

Study of vegetation cover changes in north khorasan province using remote sensing-based vegetation indices (Case study: Jiransu Rangelands)

Reza Omidipour^{1*}, Mohabat Nadaf²

1. Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2. Department of Cell and Molecular Biology, Faculty of Basic Sciences, Kosar University of Bojnord, Bojnord Iran

*Corresponding author: R.omidipour@ilam.ac.ir

(Received: 14 December 2024

Revised: 05 January 2025

Accepted: 13 January 2025)

Extended Abstract

Introduction: Rangelands, as renewable natural resources, play a vital role in environmental preservation and in meeting the needs of both livestock and vegetation. These resources not only provide forage for livestock but also protect soil and water. However, unplanned land-use changes and degradation of vegetation cover in Iran, especially over the past four decades, have led to a decline in the quality of these resources. Factors such as population growth, urbanization, and overgrazing by livestock have contributed to rangeland degradation. In this context, remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) are efficient tools for monitoring these changes. These technologies enable precise monitoring of environmental changes and the identification of factors such as soil salinity and erosion without the need for costly traditional methods. The use of satellite data provides valuable insights for assessing vegetation cover changes, drought impacts, and other environmental threats. Therefore, these tools play a significant role in natural resource management and rangeland conservation.

Materials and Methods: This study focuses on the Jiransu winter rangeland in the Maneh and Samalqan district, covering an area of 2,168 hectares. Located in northwestern Iran, the region has a cold and dry climate with an annual rainfall of 223 mm. To analyze vegetation cover changes, Landsat time-series images (TM and OLI) and Google Earth images were used. Satellite images with a spatial resolution of 30 meters were collected from different years (1997, 2002, 2008, 2013, 2018, and 2023) from the US Geological Survey (USGS) archive. After data preprocessing to ensure quality and correct geometric and radiometric errors, the images were processed using various techniques such as histogram adjustment and color composite for information enhancement. NDVI and MSAVI vegetation indices were employed for vegetation analysis. Subsequently, vegetation cover changes were analyzed using image differencing and threshold classification methods.

Results and Discussion: The results revealed that during the analyzed time periods, the lowest vegetation index values were observed in 2008, coinciding with a severe drought in Iran. This reduction in vegetation cover highlights its strong dependence on rainfall and climatic conditions. Land-use changes showed similar trends, particularly during the 1997–2008 period, where approximately 226 hectares of poor rangeland were lost, representing 10% of the total rangeland area. In the subsequent period (2008–2013), approximately 323 hectares of poor rangeland decreased, with declining classes covering more than 14% of the area. These findings indicate that RS methods, particularly those using vegetation indices, are efficient and accurate tools for monitoring vegetation changes and assessing rangeland conditions. Overall, the study emphasizes that satellite images and vegetation indices like NDVI and MSAVI offer significant accuracy in detecting ecological changes and trends, especially in dry and semi-arid regions, compared to traditional methods.

Conclusion: This study emphasizes the importance of NDVI and MSAVI indices in monitoring vegetation cover changes and demonstrates that these indices can effectively track degradation trends and environmental changes. These indices, particularly in dry and semi-arid regions impacted by climate change and drought, play a key role in modeling vegetation decline and rangeland productivity. Furthermore, the results suggest that using these indices, due to their ability to correct for bare soil effects and their effectiveness in assessing vegetation changes, provides valuable tools for rangeland monitoring and management. These tools can aid in identifying degraded areas and, by providing timely and accurate data, help predict and manage rangeland degradation. Therefore, integrating these indices into comprehensive natural resource management programs and utilizing them in detailed environmental assessments can play a crucial role in enhancing conservation efforts for natural resources. Additionally, their application can have a profound impact on the restoration and improvement of ecosystem health, leading to long-term environmental sustainability.

Keywords: Satellite imagery, Vegetation cover changes, RS, Vegetation indices NDVI and MSAVI, Rangeland

Citation: Omidipour, R. & Nadaf, M. (2026). Study of vegetation cover changes in north khorasan province using remote sensing-based vegetation indices (Case study: Jiransu Rangelands). *Integrated Watershed Management*, 6(1), 24-42. doi= 10.22034/iwm.2025.2048142.1195

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی تغییرات پوشش گیاهی در استان خراسان شمالی با استفاده از شاخص‌های پوشش

گیاهی مبتنی بر سنجش از دور (مطالعه موردی: مراتع جیرانسو)

رضا امیدپور^{۱*}، محبت نداف^۲

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲. گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی دانشکده علوم پایه، دانشگاه کوثر بجنورد، بجنورد، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: R.omidipour@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۴

چکیده مبسوط

مقدمه: مراتع به عنوان منابع طبیعی تجدیدشونده، نقش مهمی در حفظ محیط‌زیست و تأمین نیازهای دامی و گیاهی دارند. این منابع علاوه بر تأمین علوفه برای دام‌ها، از خاک و آب محافظت می‌کنند. با این حال، تغییرات بی‌برنامه کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی در ایران، به ویژه در چهار دهه اخیر، باعث کاهش کیفیت این منابع شده است. عواملی مانند افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و چرای بی‌رویه دام‌ها به تخریب مراتع منجر شده است. در این میان، سنجش از دور (RS) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای کارآمدی برای پایش این تغییرات هستند. این فناوری‌ها به طور دقیق و بدون نیاز به روش‌های سنتی پرهزینه، امکان نظارت بر تغییرات محیطی و شناسایی عواملی مانند شوری خاک و فرسایش را فراهم می‌کنند. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی، اثرات خشکسالی‌ها و دیگر تهدیدات زیست‌محیطی کمک کند. به همین دلیل، این ابزارها در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از مراتع اهمیت بسیاری دارند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، مرتع فشلاقی جیرانسو در شهرستان مانه و سملقان به مساحت ۲۱۶۸ هکتار مورد مطالعه قرار گرفته است. این منطقه با اقلیم خشک و سرد و بارندگی سالانه ۲۲۳ میلی‌متر در شمال غرب ایران واقع است. برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی، از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی لندست (TM و OLI) و تصاویر گوگل‌ارت استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی ۳۰ متر و به تاریخ‌های مختلف (۱۹۹۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳، ۲۰۱۸، و ۲۰۲۳) از آرشیو سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) جمع‌آوری گردید. پس از پیش‌پردازش داده‌ها برای کنترل کیفیت و رفع خطاهای هندسی و رادومتر، تصاویر با استفاده از روش‌های مختلف پردازش مانند تعدیل هیستوگرام و ترکیب رنگی برای بازسازی اطلاعات مورد بررسی قرار گرفتند. برای تحلیل پوشش گیاهی، از شاخص‌های NDVI و MSAVI استفاده شد. سپس روند تغییرات پوشش گیاهی با دو روش تفاضل تصویر و طبقه‌بندی آستانه‌ای بررسی گردید. **نتایج و بحث:** نتایج این تحقیق نشان داد که در دوره‌های مختلف زمانی، کمترین مقدار شاخص‌های پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۸ مشاهده شد، که همزمان با خشکسالی شدید در ایران بوده است. این کاهش در پوشش گیاهی نشان‌دهنده وابستگی شدید آن به بارندگی و شرایط اقلیمی است. بررسی تغییرات کاربری اراضی نیز نتایج مشابهی را نشان داد؛ به‌طور خاص، در دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۷، حدود ۲۲۶ هکتار از اراضی مرتعی فقیر از بین رفت، که معادل ۱۰ درصد از مساحت کل مرتع بود. همچنین، در دوره بعدی (۲۰۱۳-۲۰۰۸)، حدود ۳۲۳ هکتار از اراضی مرتعی فقیر کاهش یافت و کلاس‌های کاهشی بیش از ۱۴ درصد از سطح منطقه را پوشش داد. این نتایج تأکید می‌کند که روش‌های سنجش از دور، به‌ویژه با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی، ابزارهایی کارآمد و دقیق برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی و پایش وضعیت مراتع هستند. به طور کلی این تحقیق نشان داد که برای پایش دقیق وضعیت مراتع، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های گیاهی مانند NDVI و MSAVI، علاوه بر ارائه اطلاعات مشابه به روش‌های سنتی، دقت بالاتری در شناسایی تغییرات و روندهای اکولوژیکی به‌ویژه در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش بر اهمیت شاخص‌های NDVI و MSAVI در بررسی تغییرات پوشش گیاهی تأکید دارد و نشان می‌دهد که این شاخص‌ها توانایی پایش روند تخریب و تغییرات زیست‌محیطی را دارند. این شاخص‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بیشتر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌ها قرار دارند، نقش مهمی در شبیه‌سازی کاهش پوشش گیاهی و تولیدات مرتعی ایفا می‌کنند. همچنین، نتایج نشان می‌دهند که استفاده از این شاخص‌ها به دلیل اصلاح اثرات خاک لخت و قابلیت بالا در ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی، ابزاری مؤثر برای پایش و مدیریت مراتع هستند. این ابزارها می‌توانند به شناسایی مناطق آسیب‌دیده کمک کرده و با فراهم کردن داده‌های دقیق و به‌موقع، روند تخریب مراتع را پیش‌بینی و مدیریت کنند. از این رو، به‌کارگیری این شاخص‌ها در برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی‌های زیست‌محیطی می‌تواند در حفاظت از منابع طبیعی و بهبود وضعیت اکوسیستم‌ها تأثیر قابل توجهی داشته باشد.

کلیدواژه: تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات پوشش گیاهی، سنجش از دور، شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و MSAVI، مرتع

استناد: امیدپور، ر. و نداف محبت، م. (۱۴۰۵). بررسی تغییرات پوشش گیاهی در استان خراسان شمالی با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی مبتنی بر سنجش از دور (مطالعه موردی: مراتع جیرانسو). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۶(۱)، ۲۴-۴۲.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

مراعات یکی از منابع طبیعی تجدیدشونده با استفاده‌های متنوع می‌باشند (Savari, 2023) که بیشترین سطح اراضی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. حفاظت خاک، حفاظت محیط‌زیست، ایجاد مناطق تفریحی، تولید گیاهان دارویی، تولید گیاهان صنعتی، تولید محصولات دامی، تأمین آب و آبیان، و حفظ حیات وحش و شکار از منافع و فواید مهم مراعات هستند (Han *et al.*, 2008). امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی و پوشش گیاهی به یک مشکل حاد تبدیل شده است. اکثر این تغییرات بدون یک برنامه‌ریزی مدون و با توجه اندک به اثرات زیست‌محیطی انجام می‌شود (Pawe & Saikia, 2018). در چهار دهه گذشته، این تغییرات در ایران با سرعت فزاینده‌ای به وقوع پیوسته است که باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است (Kyriazopoulos *et al.*, 2013). از آنجا که تغییرات در کاربری اراضی و پوشش گیاهی در سطوح وسیع صورت می‌گیرد، فناوری سنجش از دور^۱ به‌عنوان یک ابزار ضروری و باارزش در ارزیابی تغییرات کره زمین شناخته می‌شود.

سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای مهمی برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی همچون نقشه پوشش گیاهی، نقشه خاک، نقشه شوری و کاربری اراضی محسوب می‌شوند. این فناوری‌ها امکان بررسی دقیق وضعیت مراعات و شناسایی عوامل تخریب‌کننده مانند شوری خاک، فرسایش و کاهش سطح آب زیرزمینی را فراهم می‌کنند (Dong *et al.*, 2009). گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پوشش گیاهی با روش‌های سنتی بسیار مشکل و پرهزینه است؛ اما داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده این تغییرات را فراهم می‌سازند (Eskandari Damaneh *et al.*, 2022). نتایج این ارزیابی‌ها باید توسط تصمیم‌گیران در سطوح محلی، ملی و جهانی برای جلوگیری از زیان‌های اقتصادی، اجتماعی و

زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرند (Robinson *et al.*, 2019). تحقیقات انجام‌شده در زمینه پایش و ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های سنجش از دور در مناطق مختلف جهان توانسته به درک بهتری از روند تغییرات زیست‌محیطی کمک کند (Higginbottom *et al.*, 2021; Soydan, 2020; Zheng *et al.*, 2018). به‌عنوان نمونه، Sharif و Hamzeh (۲۰۲۱) تغییرات پوشش گیاهی و شوری خاک در پایین‌دست سد گتوند را پایش و پس از آنگیزی این سد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. این تحقیق نشان داد که داده‌های سنجش از دور، ابزاری کارآمد برای پایش دقیق اثرات پروژه‌های بزرگ زیربنایی بر محیط‌زیست هستند. همچنین Karimi Mofareh و همکاران (۲۰۲۰) از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش پوشش گیاهی مراعات دماوند بهره بردند. نتایج این پژوهش، تغییرات ساختاری در مراعات را آشکار ساخت و بر اهمیت استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت منابع طبیعی تأکید کرد. در سطح بین‌المللی، Zheng و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌های چین را با داده‌های ماهواره‌ای مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که این فناوری‌ها می‌توانند به حفاظت و مدیریت بهتر تالاب‌ها کمک کنند. همچنین Soydan (۲۰۲۰) در ترکیه از شاخص NDVI برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در محدوده سد آکایا استفاده کرد. این شاخص سنجش از دوری نشان‌دهنده تغییرات کیفیت و تراکم پوشش گیاهی در طول زمان بود و نقشی کلیدی در تحلیل اثرات تغییرات محیطی ایفا کرد. در پژوهشی دیگر، Helman و Mussery (۲۰۲۰) کارایی تصاویر ماهواره‌ای لندست را برای ارزیابی تغییرات گیاهان در مناطق میان‌دره‌ای بررسی کردند و اثربخشی این داده‌ها را در تحلیل الگوهای تغییرات منطقه‌ای نشان دادند. این پژوهش‌ها همگی بر قابلیت‌های گسترده و دقیق فناوری‌های سنجش از دور تأکید دارند و نشان می‌دهند

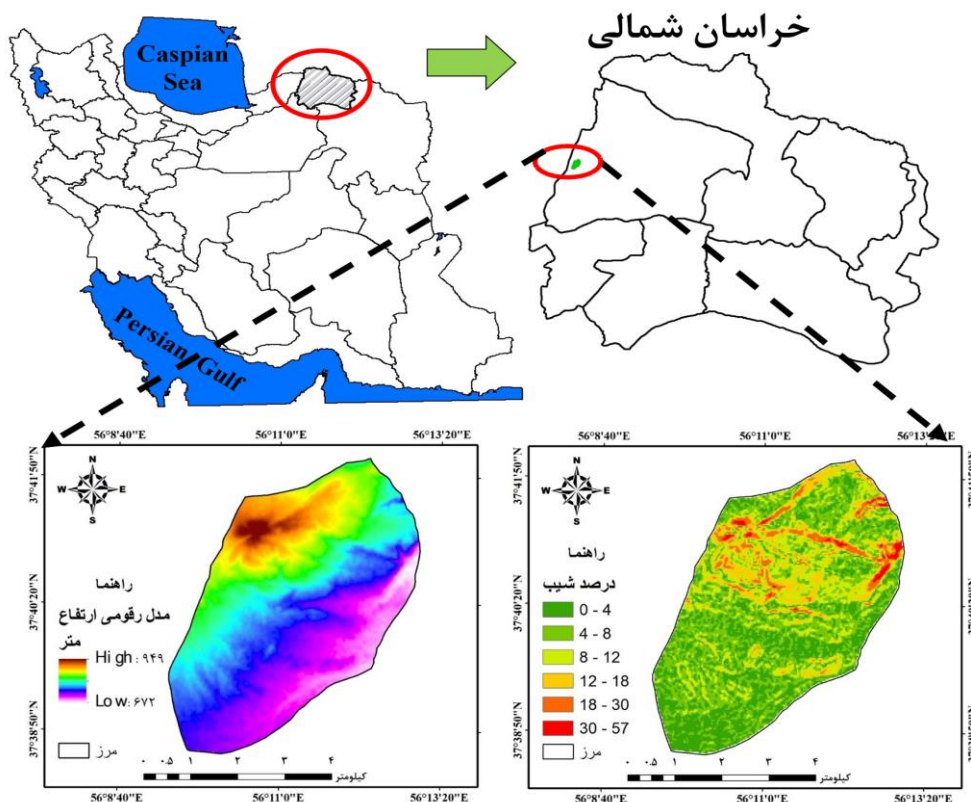
۲۱۶۸ هکتار دارد. این مرتع در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شمال غربی، مرکز بخش (شهر آشخانه) قرار گرفته است. این منطقه در طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۶ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۳ دقیقه قرار دارد. نمایی از موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. منطقه جیرانسو دارای اقلیم خشک سرد با متوسط بارندگی سالانه ۲۲۳/۷ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۶/۰۲ درجه سانتی‌گراد است. بارندگی عمدتاً از آذر تا اردیبهشت رخ داده و بیشترین میزان آن در فروردین است، در حالی که دوره خشکی از اواسط فروردین تا اواسط مهر ادامه دارد و در تیر و مرداد به اوج می‌رسد. این منطقه سالانه ۹۲ روز یخبندان دارد که بیشتر در دی‌ماه رخ می‌دهد. تابستان‌ها گرم و آفتابی بوده (۲۷۱۵ ساعت آفتابی سالانه) و بادهای غالب از غرب و شمال‌غرب می‌وزند. به‌طور کلی، اقلیم منطقه بر اساس شاخص‌های آمبرژه و دومارتن خشک و سرد طبقه‌بندی می‌شود (Nadaf et al., 2023).

که چنین ابزارهایی چگونه می‌توانند اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت پایدار مراتع و کاهش آثار زیان‌بار تغییرات محیط‌زیستی ارائه کنند. بنابراین در این تحقیق، تغییرات پوشش گیاهی مراتع جیرانسو، از توابع شهرستان مانه و سملقان در خراسان شمالی، با استفاده از ارزیابی اکولوژیکی و سنجش از دور بررسی شده است. با توجه به عدم مطالعه پوشش گیاهی در منطقه جیرانسو و افزایش نگرانی از تخریب فزاینده پوشش گیاهی در این منطقه، تحقیق حاضر نتایج مهمی را در راستای اطلاع از میزان تخریب‌های موجود و همچنین روند بلندمدت این تغییرات برای مدیران و تصمیم‌گیران مدیریت منابع طبیعی فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، مرتع قشلاقی جیرانسو در شهرستان مانه و سملقان، بخش مرکزی و دهستان جیرانسو واقع شده است و مساحتی برابر با



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1- Location of the study area

امیدی‌پور و همکاران

روش تحقیق

جمع‌آوری اطلاعات مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره از ابزارهای مهم در پایش تغییرات پوشش گیاهی هستند (Higginbottom *et al.*, 2018; Soydan, 2020; Zheng *et al.*, 2021). در این تحقیق، برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی، از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی لندست با سنجنده‌های مختلف مانند TM و OLI (جدول ۱) و همچنین تصاویر

گوگل‌ارث استفاده شد. انتخاب زمان برداشت تصویر و روش آشکارسازی تغییرات، دو فاکتور کلیدی برای دقت نتایج هستند. تصاویر ماهواره‌ای از آرشیو سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ تهیه گردید. جهت کاهش خطای تصاویر ماهواره‌ای، در این تحقیق از تصاویر اصلاح شده تحت عنوان Lndatsat Level-2 and Collection-2 استفاده شد که تصحیحات لازم روی آنها انجام شده است (Choate *et al.*, 2021).

جدول ۱- اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table 1 - Information of satellite images used

ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویر	قدرت تفکیک مکانی (متر)	ابرنیکی (درصد)	خطای هندسی (متر)
Satellite	Sensor	Image date	Spatial resolution (m)	Cloudness (%)	Geometric error (m)
لندست 5	TM	17/5/1997	30	3	*
لندست 5	TM	24/5/2002	30	6	4.47
لندست 5	TM	24/5/2008	30	1.2	4.35
لندست 8	OLI	20/5/2013	30	0.17	5.29
لندست 8	OLI	20/5/2018	30	0.15	5.13
لندست 8	OLI	26/5/2023	30	0.21	4.68

*میزان خطای هندسی برای این سال در فایل اطلاعات پایه (Metadata) تصویر ارائه نشده است.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این تحقیق، از داده‌هایی استفاده شد که توسط ایستگاه‌های گیرنده تصحیح شده و با نقشه دقیق زمین‌مرجع شده بودند (جدول ۱). همچنین برای کنترل کیفیت و بررسی خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک (هندسی و رادیومتر)، داده‌ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این راستا، پس از نمایش تک باندها و ترکیبات رنگی در نرم‌افزار ENVI ver. 5.3 و بزرگ‌نمایی آنها، داده‌ها از نظر خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی، خطاهای اسکن و پیکسل‌های دوگانه بررسی شدند که هیچ‌کدام از این خطاها مشاهده نگردید. همچنین، با بررسی هیستوگرام تک باندها و آمارهای مربوطه (میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر)، هیچ عامل غیرطبیعی که بر پدیده‌های زمینی تأثیر منفی داشته باشد، مشاهده نشد.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

برای نمایش بهتر کلاس‌های اطلاعاتی و شناسایی آنها، کنتراست‌های مختلف بر روی تصاویر اعمال می‌شود تا کلاس‌ها واضح‌تر شده و شناسایی آنها آسان‌تر گردد. در این مطالعه از تعدیل هیستوگرام برای بارزسازی تصاویر استفاده شد. با بسط خطی اشباعی، کنتراست بهتری از تصویر حاصل می‌شود؛ در این روش، تعداد یکسانی از سلول‌ها به هر سطح داده اختصاص داده می‌شود، بدون اینکه سلول‌ها بین طبقات مختلف تقسیم شوند. این بسط باعث ایجاد هیستوگرامی یکنواخت و تصویری با کنتراست بالا می‌گردد. تصویر با تعدیل هیستوگرام اطلاعات بیشتری ارائه می‌دهد. ترکیب رنگی یکی از روش‌های مهم بارزسازی است که امکان مشاهده اطلاعات سه باند مستقل در یک زمان را فراهم می‌کند. انتخاب باندها به نوع کاربرد بستگی دارد و تفکیک پدیده‌ها با رنگ، نتایج

گیاهی متراکم به سمت +۱ میل می‌کند و ابرها، برف و آب ارزش منفی دارند (Serrano et al., 2000). خاک و سنگ نیز مقادیر نزدیک به صفر دارند.

شاخص SAVI

شاخص SAVI به عنوان شاخص پوشش گیاهی تعدیل کننده اثر بازتابش خاک شناخته می‌شود (Huete, 1988). این شاخص توسط Huete و همکاران (۱۹۸۴) با هدف حداقل کردن اثرات خاک زمینه در انعکاس پوشش گیاهی پیشنهاد شد. در معادله مطرح شده برای این شاخص، L فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است که معمولاً با سعی و خطا محاسبه می‌شود. اگر L صفر باشد SAVI معادل شاخص NDVI می‌باشد. برای مقادیر متوسط پوشش گیاهی مقدار L در حدود ۰/۵ می‌باشد (Huete, 1988). فاکتور (L+1) تضمین می‌کند که حدود SAVI همانند NDVI بین -۱ تا +۱ باشد. این شاخص بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)/255}{((\frac{NIR+RED}{255})+L)} * (L + 1) \quad (2)$$

لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر برای کاهش اثر بازتابش خاک و بهبود صحت نتایج، از شاخص اصلاح شده SAVI که تحت عنوان MSAVI شناخته می‌شود، استفاده شد. همچنین با توجه به اطلاعات بدست آمده از مقدار پوشش گیاهی منطقه در بررسی میدانی، مقدار شاخص L برای محاسبه شاخص MSAVI در این تحقیق برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد.

بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی برای شش دوره زمانی شامل ۱۹۹۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ بر اساس دو شاخص NDVI و MSAVI بررسی تغییرات آنها با استفاده از دو روش مرسوم تفاضل تصویر و طبقه‌بندی نقشه به کلاس وضعیت مرتع بر اساس آستانه‌های پیشنهادی انجام شد. روش دوم به عنوان روش آستانه معروف بوده و در آن بر اساس

بهتری می‌دهد. تصاویر رنگی کاذب با ترکیب باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ و ۲، ۳، ۴ و ۱ و غیره تولید شد که به تجسم انواع کاربری‌ها کمک می‌کند. همچنین از ترکیبات باندی در انتخاب نمونه‌های آموزشی و تفسیر بصری استفاده شده است.

محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی

در این مرحله دو شاخص از شاخص‌های پرکاربرد در زمینه مطالعات پوشش گیاهی در دنیا شامل NDVI و MSAVI انتخاب و محاسبه شد. شاخص NDVI در گروه شاخص‌های شیب‌محور بوده که از نسبت دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک برای مشخص کردن مقدار پوشش گیاهی استفاده می‌کند در حالی که شاخص MSAVI از شاخص‌های فاصله‌محور بوده که با استفاده از فاکتور تعدیل کننده اثر خاک (فاکتور L) سعی در کاهش اثر بازتابش خاک و اثرات منفی آن بر پوشش دارند و در مناطق خشک کاربرد بیشتری دارند (Omidipour et al., 2020).

شاخص NDVI

شاخص NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها در مطالعات پوشش گیاهی است (Jafari et al., 2017). این شاخص حساسیت بالایی به تغییرات پوشش گیاهی دارد و در مقابل اثرات زمینی و جوی، به‌ویژه در پوشش گیاهی کم، حساسیت کمتری نشان می‌دهد. این شاخص توسط Rouse (۱۹۷۳) معرفی شد و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

که در آن NIR بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب در باند قرمز است. شاخص NDVI به بررسی وضعیت رشد پوشش گیاهی، ویژگی‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی (مانند رطوبت و کلروفیل) و پارامترهای اکوسیستم (مثل بارش و تبخیر) کمک می‌کند. مقادیر این شاخص بین +۱ و -۱ تغییر می‌کند (Rafiei Sardooi et al., 2021)، به طوری که پوشش

امیدی‌پور و همکاران

جدول ۲- تفکیک کلاس‌های مختلف وضعیت مرتع بر اساس شاخص‌های مورد استفاده

Table 2 - Classification of Rangeland Conditions Based on Used Indices

وضعیت مرتع	حدافل شاخص	حداکثر شاخص
Range condition	NDVI یا MSAVI	NDVI یا MSAVI
مرتع فقیر	0.01	0.12
مرتع متوسط	0.12	0.17
مرتع خوب	0.17	0.28
مرتع عالی	0.28	بیش از 0.28

دامنه‌های مشخصی از مقادیر هر شاخص، کلاس وضعیت پوشش آن مشخص خواهد شد. با توجه به وجود اقلیم خشک و نیمه‌خشک در منطقه مورد مطالعه، از آستانه‌های پیشنهادی توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۷) برای مناطق بیابانی استان اصفهان استفاده شده است. در ادامه توضیحات مربوط به دو روش ارائه شده است.

تفاضل تصویر

در این روش ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ دوم از روش‌های رقومی در تاریخ اول کم می‌شود. این فرآیند به صورت پیکسل به پیکسل است. نتیجه این روش تولید تصویری است که در آن مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده مناطق تغییر یافته (تغییرات کاهشی یا افزایشی) و مقدار صفر نشان دهنده عدم تغییر بین دو تاریخ است. در ادامه، نتایج باید در سه دسته تغییرات افزایشی (اعداد مثبت)، تغییرات کاهشی (اعداد منفی) و بدوت تغییرات یا ثابت (دامنه صفر و نزدیک صفر) دسته‌بندی می‌شود که این فرآیند نیازمند تعیین اعداد به‌عنوان آستانه کلاس‌ها می‌باشد.

مدل‌سازی خصوصیات پوشش گیاهی

در تحقیق حاضر برای مدل‌سازی خصوصیات مختلف پوشش گیاهی (درصد پوشش گیاهی، درصد خاک لخت، درصد سنگ و سنگریزه و درصد لاشبرگ) از اطلاعات میدانی برداستی از منطقه استفاده شد. در این راستا و در فصل رویشی برابر با اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد سال ۱۴۰۲ با استفاده از ۵۰ پلات ۳۰*۳۰ مترمربعی انجام شد. درون هر پلات، از ۵ کوادرات ۱*۱ مترمربعی برای برداشت اطلاعات پوشش گیاهی استفاده شد. در مجموع، در منطقه مورد مطالعه ۲۵۰ کوادرات نمونه‌برداری شد.

نتایج

شاخص پوشش گیاهی

در این بخش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف لندست ۵ و ۸، اقدام به استخراج نقشه شاخص پوشش گیاهی بر اساس دو شاخص NDVI و MSAVI شد (جدول‌های ۳ و ۴). سپس بر اساس آستانه‌های پیشنهادی برای کلاس‌های مختلف وضعیت مرتع (ضعیف، متوسط، خوب و عالی) برای هر نقشه تولید شد. در نهایت روند تغییرات شاخص پوشش در دو دوره زمانی ۱۰ ساله (۲۰۰۸-۱۹۹۷ و ۲۰۲۳-۲۰۱۳) در سه کلاس تغییرات کاهشی، ثابت و افزایشی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه در دو جدول ۳ و جدول ۴ آمار توصیفی بدست آمده از محاسبه دو شاخص NDVI و MSAVI ارائه شده است.

تعیین آستانه تغییرات

بسیاری از الگوریتم‌های پایش تصویر، از قبیل الگوریتم‌های موجود در دسته‌های جبر و تبدیل، نیازمند انتخاب آستانه‌ها برای متمایز ساختن مناطق تغییر از بدون تغییر است. معمولاً برای انتخاب آستانه از دو روش: (۱) فرآیند آزمون و خطا (۲) روش آماری، استفاده می‌شود. همچنین در صورت وجود منطقه با شرایط مشابه، می‌توان از تحقیقات گذشته استفاده کرد. در این تحقیق کلاس‌بندی شاخص NDVI برای تعیین تغییرات کلاس‌های مختلف وضعیت مرتع بر اساس دامنه‌های تعریف شده توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد (جدول ۲).

جدول ۳- مشخصات آماری شاخص‌های NDVI در دوره‌های زمانی مختلف در منطقه جیرانسو

Table 3 - Statistical Characteristics of NDVI Indices for Different Time Periods in the Jiranso Region

حداکثر Maximum	حداقل Minimum	انحراف معیار SD	میانگین Mean	تاریخ Date
0.2861	0	0.0135	0.0566	1997
0.1528	0	0.0112	0.0643	2002
0.1042	0	0.0083	0.0500	2008
0.2029	0	0.0150	0.0990	2013
0.1728	0	0.0125	0.0771	2018
0.1791	0	0.0139	0.0821	2023

جدول ۴- مشخصات آماری شاخص‌های MSAVI در دوره‌های زمانی مختلف در منطقه جیرانسو

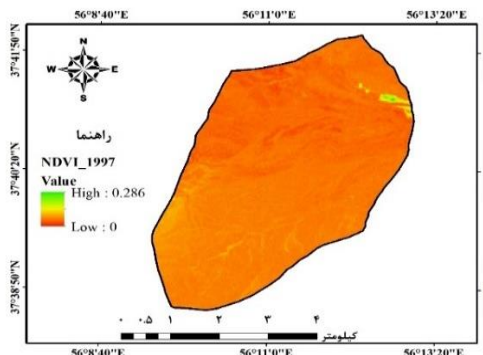
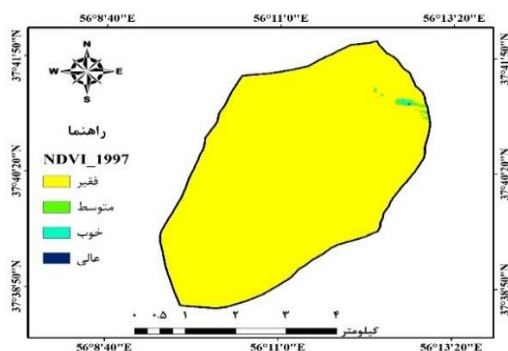
Table 4 - Statistical Characteristics of MSAVI Indices for Different Time Periods in the Jiranso Region

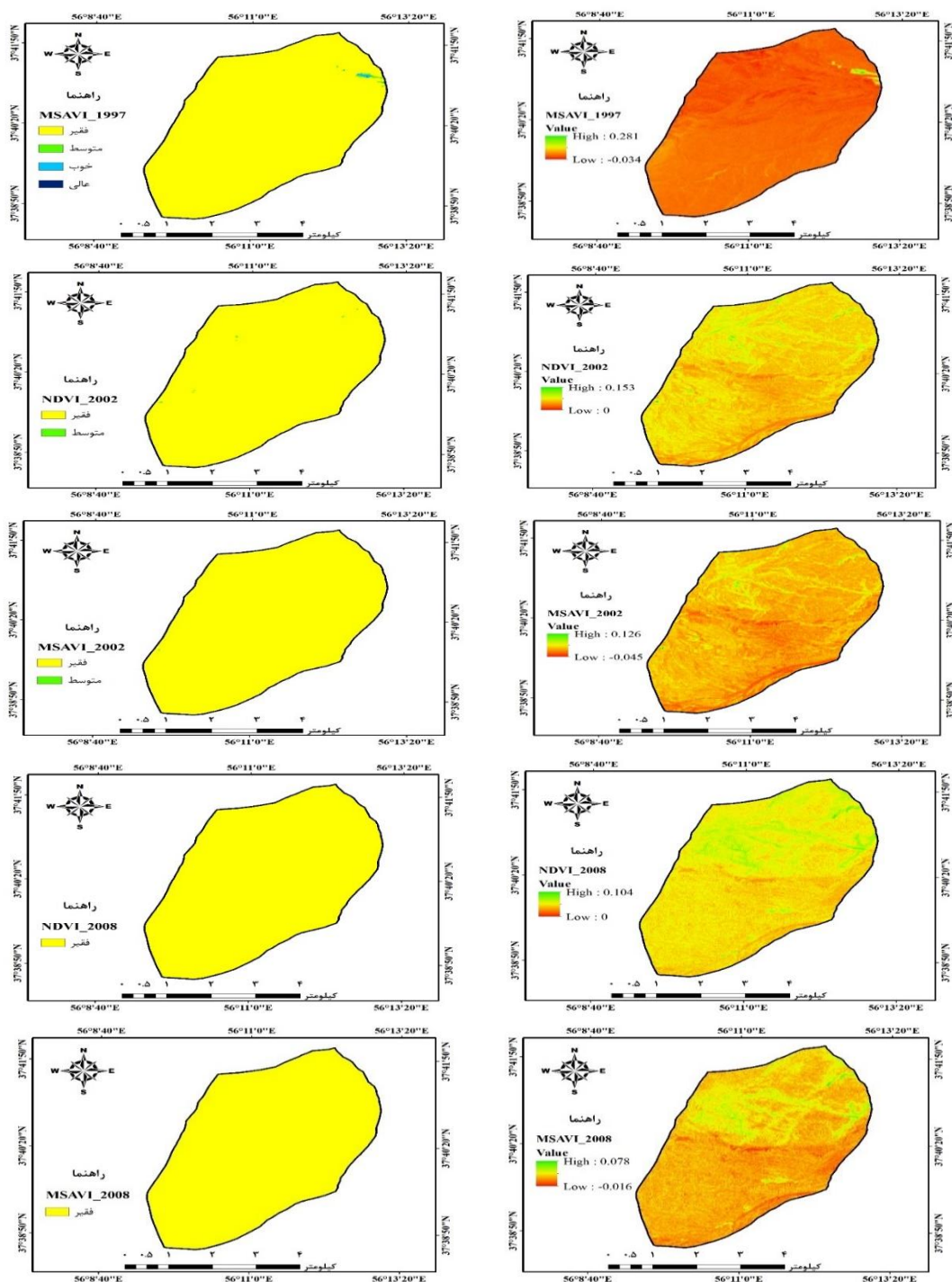
حداکثر Maximum	حداقل Minimum	انحراف معیار SD	میانگین Mean	تاریخ Date
0.2805	-0.0339	0.0156	0.0173	1997
0.1257	-0.0449	0.0135	0.0134	2002
0.0780	-0.0155	0.0096	0.018897	2008
0.1546	-0.02781	0.0171	0.03583	2013
0.1234	-0.0375	0.0143	0.01481	2018
0.1347	-0.0361	0.0160	0.0250	2023

بین ۰/۰۴۵ تا ۰/۱۲۶ تغییر داشتند (شکل ۲) و نتایج نشان داد که بیش از ۹۹/۹۴ درصد سطح منطقه در کلاس ضعیف و کمتر از ۲ هکتار در کلاس متوسط قرار گرفته و هیچ سطحی در کلاس‌های خوب و عالی وجود نداشت (شکل ۴). در سال ۲۰۰۸، شاخص NDVI در بازه ۰ تا ۰/۱۰۴ و شاخص MSAVI در دامنه ۰/۰۱۶ تا ۰/۰۷۸ تغییر داشتند (شکل ۲) و تمامی سطح منطقه در کلاس ضعیف قرار داشت، به طوری که محدوده تغییرات این کلاس بین ۰/۰۱ تا ۰/۱۲ در هر دو شاخص بود (شکل ۴). این روند بیانگر کاهش تدریجی شاخص‌های پوشش گیاهی و تشدید وضعیت نامناسب مراتع طی این دوره است.

شاخص‌های پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۷

نتایج تحلیل شاخص‌های پوشش گیاهی و کلاس بندی وضعیت مراتع جیرانسو برای سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ نشان داد که در سال ۱۹۹۷، شاخص NDVI در دامنه ۰ تا ۰/۲۸۶ و شاخص MSAVI در دامنه ۰/۰۳۴ تا ۰/۲۸۱ قرار داشتند (شکل ۲) و حدود ۹۹ درصد سطح مرتع بر اساس NDVI (۲۱۶۰ هکتار) و ۹۸ درصد بر اساس MSAVI (۲۱۱۶ هکتار) در کلاس وضعیت ضعیف بودند (شکل ۴). در سال ۲۰۰۲، شاخص NDVI بین ۰ تا ۰/۱۵۳ و شاخص MSAVI





شکل ۲- شاخص پوشش گیاهی NDVI و MSAVI در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۷ به همراه کلاس‌بندی آنها

Figure 2 - NDVI and MSAVI Vegetation Indices (1997–2008) and Their Classification

NDVI در دامنه صفر تا 0.203 و شاخص MSAVI در دامنه -0.28 تا 0.155 قرار داشتند (شکل ۳). در این سال، تنها دو کلاس مرتع ضعیف و متوسط در منطقه وجود داشت و بر اساس شاخص NDVI، ۹۳ درصد منطقه در کلاس ضعیف و ۷ درصد در کلاس

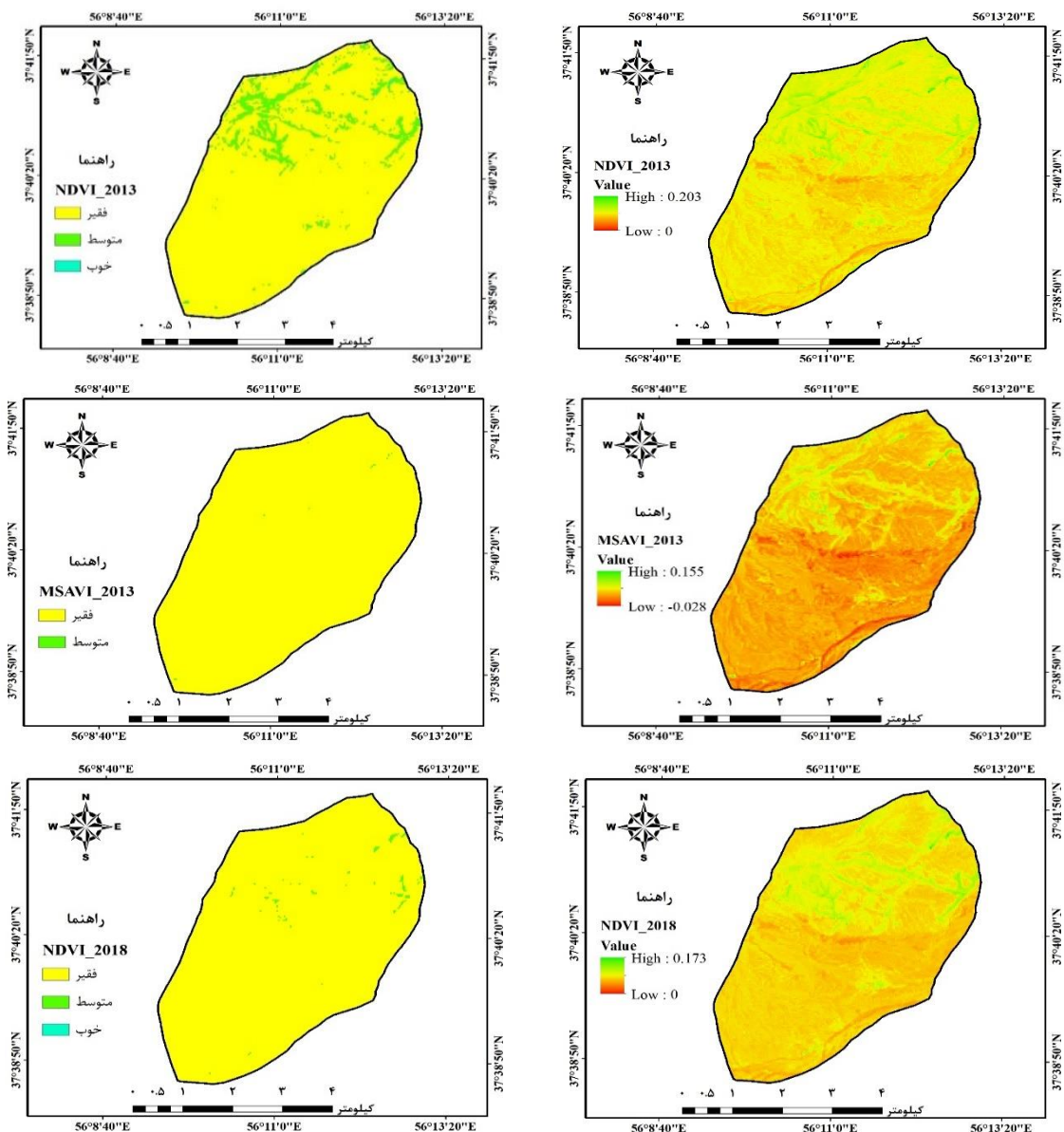
شاخص‌های پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۲۳-

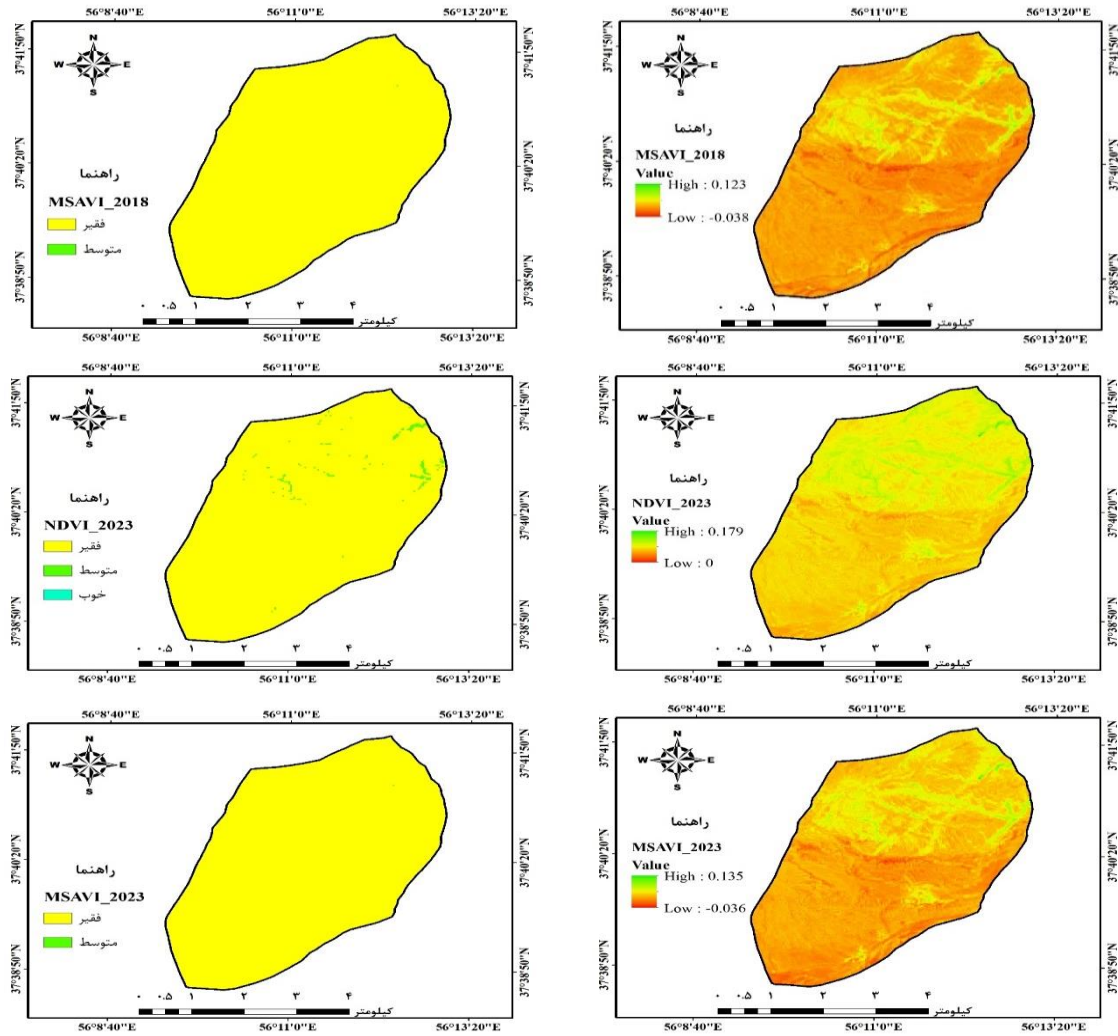
۲۰۱۳

نتایج تحلیل شاخص‌های پوشش گیاهی و کلاس‌بندی وضعیت مراتع جیرانسو برای سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۳، شاخص

۰/۱۲۳ تغییر داشتند (شکل ۳). براساس شاخص NDVI، سه کلاس مرتع ضعیف، متوسط و خوب شناسایی شد، اما براساس شاخص MSAVI تنها دو کلاس مرتع ضعیف و متوسط وجود داشت. در هر دو شاخص، بیش از ۹۹ درصد سطح مرتع در کلاس ضعیف قرار داشت (شکل ۴). این نتایج نشان‌دهنده ادامه وضعیت بحرانی مراتع منطقه در سال‌های اخیر است.

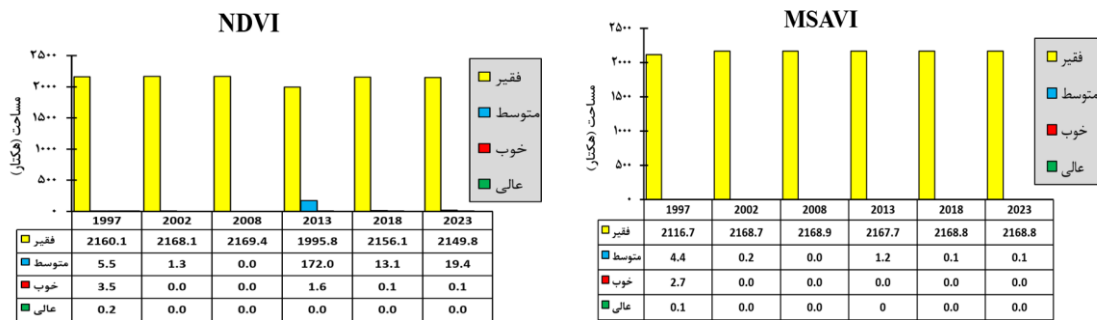
متوسط قرار داشت (شکل ۴). در سال ۲۰۱۸، شاخص NDVI بین صفر تا ۰/۱۷۳ و شاخص MSAVI بین ۰/۰۳۸- تا ۰/۱۲۳ تغییر داشتند (شکل ۳). مشابه سال ۲۰۱۳، دو کلاس مرتع ضعیف و متوسط شناسایی شدند و بیش از ۹۹ درصد منطقه در کلاس ضعیف و کمتر از ۱ درصد در کلاس متوسط قرار گرفت (شکل ۴). در سال ۲۰۲۳، شاخص NDVI در دامنه صفر تا ۰/۱۷۳ و شاخص MSAVI در دامنه ۰/۰۳۸- تا





شکل ۳- شاخص پوشش گیاهی NDVI و MSAVI در دوره زمانی ۲۰۲۳-۲۰۱۳ به همراه کلاس‌بندی آنها

Figure 3 - NDVI and MSAVI Vegetation Indices (2013–2023) and Their Classification



شکل ۴- مساحت کلاس‌های وضعیت مرتع بر اساس شاخص NDVI و MSAVI

Figure 4 - Area of rangeland condition classes based on NDVI and MSAVI indices

زمانی ۱۰ ساله شامل ۱۹۹۷-۲۰۰۸ و ۲۰۲۳-۲۰۱۳
تعریف گردید. سپس با استفاده از تفاضل نقشه ابتدا و
انتهای دوره (برای مثال $NDVI_{2008} - NDVI_{1997}$)

تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی
برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس
شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده، ابتدا دو دوره

نهایت بر اساس آستانه‌های بدست آمده، نقشه تفاضل کلاس‌بندی مجدد گردیده و مساحت هر کلاس استخراج گردید.

انجام گردید. سپس برای تعریف کلاس تغییرات کاهشی، افزایشی و ثابت، از متغیرهای آماری میانگین و انحراف معیار هر تصویر استفاده شد (جدول ۵). در

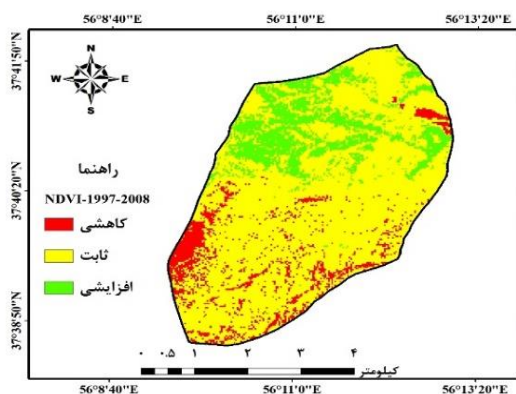
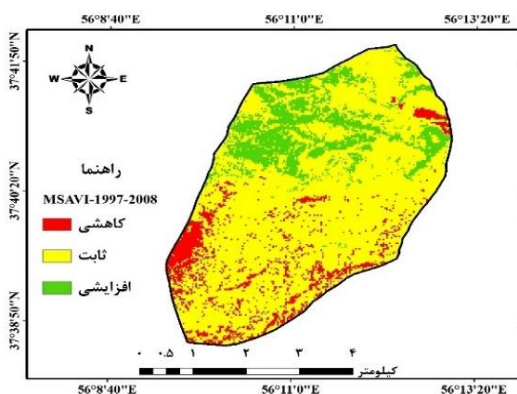
جدول ۵- دامنه تغییرات برای کلاس‌های تغییرات مرتع در دوره‌های مختلف

شاخص MSAVI		شاخص NDVI		کلاس تغییرات Change class	دوره زمانی Time span
دامنه تغییرات کلاس		دامنه تغییرات کلاس			
-0.184	-0.2618	-0.0239	-0.2363	کاهشی	2008-1997
0.022	-0.0184	0.0107	-0.0239	ثابت	
0.075	0.022	0.056	0.0107	افزایشی	
-0.0107	-0.1199	-0.0257	-0.1068	کاهشی	2023-2013
0.0207	-0.0107	0.00809	-0.0257	ثابت	
0.0516	0.0207	0.0357	0.00809	افزایشی	
-0.018	-0.2492	-0.0037	-0.1985	کاهشی	2023-1997
0.0334	-0.018	0.04725	-0.0037	ثابت	
0.1062	0.0334	0.11398	0.04725	افزایشی	

گرفتند، به‌صورتی که حدود ۷۵ درصد از سطح منطقه در این کلاس قرار داشت. همچنین بر اساس هر دو شاخص NDVI و MSAVI کلاس کاهشی و افزایشی به‌ترتیب ۱۰ و ۱۵ از سطح منطقه را پوشانده بودند (شکل ۸).

بررسی تغییرات شاخص پوشش در دوره زمانی ۱۹۹۷-۲۰۰۸

نقشه کلاس‌های مختلف تغییرات در شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج در هر دو شاخص NDVI و MSAVI عمده منطقه در کلاس ثابت تغییرات قرار

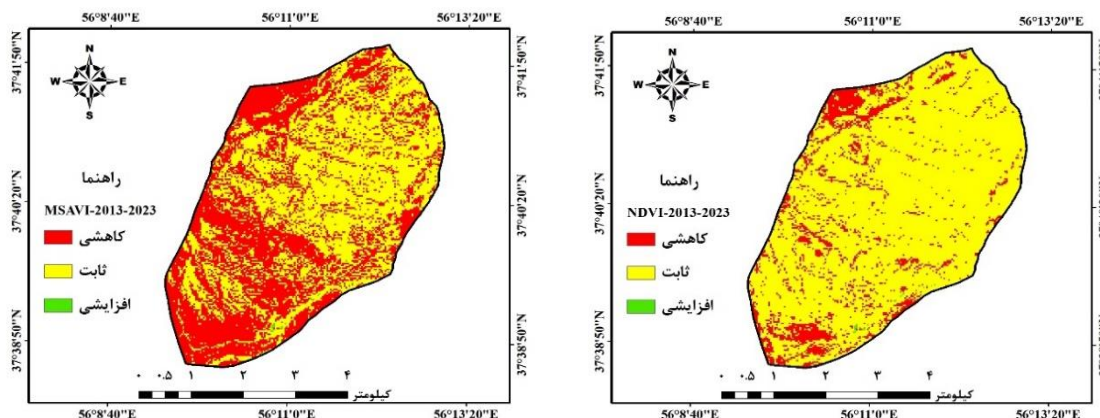


شکل ۵- روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸
Figure 5 - Trend of Vegetation Cover Changes Using Vegetation Indices (1997-2008)

و بر اساس شاخص MSAVI حدود ۵۳ درصد از منطقه در کلاس بدون تغییرات قرار داشتند (شکل ۶). همچنین بر اساس هر دو شاخص NDVI و MSAVI کلاس افزایشی کمتر از یک درصد و کلاس کاهشی به‌ترتیب ۱۴ و ۴۷ درصد از سطح مرتع جیرانسو را پوشانده بودند (شکل ۸).

بررسی تغییرات شاخص پوشش در دوره زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۳

بر اساس نتایج در هر دو شاخص NDVI و MSAVI عمده منطقه در کلاس ثابت تغییرات قرار گرفتند به‌صورتی که بر اساس شاخص NDVI حدود ۸۶ درصد

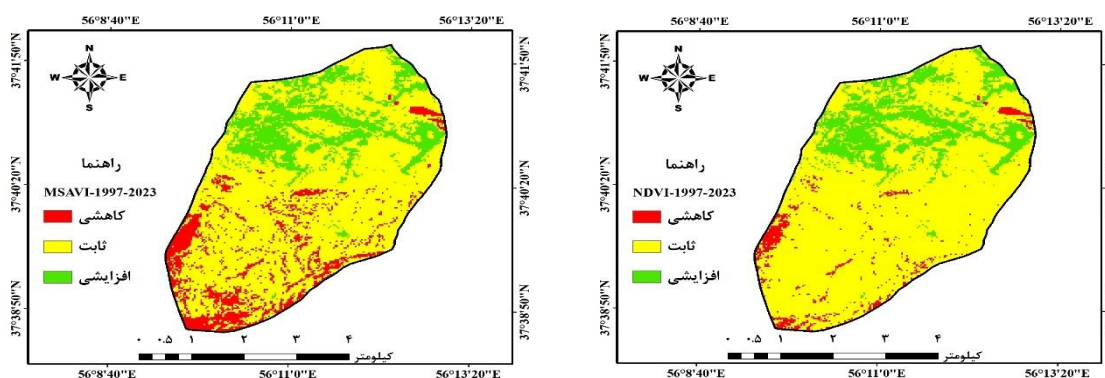


شکل ۶- روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳
Figure 6 - Trend of Vegetation Cover Changes Using Vegetation Indices (2013-2023)

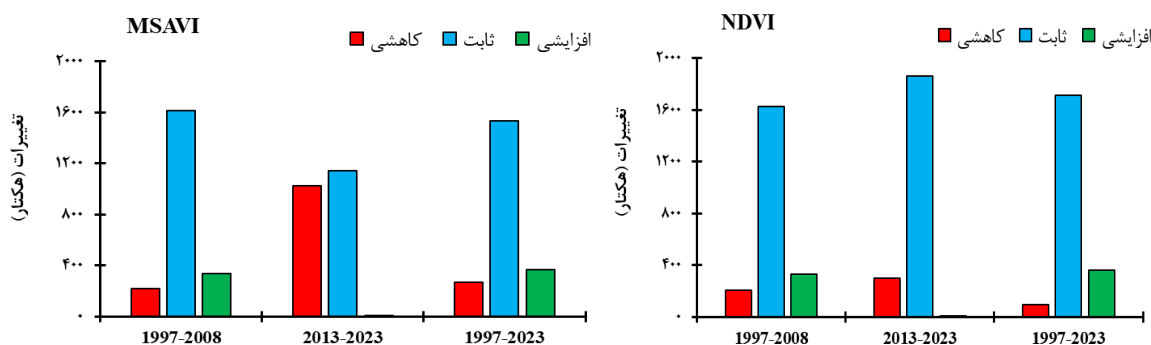
و بر اساس شاخص MSAVI حدود ۷۱ درصد از منطقه در کلاس بدون تغییرات قرار داشتند (شکل ۷). همچنین بر اساس هر دو شاخص MSAVI و NDVI کلاس افزایشی ۱۷ و کلاس کاهش به ترتیب ۴ و ۱۲ درصد از سطح مرتع جیرانسو را پوشانده بودند (شکل ۸).

بررسی تغییرات شاخص پوشش در دوره زمانی ۱۹۹۷-۲۰۲۳

بر اساس نتایج در هر دو شاخص MSAVI و NDVI عمده منطقه در کلاس ثابت تغییرات قرار گرفتند به‌صورتی که بر اساس شاخص NDVI حدود ۷۹ درصد



شکل ۷- روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۳
Figure 7 - Trend of Vegetation Cover Changes Using Vegetation Indices (1997-2023)

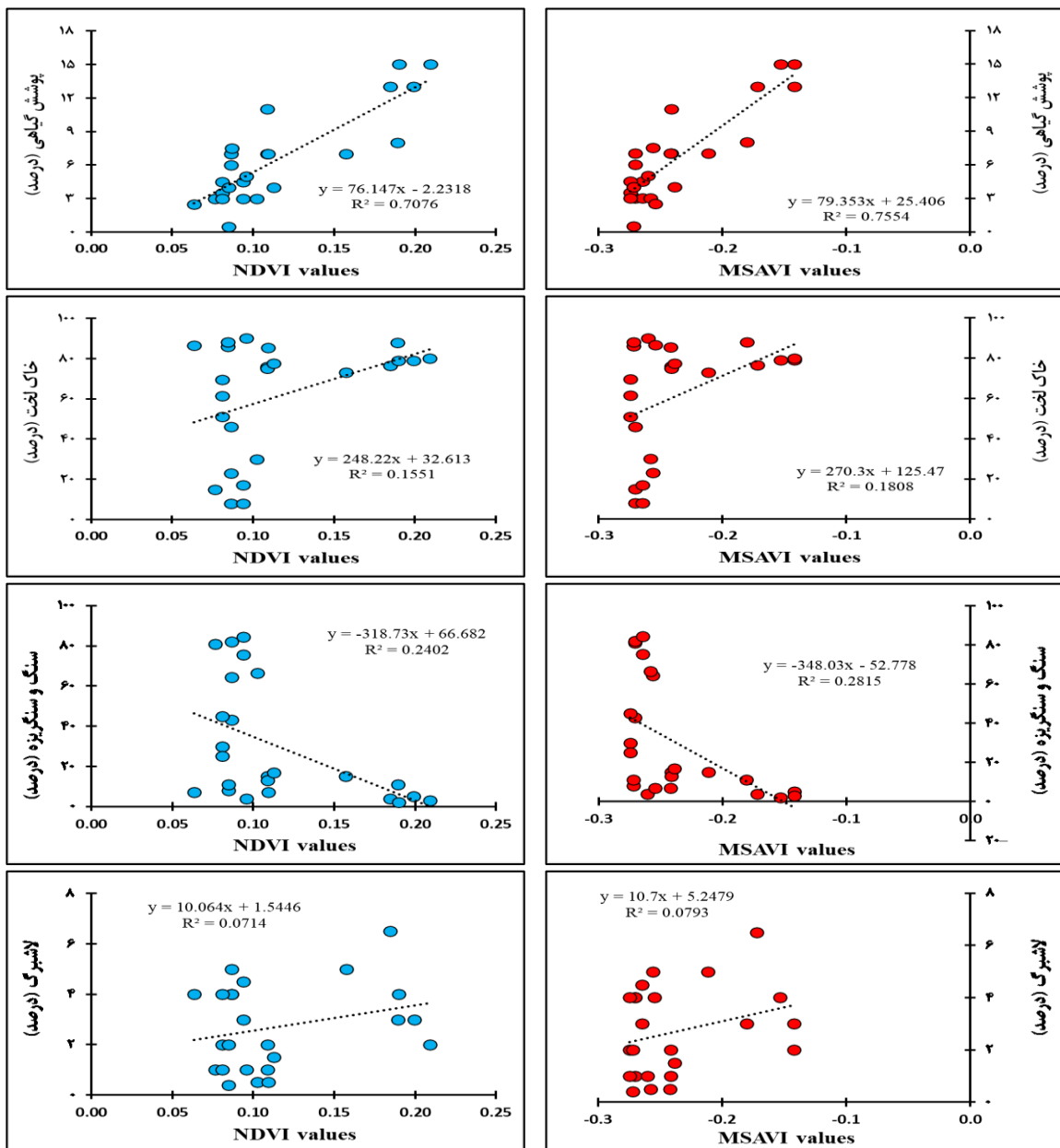


شکل ۸- روند تغییرات کلاس‌های تغییرات وضعیت مرتع
Figure 8 - Trend of Changes in Rangeland Condition Classes

مدل‌سازی خصوصیات پوشش گیاهی

برای مدل‌سازی خصوصیات پوشش گیاهی با شاخص‌های NDVI و MSAVI از اطلاعات برداشتی در مرتع جیرانسو استفاده شد. سپس در محیط GIS اطلاعات متناظر موقعیت هر پلات از نقشه شاخص‌های پوشش گیاهی استخراج و در نهایت با استفاده از رگرسیون خطی وجود یا عدم وجود رابطه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به روشنی نشان داد که بجز درصد لاشبرگ، سایر خصوصیات پوشش گیاهی بخصوص

درصد پوشش سبز دارای قابلیت مدل‌سازی با شاخص‌های پوشش گیاهی هستند (شکل ۹). بر اساس نتایج، بیشترین همبستگی مربوط به ارتباط پوشش گیاهی با شاخص‌های مورد بررسی بود بطوریکه ارتباط درصد پوشش گیاهی و شاخص MSAVI با ضریب تبیین ۷۶ درصد و ارتباط پوشش گیاهی با شاخص NDVI با ضریب تبیین ۷۱ درصد بود (۹). از طرفی، ضعیف‌ترین ارتباط بین مقدار لاشبرگ و شاخص MSAVI با ضریب تبیین ۸ درصد و شاخص NDVI با ضریب تبیین ۷ بود (شکل ۹).



شکل ۹- مدل‌سازی ارتباط خصوصیات پوشش و شاخص‌های سنجش از دوری

Figure 9 - Modeling the relationship between cover properties and RS indices

بحث

سنجش از دور و شاخص‌های پوشش گیاهی یکی از مهمترین ابزارها برای بررسی پوشش گیاهی به شمار می‌روند (Omidipour et al., 2020). شاخص‌های گیاهی یکی از مهمترین ابزارهای سنجش از دور است که در ارزیابی بسیاری از جنبه‌های پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای مثال، شاخص‌های گیاهی در بررسی و پیش‌نقشه‌های پوشش گیاهی (Higginbottom et al., 2018)، تولیدات گیاهی (Gu et al., 2015)، ارزیابی تأثیرات آتش (Veraverbeke et al., 2018)، چرای دام (Kawamura et al., 2005) و سیل (Broich et al., 2018) و همچنین برای مدل‌سازی اکوسیستم‌ها (Hill, 2013) مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج مدل‌سازی خصوصیات مختلف پوشش گیاهی با استفاده از دو شاخص NDVI و MSAVI نشان داد که این ابزارها قابلیت بالایی در مدل‌سازی خصوصیات مختلف پوشش گیاهی (بجز درصد لاشبرگ) دارند. در بین خصوصیات مختلف پوشش گیاهی، بهترین و بیشترین ارتباط با درصد پوشش گیاهی سبز به دست آمد. با در نظر گرفتن این نکته عامل اصلی در شاخص‌های پوشش گیاهی، بکارگیری روابط بین دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک است و همچنین ارتباط مستقیم باند مادون قرمز نزدیک (حداکثر بازتاب) و ارتباط معکوس باند قرمز (حداقل بازتاب) با پوشش گیاهی (Xue & Su, 2017) بدست آمدن بیشترین ارتباط بین پوشش گیاهی نسبت به سایر متغیرها با شاخص‌های مورد بررسی قابل توجیح است.

بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های NDVI و MSAVI بیانگر نتایج کاملاً مشابهی برای تغییرات پوشش گیاهی بود. به عبارتی، تغییر شاخص، بر نتایج به دست آمده تأثیری نداشت و الگوهای به دست آمده برای هر دو شاخص کاملاً مشابه بود. بر اساس نتایج، حداکثر میزان شاخص NDVI برابر با ۰/۲۸۶ و برای شاخص MSAVI برابر با ۰/۲۸۱ و در سال ۱۹۹۷ مشاهده شد. این نتیجه نشان می‌دهد که

روند تخریب در این مرتع از گذشته شروع شده و تا کنون ادامه داشته است. این نتیجه تأییدی بر نتایج بخش کاربری اراضی (وضعیت‌های مختلف) نیز می‌باشد که به روشنی نشان داد کلاس مرتع فقیر در طول دوره‌های مورد بررسی به شدت کاهش یافته و به کلاس مرتع با وضعیت خیلی فقیر تغییر کرده که بیانگر روند قهقرائی در این مرتع است. بطور کلی روند تخریب مراتع در ایران از زمان ملی شدن جنگل‌ها و مراتع در ۱۳۴۲ وجود داشته و بر اساس آمار و اطلاعات منتشر شده از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کل کشور (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری سابق) این روند کاهش منجر به کاهش بیش از ۶ میلیون هکتار از اراضی مرتعی ایران شده است (Motamedi et al., 2020; Aladinvand, 2021). در مطالعه‌ای توسط Ghitouri و همکاران (۲۰۰۶)، بیان گردید که تبدیل کاربری منابع طبیعی، افزایش تعداد دام و چرای زودرس به ترتیب بیشترین سهم تخریب مراتع را به خود اختصاص داده و عواملی مانند نزع و دعوای قومی و طرح مرتعداری کمترین نقش را در تخریب مراتع ایفا می‌کنند. همچنین حداقل میزان شاخص NDVI برابر با ۰/۱۰۴ و برای شاخص MSAVI برابر با ۰/۰۷۸ و در سال ۲۰۰۸ مشاهده شد. این کاهش شدید در شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۸ همراستا با وقوع یکی از شدیدترین خشکسالی‌های ایران است که در بسیاری از تحقیقات بخش آب و هواشناسی به آن اشاره شده است (Nikbakht et al., 2013; Jasim & Awchi, 2020). با توجه به اینکه بین درصد پوشش گیاهی مرتعی که نوعی پوشش خودرو بوده و میزان بارندگی وابستگی کاملی وجود دارد (Wang et al., 2012)، کاهش میزان آب ورودی به اکوسیستم و در نتیجه میزان رطوبت در دسترس گیاهان موجب کاهش شدید پوشش گیاهی و تولیدات مرتعی خواهد شد. در این راستا، Motamedi و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که بخش عمده‌ای از مراتع ایران، تحت سیطره اقلیم‌های بیابانی، خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و با تجربه تغییر اقلیم، گرم شدن کره زمین و از همه بالاتر،

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از شاخص‌های NDVI و MSAVI برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی مرتع جیرانسو نتایج مشابه و قابل اعتمادی را ارائه می‌دهد. این شاخص‌ها قادرند تغییرات پوشش گیاهی را با دقت مناسب شبیه‌سازی کرده و روند تخریب و تغییرات زیست‌محیطی در این منطقه را بر اساس داده‌های ماهواره‌ای پایش کنند. همچنین، این بررسی‌ها بر اهمیت نقش تغییرات اقلیمی، به ویژه خشکسالی‌ها، در کاهش پوشش گیاهی و تولیدات مرتعی تأکید دارند. تغییرات کاربری اراضی نیز تأثیرات مشابهی در کاهش کیفیت پوشش گیاهی مرتع جیرانسو نشان داد، به‌طوری‌که اراضی مرتعی فقیر به سرعت از بین رفته و به وضعیت خیلی فقیر تبدیل شده‌اند. علاوه بر این، نشان داده شد که روش‌های سنجش از دور و شاخص‌های پوشش گیاهی، مانند NDVI و MSAVI، به دلیل قابلیت بالا در ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی و به‌ویژه توانایی MSAVI در اصلاح اثرات خاک لخت در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ابزارهایی بسیار کارآمد برای پایش وضعیت مراتع و ارزیابی تخریب آن‌ها هستند. این نتایج بر لزوم استفاده از این شاخص‌ها در مطالعات اکولوژیکی و مدیریت منابع طبیعی تأکید دارد و نشان می‌دهد که بررسی‌های تلفیقی از این ابزارها و داده‌های میدانی می‌تواند به ارتقاء دقت ارزیابی‌های زیست‌محیطی کمک کند. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالاتر و روش‌های نوین سنجش از دور استفاده شود.

ظهور پدیده خشکسالی ممتد، در معرض تغییرات اساسی است. بنابراین توجه به تغییرات آن از ضرورتی انکار ناپذیر در مدیریت مراتع ایران برخوردار است. بررسی تغییرات با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی تایید کننده نتایج تغییرات کاربری اراضی بود. برای مثال، بر اساس بررسی تغییرات کلاس به کلاس کاربری اراضی، در دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۷ حدود ۲۲۶ هکتار از اراضی مرتعی فقیر از بین رفت. این مقدار برابر با ۱۰ درصد از کل سطح مرتع جیرانسو است. در طرف مقابل، بر اساس اطلاعات تغییرات پوشش گیاهی با هر دو شاخص NDVI و NSAVI کلاس کاهشی در این دوره ۱۰ درصد از سطح منطقه را پوشانده است. همچنین بررسی تغییرات در دوره دوم با استفاده از نقشه کاربری اراضی نشان داد که حدود ۳۲۳ هکتار از اراضی مرتعی فقیر کاهش یافته است که معادل ۱۴/۸۹ درصد از سطح مرتع جیرانسو است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از هر دو شاخص NDVI و MSAVI کلاس افزایشی کمتر از یک درصد و کلاس کاهشی به‌ترتیب ۱۴ و ۴۷ درصد از سطح مرتع جیرانسو را پوشانده بودند. این مقایسه و نتیجه نشان می‌دهد که بررسی تغییرات با استفاده از رویکردهای مختلف (نقشه کاربری اراضی یا شاخص پوشش گیاهی) نتایج عموماً مشابهی تولید خواهد نمود. این نتیجه به روشنی بر اهمیت و دقت روش‌ها و ابزارهای سنجش از دوری در پایش تغییرات مرتع تأکید دارد که مورد تأکید بسیاری از محققین نیز قرار گرفته است (Ihuoma & Madramootoo, 2019; Hu *et al.*, 2021; Zeng *et al.*, 2022).

References

Aladinvandi, A. (2021). The affective factors on pastures destruction and identifying its protection approaches. *Spatial Research Quarterly*, 20, 71-90. (In persian)

Broich, M., Tulbure, M.G., Verbesselt, J., Xin, Q. & Wearne, J. (2018). Quantifying Australia's dryland vegetation response to flooding and drought at sub-continental scale. *Remote Sensing of Environment*,

60-78.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.032>

Choate, M., Rengarajan, R., Micijevic, E. & Lubke, M. (2021). Comparing geometric differences between Landsat Collection 1 to Collection 2 level-1 products. *Earth Observing Systems XXVI*, 11829, 114-124.
<https://doi.org/10.1117/12.2596204>

Dong, S., Lassoie, J., Shrestha, K., Yan, Z., Sharma, E. & Pariya, D. (2009). Institutional development for sustainable

- rangeland resource and ecosystem management in mountainous areas of northern Nepal. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 994-1003. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.03.005>
- Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H. & Barati, A. (2022). Investigating the influence of drought on trend of vegetation changes in arid and semiarid regions, using remote sensing technique: A case study of Hormozgan Province. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(28), 13-28. <https://doi.org/10.22052/deej.2020.9.28.11> (In persian)
- Ghitouri, M., Ansari, N., Sandgel, A. & Hashemi, M. (2006). Effective factors in rangeland degradation of Kermanshah province. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 13(4), 314-323. (In persian)
- Gu, Y. & Wylie, B.K. (2015). Developing a 30-m grassland productivity estimation map for central Nebraska using 250-m MODIS and 30-m Landsat-8 observations. *Remote Sensing of Environment*, 171, 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.10.018>
- Han, J., Zhang, Y., Wang, C., Bai, W., Wang, Y., Han, G. & Li, L. (2008). Rangeland degradation and restoration management in China. *Rangeland Journal*, 30(2), 233-239. <https://doi.org/10.1071/RJ08009>
- Helman, D. & Mussery, A. (2020). Using Landsat satellites to assess the impact of check dams built across erosive gullies on vegetation rehabilitation. *Science of the Total Environment*, 730, 138873. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138873>
- Higginbottom, T.P., Symeonakis, E., Meyer, H. & van der Linden, S. (2018). Mapping fractional woody cover in semi-arid savannahs using multi-seasonal composites from Landsat data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 139, 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.02.010>
- Hill, M.J. (2013). Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. *Remote Sensing of Environment*, 137, 94-111. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.06.004>
- Hu, P., Sharifi, A., Tahir, M.N., Tariq, A., Zhang, L., Mumtaz, F. & Shah, S.H.I.A. (2021). Evaluation of vegetation indices and phenological metrics using time-series modis data for monitoring vegetation change in Punjab, Pakistan. *Water*, 13(18), 2550. <https://doi.org/10.3390/w13182550>
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Huete, A.R., Post, D.F. & Jackson, R.D. (1984). Soil Spectral effects and 4-space vegetation discrimination. *Journal of Remote sensing of Environment*, 15, 155-165. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(84\)90043-9](https://doi.org/10.1016/0034-4257(84)90043-9)
- Ihuoma, S.O. & Madramootoo, C.A. (2019). Sensitivity of spectral vegetation indices for monitoring water stress in tomato plants. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104860. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104860>
- Jafari, R., Bashari, H. & Tarkesh, M. (2017). Discriminating and monitoring rangeland condition classes with MODIS NDVI and EVI indices in Iranian arid and semi-arid lands. *Arid land research and management*, 31(1), 94-110. <https://doi.org/10.1080/15324982.2016.124955>
- Jasim, A.I. & Awchi, T.A. (2020). Regional meteorological drought assessment in Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(7), 284. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5234-y>
- Karimi Mofareh, B., Ghavam, M. & Abdeh Kolahchi, A. (2020). Vegetation monitoring using satellite imagery in the rangelands of Damavand. *Scientific Journal of Rangeland and Desert Research*, 28(1), 151-163. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.121122.1704> (In persian)
- Kawamura, K., Akiyama, T., Yokota, H.O., Tsutsumi, M., Yasuda, T., Watanabe, O. & Wang, S. (2005). Quantifying grazing intensities using geographic information systems and satellite remote sensing in the Xilingol steppe region, Inner Mongolia .

- China. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107(1), 83-93.
<https://doi.org/0.1016/j.agee.2004.09.008>
- Kyriazopoulos, A., Arabatzis, G., Abraham, E. & Parissi, Z. (2013). Threats to Mediterranean rangelands: A case study based on the views of citizens in the Viotia prefecture, Greece. *Journal of Environmental Management*, 129, 615-620.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.035>
- Motamedi, J., Jalili, A., Arzani, H. & Khodaghaei, M. (2020). Causes of rangeland degradation in the country and solutions for overcoming the current situation. *Nature of Iran*, 5(4), 21-44.
<https://doi.org/10.22092/irn.2020.122530>
- Nadaf, M., Omidipour, R. & Sobhani, H. (2023). Study on the increasing trend of vegetation cover degradation in north Khorasan Province. *Journal of Environmental Research and Technology*, 14(8), 131 – 146.
<https://doi.org/10.61186/jert.43616.8.14.13>
 (In persian)
- Nikbakht, J., Tabari, H. & Talaee, P.H., (2013). Streamflow drought severity analysis by percent of normal index (PNI) in northwest Iran. *Theoretical and applied climatology*, 112, 565-573.
<https://doi.org/10.1007/s00704-012-0750-7>
- Omidipour, R., Ebrahimi, A.A., Tahmasbi, P. & Farmarzi, M. (2020). The effect of grazing on the relationship between ground vegetation cover and plant biomass with vegetation indices in the Sabz Kuh region, Chaharmahal and Bakhtiari. *Rangeland and Watershed Management Journal*, 73(1), 33-47.
<https://doi.org/10.22059/jrwm.2020.272219.1336>. (In persian)
- Pawe, C.K. & Saikia, A. (2018). Unplanned urban growth: land use/land cover change in the Guwahati Metropolitan Area, India. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 118(1), 88-100.
<https://doi.org/10.1080/00167223.2017.1405357>
- Rafiei Sardooi, E., Azareh, A., Eskandari Damaneh, H. & Skandari Damaneh, H. (2021). Drought monitoring using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products in semi-arid areas of Iran. *Journal of Rangeland Science*, 11(4), 402-418.
- Robinson, N.P., Allred, B.W., Naugle, D.E. & Jones, M.O. (2019). Patterns of rangeland productivity and land ownership: Implications for conservation and management. *Ecological Applications*, 29(3), e01862.
<https://doi.org/10.1002/eap.1862>
- Rouse, J.W. (1974). *Monitoring the vernal advancement of retro gradation of natural vegetation*. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, pp. 371
- Savari, M. (2023). Explaining the ranchers' behavior of rangeland conservation in western Iran. *Front Psychol*, 4(13), 1090723.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1090723>
- Serrano, L., Filella I. & Penuelas, J. (2000). Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under nitrogen supplies. *Crop Science*, 40, 723-731.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403723x>
- Sharif, M. & Hamzeh, S. (2021). Investigating the effect of Gotvand Dam on changes in soil salinity and vegetation cover of downstream lands of the dam using satellite imagery and spectral indices. *Environmental Sciences*, 19(4), 225-248.
<https://doi.org/10.52547/envs.2021.1014>
 (In persian)
- Soydan, O. (2020). Determination of water surface and vegetation change in Akkaya Reservoir basin using remote sensing method. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(5), 1174-1180.
<https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1174-1180.3345>
- Veraverbeke, S., Dennison, P., Gitas, I., Hulley, G., Kalashnikova, O., Katagis, T., Kuai, L., Meng, R., Roberts, D. & Stavros, N. (2018). Hyperspectral remote sensing of fire: state-of-the-art and future perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 216, 105-121.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.020>
- Wang, M., Shi, S., Lin, F., Hao, Z. Q., Jiang, P. & Dai, G. (2012). Effects of soil water and nitrogen on growth and photosynthetic response of Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica*) seedlings in northeastern China. *PLOS One*, 7(2), e30754.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030754>
- Xue, J. & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of

- developments and applications. *Journal of Sensors*, 2017(1), p.1353691.
<https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
- Zeng, Y., Hao, D., Huete, A., Dechant, B., Berry, J., Chen, J.M., Joiner, J., Frankenberg, C., Bond-Lamberty, B., Ryu, Y. & Xiao, J. (2022). Optical vegetation indices for monitoring terrestrial ecosystems globally. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(7), 477-493.
- <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00298-5>
- Zheng, L., Xu, J., Wang, D., Xu, G., Tan, Z., Xu, L. & Wang, X. (2021). Acceleration of vegetation dynamics in hydrologically connected wetlands caused by Dam operation. *Hydrological Processes*, 35(2), p.e14026.
<https://doi.org/10.1002/hyp.14026>