرتفع را مه غلیظ می‌پوشاند و رود ارس از شمال آن می‌گذرد. از نظر آب‌وهوا چهار فصل، دارای تابستان‌های معتدل، کوه‌های جنگلی پوشیده از درخت و زمستان‌های پر برف است. از لحاظ اقلیمی به دو منطقه تقسیم می‌شود: الف: منطقه مرتفع جنوب سمت کلیبر که بلندی‌های قره‌داغ را تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا شامل می‌شود و اکثر مناطق جنگلی و مرتفع در این قسمت قرار گرفته است. ب: منطقه شمالی سمت خداآفرین؛ کناره‌های رود ارس با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا بوده و اکثر اراضی مستعد کشاورزی در این منطقه قرار گرفته است.

روش تحقیق: مطالعه حاضر از لحاظ هدف گذاری، کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. گردآوری اطلاعات در بخش توصیفی از طریق مطالعه اسناد کتابخانه‌ای گرفته است. در بخش تحلیلی پژوهش از طریق استخراج تصاویر ماهواره‌ای سری لندست در ماه‌های گرم سال به دلیل به حداقل رساندن پوشش ابر و حداکثر پوشش سبزیگی گیاه انتخاب شد. با توجه به وضوح و کیفیت تصویر، پوشش ابری زیر پنج درصد در نظر گرفته شد و تصویر مورد نظر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا یا USGS درافت شد (جدول ۱). با توجه به تغییرات شدید کاربری زمین در سال‌های اخیر (۲۲ سال اخیر)، سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ محدوده شهرستان‌های خداآفرین و کلیبر جهت روند تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با تغییرات دمای سطح زمین و کاربری اراضی انجام گرفته است. علت استفاده از داده‌های ماهواره لندست، بایگانی طولانی، در دسترس بوده و پیکسل اندازه نسبتاً خوب بود. هر چند که ماهواره سنتینل ۲ دارای پیکسل اندازه بهتری نسبت به لندست می‌باشد اما با توجه به اینکه تنها از سال ۲۰۱۶ به بعد این تصاویر در دسترس هستند، بنابراین از تصاویر لندست در این پژوهش استفاده گردید.

به منظور دستیابی به هدف پژوهش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نرم‌افزارهای ENVI 5.6 و ARC GIS 10.8 مورد استفاده قرار گرفتند. در این راستا پس از انجام پیش‌پردازش، تصحیح اتمسفری و انتخاب مناسب‌ترین باندها برای طبقه‌بندی کلاس‌ها انجام شد.

پیش‌پردازش تصاویر: پیش‌پردازش تصاویر شامل آن دسته از عملیاتی است که متخصصان داده‌ها را برای تحلیل‌های بعدی آماده کرده و سعی در تصحیح یا حذف خطاهای سیستماتیک دارند. اگرچه انجام همه تصحیح‌ها در تمامی موارد الزامی نیست؛ اما در این مرحله، بر روی تصاویر رقومی انواع تصحیح‌ها، از جمله تصحیح‌های هندسی، رادیومتریک و اتمسفری انجام گردید، همچنین در مورد اینکه چه نوع تصحیح‌هایی باید بر روی تصاویر انجام گیرد، با توجه به نوع داده‌ها و اطلاعات موجود و اهداف تحقیق باید تصمیم‌گیری شود (Rasooli, 2008). در این مطالعه تصحیح‌های رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر لندست در محیط نرم‌افزار ENVI 5.6 استفاده شد. با استفاده از ابزار ترکیب باندها، باندهای حرارتی و طیفی (مرئی و نامرئی) از دو تصویر، به یک لایه تبدیل شدند. سپس با استفاده از ابزار برش، منطقه مورد نظر از کل تصویر دریافتی جدا گردید. لازم به ذکر است که در این مطالعه، تصحیح اتمسفری با استفاده از الگوریتم (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube) FLAASH انجام گرفت.

دمای سطح زمین (LST): جهت استخراج دمای سطح زمین (Land surface temperature) و دمای روشنایی (Brightness temperature) در ابتدا اعداد رقومی با استفاده از رابطه ۱ به رادیانس تبدیل شدند و سپس دمای روشنایی براساس رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$L\lambda = \frac{LMAX_LMIN}{QCALMAX_QCALMIN} * (DN - QCALMIN) + (LMIN)$$

در این رابطه، به ترتیب مقادیر LMAN و LMIX حداکثر و حداقل رادیانس باندهای حرارتی تصاویر است، QCALMAN و QCALMIN به ترتیب مقادیر بزرگ و کوچک اعداد رقومی باندهای حرارتی و DN: عدد رقومی باند حرارتی است. این مقادیر از هدر فایل تصاویر استخراج گردید.

$$TB = \frac{K}{\ln\left(\frac{K}{L\lambda} + 1\right)}$$

در این رابطه؛ TB: دمای مؤثر در ماهواره برحسب درجه کلوین (K) برای باندهای حرارتی (باندهای ۶ و ۱۰) در تصاویر سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI/TIRS، K1: ثابت کالیبراسیون اول، K2: ثابت کالیبراسیون دوم و Lλ: رادیانس طیفی پیکسل موردنظر (W m⁻² ster⁻¹ μm⁻¹) است. مقادیر K1 و K2، برای سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI/TIRS در جدول ۲ نشان داده شده است. این مقادیر از هدر فایل تصاویر استخراج شده است.

تبدیل درجه کلوین (K) به درجه سانتی‌گراد (C): در رابطه ۲ دمای به دست آمده برحسب درجه کلوین است که بر اساس رابطه ۳ به درجه سلسیوس تبدیل شد.

$$TC = TB - 273.15$$

رابطه ۳

جدول ۲- مقادیر ثابت کالیبراسیون						
QCALMAX	QCALMIN	LMAX	LMIN	K2	K1	سنجنده
۲۵۵	۱	۱۵/۳۰۳	۱/۲۳۸	۱۲۶۰/۵۶	۶۰۷/۷۶	TM
۶۵۵۳۵		۱۷/۰۴۰	۰/۰۰۰	۱۲۸۲/۷۱	۶۶۶/۰۶	ETM ⁺
	۱	۲۲/۰۰۱۸۰	۰/۱۰۰۳۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹	۷۷۴/۸۸۵۳	OLI/TIRS

شاخص NDVI: شاخص NDVI برای اولین بار توسط Tucker (۱۹۷۹) به عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح شد.

رابطه ۴

Alen et al., (2002). شاخص NDVI پتانسیل گیاهی، درصد پوشش سبز گیاهی، شاخص درصد نواحی برگ‌دار و انبوه‌های گیاهی را نشان

می‌دهد (Thenkabail *et al.*, 2002). در این شاخص مقدار عددی هر پیکسل بین +۱ تا -۱ بوده که به صورت ۰/۱ برای پوشش گیاهی تنک و ۰/۸ برای پوشش گیاهی متراکم متغیر است (Rasooli, 2008).

برای محاسبه و تفکیک مکانی شاخص NDVI دوره میانگین ۲۲ ساله، از ماهواره Landsat 8 سنجنده OLI/TIRS از باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵) و از باند قرمز (باند ۴) مورد استفاده قرار گرفت و برای ماهواره Landsat 4-5 سنجنده TM از باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) و از باند قرمز (باند ۳) محاسبه گردید.

$$NDVI = \frac{(PNTR - PRED)}{(PNTR + PRED)} \quad \text{رابطه ۴}$$

تغییرات پوشش گیاهی طی دوره مورد مطالعه در محیط ARC GIS 10.8 به دست آمد. طبقه‌بندی کاربری اراضی (Land use): برای به دست آوردن کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ از باندهای ۲، ۳ و ۴ برای کاربری اراضی سال ۲۰۲۲ از باندهای ۳، ۴ و ۵ در محیط نرم‌افزار ENVI 5.6 به صورت طبقه‌بندی نظارت‌شده، الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفت.

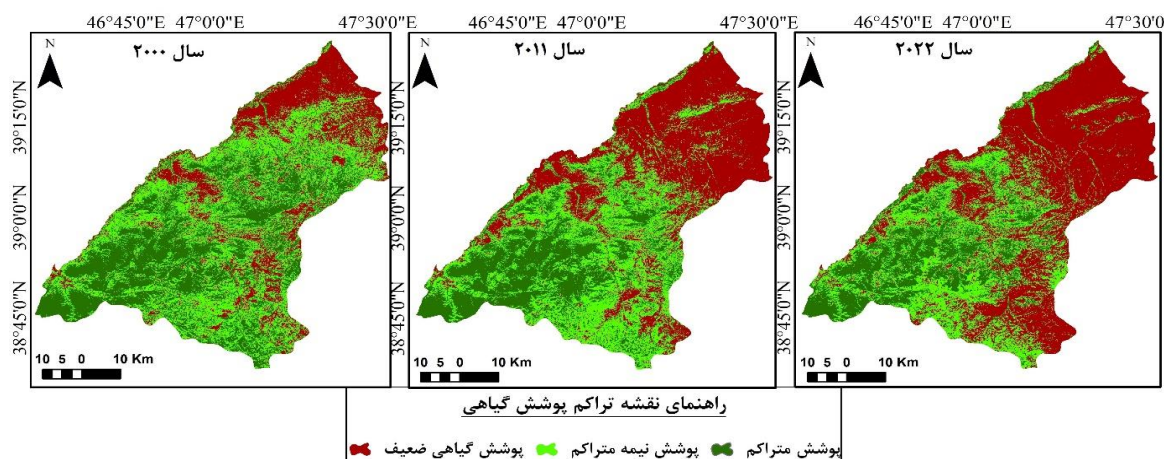
جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای، پس از تعیین کلاس‌های کاربری اراضی ابتدا باید برداشت نمونه‌های تعلیمی یا آموزشی برای هر کدام از کلاس‌ها با دقت انجام شود. انتخاب این نمونه‌ها باید به صورتی انجام شود تا این نمونه‌ها سطح منطقه تحقیق با کاربری‌های مختلف را پوشش داده و دارای پراکنش مناسبی در سطح تصویر باشند و از تصاویر ماهواره‌ای نرم‌افزار Earth Google با بزرگ‌نمایی بالا و بازدهی‌های میدانی جهت تأیید صحت نمونه‌های برداشت‌شده از طریق Earth Google که روش توصیه‌شده توسط محققین مختلف است، تهیه شده است.

پس از جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی و پیاده‌سازی بر روی تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.6 از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (Supervisor Classification) و نوع الگوریتم ژنتیک برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در نهایت نقشه کاربری اراضی اولیه برای هر تصویر براساس نمونه‌های آموزشی برداشت‌شده و الگوریتم بیشترین تشابه تهیه گردید. در این رابطه، تصاویر به هفت طبقه شامل جنگل‌های با تاج پوشش انبوه، جنگل‌های با تاج پوشش متوسط تا کم، مراتع متراکم، مراتع فقیر، اراضی زراعی و باغی، منابع آب و زمین‌های بایر تقسیم شدند. با توجه به مشاهدات میدانی نگارندگان و اینکه در ۲۰ سال اخیر تغییرات پوشش سطح زمین در منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات زیادی شده بنابراین دوره مورد بررسی از سال ۲۰۰۰ میلادی تا سال ۲۰۲۲ انتخاب گردید، تصاویر ماهواره‌ای برای شروع دوره، میانه دوره (۲۰۱۱) و پایان دوره (۲۰۲۲) از ماهواره لندست در فصل تابستان (میزان پوشش ابر به حداقل ممکن می‌رسد) اخذ و پردازش شدند.

یافته‌های پژوهش و بحث

تغییرات پوشش گیاهی: برای بررسی تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در طی ۲۲ سال نقشه‌های خروجی به سه دسته (پوشش گیاهی متراکم، پوشش گیاهی نیمه‌متراکم و پوشش گیاهی ضعیف) طبقه‌بندی شدند. شکل ۲، نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده پوشش گیاهی را نشان می‌دهند. با بررسی میزان عددی شاخص NDVI در نرم‌افزارهای ARC MAP 10.8 و ENVI 5.6 با توجه به شکل ۲، قسمت‌های با رنگ سبز تیره دارای مقادیر مثبت بزرگ‌تری نسبت به سایر قسمت‌ها هستند که نشان‌دهنده پوشش گیاهی انبوه‌تری است. همچنین قسمت‌های سبز کم‌رنگ دارای مقادیر مثبت کمتری هستند که در طبقه پوشش گیاهی نیمه‌متراکم قرار گرفته‌اند و قسمت‌های با رنگ قرمز تیره دارای مقادیر منفی نشان‌دهنده پوشش گیاهی ضعیف یا فاقد پوشش گیاهی می‌باشند. سپس مساحت تغییرات پوشش گیاهی به (هکتار) و (درصد) اختصاص یافته به هر طبقه برای هر سال محاسبه و اعداد حاصل باهم مقایسه شد (جدول ۳ و شکل ۳).

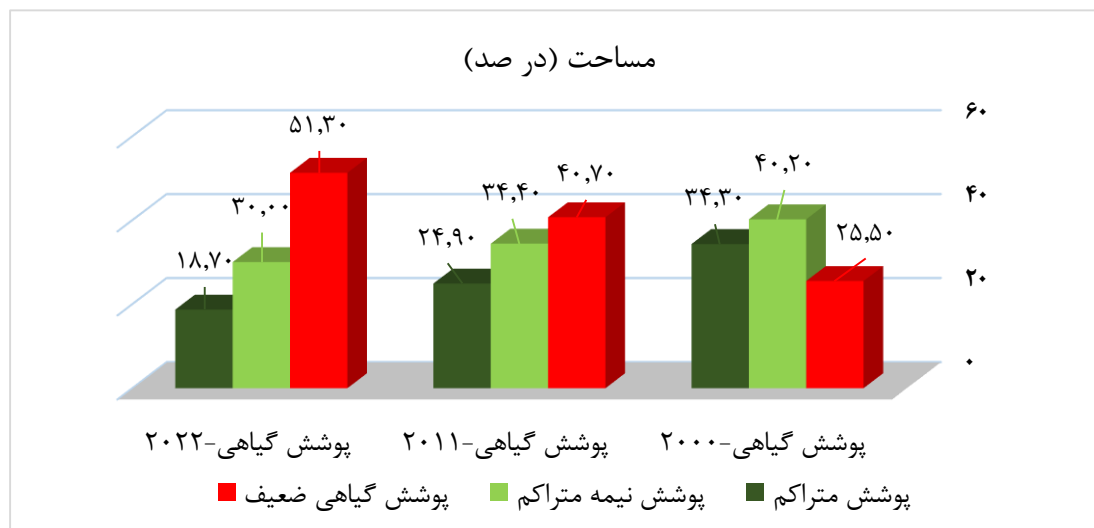
نتایج مقایسه‌ها نشان داد که پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۲ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۰ کاهش داشته و مساحت مناطق پوشش گیاهی ضعیف (شاخص پوشش گیاهی کمتر از ۰/۳) یا فاقد پوشش گیاهی (شاخص پوشش گیاهی کمتر از ۰/۱)، افزایش داشته است. بیشترین کاهش مساحت در اراضی با پوشش گیاهی نیمه‌متراکم (شاخص پوشش گیاهی بین ۰/۳ تا ۰/۶) صورت گرفته، به‌صورتی که از ۱۴۹۸۳۶ هکتار در سال ۲۰۰۰، به ۱۱۱۴۲۱ سال ۲۰۲۲ رسیده است. شایان ذکر است با توجه به نتایج شکل ۳،



شکل ۲- نقشه پوشش گیاهی شهرستان خداآفرین و کلیبر (سال‌های: ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۲)

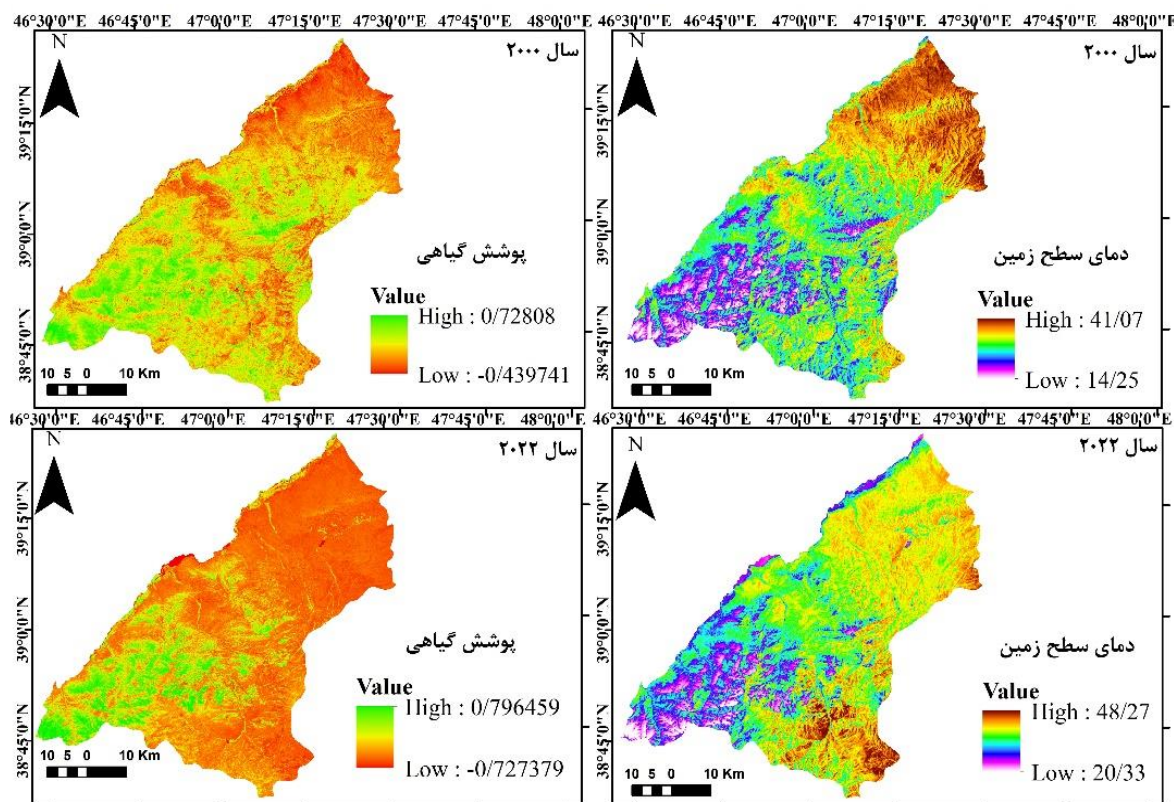
جدول ۳- مساحت و درصد طبقات پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱، ۲۰۲۲

پوشش گیاهی سال ۲۰۰۰	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
پوشش گیاهی ضعیف	۹۴۸۱۷	۲۵/۵
پوشش نیمه متراکم	۱۴۹۸۳۶	۴۰/۲
پوشش گیاهی متراکم	۱۲۷۷۳۴	۳۴/۳
پوشش گیاهی سال ۲۰۱۱	۱۵۱۸۰۵	۴۰/۷
پوشش نیمه متراکم	۱۲۸۱۷۴	۳۴/۴
پوشش گیاهی متراکم	۹۲۴۸۸	۲۴/۹
پوشش گیاهی سال ۲۰۲۲	۱۹۱۵۰۶	۵۱/۳
پوشش نیمه متراکم	۱۱۱۴۲۶	۳۰
پوشش گیاهی متراکم	۶۹۵۳۸	۱۸/۷



شکل ۳- نمودار تغییرات سطح درصد پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی مختلف

نمودار درصد تغییرات پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ تقریباً ۳۴/۳ درصد از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود که تغییرات پوشش گیاهی متراکم در این سال بیش از ۰/۶ است در حالی که سال ۲۰۲۲ تقریباً ۱۶ درصد از این پوشش گیاهی متراکم از بین رفته و مقدار پوشش گیاهی متراکم از ۳۴/۳ درصد به ۱۸/۷ درصد تغییرات پوشش در سال ۲۰۲۲ بوده است. همچنین عمده تغییرات کاربری اراضی مربوط به تبدیل جنگل‌ها به اراضی کشاورزی بوده است.



شکل ۴- نقشه دمای سطح زمین در ارتباط با تراکم پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر Landsat سال ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰

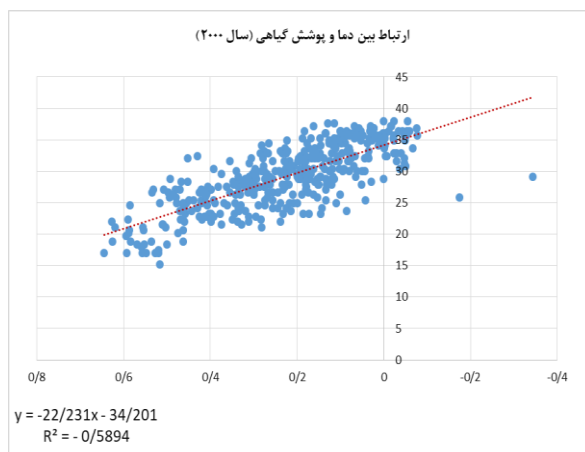
دمای سطح زمین (LST): میزان دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر Landsat برای منطقه مورد مطالعه محاسبه و نقشه‌های مربوط در محیط نرم‌افزار GIS استخراج شدند. سال پایه، ۲۰۰۰ در نظر گرفته شد. نقشه دمای سطح زمین در این بازه زمانی (شکل ۴) مقدار دقیق دمای سطحی زمین را بین ۱۴/۲۵ و ۴۱/۰۷ درجه سانتی‌گراد و ۲۰/۳۳ و ۴۸/۲۷ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ برآورد نمود.

روند افزایش دمای جهانی ناشی از تغییرات اقلیمی ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در طول ۱۰۰ سال برآورد شده است. با توجه به اینکه با افزایش دما، پوشش گیاهی کاهش می‌یابد و همچنین، افزایش پوشش گیاهی باعث کاهش دمای سطح زمین می‌شود، در اینجا براساس شکل ۴، در سال ۲۰۰۰ مقدار کمیته و پیشینه تراکم پوشش گیاهی به ترتیب ۰/۴۳۹- و ۰/۷۲۸ و مقدار دمای سطح زمین به ترتیب ۴۱/۰۷ و ۱۴/۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و عامل تراکم پوشش گیاهی در این سال باعث کاهش دمای سطح زمین شده است. همچنین مقدار پیشینه تراکم پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۲، مقدار ۰/۷۹۶ و دمای سطح زمین ۲۰/۳۳ درجه سانتی‌گراد در این محدوده می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در اکثر مناطقی که پوشش گیاهی انبوه‌تری دارند دمای سطح زمین کمتری را نشان می‌دهند. همچنین، مناطقی که پوشش گیاهی کمتری دارند، به نسبت دمای بیشتری دارند (البته در علوم محیطی عوامل متعددی سبب تغییر در پارامترهای محیطی مثل دمای سطح زمین می‌شوند).

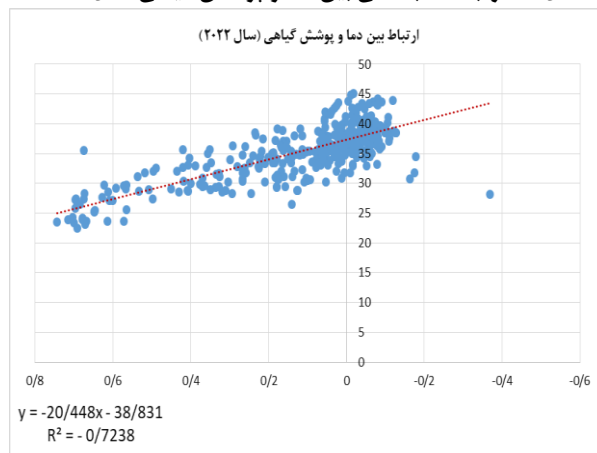
مدل رگرسیون فضایی استخراج شده: برای محاسبه رگرسیون خطی فضایی، لایه‌های پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین مورد استفاده قرار گرفت سپس لایه پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته و لایه‌های دمای سطح زمین به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. در شکل ۵، برای سال ۲۰۰۰ ضریب تعیین رگرسیون فضایی خطی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین معادل $R^2 = -0/5894$ و همچنین در شکل ۶ برای سال ۲۰۲۲ ضریب تعیین، معادل $R^2 = -0/7238$ به دست آمد که نشان‌دهنده اهمیت متغیر دمای سطح زمین در پیش‌بینی پوشش گیاهی می‌باشد. در رابطه‌های ۵ و ۶، رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است:

$$y = -22/231x + 34/201$$

رابطه ۵



شکل ۵- ارتباط همبستگی بین دما و پوشش گیاهی سال ۲۰۰۰



شکل ۶- ارتباط همبستگی بین دما و پوشش گیاهی سال ۲۰۲۲

$$y = -20/448x + 38/831$$

رابطه ۶

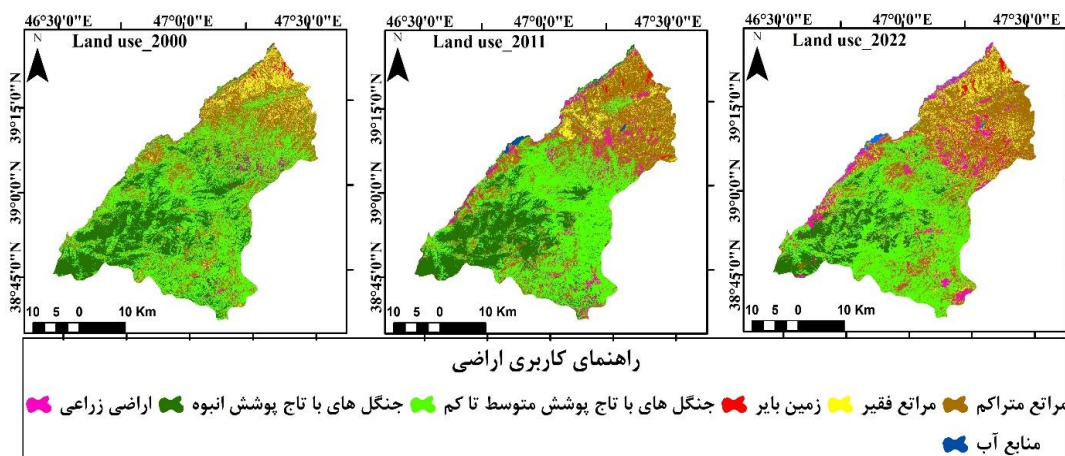
مطابق نتایج شکل‌های ۵ و ۶ ضریب همبستگی برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ به ترتیب $-0/59$ و $-0/72$ - به دست آمد که بیانگر همبستگی بسیار شدید و از نوع معکوس است. بنابراین، با افزایش تراکم پوشش گیاهی، کاهش دمای سطح زمین منطقه مشاهده می‌شود.

کاربری اراضی: برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، پس از اعمال روش طبقه‌بندی نظارت‌شده از نوع الگوریتم حداکثر تشابه در محیط نرم‌افزار ENVI5.6 استفاده شد. بدین ترتیب نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۲ در هفت طبقه شامل جنگل‌های با تاج پوشش انبوه، جنگل‌های با تاج پوشش متوسط تا کم، مراتع متراکم، مراتع فقیر، اراضی زراعی و باغی، منابع آب و زمین‌های بایر مطابق شکل ۷ استخراج شد. سپس به منظور گرفتن خروجی و ساخت نقشه، از نرم‌افزار Arc Map10.8 استفاده شد. پس از به دست آوردن خروجی مورد نظر، براساس نقشه‌های تولیدی، مساحت هر طبقه و شناسایی تغییرات طبقه‌های مختلف در طول دوره‌های زمانی مورد مطالعه محاسبه گردید (جدول ۴).

به‌وضوح در شکل ۸ قابل مشاهده است که طبقه‌های زمین‌های زراعی و باغی، مراتع متراکم، زمین‌های بایر، مراتع فقیر و منابع آب و در مدت‌زمان ۲۲ سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ افزایش داشته‌اند و جنگل‌های انبوه و جنگل‌های با تاج‌پوشش نیمه‌متراکم تا کم، روند کاهشی داشته است. در این مدت بیشترین افزایش مربوط اراضی زراعی و باغی و بیشترین تخریب مربوط به جنگل‌های با تاج‌پوشش انبوه می‌باشد.

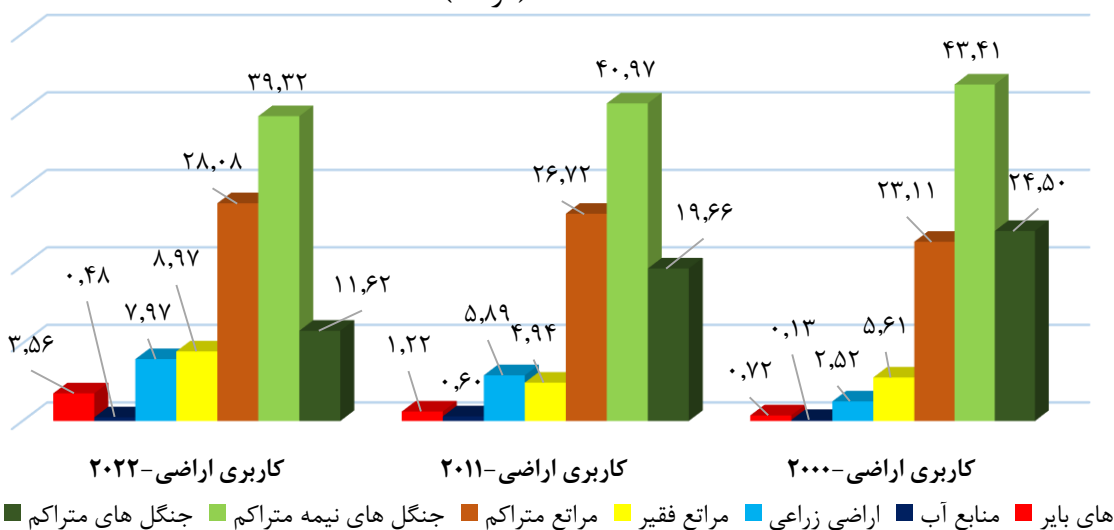
جدول ۴- مساحت و درصد اختصاص یافته به هر طبقه کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۲

سال	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
کاربری اراضی سال ۲۰۰۰	جنگل‌های با تاج پوشش انبوه	۹۱۲۳۴	۲۴/۵
	جنگل‌های با تاج پوشش متوسط تا کم	۱۶۱۳۲۴	۴۳/۴۱
	مراتع متراکم	۸۶۰۶۱	۲۳/۱۱
	مراتع فقیر	۲۰۹۴۵	۵/۶۱
	اراضی زراعی	۹۴۰۴	۲/۵۲
	منابع آب	۴۷۴	۰/۱۳
	زمین‌های بایر	۳۰۰۴	۰/۷۲
کاربری اراضی سال ۲۰۱۱	جنگل‌های با تاج پوشش انبوه	۷۷۲۴۷	۱۹/۶۶
	جنگل‌های با تاج پوشش متوسط تا کم	۱۵۲۶۲۱	۴۰/۹۷
	مراتع متراکم	۹۹۶۳۳	۲۶/۷۲
	مراتع فقیر	۱۴۶۹۶	۴/۹۴
	اراضی زراعی	۲۳۱۹۲	۵/۸۹
	منابع آب	۲۲۵۰	۰/۶۰
	زمین‌های بایر	۳۲۰۲	۱/۲۲
کاربری اراضی سال ۲۰۲۲	جنگل‌های با تاج پوشش انبوه	۴۳۲۸۶	۱۱/۶۲
	جنگل‌های با تاج پوشش متوسط تا کم	۱۴۶۴۷۰	۳۹/۳۲
	مراتع متراکم	۱۰۷۹۸۹	۲۸/۰۸
	مراتع فقیر	۳۳۴۳۱	۸/۹۷
	اراضی زراعی	۲۷۶۰۴	۷/۹۷
	منابع آب	۱۸۰۶	۰/۴۸
	زمین‌های بایر	۱۱۸۶۵	۳/۵۶



شکل ۷- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۲

مساحت (درصد)



شکل ۸- نمودار کاربری اراضی منطقه بین سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۲

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تغییرات پوشش گیاهی نشان داد که حدوداً ۲۵ درصد از تراکم پوشش گیاهی متراکم و نیمه متراکم طی ۲۲ سال از بین رفته و تبدیل به دیگر کاربری‌ها شده است. همچنین بررسی دمای سطح زمین طی دوره ۲۲ ساله، برای سال ۲۰۰۰ مقدار ۱۴/۲۵ و ۴۱/۰۷ درجه سانتی‌گراد و برای سال ۲۰۲۲ مقدار دمای سطحی زمین را بین ۲۰/۳۳ و ۴۸/۲۷ درجه سانتی‌گراد برآورد نمود. به گونه‌ای که متوسط دمای کل منطقه مورد مطالعه در ۲۲ سال حدود ۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. این امر نشان از تخریب تراکم پوشش گیاهی و تبدیل به اراضی کشاورزی، مراتع و زمین‌های بایر در منطقه مورد مطالعه است. نتایج میزان همبستگی دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ به ترتیب $-۰/۵۹$ و $-۰/۷۲$ به دست آمد که بیانگر این است شاخص پوشش گیاهی (NDVI) همبستگی منفی با دمای سطح زمین دارد به عبارتی با افزایش پوشش گیاهی دمای سطح زمین کاهش داشته است و این موضوع به این دلیل است که پوشش گیاهی بیشتر منجر به تبخیر و تعرق بیشتر و انتقال بخشی از دما و سرد شدن سطح زمین می‌شود.

به‌طور کل نتایج تحقیق حاضر گویای این مطلب است که مهم‌ترین عامل تغییرات تراکم پوشش گیاهی در منطقه، فعالیت‌های انسانی است که موجب تغییرات بسیاری در کاربری اراضی شده است. تجزیه و تحلیل مساحت این کاربری‌ها نشان داد که سطح اراضی کشاورزی افزایش چشمگیری پیدا کرده که عمدتاً این افزایش نتیجه تبدیل تراکم پوشش گیاهی به کشاورزی و باغات می‌باشد. افزایش جمعیت و گسترش فیزیکی روستاها و شهرهای این منطقه و نیاز به منابع غذایی بیشتر باعث تبدیل این منطقه به عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی شهرستان خداآفرین و کلیبر شده است. همچنین نتایج نشان داد دمای سطح زمین تحت تأثیر پوشش گیاهی سطح زمین است. با توجه به اینکه پوشش گیاهی یک منطقه نشان‌دهنده وضعیت آب‌وهوایی، نوع خاک، وضعیت اقتصادی و اجتماعی، اثر عوامل مدیریتی و به‌طور کلی نشان‌دهنده رابطه انسان، محیط و گیاهان است پیشنهاد می‌شود تا مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد و مسئولان ذی‌ربط با تدابیر مدیریتی از تخریب اراضی مرتعی، پوشش گیاهی و جنگل‌ها جلوگیری نمایند.

مقایسه تطبیقی بین نتایج به دست آمده با تحقیقات ذکر شده در پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که، این نتایج با پژوهش‌های Zandi و همکاران (۲۰۲۳)، Ruki و همکاران (۲۰۲۳) و Ahmadi و همکاران (۲۰۲۲) از منظر تغییرات کاهشی در طبقه جنگلی و افزایش سطح زیر کشت هم‌خوانی دارد. نتایج مطالعات فوق به این نتیجه رسیدند که افزایش سطح زیر کشت و افزایش مناطق ساخته شده سبب کاهش مساحت جنگل شده است. Ahmadi و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی تأثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی به این نتیجه رسیدند که مساحت کاربری‌ها در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ تغییراتی داشته که، کشاورزی و باغات افزایش و مساحت اراضی بایر و مراتع کاهش پیدا کرده است. با توجه به پوشش گیاهی و نقش آن در تعدیل دمای سطح زمین، در مناطق با پوشش گیاهی فشرده و غنی دما روند کاهشی داشته است. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با تحقیق احمدی از منظر روند کاهشی دما هم‌خوانی ندارد، چرا که نتایج پژوهش حاضر نشان داد که، افزایش سطح زیر کشت و مناطق ساخته شده سبب افزایش دما و افزایش جزایر حرارتی شده است.

References

- Abdollahi, J., Cheraqi, M.A., Rahimian, M. H., 2009. Comparison of Environmental Impacts of Land Use Change on Vegetation Change and Surface Temperature in Urban and Non-Urban Areas by Using Outcome Measurement. *Journal of Environmental Studies* 34(45), 85-96. (In Persian)
- Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., Bastiaanssen, W., 2002. *Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL)–Advanced training and Users Manual*. Kimberly. Idaho Implementation, pp. 1- 98.
- Amirin, M. K., Hasmadi, I. M., 2010. Land use changes in Perak catchment zone using remote sensing and GIS technique. pp. 15-19. (In Persian)
- Ahmadi, A., akbari, E., jamalabadi, J., alemohammad, M., 2022. Impact of land use and vegetation on the formation of thermal islands Case Study. *Qainat City jgs* 22 (64), 79 - 93. (In Persian)
- Brink, A., Eva, H., 2009. Monitoring 25 Years of Land Cover Changes Dynamics in Africa. A Sample

- Based Remote Sensing Approach. *Applied Geography* 29(4), 501-512.
- Bandari, A.K, Kummur, A., Singh, G.K., 2012. Feature extraction using normalized difference vegetation index (NDVI), a case study of Jabalpur city. *Procedia Technogy* 6, 612 - 621.
- Bertin, R.I., 2008. Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 135(1), 126-146.
- Chen, A., He, B., Wang, H., Huang, L., Zhu, Y., Lv, A. 2015. Notable shifting in the responses of vegetation activity to climate change in China. *Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C*, 87, 60-66.
- Darwish, T., Faour, G., 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebanon. *Lebanese Science Journal* 9(1), 71-80. (In Persian)
- Depew, J.J., 2005. Habitat selection and movement patterns of cattle and white-tailed deer in a temperate Savanna. MSc Thesis, A and M University, Texas 71 p.
- Ghorbannia, V., Mirsanjari, M., Liaghati, H., Armin, M., 2017. Estimating land surface temperature of land use and land cover in Dena County using single window algorithm and landsat 8 satellite data. *Environmental Sciences* 15(2), 55-74. (In Persian)
- Herb, W. R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H. G., 2008. Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology* 356(3-4), 327-343.
- Jensen, J.R., 2007. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, 2nd Edition. Prentice Hall, Saddle River.
- Inteziri, A., Zandi, R., Khosrovian, M., 2019. Evaluation of spatial changes of vegetation and surface temperature using Landsat and MADIS images, case study: Fars province 1986-2017, *Journal of Watershed Engineering and Management* 11(4), 929-940. (In Persian)
- Jiang, J., Tian, G., 2010. Analysis of the impact of land use or land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia environmental sciences* 2, 571-575.
- Khodaie, A., Pahlavani, A., Qalichipour, Z., Zandi, R., 2022. Evaluation of the ecological potential of Khodaafrin city using Dr. Makhdoom's ecological model and geographic information system. *Watershed Engineering and Management* 14(1), 40-54. (In Persian)
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R.T., Anderson, M., Imhoff, M.L., Gutman, G.G., Panov, N., Goldberg, A., 2010. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment merits and limitations. *Journal of Climate* 23(3), 618-633.
- Kerr, J.T., Ostrovsky, M., 2003. From space to Species: ecological application for remote sensing. *Trend in Ecology and Evolution* 18(6), 299-305.
- Liu, Y., Li, Y., Li, S., Motesharrei, S., 2015. Spatial and temporal patterns of global NDVI trends: Correlations with climate and human factors. *Remote Sensing* 7(10), 13233-13250.
- Magee, T.K., Ringold, P. L., Bollman, M.A., 2008. Alien species importance in native vegetation along wadeable streams, John Day River Basin, Oregon. USA. *Plant Ecology* 195(2), 287-307.
- Mahdavian, S., Zeinali, B., Salahi, B., 2022. Monitoring land use changes and its relationship with land surface temperature and vegetation index in the southern areas of Ardabil province (Case study: Kiwi Chay catchment). *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 13(4), 21-48.
- Mazyidi, A., Elsadat Hosseini, F., 2014. The effect of land use and land cover change on the heat island in the urban area of Yazd using remote sensing data. *Journal of Geography and Development*. 13(38), 1-12. (In Persian)
- Mohammadyari, F., Pourkhabaz, H.R., Tavakoli, M., Aqdar, H., 2015. Preparation of vegetation map and monitoring its changes using remote sensing techniques and geographic information system (case study: Behbahan city). *Geographical Information Scientific-Research Quarterly (Sephehr)* 23(92), 23-34. (In Persian)
- Molnar, G., 2016. Analysis of land surface temperature and NDVI distribution for Budapest using Landsat 7 ETM+ data. *Acta Climatologica ET Chorologica* 49, 49-61.
- Mokaram, M., Mozain, M., Faraji, M. and Mousavi, K., 2017. Investigating vegetation changes in different growing seasons using satellite images and its relationship with temperature changes (study area: north of Darab city). *Natural Ecosystems of Iran* 8(3), 1-20. (In Persian)
- Neteler, M., 2010. Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST data. *Remote Sensing* 2(1), 333-351.

- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C. J., Stenseth, N. C., 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution* 20(9), 503-510.
- Ramankutty, N., Foley, J.A., Olejniczak, N.J., 2002. People on the land: Changes in Global Population and Croplands During the 20th century. *Ambio* 31(3), 251-257.
- Rawat, J.S., Biswas, V., Kumar, M., 2013. Changes in Land Use/ Cover Using Geospatial Techniques: A Case Study of Ramnagar Town Area, District Nainital, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 16(1), 111-117.
- Ruki, Z., Mohammadi, H., Zandi, R., 2023. The role of land use changes on the formation of ground surface temperature in cities (case study: Isfahan city). *Natural geography researches* 55(3), 1-17. (In Persian)
- Rasooli, A., 2008. *Fundamentals of Applied Remote Sensing with Emphasis on Satellite Image Processing*, Tabriz University Press. First Edition, 806 p. (In Persian)
- Saugier, B., 1996. *Végétation et atmosphère France Dominos Flammarion*. 107 p.
- Sharifi, L., Rasouli A. A., Hijazi, M.A., Rostamzadeh, H., 2012. Detecting changes in land use and land cover with object-oriented processing of satellite images (case study: Tabriz city), *Journal of Geography and City Planning* 17(44), 203-214. (In Persian)
- Szuster, B. W., Chen, Q., Borger, M., 2011. A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography* 31(2), 525-532.
- Thenkabail, P.S., Smith, R.B., De Pauw, E., 2002. Evaluation of narrowband and broadband vegetation indices for determining optimal hyperspectral wavebands for agricultural crop characterization. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 68(6), 607-622.
- Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8, 127-150.
- Taschner, S., Ranzi, R., 2002. Comparing the opportunities of Landsat-TM and ASTER data for monitoring a debris covered glacier in the Italian Alps within GLIMS project. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* 2, 1044-1046.
- Zandi, R., Salmani Mohammad, M., Roki, Z., 2023. Measuring the degree of spatial autocorrelation of land surface temperature with land use, study sample: Isfahan city. *Geography and Environmental Planning* 34(1), 61-76. (In Persian)
- Zhou, J., Zhan, W., Hu, D., Zhao, X., 2010. Improvement of mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from HJ-1B satellite data. *Chinese Geographical Science* 20, 123-131.