



<https://gep.ui.ac.ir/?lang=fa>

Geography and Environmental Planning

E-ISSN: 2252- 0910

Document Type: Research Paper

Vol. 36, Issue 4, No.100, 2025, pp. 125- 150

Received: 30/09/2025 Accepted: 06/05/2026

Detecting the Environmental Impacts of Jiroft Dam Using Satellite Imagery

Fatemeh Askari Malekabad

Master student of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, P.O.Box184,Ardakan, Iran
askari.f.1996@gmail.com

Maryam Morovati  *

Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, P.O.Box184,Ardakan, Iran
Mymorovati@ardakan.ac.ir

Somayeh Soltani-Gerdefaramarzi

Associate Professor, Department of Water Sciences and Engendering, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
ssoltani@ardakan.ac.ir

Peyman Karami

PhD, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment Sciences, Malayer University, Malayer, Iran
PeymanKarami1988@gmail.com

Zahra Parvar

PhD, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran
Zahra.parvar@yahoo.com

Abstract

This study examined the environmental impacts of Jiroft Dam in Kerman Province on its surrounding areas and downstream lands over the period of 2000–2020. The study area was divided into two zones: the first comprised the dam margins and adjacent areas, where environmental effects were assessed using Landsat imagery and geomorphological analysis; the second focused on downstream lands to evaluate the dam influence on land use during crop seasons up to 2020. Vegetation and water indices (NDVI and NDWI), along with Land Surface Temperature (LST), were employed to detect environmental changes. The dam effects on downstream areas were analyzed using MODIS NDVI data and spatial autocorrelation with Moran's I to identify spatial patterns and the density of significantly positive trends. All analyses were conducted using the non-parametric Mann–Kendall test with Z-statistics at a 95% confidence level. The results revealed that significant temperature changes

*Corresponding Author

Askari Malekabad, F. , Morovati, M. , Soltani-Gerdefaramarz, S. I. , Karami, P. and Parvar, Z. (2026). Detecting the Environmental Impacts of Jiroft Dam Using Satellite Imagery. *Geography and Environmental Planning*, 36 (4), 125 - 150.



2252-0910 © University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



10.22108/gep.2026.146738.1747

occurred only in summer and autumn. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) trend analysis indicated a significant positive effect of the dam on vegetation around the reservoir during spring, summer, and autumn, while Normalized Difference Water Index (NDWI) showed the most pronounced changes across the study area. In the vicinity of the dam, rangelands experienced the greatest improvement and approximately 9,930.98 hectares of agricultural land exhibited a positive vegetation trend. The influence of the reservoir area on temperature fluctuation was seasonal effect rather than being dependent on reservoir size. Downstream analysis detected no significant positive changes in agricultural vegetation, suggesting that the dam effects in these regions were limited.

Keywords: Remote Sensing, Land Use Change, Land Surface Temperature (LST), Spatial Autocorrelation, Jiroft Dam.

Introduction

Over the past century, the increasing exploitation of natural resources and expansion of dam construction have placed significant pressure on riverine ecosystems, often pushing them beyond critical environmental thresholds. While the primary objectives of dam construction include water supply, electricity generation, flood control, and agricultural development, the environmental impacts extend far beyond short-term benefits. These impacts manifest as substantial changes in Land Use and Land Cover (LULC), surface moisture, Land Surface Temperature (LST), and vegetation stability. Such changes not only affect local climate and ecosystem services, but also influence food security, water quality, soil erosion, and even human health. In particular, dam reservoirs can alter land-use patterns, promote agricultural and urban development downstream, and affect regional atmospheric cycles through increased surface moisture. The intensity of these impacts largely depends on the type of dam operation: agricultural dams tend to modify drought patterns, whereas hydropower dams increase flow intensity. Furthermore, land-use changes reduce the natural hydrological regulation capacity of river systems, thereby intensifying flooding, drought, erosion, and sedimentation. These processes, in turn, alter the composition of primary producers in aquatic environments. Dams also trap sediments, modify hydrodynamics, impair water quality, and transform aquatic habitats, while concurrent deforestation and agricultural expansion further increase sediment loads. In recent years, remote sensing technology has emerged as an efficient tool for monitoring and analyzing land surface changes, offering a robust approach to assessing the environmental consequences of dam construction over large spatial and temporal scales. LST data play a key role in studies related to climate, agriculture, urban planning, and natural resource management. Similarly, monitoring vegetation health by using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), alongside LULC analysis, provides a clear understanding of ecosystem dynamics. The Normalized Difference Water Index (NDWI) enables effective assessment of moisture conditions and water resources. Statistical indicators, including long-term trend tests and spatial analyses, offer reliable tools for evaluating dam impacts. Numerous studies worldwide have examined the effects of dams and revealed their dual environmental impacts. Some report positive effects on local vegetation and moisture, while others highlight negative consequences, such as reduced inflows to wetlands, increased temperatures, and declining natural resource quality. In certain catchments, dams have led to elevated LST and substantial LULC changes, whereas other regions have experienced LST reductions or shifts in vegetation patterns. Given the significance of Jiroft Dam as one of the largest water infrastructure projects in southeastern Iran and its vital role in regional agriculture and ecosystems, a comprehensive assessment of its environmental impacts is essential. To date, limited research has addressed seasonal variations in NDVI, LST, and NDWI in relation to geomorphological features and distance from the dam. This study integrated remote sensing data, statistical analyses, and spatial assessments to provide a holistic picture of the environmental impacts of Jiroft Dam from 2000 to 2020, thereby establishing a foundation for sustainable management of water resources and agricultural lands in the region.

Materials & Methods

To assess the impacts of Jiroft Dam on its surrounding environment and downstream agricultural lands, a multi-source remote sensing dataset was employed. The analysis focused on two main zones: (1) vicinity of the reservoir to evaluate changes in vegetation cover, water resources, and surface temperature; and (2) downstream agricultural lands to examine the dam effects on land use and agro-ecosystem performance across different cropping seasons. In the first step, seasonal analyses were conducted by using Landsat imagery processed within the Google Earth Engine (GEE) platform. Maps of NDVI, NDWI, and LST were generated for each year from 2014 to 2020. Seasonal averages were subsequently calculated and mapped to capture both temporal trends and spatial variations across the study area. For vegetation dynamics, MODIS NDVI time-series data (MOD13Q1, 16-day intervals, 250-m resolution) were also extracted and seasonal means were calculated for trend

assessment. LULC maps were obtained from the Copernicus 3/1 dataset. Spatial analysis was performed by using Moran's I to measure spatial autocorrelation, while Focal Statistics were applied to compute the density of vegetation patches. Temporal trends for all indices were evaluated by using the non-parametric Mann–Kendall test at the 95% confidence level. The analytical workflow was structured into 6 sequential steps:

1. Preparation of LULC and spectral indices
2. Mann–Kendall trend analysis
3. Assessment of geomorphological conditions and spatial parameter distribution
4. Distance-based analysis of vegetation density patterns
5. Evaluation of reservoir impacts on LST
6. Integration of results to identify areas most influenced by the dam

Beyond contributing to a deeper understanding of the environmental impacts of Jiroft Dam, this study provided a scientific basis for sustainable water and land management, agricultural planning, and informed decision-making regarding future water infrastructure development in the arid and semi-arid regions of Iran.

Research Findings

The results revealed that Jiroft Dam had induced significant changes in regional environmental indicators. LST exhibited a predominantly decreasing trend, particularly during summer and autumn in the northern and western parts of the reservoir, reflecting the cooling effect of stored water and increased local humidity. The NDVI showed a substantial increase in vegetation cover in areas adjacent to the reservoir, especially in valleys and deep channels during spring and autumn. In contrast, scattered declines were observed in summer and winter in areas farther from the reservoir. The NDWI displayed notable increases across most seasons, highlighting enhanced surface moisture associated with the dam presence. Topographic analysis indicated that valleys and surrounding peaks experienced the most pronounced environmental changes. Temperature reduction and vegetation growth were particularly evident in these geomorphological units. Furthermore, distance-based analysis demonstrated that the positive impacts of the dam on vegetation and moisture were stronger at shorter distances, while diminishing progressively in more remote areas. In downstream agricultural lands, the dam contributed to higher vegetation density near the outlet and around Jiroft City although these effects were less evident at a broader scale. Overall, the dam influence was highly localized and concentrated in areas immediately surrounding the reservoir.

Discussion of Results & Conclusion

The findings suggested that Jiroft Dam had contributed to improved local microclimatic conditions and supported the development of more stable microclimates. The observed decreases in LST and increases in the NDWI confirmed that the reservoir enhanced local humidity and reduced surface heating. These environmental changes, in turn, fostered vegetation growth and improved ecological conditions in the immediate vicinity of the dam. However, the results also indicated that the dam benefits were primarily confined to areas close to the reservoir. With increasing distance, positive impacts diminished and, in some cases, gave way to adverse changes in agricultural practices. This issue was particularly critical in southern Kerman, where agriculture was active year-round and highly dependent on water availability. Topography played a decisive role in shaping these spatial patterns. Valleys and deep watercourses benefited the most, exhibiting stable and favorable changes in both vegetation and moisture. This highlighted that human interventions like dam construction interacted with natural landscape features, generating heterogeneous environmental impacts across the study area. This study demonstrated that while Jiroft Dam had enhanced moisture levels, reduced surface temperatures, and improved vegetation cover near the reservoir between 2014 and 2020, its influence had weakened with distance and resulted in only scattered changes across downstream farmlands. Therefore, water management strategies must address the dual challenge of securing irrigation for agricultural lands while preserving the ecological water rights of the Hamun Jazmourian wetland. From a practical perspective, it is recommended to expand irrigation networks and align water release schedules with seasonal and climatic needs. From a research perspective, future studies should examine the linkages between thermal patterns and water bodies, quantify vegetation patch dynamics at finer scales, and assess community satisfaction with dam-related water allocation. The use of satellite time-series data and platforms like Google Earth Engine (GEE) proved to be an effective and cost-efficient approach for environmental monitoring, offering a valuable decision-support tool for sustainable water resource management, ecosystem conservation, and long-term evaluation of dam-induced impacts. The NDVI showed notable increases in valleys and along reservoir edges during spring and autumn, indicating localized ecological improvement. In contrast, LST decreased primarily in summer and autumn, which was attributed to cooling effects and enhanced surface moisture. The NDWI exhibited the most consistent and significant changes across all seasons, highlighting the dam influence on surface water availability. Topography strongly mediated

these effects with valleys and deep channels showing the greatest responses in vegetation and temperature patterns. Analysis of downstream agricultural lands revealed limited positive impacts; stronger effects were observed near the dam outlet and surrounding areas, while distant fields experienced minimal change. Spatial autocorrelation (Moran's I) confirmed that vegetation improvements were concentrated in the vicinity of the reservoir. Overall, the dam influence was localized: it enhanced ecosystem conditions close to the water body, but these benefits diminished with distance. This finding suggests that targeted water management strategies are necessary to optimize benefits for downstream agriculture and long-term ecosystem sustainability. Jiroft Dam faces two main challenges due to the region's 4-season agriculture and limited downstream irrigation network: ensuring adequate water supply for downstream farmland while maintaining the environmental flow required for the Hamoun Jazmourian wetland. Optimal water release schedules and expansion of the irrigation network are essential to support local communities and prevent damage to agricultural lands. On a practical level, downstream cropping patterns should be assessed and irrigation canals should be improved and regularly maintained. From a research perspective, future studies should investigate:

- The relationship between cold thermal islands and adjacent water bodies
- Spatial dynamics of vegetation patches
- Community satisfaction with water release practices
- Differentiation between irrigated farmland and other land cover types
- Accurate estimation of wetland water rights.

The use of time-series satellite imagery and the Google Earth Engine (GEE) platform provided a comprehensive, cost-effective approach to monitoring environmental changes induced by the dam. This approach serves as a valuable decision-support tool for sustainable water management, irrigation planning, environmental monitoring, community engagement, and wetland conservation. It also helps highlight long-term environmental impacts and terrain-related vulnerabilities in dam projects.

مقاله پژوهشی

آشکارسازی تأثیرات محیط‌زیستی سد جیرفت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

فاطمه عسکری ملک‌آباد، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

askari.f.1996@gmail.com

مریم مروتی * ، دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

Mymorovati@ardakan.ac.ir

سمیه سلطانی گردفرامریزی، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

ssoltani@ardakan.ac.ir

پیمان کرمی، دکتری گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

peymankarami1988@gmail.com

زهرا پرور، دکتری گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

zahra.parvar@yahoo.com

چکیده

هدف این مطالعه بررسی تأثیرات سد جیرفت در استان کرمان بر محیط پیرامونی و اراضی پایین‌دست طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ است. محدوده تأثیر شامل دو بخش است: بخش اول، حاشیه و اطراف سد برای ارزیابی اثرات محیطی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تحلیل اشکال مختلف زمین؛ بخش دوم، اراضی پایین‌دست سد برای بررسی اثر سد بر کاربری زمین در فصول کشت تا سال ۲۰۲۰. شاخص‌های NDVI و NDWI و دمای سطح زمین برای ارزیابی تغییرات محیطی به کار رفتند. تأثیر سد بر محیط پایین‌دست با استفاده از شاخص NDVI ماهواره مادیس و تحلیل خودهمبستگی فضایی با شاخص موران بررسی شد تا تغییرات فضایی فاصله از سد و تراکم لکه‌های دارای روند مثبت معنادار مشخص شود. تمامی تحلیل‌ها با آزمون ناپارامتری من-کنندال و بررسی پارامتر Z در سطح معناداری ۹۵ درصد انجام شد. نتایج نشان داد تغییرات دمایی معنادار تنها در تابستان و پاییز رخ داده است. تحلیل روند NDVI بیانگر تأثیر مثبت معنادار سد بر پوشش گیاهی حاشیه سد در بهار، تابستان و پاییز بوده و شاخص NDWI بیشترین تغییرات معنادار را در سطح مطالعه نشان داد. در محدوده سد، مراتع بیشترین بهبود را تجربه کردند و حدود ۹۹۳۰/۹۸ هکتار از اراضی کشاورزی روند مثبت پوشش گیاهی داشتند. همچنین، تأثیر مساحت پهنه آبی بر نوسان دما تابع فصل بوده است نه اندازه پهنه. بررسی اراضی پایین‌دست نشان داد که تغییرات مثبت معناداری در پوشش گیاهی زمین‌های کشاورزی رخ نداده و اثر سد در این مناطق محدود است.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، تغییر کاربری زمین، دمای سطح زمین، خودهمبستگی فضایی، سد جیرفت

*نویسنده مسئول

عسکری ملک‌آباد، فاطمه، مروتی، مریم، سلطانی گردفرامریزی، سمیه، کرمی، پیمان و پرور، زهرا. (۱۴۰۵). آشکارسازی تأثیرات محیط زیستی سد جیرفت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۶ (۴)، ۱۵۰-۱۲۵.



مقدمه

در یک قرن اخیر، استفاده فزاینده از منابع طبیعی و ساخت سدها، فشارهای جدی بر بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای وارد کرده و موجب عبور از مرزهای قابل تحمل کره زمین شده است (Hoang et al., 2025). سدسازی اگرچه با اهدافی مانند تأمین آب، تولید برق، کنترل سیلاب و توسعه کشاورزی انجام می‌شود، تغییرات گسترده‌ای در کاربری و پوشش زمین^۱ (LULC)، رطوبت، دما و پوشش گیاهی ایجاد می‌کند که در کوتاه‌مدت پیامدهای مثبت و در بلندمدت اثرات منفی بر پایداری اکوسیستم دارد (Toledo Salgado et al., 2025). این تغییرات بر اقلیم محلی، دمای سطح زمین (LST)^۲، خدمات اکوسیستمی، امنیت غذایی، کیفیت آب، فرسایش و سلامت انسان اثرگذارند (Bihon et al., 2025). همچنین مخازن سد با تغییر LULC می‌توانند کشاورزی و شهرنشینی پایین‌دست را تقویت کنند و با افزایش رطوبت، بر گردش میان‌مقیاس اثر بگذارند (Degu et al., 2011).

اثرات سدها به نوع استفاده از آنها بستگی دارد: سدهای آبیاری باعث طولانی‌تر شدن دوره‌های خشکی و سدهای برق‌آبی باعث نوسانات جریان رودخانه‌ها می‌شوند. در کنار آن، تغییرات کاربری زمین ظرفیت تنظیم هیدرولوژیکی را کاهش می‌دهد و موجب تشدید سیلاب، خشکسالی، فرسایش و افزایش رسوبات می‌شود که ترکیب تولیدکنندگان اولیه رودخانه را تغییر می‌دهد (Hoang et al., 2025). سدها با حبس رسوبات، هیدرودینامیک، کیفیت آب و زیستگاه‌ها را دگرگون می‌سازند؛ درحالی‌که جنگل‌زدایی و کشاورزی بار رسوبی را بالا می‌برد (Montanher et al., 2025). امروزه سنجش‌ازدور یکی از روش‌های پیشرفته برای پایش و نقشه‌برداری منابع طبیعی محسوب می‌شود و امکان مشاهده تغییرات سطح زمین را فراهم می‌سازد. اطلاعات LST در حوزه‌های تحقیقات مختلف اقلیمی، برنامه‌ریزی شهری، کشاورزی، پایش محیطی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی کاربرد گسترده دارد (Parvar et al., 2024). پایش سلامت پوشش گیاهی همراه با تحلیل LULC، اطلاعات ارزشمندی از وضعیت اکوسیستم ارائه می‌دهد (Singh et al., 2024).

تحلیل تأثیرات سدها نیازمند استفاده از شاخص‌ها و آزمون‌های آماری مانند من-کندال برای روندهای بلندمدت و شاخص موران برای الگوهای مکانی است؛ این روش‌ها ارتباط میان فاصله از سد، ویژگی‌های ژئومورفولوژیک و تغییرات محیطی را آشکار می‌کند و رویکردی جامع برای ارزیابی اثرات سد ارائه می‌دهند (Zeybekoğlu, 2023). مطالعات پیشین در نقاط مختلف جهان نشان داده‌اند که سدها نقش دوگانه‌ای در محیط ایفا می‌کنند. برخی پژوهش‌ها به تأثیر مثبت سدها بر بهبود پوشش گیاهی و افزایش رطوبت محلی اشاره کرده‌اند (Yi et al., Afzal et al., 2023)؛ درحالی‌که سایر مطالعات پیامدهای منفی همچون کاهش حق‌آبه تالاب‌ها، تغییر در دما و افت کیفیت منابع طبیعی را برجسته ساخته‌اند (Rahimi et al., 2025).

زیبکوگلو (2023) روند تغییرات دمای سالانه در حوضه سد Hirfanli را بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۷ با استفاده از آزمون‌های من-کندال و من-کندال ترتیبی تحلیل کرد و افزایش معنادار دما از دهه ۱۹۹۰ را نشان داد (Zeybekoğlu, 2023). بیهون و همکاران تغییرات LULC حوضه سد بزرگ رنسانس اتیوپی را در یک بازه بلندمدت بررسی کردند.

¹ Land Use and Land Cover

² Land Surface Temperature

نتایج آنها نشان داد که کاربری‌هایی مانند کشاورزی، سکونتگاه‌ها و منابع آبی افزایش یافته‌اند، درحالی‌که پوشش‌های طبیعی از جمله جنگل و مرتع کاهش داشته است (Bihon et al., 2025). زارعی و همکاران با هدف بررسی تأثیر احداث سدهای بزرگ بر تغییرات LULC، دریافتند که اطراف سد کرخه بیشترین افزایش دما را تجربه کرده است. نتایج همچنین نشان‌دهنده افزایش شوری خاک و آب در پایین‌دست سد بود (Zareie et al., 2025). در مطالعه سینگ و همکاران، تغییرات LULC، LST و وضعیت سلامت پوشش گیاهی در محدوده حاشیه‌ای تالاب بیسالپور پس از احداث سد بررسی شد؛ نتایج کلی نشان داد که احداث سد موجب کاهش چشمگیر پوشش گیاهی و تغییر الگوهای دمایی منطقه شده است (Singh et al., 2024). ادوان و جوانوسکا با تجزیه و تحلیل تغییرات LST پس از ساخت سد کوزجاک در نزدیکی پایتخت جمهوری مقدونیه مشاهده کردند که LST در مجاورت سد ۸٫۵ درجه سانتیگراد کاهش یافته است (Avdan & Jovanovska, 2016). جعفری و هاشمی‌نسب تأثیر سد زاینده‌رود بر بیابان‌زایی و تغییرات مکانی-زمانی LULC و LST در مرکز ایران را بررسی کردند (Jafari & Hasheminasab, 2017). با توجه به اهمیت سد جیرفت به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین سازه‌های آبی جنوب شرق ایران و نقش آن در تأمین آب کشاورزی، تولید برق و کنترل سیلاب، بررسی جامع اثرات محیطی آن ضروری است. پژوهش‌های پیشین تغییرات فصلی پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و رطوبت را در ارتباط با موقعیت ژئومورفولوژیک و فاصله از سد به‌طور محدود بررسی قرار کرده‌اند. مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، شاخص‌های NDVI و NDWI، دمای سطح زمین و تحلیل‌های آماری و فضایی، شکاف موجود در ادبیات را پوشش می‌دهد و هدف آن، ارزیابی تأثیرات محیطی سد جیرفت بر پوشش گیاهی، رطوبت سطحی و دمای زمین در محدوده پیرامونی و اراضی پایین‌دست در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ است.

مواد و روش‌ها

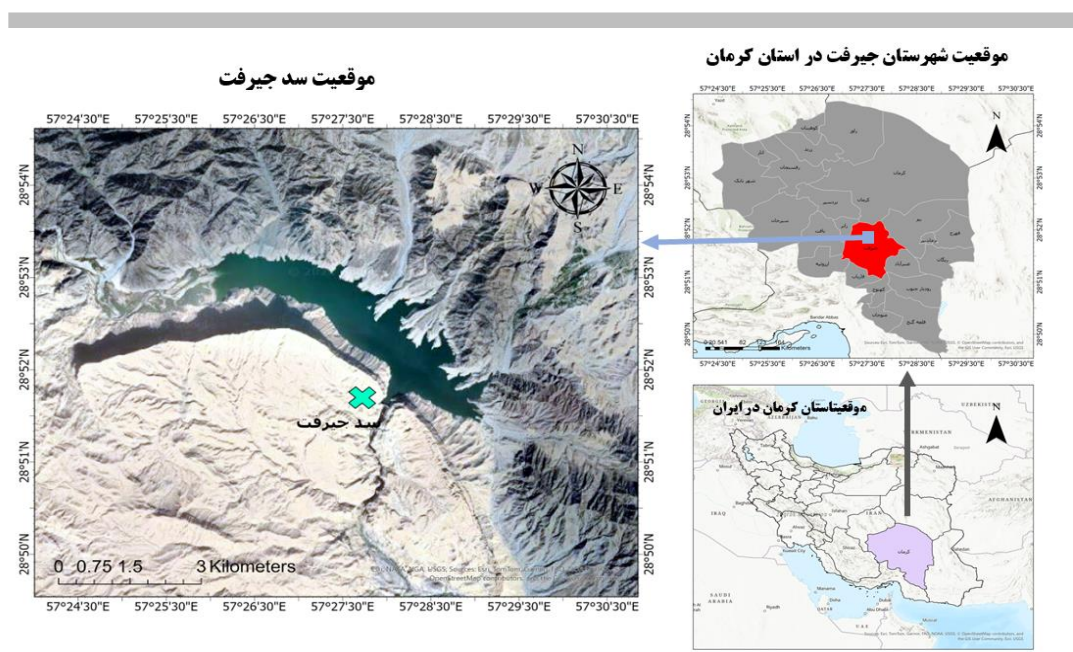
منطقه مورد مطالعه

جیرفت، شهری در استان کرمان، در کرانه هلیل‌رود و دامنه جنوبی کوه بارز، در موقعیت جغرافیایی $28^{\circ} 40' 13''$ شمالی و $57^{\circ} 44' 13''$ شرقی است. این شهر با ۷۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا و ۲۰۹٫۷۴۶ جمعیت، واقع در ۲۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان و ۱۳۷۵ کیلومتری جنوب شرق تهران است که در گذشته، به‌واسطه داشتن سرزمینی بسیار حاصل‌خیز، هند کوچک و سبزواران نامیده می‌شد. میزان بارندگی شهرستان جیرفت به‌طور میانگین بیش از ۲۲۰ میلی‌متر در سال است و در ارتفاعات بیش از ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. سد جیرفت که در سال ۱۳۷۰ روی رودخانه هلیل‌رود احداث شد، با ارتفاع ۱۳۴ متر و گنجایش مخزن ۴۳۰ میلیون مترمکعب، نقشی اساسی در تأمین آب کشاورزی، تولید برق و کنترل سیلاب‌ها دارد و حدود ۱۴ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی منطقه را آبیاری می‌کند.

منطقه مورد مطالعه، سد جیرفت در ۴۰ کیلومتری شمال‌غربی شهر جیرفت در موقعیت 28° درجه و 51° دقیقه و 35° ثانیه شرقی ($35^{\circ} 51' 28''$ N) و 27° دقیقه و 35° ثانیه شرقی ($35^{\circ} 51' 28''$ E)، در محلی به‌نام تنگ نراب روی رودخانه‌ی هلیل‌رود احداث شده است (شکل ۱). سد بتنی دو قوسی جیرفت با ارتفاع از پی ۱۳۴ متر، طول تاج ۲۷۷ متر، در سال ۱۳۷۰ به بهره‌برداری رسید. مهم‌ترین اهداف احداث سد جیرفت شامل

ذخیره‌سازی آب برای آبیاری اراضی کشاورزی، جلوگیری از خسارت‌های ناشی از طغیان‌های فصلی هلیل‌رود، تغذیه مصنوعی و تقویت سفره‌های آب زیرزمینی، تأمین نیروی برق، کاهش فرسایش خاک، کنترل سیلاب‌ها و ایجاد رطوبت در منطقه است.

منطقه اطراف سد به‌صورت یک محدوده مربعی به مساحت ۱۲۴۰۱ هکتار (معادل ۱۲۴/۰۱ کیلومتر مربع) انتخاب شد که سد در مرکز هندسی آن قرار دارد. حداکثر فاصله از مرکز سد (موقعیت پهنه آبی اصلی) تا مرزهای محدوده مطالعه در هر جهت تقریباً ۵/۶ کیلومتر است. این محدوده به‌منظور پوشش دادن تمامی اثرات احتمالی مستقیم و غیرمستقیم سد بر پارامترهای محیطی (دمای سطح زمین، پوشش گیاهی و رطوبت) در شعاع مناسب انتخاب شد و شامل بخش‌های بالادست، پایین‌دست و جانبی مخزن می‌شود.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۴).

Fig. 1. Location of the study area in Iran (Source: Authors, 2025)

داده‌ها و روش کار

برای بررسی تأثیرات سد جیرفت بر محیط پیرامونی و اراضی پایین‌دست، از چندین مجموعه داده سنجش‌ازدور استفاده شد.

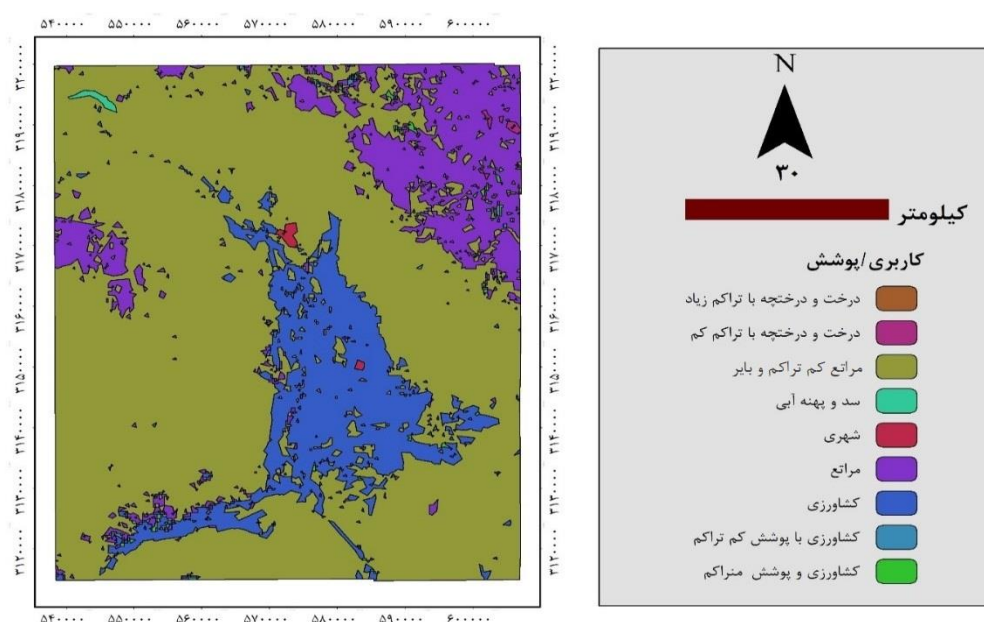
برای تحلیل تغییرات فصلی، نقشه‌های شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی^۱ (NDVI)، شاخص نرمال‌شده آب^۲ (NDWI) و دمای سطح زمین برای هر سال از ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ از تصاویر ماهواره‌ای لندست، و با استفاده از سامانه بر

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

^۲ Normalized Difference Water Index

خط گوگل ارث انجین^۱ (GEE) تهیه شد. سپس مقادیر هر شاخص به صورت میانگین در هر فصل محاسبه و نقشه‌های فصلی نمایش داده شدند تا روند زمانی و تغییرات مکانی این شاخص‌ها در محدوده مطالعه مشخص شود. داده‌های سری زمانی ۱۶ روزه ماهواره مادیس با نام پروداکت (MODIS/006/MOD13Q1) از طریق GEE تهیه شد. این داده‌ها در قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ (بالاترین قدرت تفکیک مکانی مادیس) به عنوان یک محصول شبکه Level-3 در سیستم تصویر سینوسی در دسترس است (Didan, 2021). پروداکت میانگین شاخص تراکم پوشش گیاهی دارای ضریب تبدیل ۰/۰۰۰۱ است که با استفاده از دستور Multiply پیش از خروجی‌گیری بر روی آن اعمال شد. در این مطالعه استخراج شاخص تراکم با در نظر گرفتن بازه زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ انجام شد. از آنجا که مقدار میانگین دیدگاه کامل‌تری به نسبت تصاویر منفرد در اختیار قرار می‌دهد، برای استخراج تصاویر از میانگین شاخص پوشش گیاهی در ماه‌های بهمن تا اردیبهشت استفاده شد.

برای شناسایی و طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقه از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با رزولوشن ۳۰ متر و در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد. در این مطالعه از نقشه آماده LULC داده‌های پایگاه^۲ Copernicus Land Monitoring Service استفاده شد. نسخه ۳،۱ این داده‌ها که از تاریخ ۳۱ آگوست ۲۰۲۰ در دسترس قرار گرفته است، به عنوان یکی از معتبرترین منابع جهانی پایش LULC شناخته می‌شود و قدرت تفکیک مکانی بالایی را برای تحلیل‌های محیط زیستی فراهم می‌آورد. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، این نقشه دسته‌بندی کاملی از کلاس‌های مختلف زمین، شامل اراضی کشاورزی، پوشش گیاهی، پهنه‌های آبی، مرتع، اراضی بدون پوشش گیاهی متراکم (بایر) و شهری را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه LULC (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۴).

Fig. 2. LULC map (Source: Authors, 2025)

¹ Google Earth Engine

² https://zenodo.org/records/4723924?utm_source=chatgpt.com

فرآیند کلی تحقیق در پنج گام اصلی دنبال شد:

گام اول: تهیه نقشه‌های LST، LULC و شاخص‌های طیفی، گام دوم: آزمون من-کندال (بررسی روند تغییرات فصلی شاخص‌های محیطی و تحلیل اثر سد بر اراضی پایین‌دست آن)، گام سوم: تحلیل شکل زمین و توزیع پارامترها، گام چهارم: تحلیل فاصله از سد و تغییرات تراکم پوشش گیاهی (تحلیل خودهمبستگی فضایی)، گام پنجم: تأثیر اندازه پهنه آبی بر LST.

گام اول: تهیه نقشه‌های LST، LULC و شاخص‌های طیفی

از آنجا که آشکارسازی تأثیرات سد بر محیط پیرامون تنها با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد استفاده قابل پیاده‌سازی نبود، در این مطالعه از نقشه LULC نیز استفاده شد تا از این طریق مشخص شود که بیشترین تأثیرات و تغییرات احتمالی ناشی از سد بر چه مناطقی بوده است. برای این منظور از تابع Intersect استفاده شد و سپس مساحت هریک از طبقات درگیر با لکه‌های داغ معنادار ذکر شد. شاخص‌های طیفی NDVI و NDWI و نقشه LST پیش‌تر توسط پژوهشگران متعددی برای بررسی اثرات محیطی سدها و تغییرات اکوسیستمی توصیه شده‌اند (Parvar et al., 2024; Dale et al., 2025).

شاخص نرمال‌شده‌ی پوشش گیاهی (NDVI): این شاخص براساس تفاوت بازتابش طیفی در باند مادون قرمز نزدیک (NIR) که توسط گیاهان سالم به شدت بازتاب می‌شود و باند قرمز (RED) که عمدتاً توسط کلروفیل جذب می‌شود، محاسبه می‌شود. مقادیر NDVI بین -۱ تا +۱ متغیر است؛ مقادیر منفی بیانگر پهنه‌های آبی، مقادیر نزدیک به صفر نشان‌دهنده سطوح برهنه (سنگ، ماسه یا برف) و مقادیر مثبت بیانگر پوشش گیاهی است که هرچه مقدار به +۱ نزدیک‌تر باشد، تراکم گیاهی بیشتر (مانند جنگل‌های انبوه) است (Rongali et al., 2018).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{معادله ۱}$$

شاخص آب نرمال‌شده (NDWI): یکی از شاخص‌های طیفی پرکاربرد است که برای جداسازی مناطق آبی از سایر پوشش‌های سطح زمین نظیر خاک و پوشش گیاهی به کار می‌رود. در این شاخص، آب به دلیل بازتاب بیشتر در باند سبز و جذب قوی در باند NIR از سایر عوارض متمایز می‌شود. دامنه تغییرات NDWI بین -۱ تا +۱ است؛ به‌طور معمول مقادیر مثبت (بین ۰ تا ۱) به‌عنوان مناطق آبی و مقادیر منفی به‌عنوان مناطق غیرآبی طبقه‌بندی می‌شوند (Taloor et al., 2021).

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad \text{معادله ۲}$$

بازایی LST به روش معکوس تابع پلانک:

به‌منظور محاسبه LST متناسب با محدوده مورد مطالعه به‌ترتیب مراحل زیر پیموده شدند:

در مرحله اول در محیط GEE محدوده سد جیرفت به‌عنوان منطقه مطالعه تنظیم شد. سپس تصاویر Landsat 8 (RAW)

به صورت Image Collection فراخوانی و با استفاده از دستورات filterDate و filterBounds. به محدوده مکانی و زمانی (۲۰۲۰-۲۰۱۴) محدود شد. انتخاب داده‌های RAW به دلیل امکان پردازش باندهای حرارتی و محاسبه LST انجام شد. در مرحله دوم ابتدا با تعریف تابع در GEE و به کارگیری دستور map، تصاویر شناسایی شده در بازه زمانی مطالعه به صورت یک img پردازش شدند. مراحل شامل: ۱) محاسبه رفلکتانس^۱ برای باندهای چند طیفی^۲، ۲) محاسبه رادیانس^۳ و سپس دمای درخشندگی^۴ از باندهای حرارتی، ۳) محاسبه گسیلمندی^۵ و ۴) برآورد نهایی LST با استفاده از دمای درخشندگی، رادیانس و گسیلمندی. برای انتخاب باندهای چندطیفی (۲ تا ۷) از دستور img.select استفاده شد و تصاویر به ازای محدوده مورد مطالعه با تابع clip. سپس برای محاسبه رفلکتانس بالای اتمسفر^۶ (TOA)، خروجی‌های برش خورده در مقادیر ثابت Gain ضرب و با مقدار برش داده شدند Offset جمع شدند؛ این ضرایب از فایل متادیتای تصویر (MTL) استخراج شدند. با توجه به ثابت بودن ضرایب در فریم‌های یکسان، مقادیر مربوط به رفلکتانس، انتخاب و برای محاسبه شاخص NDVI به کار گرفته شدند. برای تبدیل مقادیر بازتابندگی خام (DN) به بازتابندگی در بالای جو (TOA) براساس ضرایب مقیاس‌دهی تعیین شده در متادیتای سنجنده لندست انجام شد. از آنجا که گسیلمندی نقش مهمی در برآورد LST دارد و بسته به نوع ماده و طول موج تغییر می‌کند، مقدار آن در این مطالعه با استفاده از شاخص NDVI و همبستگی میان گسیلمندی سطح و لگاریتم NDVI محاسبه شد. در محیط GEE نیز با دستور where شرایط لازم بر مقادیر NDVI اعمال و گسیلمندی برای هر پیکسل برآورد شد (جدول ۱).

جدول ۱. مقدار گسیلمندی محاسبه شده بر مبنای شاخص تراکم پوشش گیاهی (Isaya Ndossi & Avdan, 2016)

Table 1. Emissivity values calculated based on vegetation density index (Isaya Ndossi & Avdan, 2016)

مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی	مقدار گسیلمندی محاسبه شده
NDVI < -0.185	۰/۹۹۵
NDVI < 0.157 ≤ -0.185	۰/۹۸۵
0.727 ≤ NDVI ≤ 0.157	$1/0.09 + 0.047 \times \ln(\text{NDVI})$
NDVI > 0.727	۰,۹۹۰

مرحله محاسبه رادیانس و دمای درخشندگی در تصاویر لندست ۸، سنجنده TIRS شامل باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ است. در این مطالعه تنها از باند ۱۰ استفاده شد؛ زیرا نویز کمتری دارد و دقت بالاتری در برآورد LST ارائه می‌دهد (Parvar & Salmanmahiny, 2024). محاسبه این متغیر با استفاده معادله زیر انجام گرفت (Tanjina Hasnat, 2022):

¹ Reflectance

² Multispectral

³ Radiance

⁴ Brightness Temperature

⁵ Emissivity

⁶ Top-Of-Atmosphere

$$BT = \frac{K2}{n \left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1 \right)} \quad \text{معادله ۳}$$

که در آن: BT دمای درخشندگی (کلوین)، L_λ رادیانس طیفی (W/(m² sr μm))، K1 و K2 مقادیر ثابت کالیبراسیون باندهای حرارتی است. در مرحله برآورد LST با استفاده از معادله معکوس تابع پلانک است (Isaya Ndossi & Avdan, 2016):

$$T_s = \frac{BT}{\left\{ 1 + \left[\frac{\lambda \cdot BT}{\rho} \right] \ln e \right\}} \quad \text{معادله ۴}$$

که در این معادله T_s برابر LST بر حسب کلوین، BT برابر دمای درخشندگی، e مقدار گسیلمندی، ρ مقدار ثابت عددی و λ نیز برابر طول موج است.

گام دوم: آزمون من-کندال (بررسی روند تغییرات فصلی شاخص‌های محیطی و تحلیل اثر سد بر اراضی پایین‌دست آن)

در این مطالعه، برای بررسی روند تغییرات فصلی شاخص‌های محیطی از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. این روش قادر است وجود روند صعودی یا نزولی در سری‌های زمانی را شناسایی کند، بدون آنکه نیاز به فرض توزیع نرمال داده‌ها باشد و به این ترتیب، تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی، رطوبت و دما در طول زمان به‌طور آماری معتبر ارزیابی شد (Mann, 1945).

به‌منظور تحلیل اثر سد بر روند تغییرات پوشش گیاهی اراضی پایین‌دست، همین آزمون به‌کار گرفته شد؛ با این تفاوت که به‌جای تصاویر لندست، از داده‌های ماهواره‌ای MODIS برای تحلیل کمی استفاده شد. روند تغییرات پوشش گیاهی در اراضی پایین‌دست سد طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بررسی شد و مساحت‌های دارای تغییر معنادار (با سطح اطمینان ۹۵٪) شناسایی و براساس انواع LULC تفکیک شدند.

گام سوم: تحلیل شکل زمین و توزیع پارامترها

در این مطالعه برای شناسایی و طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقه از مدل رقومی ارتفاع با رزولوشن ۳۰ متر و در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد. شاخص موقعیت توپوگرافی^۱ (TPI) ارتفاع هر پیکسل را نسبت به میانگین ارتفاع پیکسل‌های اطراف مقایسه می‌کند و با ترکیب مقیاس‌های کوچک و بزرگ، امکان تشخیص انواع لندفرم‌ها فراهم می‌شود (Weiss, 2001). برای بهبود دقت، طبقه‌بندی دستی نیز انجام شد تا یک نمای بهینه از چشم‌انداز منطقه حاصل شود (جدول ۲).

^۱ Topographic Position Index (TPI)

جدول ۲. مقدار طبقه بندی شکل زمین براساس شاخص TPI (Weiss, 2001)

Table 2. Landform classification values based on TPI index (Weiss, 2001)

نوع لند فرم	مقدار TPI	توصیفات
Canyons, Deeply Incised Streams	$TPI \leq -1$	آبراهه
Canyons, Deeply Incised Streams Valleys	$-1 < TPI < 1$	دره‌های آبراهه میانی
Upland Drainages, Headwaters	$TPI \geq 1$	زهکش مرتفع، بالا رود
U-shaped Valleys	$TPI \leq -1$	دره‌های U شکل
Plains Small	$-1 < TPI < 1, \text{Slope} \leq 5^\circ$	دشت‌های کوچک
Open Slopes	$-1 < TPI < 1, \text{Slope} > 5^\circ$	شیب‌های باز
Upper Slopes, Mesas	$TPI \geq 1$	شیب‌های بالایی
Local Ridges/Hills in Valleys	$TPI \leq -1$	یال‌های مرتفع
Mid slope Ridges, Small Hills in Plains	$-1 < TPI < 1$	یال‌های شیب میانی
Mountain Tops, High Ridges	$TPI \geq 1$	یال‌های مرتفع، قله کوه

پس از اعمال آزمون من-کندال، روند تغییرات با استفاده از آماره Z و سطوح معناداری مختلف بررسی شد. در این مطالعه سطح معناداری ۹۵ درصد انتخاب شد که مطابق با بیشتر مطالعات ماهواره‌ای مشابه است. جدول (۳) نشان‌دهنده دامنه آماره Z و سطح معناداری مربوطه است (Kandya et al., 2021).

جدول ۳. تغییرات معناداری در آزمون من کندال (Kandya et al., 2021)

Table 3. Significant changes in the Mann-Kendall test (Kandya et al., 2021)

سطح معناداری	دامنه تغییر آماره Z در آزمون من کندال
معنادار در سطح ۹۹ درصد	> 2.576
معنادار در سطح ۹۵ درصد	$> 1.96 \text{ \& } \leq 2.576$
معنادار در سطح ۹۰ درصد	$> 1.654 \text{ \& } \leq 1.96$
بدون روند مثبت معنادار	$> 0 \text{ \& } \leq 1.654$
بدون روند	0
بدون روند کاهشی معنادار	$\geq -1.654 \text{ \& } < 0$
روند کاهشی معنادار در سطح ۹۰ درصد	$\geq -1.96 \text{ \& } < -1.654$
روند کاهشی معنادار در سطح ۹۵ درصد	$\geq -2.576 \text{ \& } < -1.96$
روند کاهشی معنادار در سطح ۹۹ درصد	< -2.576

گام چهارم: تحلیل فاصله از سد و تغییرات تراکم پوشش گیاهی

ارزیابی تأثیر سد بر محیط پایین‌دست با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI تهیه‌شده از تصاویر ماهواره MODIS انجام شد. برای بررسی تغییرات مکانی پوشش گیاهی، شاخص خودهمبستگی فضایی موران (Moran's I) به کار گرفته شد تا همبستگی بین فاصله از سد و تراکم لکه‌هایی تحلیل شود که روند افزایش مثبت معنادار در پوشش

گیاهی داشتند. ارزش تحلیل خودهمبستگی موران ۱- تا ۱+ ارزیابی می‌شود زمانی که مشاهدات دارای ارزش‌های مشابه و الگوی خوشه‌ای باشند مقدار P-value به مقدار ۱ نزدیک می‌شود و در غیر این صورت مقدار P-value به سمت ۱- بوده و مشاهدات پراکنده‌اند (Guo et al., 2020).

گام پنجم: تأثیر اندازه پهنه آبی بر LST

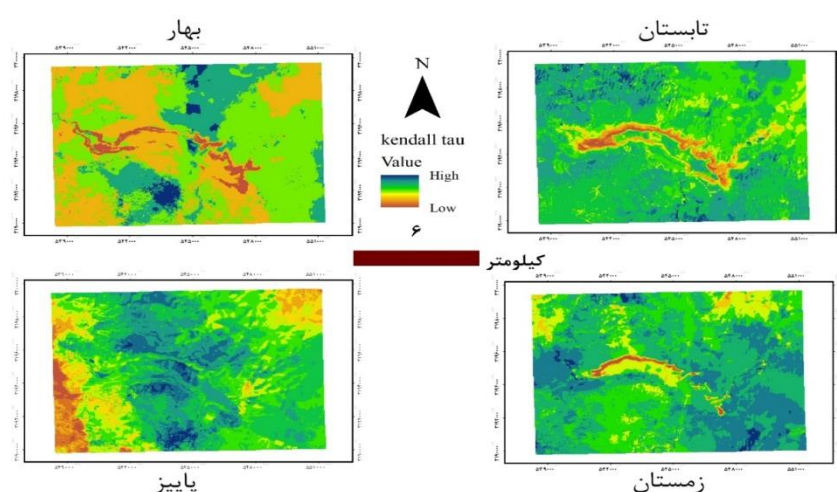
برای بررسی تأثیر اندازه پهنه آبی بر دمای حاشیه سد، ابتدا پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص NDWI از سایر کاربری‌ها جدا شدند، سپس مساحت هر پهنه آبی محاسبه شد و برای بررسی تأثیر آن بر LST، فاصله‌های حلقه‌ای ۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ و ۴۰۰-۵۰۰ متر از حاشیه پهنه آبی، تعریف و میانگین LST محاسبه‌شده در هر فاصله تحلیل شد.

یافته‌ها

تحلیل آزمون من-کندال و شاخص‌های محیطی

نتایج تحلیل روند با استفاده از آزمون من-کندال نشان می‌دهد که تأثیر سد بر شاخص‌های محیطی به‌طور فصلی و مکانی متفاوت بوده است. LST عمدتاً کاهش یافته است و در تابستان و پاییز بیشترین کاهش معنادار در بخش‌های شمالی و غربی پهنه آبی مشاهده شد که می‌تواند ناشی از اثر خنک‌کنندگی و افزایش رطوبت ناشی از حضور مخزن سد باشد. شاخص NDVI نشان داد که افزایش‌های معنادار در دره‌ها و حاشیه‌های پهنه آبی متمرکز شده است؛ به‌ویژه در بهار و پاییز، که حاکی از بهبود شرایط اکولوژیکی محلی و تأثیر مثبت سد بر توسعه پوشش گیاهی است. در مقابل، کاهش‌های پراکنده در تابستان و زمستان عمدتاً در نوارهای شمالی و پهنه‌های آبی رخ داد. شاخص NDWI نیز روند افزایشی چشمگیری در حاشیه و داخل دره‌ها نشان داد و پراکندگی تغییرات در فصول پاییز و زمستان افزایش یافت که بیانگر توزیع مکانی متفاوت اثرات سد بر رطوبت محیطی است. به‌طور کلی، تحلیل آماره Z و مقادیر P-value تأیید کرد که مناطق مشخصی افزایش یا کاهش معنادار داشته‌اند و ترکیب نتایج تحلیل شاخص‌های محیطی نشان می‌دهد که سد نه تنها بر هیدرولوژی منطقه تأثیر داشته، موجب بهبود پوشش گیاهی و تعدیل میکروکلیمای پیرامونی شده است؛ به ویژه در دره‌ها و آبراهه‌های عمیق که به عنوان نقاط حساس و پایدار اکوسیستم عمل می‌کنند.

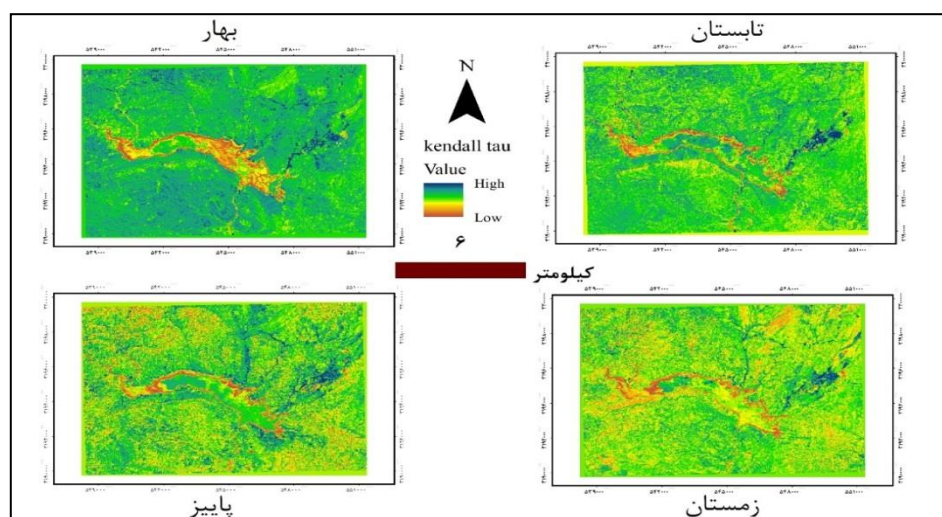
شکل (۳) نتایج تحلیل روند من-کندال LST را نشان می‌دهد. در این نقشه، مناطق با رنگ‌های آبی و سبز نشان‌دهنده تغییرات معنادارتر دما هستند؛ درحالی‌که مناطق قهوه‌ای تغییرات درخور توجهی نداشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که در فصول بهار و تابستان، حاشیه سد تغییرات شدید دمایی نداشته است و بخش‌های معنادار تغییرات دما با توجه به مقدار آماره Z و سطح معناداری P-value مشخص شده‌اند.



شکل ۳. آماره کندال برای تغییرات LST در فصول مختلف

Fig. 3. Kendall Trend Statistic for LST Changes across Seasons

در شکل (۴) نتایج تغییرات NDVI براساس آزمون من-کندال نمایش داده شده است. مناطق رنگی نشان‌دهنده تغییرات پوشش گیاهی هستند؛ بخش‌های با مقادیر بالاتر، افزایش پوشش گیاهی و بخش‌های با مقادیر پایین‌تر، کاهش آن را نشان می‌دهند. در فصول بهار و تابستان، افزایش پوشش گیاهی عمدتاً در دره‌های شمال شرقی سد مشاهده می‌شود. در فصل پاییز، رشد پوشش گیاهی در دره‌های داخلی گسترده‌تر بوده و در بخش‌های جنوبی کاهش یافته است. در فصل زمستان نیز کاهش پوشش گیاهی در حاشیه سد رخ می‌دهد و افزایش آن تنها در دره‌ها مشاهده می‌شود.

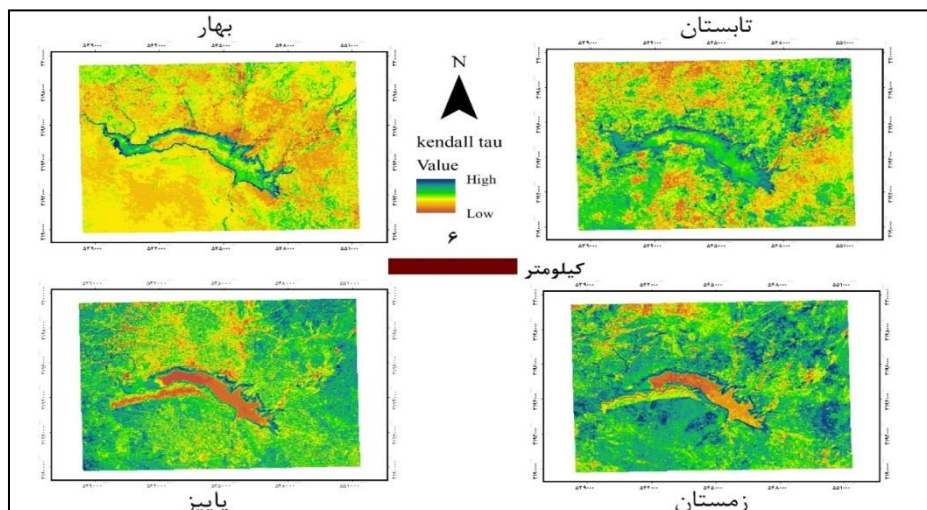


شکل ۴. آماره کندال برای تغییرات شاخص NDVI در فصول مختلف

Fig. 4. Kendall Trend Statistic for NDVI Index Changes across Seasons

در شکل (۵) نتایج تغییرات NDWI براساس آزمون من-کندال نمایش داده شده است. برای شاخص NDWI تغییرات رطوبت و نمناکی در محدوده مورد مطالعه بررسی شد. نتایج نشان داد که در فصل بهار تغییرات رطوبت عمدتاً محدود به حاشیه سد هستند و در تابستان تأثیر پهنه آبی افزایش می‌یابد و رطوبت در دره‌ها نیز افزایش درخور

توجهی دارد. در پاییز بخش‌های معنادار بیشتری به حاشیه‌ها کشیده و روند معنادار تغییرات رطوبت مشاهده شد. در زمستان، تغییرات رطوبت شدت بیشتری یافت و تقریباً در تمام حاشیه‌ها مشاهده شد.



شکل ۵. آماره کندال برای تغییرات شاخص NDWI در فصول مختلف

Fig. 5. Kendall Trend Statistic for NDWI Index Changes across Seasons

تغییرات معنادار:

جدول (۴) نتایج حاصل از تغییرات LST، NDVI و NDWI را در محدوده مورد مطالعه نمایش می‌دهد.

جدول ۴. بررسی تغییرات معنادار

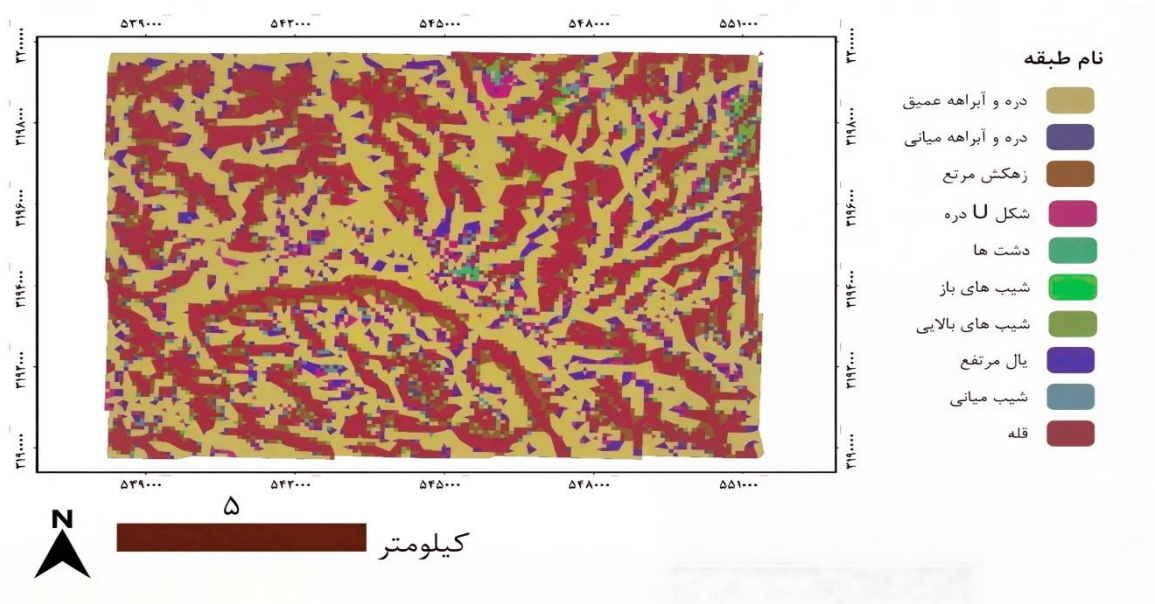
Table 4. Analysis of significant changes

تغییرات معنادار LST			
فصل	تغییر معنادار	مساحت (افزایشی +۹۵) به هکتار	مساحت (کاهشی -۹۵) به هکتار
بهار	-	-	-
تابستان	دارد	-	۶۹/۵۰
پاییز	دارد	-	۴۰۷/۵۶
زمستان	-	-	-
بررسی تغییرات معنادار NDVI			
بهار	دارد	۱۱/۶۶	۸۱/۷۹
تابستان	دارد	۵۶/۹۴	۱۲/۴۰
پاییز	دارد	۱۰۶/۲۶	۳۵/۴۱
زمستان	دارد	۲۱/۶۳	۱۹/۳۴
بررسی تغییرات معنادار NDWI			
بهار	دارد	۹۴/۵۷	۱/۰۲
تابستان	دارد	۹۰/۲۶	۱۳/۳۴
پاییز	دارد	۸۷/۷۸	۴۶/۶۷
زمستان	دارد	۴۴/۸۸	۳/۰۱

در طول بازه زمانی مطالعه، LST در حدود ۶۹/۵۰ هکتار از محدوده مورد مطالعه در تابستان کاهش معنادار داشته است؛ به‌ویژه در ابتدای ورودی رودخانه و شمال پهنه آبی. در پاییز نیز کاهش دما در حدود ۴۰۷/۵۶ هکتار رخ داده که بیشتر در قسمت غربی محدوده متمرکز بوده است. در طول سال‌های مورد مطالعه، تغییرات پوشش گیاهی مثبت بیشتر از تغییرات منفی بوده است. در بهار، افزایش پوشش در دره‌های شمالی سد حدود ۱۱/۶۶ هکتار بود؛ در حالی که کاهش‌ها در حاشیه سد و همزمان با پهنه آبی رخ داد. در تابستان، کاهش پوشش در نوار شمالی پهنه آبی مشاهده شد؛ اما افزایش‌ها به‌صورت پراکنده در دره‌ها بود. در پاییز، کاهش پوشش بیشتر در پهنه‌های آبی و ارتفاعات شمالی رخ داد و افزایش‌ها مجدداً در دره‌ها، به ویژه شمال شرقی، مشاهده شد. در زمستان، کاهش‌ها در ورودی منطقه و نوار شمال شرقی پهنه آبی و افزایش‌ها پراکنده در ارتفاعات شمال غربی و دره شمال شرقی بود. در طول سال‌های مورد بررسی، تغییرات NDWI نشان داد که در بهار کاهش این شاخص پراکنده و تنها در حدود ۱ هکتار رخ داد؛ اما افزایش‌ها در نوار ساحلی و ورودی پهنه آبی مشاهده شد. در تابستان، کاهش‌ها پراکنده در دره شمال شرقی و افزایش‌ها در بخش‌های جنوبی و شمالی پهنه آبی بود که نسبت به سایر شاخص‌ها برجسته‌تر بود. در پاییز، کاهش رطوبت بیشتر در کران جنوبی و پراکنده در دره‌ها رخ داد و افزایش‌ها در بخش‌های شمال غربی منطقه مشاهده شد. در زمستان، کاهش‌ها پراکنده در شمال غرب و افزایش‌ها نیز به‌صورت پراکنده در شمال غرب و داخل دره‌ها ثبت شد.

تحلیل شکل زمین

در ادامه شیوه توزیع و تغییر مساحت‌های مربوط به هر یک از پارامترهای مورد بررسی در حاشیه سد ارزیابی شده است. **شکل (۶)** اشکال مختلف زمین را در محدوده مورد مطالعه نمایش می‌دهد. براساس این نتایج مشخص است که بخش زیادی از محدوده مورد بررسی در این مطالعه را قله‌های تشکل داده‌اند و به‌عبارتی قله‌ها به همراه دره‌های عمیق اثر سیمای حاشیه را در بر گرفته‌اند.



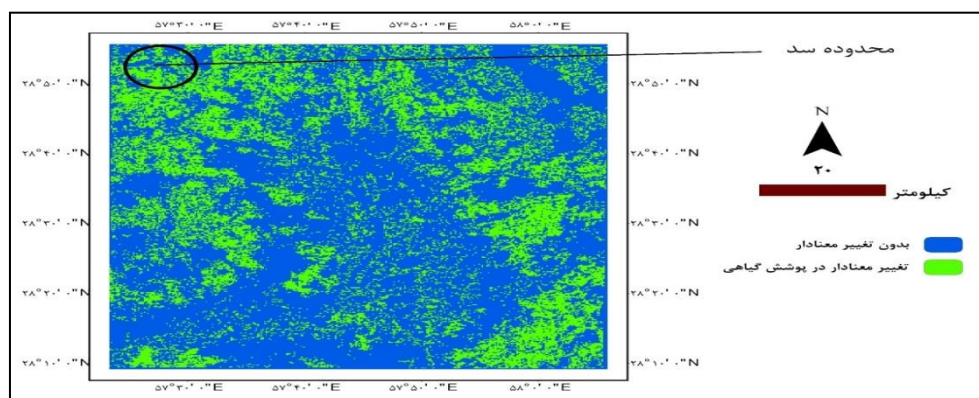
شکل ۶. آماره طبقات مختلف شکل زمین در محدوده مورد مطالعه

Fig. 6. Statistics of Different Landform Classes in the Study Area

تحلیل شکل زمین و اثرات آن بر شاخص‌های مورد بررسی نشان داد که بیشتر محدوده مطالعه را قله‌ها و دره‌های عمیق پوشانده‌اند و این اشکال زمین بیشترین تأثیر را بر تغییرات دما، پوشش گیاهی و رطوبت سطحی داشتند. در فصل تابستان، بیشترین کاهش دمای معنادار در دره‌ها و آبراهه‌های عمیق و دره‌های U شکل مشاهده شد (حدود ۵۶/۸۱ و ۶۷/۶۴ هکتار)، و در پاییز این روند کاهشی در اغلب اشکال زمین، از جمله یال‌ها و زهکش‌های مرتفع، گسترده‌تر بود. شاخص پوشش گیاهی نشان داد که بیشترین افزایش معنادار در فصل تابستان در دره‌ها و آبراهه‌های عمیق رخ داده (حدود ۳۹/۵۹ هکتار)؛ در حالی که در بهار کاهش معنادار پوشش گیاهی غالب بود. در پاییز و زمستان، روند افزایشی پوشش گیاهی غالب بود، به‌ویژه در دره‌های عمیق و بخش‌های شمالی منطقه، اگرچه تغییرات پراکنده‌ای نیز مشاهده شد. شاخص NDWI نیز در تمام فصول بیشترین افزایش معنادار را در حاشیه سد و دره‌ها نشان داد؛ در حالی که کاهش‌ها پراکنده و محدود به بخش‌هایی از دره‌ها و مناطق شمال غربی بود. این نتایج نشان می‌دهد که ساختار توپوگرافی و نزدیکی به پهنه آبی، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات دما، پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در محدوده مطالعه بوده‌اند.

اثرات سد بر روی زمین‌های کشاورزی پایین‌دست:

به‌منظور تحلیل اثر سد بر روی روند پوشش گیاهی اراضی پایین‌دست سد نیز از آزمون تحلیل روند من کندانال استفاده شد؛ با این تفاوت که به‌منظور تحلیل کمی آن از تصاویر ماهواره MODIS به جای لندست استفاده شد. **شکل (۷)** مقدار روند تغییرات پوشش گیاهی را در با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس نمایش می‌دهد. در این اشکال بخش‌هایی در طول ۲۰ سال دارای تغییرات پوشش گیاهی شده‌اند؛ این تغییرات در سطح معناداری ۹۵ درصد معنادار بوده است و در شکل زیر به رنگ سبز مشخص شده‌اند. بخش‌های آبی رنگ در این مطالعه شامل آن دسته از مناطق می‌شوند که تغییرات پوشش گیاهی در آنجا در سطح معناداری این بررسی معنادار نبوده است. بر این اساس، در مساحتی معادل ۱۷۰۵۷۵/۴۰ هکتار از اراضی پیرامون سد تغییرات مثبت معنادار در پوشش گیاهی حادث شده است. بخشی از این تغییرات از دهانه خروجی سد به سمت پایین است و بخش‌های نیز در زمین‌های کشاورزی بیرون از شهر جیرفت مشاهده می‌شوند.



شکل ۷. روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره مادیس

Fig. 7. Trend of Vegetation Cover Changes Using MODIS Satellite Imagery

در جدول (۵) نتایج حاصل از بررسی اثر سد بر انواع LULC حاشیه ذکر شده است. در این جدول مساحت‌های از کاربری‌های مختلف که در اراضی پایین‌دست سد قرار دارند و در محدوده پوشش تغییرات مثبت افزایشی در سطح ۹۵ درصد بوده‌اند ذکر شده است.

براساس این جدول، بیشترین سهم از تغییرات مثبت و معنادار پوشش گیاهی طی دوره مورد بررسی (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) مربوط به اراضی کشاورزی (حدود ۹۹۳۰ هکتار) و پس از آن مراتع (حدود ۲۲۰۴۱٫۵۶ هکتار) بوده است. این امر نشان می‌دهد که بهبود پوشش گیاهی عمدتاً در اراضی تحت بهره‌برداری انسانی و همچنین در بخش‌هایی از مراتع پایین‌دست سد رخ داده است. سهم درخور توجه زمین‌های کشاورزی نشان‌دهنده افزایش فعالیت‌های زراعی یا بهبود شرایط رطوبتی در مجاورت منابع آبی است؛ درحالی‌که افزایش پوشش در مراتع می‌تواند ناشی از تأثیر غیرمستقیم سد بر تعدیل رطوبت و میکروکلیمای محلی باشد.

درمقابل، طبقات شهری و زمین‌های بدون پوشش متراکم سهم بسیار کمی از تغییرات مثبت را نشان می‌دهند، که حاکی از پایداری یا محدودیت توسعه پوشش گیاهی در این نواحی است. همچنین، مقادیر پایین تغییرات در طبقات «موزاییک درخت و درختچه» بیانگر پراکندگی محدود این نوع پوشش در محدوده‌ی مورد مطالعه است.

به‌طور کلی، الگوی تغییرات ثبت‌شده بیانگر غلبه روند افزایشی پوشش گیاهی در اراضی کشاورزی و مراتع پایین‌دست است که می‌تواند بهبود نسبی شرایط محیطی را در ارتباط با منابع آبی منطقه منعکس کند.

با این حال، باید توجه داشت که بخشی از افزایش پوشش گیاهی ممکن است ناشی از گسترش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی نیز باشد و نمی‌توان تأثیر چاه‌های کشاورزی را نادیده گرفت. با وجود این، تمرکز تغییرات مثبت در مجاورت مخزن سد و مسیرهای جریان سطحی نشان می‌دهد که سد جیرفت به‌عنوان منبع اصلی آب سطحی منطقه، نقش مؤثری در بهبود شرایط اکولوژیکی و توسعه پوشش گیاهی پیرامون خود داشته است.

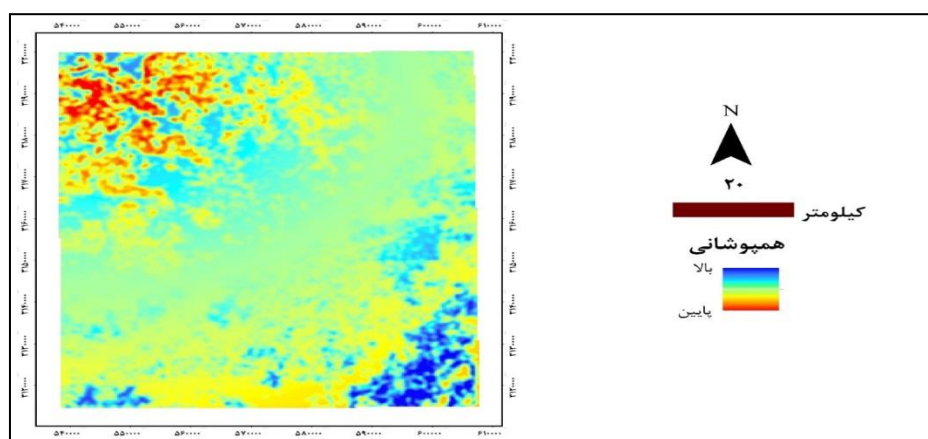
جدول ۵. تفکیک تغییرات معنادار پوشش گیاهی به‌ازای طبقات مختلف کاربری اراضی

Table 5. Classification of significant vegetation changes by different land use categories

ردیف	نام کاربری	محدوده مشترک
۱	کشاورزی	۹۹۳۰/۹۸
۲	کشاورزی با تراکم بیش از ۵۰ درصد یا پوشش گیاهی طبیعی با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۱۱۸/۴۳
۳	کشاورزی با تراکم کمتر از ۵۰ درصد یا پوشش گیاهی طبیعی با تراکم بیش از ۵۰ درصد	۲۲۰/۵۳
۴	موزاییک درخت و درختچه با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۳۰۳/۵۹
۵	موزاییک درخت و درختچه با تراکم بیشتر از ۵۰ درصد	۰/۵۴
۶	مراتع	۲۲۰۴۱/۵۶
۷	شهر	۹/۶۸
۸	زمین بدون پوشش متراکم	۱۳۶۸۵۴
۹	پهنه آبی	۳۳/۴۵

تحلیل فاصله از سد و تغییرات تراکم پوشش گیاهی

شکل ۸) شاخص خود همبستگی موران را برای دو معیار فاصله از سد و تراکم لکه‌های سرد معنادار در سطح ۹۵ درصد نمایش می‌دهد. در این شکل بخش‌های که دارای رنگ آبی هستند نشان می‌دهد که هر دو معیار مورد استفاده دارای تغییراتی همسو هستند و در بخش‌های که رنگ قرمز است، به معنای کاهش تغییرات همسو است؛ از این رو، در این تصویر با در نظر گرفتن موقعیت سد، مشخص است که در نواحی مجاور سد تراکم مناطقی که از نظر تغییرات پوشش گیاهی روندی مثبت و صعودی داشته‌اند بسیار بالا است. در بخش‌های میانی محدوده مقدار فاصله زیاد از سد در حال افزایش است؛ ولی تراکم مناطقی با روند معنادار تأثیر کم است؛ بنابراین، می‌توان گفت تأثیرات احتمالی سد بر روی پوشش‌های گیاهی در مناطق حاشیه سد بیشتر است و به نظر می‌رسد که در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ تغییرات شدید و محسوسی در در پوشش گیاهی مناطق دارای کاربری کشاورزی محدوده مورد مطالعه رخ نداده است.

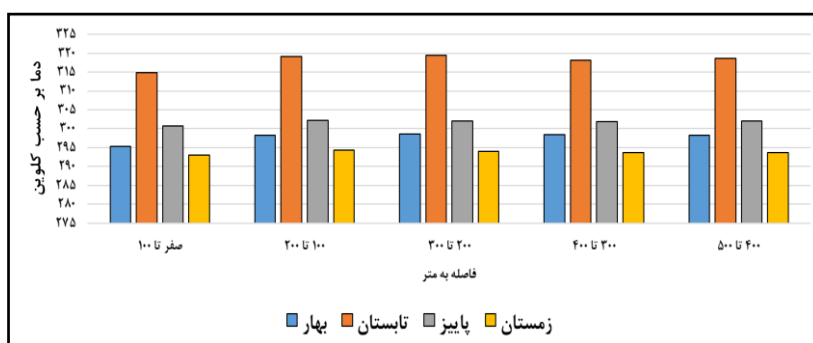


شکل ۸. شاخص خودهمبستگی موران بین فاصله از سد و تراکم لکه‌های معنادار

Fig. 8. The Moran's I spatial autocorrelation between distance from the dam and the density of significant patches.

تأثیر اندازه پهنه آبی بر LST:

براساس نتایج مساحت پهنه آبی در فصل بهار برابر ۹۳۶/۵۱ هکتار و در فصل تابستان برابر ۸۵۸/۱۵ هکتار برآورد شد. برای فصول پاییز و زمستان نیز به ترتیب برابر ۸۰۴/۸۸ و ۷۸۶/۴۹ هکتار محاسبه شد. با توجه به **شکل ۹)**، در فواصل ۱۰۰ متری پهنه آبی در فصل زمستان کمترین مقدار دما ثبت شده است. بعد از این فصل در بهار کمترین مقدار دما ثبت شده است. بالاترین دمای ثبت شده مربوط به فصل تابستان است. در فاصله ۲۰۰ متری و همچنین سایر فصول نیز چنین شرایطی برقرار است؛ بنابراین، در این شکل به خوبی مشخص است که در فصل زمستان بیشترین کاهش دما در حاشیه سد وجود دارد.



شکل ۹. تغییرات میانگین LST در فواصل مختلف از پهنه آبی

Fig. 9. Changes in the mean LST at various distances from the water body

بررسی اثرات سد بر محیط پیرامونی با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور، به‌ویژه شاخص‌های پوشش گیاهی و LST، رویکردی کارآمد برای پایش تغییرات محیطی بدون نیاز به نمونه‌برداری میدانی فراهم می‌کند. اهمیت پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در پایداری اکوسیستم، ضرورت استفاده از شاخص‌های معتبر مانند NDVI را دوچندان می‌سازد. در پژوهش‌های متعددی از NDVI به‌عنوان شاخصی قابل اعتماد برای تحلیل تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با شرایط اقلیمی یاد شده است (Avezov et al., 2025).

بحث

در این پژوهش، تأثیرات سد جیرفت بر محیط پیرامونی و اراضی پایین دست سد در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ بررسی شد. تحلیل تغییرات فصلی میانگین شاخص‌های LST، NDVI و NDWI برای هر سال در چهار فصل انجام گرفت. نوآوری این مطالعه در رویکرد تلفیقی آن نهفته است که با ترکیب شاخص‌های سنجش‌ازدور و تحلیل موقعیت‌های ژئومورفولوژیک، امکان درک دقیق‌تر پویایی‌های محیطی و اثرات سد بر چشم‌انداز طبیعی را فراهم می‌کند.

یکی از روش‌های پرکاربرد برای بررسی روند تغییرات متغیرهای محیطی در بازه‌های زمانی مختلف، به‌کارگیری شاخص‌های آماری مناسب است. در این مطالعه برای تحلیل روندهای فصلی و سالانه، آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. این آزمون به دلیل توانایی در شناسایی روندهای یکنواخت در داده‌های سری زمانی و عدم وابستگی به توزیع خاص داده‌ها، ابزاری کارآمد در تحلیل تغییرات بلندمدت محسوب می‌شود. علاوه بر این، مطالعات متعددی نیز کارایی این روش را در ارزیابی روند تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی و سایر متغیرهای محیطی تأیید کرده‌اند (دستی‌گردی و همکاران، ۱۴۰۱؛ Jiang et al., 2015)؛ به همین دلیل، استفاده از آزمون من-کندال در این پژوهش به‌عنوان رویکردی معتبر برای شناسایی تغییرات معنادار در شاخص‌های مورد مطالعه انتخاب شد و مبنای تحلیل نتایج قرار گرفت.

نتایج آزمون من-کندال نشان داد که تأثیر سد بر شاخص‌های محیطی از نظر فصل و موقعیت مکانی متفاوت بوده است. LST عمدتاً کاهش یافت و بیشترین کاهش معنادار در تابستان و پاییز در بخش‌های شمالی و غربی پهنه آبی مشاهده شد که می‌تواند ناشی از اثر خنک‌کنندگی و افزایش رطوبت ناشی از حضور مخزن سد باشد.

شاخص NDVI نشان داد که افزایش‌های معنادار در دره‌ها و حاشیه‌های پهنه آبی، به‌ویژه در بهار و پاییز، رخ داده است که بیانگر بهبود شرایط اکولوژیکی محلی و اثر مثبت سد بر توسعه پوشش گیاهی است؛ درحالی‌که کاهش‌های پراکنده در تابستان و زمستان عمدتاً در نوارهای شمالی و پهنه‌های آبی مشاهده شد. براساس نتایج مهم‌ترین اثرات سد در حوزه تغییرات رطوبت سطحی زمین (شاخص NDWI) بروز می‌کند؛ به‌گونه‌ای که تقریباً در تمامی فصول روند تغییرات معناداری مشاهده شد. این نتایج همسو با مطالعات پیشین است که تأثیر سدهای مخزنی بر کاهش دمای سالانه و افزایش رطوبت محلی را تأیید کرده‌اند (Afzal et al., 2023).

از سوی دیگر، نتایج تحلیل شکل زمین نشان داد که دره‌ها و آبراهه‌های عمیق بیشترین میزان تأثیرپذیری را از تغییرات شاخص‌ها داشته‌اند. همچنین، توپوگرافی منطقه نقش مهمی در تعیین الگوی تغییرات محیطی پیرامون سد دارد. بیشتر محدوده مطالعه توسط قله‌ها و دره‌های عمیق پوشانده شده است و این اشکال زمین بیشترین تأثیر را بر تغییرات دما، پوشش گیاهی و رطوبت سطحی داشته‌اند؛ به‌ویژه در تابستان، کاهش معنادار دما در دره‌ها و آبراهه‌های U شکل مشاهده شد؛ درحالی‌که پوشش گیاهی بیشترین افزایش معنادار را در همان مناطق نشان داد. در پاییز، تغییرات دما و پوشش گیاهی در سایر اشکال زمین، از جمله یال‌ها و زهکش‌های مرتفع، گسترده‌تر شد. شاخص NDWI نیز در تمامی فصول بیشترین افزایش را در حاشیه سد و دره‌ها نشان داد؛ درحالی‌که کاهش‌ها پراکنده و محدود بود. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که نزدیکی به پهنه آبی و ساختار توپوگرافی، از جمله دره‌ها و قله‌ها، به‌عنوان عوامل کلیدی کنترل‌کننده روند تغییرات محیطی عمل می‌کنند و درک این تأثیرات برای مدیریت پایدار منابع آب و پوشش گیاهی در حاشیه سد اهمیت دارد. نتایج این بخش با یافته‌های یی و همکاران (2018) همخوان است که در مطالعه‌ای مشابه به نقش تثبیت‌کننده سدها بر پوشش گیاهی دره‌ها طی یک دهه اشاره کرده‌اند (Yi et al., 2018).

مطالعه یی و همکاران نشان داد که احداث سدها تغییرات درخور توجهی در الگوهای پوشش گیاهی حاشیه‌ای ایجاد می‌کند؛ به‌گونه‌ای که پس از ساخت سد، مقادیر NDVI در دره‌ها یکنواخت‌تر شده و پوشش گیاهی به سمت همگنی پیش می‌رود. نتایج آنها همچنین بیانگر آن بود که ارتفاع سد عامل اصلی تعیین‌کننده میزان تأثیر در جهت طولی است؛ درحالی‌که شکل دره و فاصله از بدنه سد بیشتر بر تغییرات عرضی پوشش گیاهی مؤثرند (Yi et al., 2018). این یافته‌ها همسو با نتایج حاضر است که نشان داد دره‌های شمال‌شرقی محدوده پس از احداث سد به شرایط پایدارتری از نظر پوشش گیاهی دست یافته‌اند؛ البته به غیر از این دره‌ها سایر دره‌ها نیز دارای تأثیرپذیری بودند.

اگرچه سد جیرفت باعث بهبود پوشش گیاهی و افزایش تراکم شاخص‌های محیطی در نواحی نزدیک به مخزن و حاشیه‌های آن شده است، با فاصله گرفتن از سد، اثرات مثبت کاهش می‌یابد و ناسازگاری‌ها و تغییرات نامطلوب در پوشش گیاهی و بهره‌برداری اراضی کشاورزی آشکار می‌شود؛ اما دربخش بررسی اثرات سد بر روی زمین‌های کشاورزی پایین مشخص شد که سد جیرفت تأثیر درخور توجهی بر پوشش گیاهی زمین‌های کشاورزی و مراتع پایین دست داشته است؛ به‌ویژه در مناطق مجاور دهانه خروجی سد و اطراف شهر جیرفت که بیشترین افزایش معنادار در تراکم پوشش گیاهی مشاهده شد.

تحلیل فاصله از سد با شاخص موران نیز نشان داد که اثرات مثبت سد بر پوشش گیاهی با کاهش فاصله از مخزن قوی‌تر است و در نواحی دورتر این تأثیر کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، باوجود افزایش تراکم پوشش گیاهی در برخی اراضی کشاورزی و مراتع، تغییرات شدید و گسترده‌ای در سطح کل مناطق کشاورزی پایین‌دست رخ نداده است که نشان‌دهنده اثر موضعی و متمرکز سد بر اکوسیستم‌های پیرامونی است. شرایط خاص جنوب کرمان باعث شده است که کشاورزی در این منطقه به‌صورت چهار فصل رونق داشته باشد. سد جیرفت در زمان احداث با اهداف تأمین آب شرب، آبیاری زمین‌های کشاورزی و تولید برق ساخته شد. سد جیرفت موجب بهبود پوشش گیاهی و تراکم شاخص‌های محیطی در نواحی نزدیک مخزن و حاشیه‌های آن شده است؛ اما اثرات مثبت با فاصله‌گرفتن از سد کاهش می‌یابد و تغییرات موضعی و متمرکز در اراضی پایین‌دست مشاهده می‌شود. انباشت آب در سد و عدم رهاسازی منظم آن باعث شده است تالاب هامون جازموریان خشک بماند و تنها در زمان سیلاب‌ها، آب اضافی برای آن رهاسازی شود؛ بنابراین، سد با دو مطالبه مهم روبه‌رو است: تأمین آب کشاورزی اراضی پایین‌دست و تأمین حق‌آبه تالاب هامون جازموریان. از طرف دیگر، برای بهبود وضعیت و جلب رضایت جوامع پایین‌دست، لازم است شبکه آبرسانی توسعه یابد و رهاسازی آب به گونه‌ای انجام شود که با شرایط فصلی و دمای پایین مطابقت داشته باشد تا از آسیب به اراضی کشاورزی جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تأثیرات محیطی سد جیرفت در جنوب کرمان طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰، ارزیابی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی و شاخص‌های سنجش از دور، تغییرات پوشش گیاهی، رطوبت سطحی، دما و تعامل آنها با شکل زمین بررسی شدند. نوآوری پژوهش در ترکیب تحلیل سری زمانی با ارزیابی مبتنی بر واحدهای ژئومورفولوژیک و شکل زمین است که امکان درک دقیق و مکانی از اثرات سد بر اکوسیستم‌های پیرامونی را فراهم می‌کند. یافته‌های کلیدی این مطالعه عبارت‌اند از:

- سد جیرفت موجب افزایش معنادار پوشش گیاهی در نواحی نزدیک مخزن، به‌ویژه در دره‌ها و آبراهه‌های عمیق شده است که این مناطق به‌عنوان میکروکلیمای پایدار با رطوبت بالاتر عمل می‌کنند.
 - تغییرات شاخص‌های محیطی (LST، NDVI و NDWI) به‌صورت فصلی و مکانی متفاوت بوده و افزایش یا کاهش معنادار آنها در هر فصل در نواحی مشخصی از دره‌ها، حاشیه‌ها و پهنه‌های آبی رخ داده است.
 - تحلیل شکل زمین نشان داد که دره‌ها و شبکه‌های آبراهه بیشترین تأثیرپذیری را از تغییرات شاخص‌های محیطی دارند و نزدیکی به پهنه آبی و ساختار توپوگرافی، ازجمله قله‌ها و دره‌ها، نقش کلیدی در کنترل روند تغییرات محیطی دارد.
 - اثرات مثبت سد به‌صورت محلی و متمرکز بوده است؛ با فاصله‌گرفتن از سد، تغییرات مثبت کاهش می‌یابد و ناسازگاری‌ها و اثرات نامطلوب در پوشش گیاهی و بهره‌برداری اراضی کشاورزی آشکار می‌شود.
- با توجه به اهداف و محدوده این مطالعه، می‌توان گفت سد جیرفت موجب تغییرات محیطی معنادار در حاشیه مخزن و دره‌های اطراف آن شده است و اثرات محلی بر شاخص‌های پوشش گیاهی، رطوبت و دمای سطح زمین را نشان می‌دهد. در اراضی پایین‌دست سد، نتایج تغییرات مثبت معنادار پوشش گیاهی محدود بوده و اثر مستقیم سد

کمر آشکار است. افزایش پوشش گیاهی و توسعه باغداری، به ویژه در بالادست، ممکن است ناشی از تغییرات رطوبت محیطی یا حتی بهره‌برداری از چاه‌های آب در پایین‌دست باشد؛ بنابراین، برای تفکیک دقیق‌تر اثرات سد و سایر عوامل انسانی و محیطی، پژوهش‌های تکمیلی با داده‌های میدانی و تحلیل منابع آب لازم است.

با توجه به شرایط خاص کشاورزی چهار فصل در جنوب کرمان و محدودیت شبکه آبرسانی پایین‌دست، سد با دو چالش اصلی مواجه است: تأمین آب کشاورزی اراضی پایین‌دست و حفظ حق‌آبه تالاب هامون جازموریان. مدیریت بهینه رهاسازی آب و توسعه شبکه آبرسانی برای بهبود رضایتمندی جوامع پایین‌دست و جلوگیری از آسیب به اراضی کشاورزی ضروری است.

در حوزه اجرایی، پیشنهاد می‌شود: الگوهای کشت پایین‌دست، شناسایی، کارایی شبکه آبرسانی سد، بررسی و کانال‌های موجود تکمیل و لایروبی شوند.

در حوزه پژوهشی، توصیه می‌شود: ارتباط بین جزایر حرارتی سرد و موقعیت پهنه آب بررسی شود، الگوی حرکتی لکه‌های پوشش گیاهی کمی‌سازی شود، رضایتمندی جوامع پایین‌دست از رهاسازی آب مطالعه شود، زمین‌های کشاورزی مشروب با آب سد از سایر پوشش‌ها تفکیک شود و تخمین حق‌آبه تالاب هامون جازموریان به‌صورت دقیق انجام گیرد.

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی و پلتفرم GEE دیدی شفاف و جامع از تغییرات محیطی ناشی از سد فراهم کرد و جایگزینی کارآمد برای نمونه‌برداری میدانی پرهزینه ارائه داد. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری برای مدیریت پایدار منابع آب، بهبود شبکه‌های آبرسانی، پایش محیطی و برنامه‌ریزی برای رضایت جوامع پایین‌دست و حفاظت از تالاب‌ها استفاده شود. همچنین، می‌تواند پیامدهای محیط زیستی بلندمدت و آسیب‌پذیری‌های شکل زمین در پروژه‌های سدسازی را مورد توجه قرار دهد.

منابع

دستی‌گردی، مرتضی، نادی، مهدی، رائینی سرجاز، محمود، و کیاپاشا، خدیجه (۱۴۰۱). تحلیل روند پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در شمال شرق ایران. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۹(۱)،

۱۳۵-۱۵۰. <https://doi.org/10.22069/jwsc.2022.20208.3554>

References

- Afzal, J., Yihong, Z., Qayum, M., Afzal, U., & Aslam, M. (2023). Effects of dam on temperature, humidity and precipitation of surrounding area: A case study of Gomul Zam Dam in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 14592-14603. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23112-7>
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using Landsat 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016(1), 1480307. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Avezov, S., Rakhimbabaeva, M., Ibraimova, A., Maksumkhanova, A., & Rasulov, A. (2025). Temporal analysis of NDVI-LST relationship using MODIS data: A case study of the Bukhara region, Uzbekistan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3286, No. 1, p. 050006). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0281725>

- Bihon, Y. T., Mohammed, A. K., & Ayele, E. G. (2025). Spatiotemporal analysis of land use and land cover using random forest in Google Earth engine: A case study of the Grand Ethiopian Renaissance Dam basin and reservoir, Upper Blue Nile, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 21, 101311. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101311>
- Dale, B., Dananto, M., & Kifle, B. (2025). Dynamics of land use land cover change and its effect on urban heat island in Halaba Kulito Town. *Heliyon*, 11(2), e41689. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41689>
- Dastigerdi, M., Nadi, M., Raeini Sarjaz, M., & Kiapasha, K. (2024). Trend analysis of MODIS NDVI time series and its relationship to temperature and precipitation in Northeastern of Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29(1), 135-150. <https://doi.org/10.22069/jwsc.2022.20208.3554> [In Persian]
- Degu, A. M., Hossain, F., Niyogi, D., Pielke Sr., R., Shepherd, J. M., Voisin, N., & Chronis, T. (2011). The influence of large dams on surrounding climate and precipitation patterns. *Geophysical Research Letters*, 38(4). <https://doi.org/10.1029/2010GL046482>
- Didan, K. (2021). *MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 0.05 Deg CMG V061*. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (DAAC). <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13C1.061>
- Guo, A., Yang, J., Sun, W., Xiao, X., Xia Cecilia, J., Jin, C., & Li, X. (2020). Impact of urban morphology and landscape characteristics on spatiotemporal heterogeneity of land surface temperature. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102443. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102443>
- Hoang, B.-M., Goldenberg-Vilar, A., Barquín, J., & Peñas, F. J. (2025). The effect of dams and land use changes on river water characteristics and primary producers. *Journal of Environmental Management*, 391, 126431. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126431>
- Isaya Ndossi, M., & Avdan, U. (2016). Application of open source coding technologies in the production of Land Surface Temperature (LST) maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. *Remote Sensing*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/rs8050413>
- Jafari, R., & Hasheminasab, S. (2017). Assessing the effects of dam building on land degradation in central Iran with Landsat LST and LULC time series. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(2), 74. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5792-y>
- Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., & Shen, W. (2015). Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators*, 51, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.031>
- Kandya, A., Sarkar, J., Chhabra, A., Chauhan, S., Khatri, D., Vaghela, A., & Kolte, S. (2021). Statistical assessment of the changing climate of Vadodara City, India During 1969–2006. *European Journal of Environment Science*, 3(1), 1-18. <https://doi.org/10.34154/2021-ejcc-0015-01-18/euraass>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Montanher, O. C., Filho, W. P., & Novo, E. M. L. M. (2025). Major reductions in riverine suspended sediment levels caused by changes in agricultural practices and dams in Southern Brazil (1984–2024). *Science of the Total Environment*, 997, 180195. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180195>
- Parvar, Z., Saeidi, S., & Mirkarimi, S. (2024). Integrating meteorological and geospatial data for forest fire risk assessment. *Journal of Environmental Management*, 358, 120925. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120925>
- Parvar, Z., & Salmanmahiny, A. (2024). PyLST: A remote sensing application for retrieving land surface temperature (LST) from Landsat data. *Environmental Earth Sciences*, 83(12), 373. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11644-9>
- Rahimi, E., Dong, P., & Jung, C. (2025). Global NDVI-LST correlation: Temporal and spatial patterns from 2000 to 2024. *Environments*, 12(2), 67. <https://doi.org/10.3390/environments12020067>
- 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(2), 14. <https://doi.org/10.1007/s41651-018-0021-y>

- Singh, R., Saritha, V., & Pande, C. B. (2024). Dynamics of LULC changes, LST, vegetation health and climate interactions in Wetland buffer zone: A remote sensing perspective. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 135, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103660>
- Taloor, A. K., Drinder Singh, M., & Chandra Kothiyari, G. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. *Applied Computing and Geosciences*, 9, 100051. <https://doi.org/10.1016/j.acags.2020.100051>
- Tanjina Hasnat, G. N. (2022). Assessment of spatiotemporal distribution pattern of land surface temperature with incessant urban sprawl over Khulna and Rajshahi City Corporations. *Environmental Challenges*, 9, 100644. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100644>
- Toledo Salgado, S. R., Carvalho, E., Viseu, M. T., & de Oliveira, O. F. (2025). Influence of land use and land cover datasets on dam-break modeling in the semiarid region of Brazil. *Natural Hazards*, 121(15), 18295-18319. <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07517-4>
- Weiss, A. (2001, July). Topographic position and landforms analysis. In *Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA* (Vol. 200, p. 2001). https://env761.github.io/assets/files/tpi-poster-tnc_18x22.pdf
- Yi, Y.-J., Zhou, Y., Song, J., Zhang, S., Cai, Y., Yang, W., & Yang, Z. (2018). The effects of cascade dam construction and operation on riparian vegetation. *Advances in Water Resources*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.09.015>
- Zareie, S., Mohammadi, S., & Rabiei-Dastjerdi, H. (2025). Determining the effects of large dams and urbanization on soil salinity and surface temperature using satellite images in a Middle Eastern country. *Discover Sustainability*, 6(1), 393. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01168-y>
- Zeybekoğlu, U. (2023). Temperature series analysis of the Hirfanli Dam Basin with the Mann-Kendall and Sequential Mann-Kendall tests. *Turkish Journal of Engineering*, 7(4), 306-313. <https://doi.org/10.31127/tuje.1145716>