

Agricultural Role Activities Analysis in the Heritage Destruction of the Geomorphosites: A case study of Rig-e Akbar Abad, South Khorasan province

Mehdi Saghafi ¹ , Maryam Rabiei Gask ² 

1. (Corresponding Author) Department of Geography, Payam Noor University, Tehran, Iran

Email: m.saghafi@pnu.ac.ir

2. Geography Education Department, Farhangian University, Tehran, Iran

Email: m.rabiei@cfu.ac.ir

Article Info

Article type:
[Research Article](#)

Article History:

[Received:](#)

5 June 2025

[Revised:](#)

4 September 2025

[Accepted:](#)

10 October 2025

[Available online:](#)

12 November 2025

Keywords:

Analysis,
Agriculture,
Geomorphosite,
Rig-e Akbar Abad,
South Khorasan
province.

ABSTRACT

Among the major environmental challenges confronting the global community, desertification remains one of the most pressing. Aeolian landforms, recognized as significant geomorphosites, constitute valuable natural heritage resources that are widely used for scientific, educational, and tourism purposes. However, these landforms are highly vulnerable to human-induced degradation, which highlights the necessity of effective protection and management measures. The Rig-e Akbar Abad, located along the southern margin of the Mokhtaran Plain, represents one of the most prominent geomorphological manifestations of aeolian erosion in the region. In recent decades, intensified agricultural expansion accompanied by infrastructure development has increasingly threatened this aeolian geomorphosite. This study employed Landsat satellite imagery at ten-year intervals to assess changes in land use and vegetation cover. Following image preprocessing, land cover and land use were classified using a supervised classification approach, and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated. Spatiotemporal variations within the geomorphosite were analyzed through the overlay of land-use maps from different time periods. The results indicate a substantial increase in agricultural land use accompanied by a noticeable decline in average NDVI values, suggesting intensified drought conditions. Spatial analysis further reveals that agricultural activities have gradually expanded from the dagh margins toward more distant areas, encroaching upon the sand dune system. Currently, approximately 7.87% of the Rig-e Akbar Abad area is under agricultural use, predominantly associated with irrigated farming. These findings highlight the increasing anthropogenic pressures on aeolian geomorphosites and underscore the urgent need for sustainable land management and conservation strategies in arid environments.

Cite this article: Saghafi, M., & Rabiei Gask, M. (2025). Agricultural Role Activities Analysis in the Heritage Destruction of the Geomorphosites: A case study of Rig-e Akbar Abad, South Khorasan province. *Physical Geography Research Quarterly*, 57 (3), 101-117.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2025.404490.1007904>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Among contemporary global environmental challenges, desertification is widely regarded as one of the most significant threats. Within this context, geomorphosites, particularly those formed through aeolian processes, represent some of the most important expressions of natural heritage and geotourism in arid and semi-arid regions. In addition to their scientific and educational value, these geosites play a fundamental role in sustainable tourism development; however, they face serious threats arising from human exploitation. This research examines Rig-e Akbar Abad, one of the most significant manifestations of wind erosion in the southern part of South Khorasan Province, as a case study of a sensitive and fragile geomorphological heritage site, with the aim of analyzing the impact of expanding agricultural activities on the degradation and land-use changes of this geomorphosite.

Methodology

The research methodology is based on remote sensing techniques and spatial analysis conducted within a GIS environment. For this purpose, Landsat satellite imagery from two time points at a ten-year interval, namely 2010 and 2020, was utilized. Following the necessary preprocessing steps, including geometric and radiometric corrections, land use and land cover (LULC) maps and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were generated and compared for both periods. In addition to remote sensing data, statistical and field-based information was used, including reports from the Ministry of Agriculture, statistical yearbooks, and meteorological data such as temperature, precipitation, and wind. Data analysis was conducted using statistical tests, including the t-test, Pearson correlation, and chi-square test, implemented in ArcGIS, ERDAS IMAGINE, and Minitab software, in order to determine the relationships between changes in vegetation cover, drought conditions, and the expansion of agricultural land use in the vicinity of the rig.

Results and discussion

From a geomorphological perspective, the Rig-e Akbar Abad consists of four main sand dune units covering a total area of approximately 3,099.6 hectares. These dunes are predominantly young and active and include forms such as incomplete barchans, pyramidal dunes, and transverse dunes, which are partially stabilized by native vegetation including *Calligonum*, *Alhagi*, and *Stipa agrostis*. However, the conversion of these lands into farmland has disrupted their natural dynamics and poses a serious threat to their geomorphological stability. The expansion of agricultural development around the dagh, particularly in the southern parts of the plain, has disturbed the balance between natural aeolian and erosional processes, leading to the conversion of parts of the flat sand sheets into temporary farmlands.

Within the rig area, 87.7% of the total surface experienced a decrease in NDVI values, indicating a substantial decline in vegetation cover, while only 0.06% of the land remained pristine and unchanged. Concurrently, an increase of approximately 39.69% in irrigated lands and a decrease of 7.87% in active sandy areas were observed. This trend reflects the gradual conversion of sandy surfaces into agricultural land, partly driven by the overexploitation of groundwater resources. According to official statistics, the number of authorized and unauthorized wells in the region increased from 131 in 2002 to more than 250 in 2021, which has played a major role in the expansion of irrigated agriculture despite intensifying drought conditions.

Accuracy assessment of the land use classification, based on 150 field samples and an error matrix, yielded an overall accuracy of 86.89% and a Kappa coefficient of 0.799, indicating a high level of analytical reliability. These findings confirm that unbalanced agricultural development, which disregards environmental and climatic capacities, has resulted in a reduction in geomorphological diversity and the loss of some unique characteristics of the geosite.

The results indicate significant transformations in the spatial structure and ecological conditions of the Rig-e Akbar

Abad geomorphosite during the study period. A significant decrease in NDVI values reflects a decline in vegetation cover and the intensification of drought conditions in the region. Spatial analysis of land use changes revealed that agricultural lands, particularly irrigated farming areas, increased at an annual rate of approximately 3.57%. In 2010, approximately 18.45% of the study area was allocated to agricultural use, whereas this proportion increased to more than 30.24% by 2020. The expansion of irrigated lands, particularly around the dagh margins and the southern parts of the rig, coincided with a 26.95% decrease in dagh areas and an 8.7% reduction in sand dune areas. The results of the chi-square test confirm that these changes are statistically significant at the $\alpha \geq 0.05$ level.

The overall findings of the study indicate that the uncontrolled expansion of agricultural activities and the unsustainable exploitation of groundwater resources are the primary factors contributing to the degradation of the Rig-e Akbar Abad geomorphosite. The expansion of irrigated farmlands, the reduction of rain-fed lands, and the significant decline in NDVI values, together with increasing drought, have transformed the environmental structure of the region. The Rig-e Akbar Abad, which could be promoted as one of the most significant geotourism attractions in eastern Iran within a sustainable development framework, now faces the risk of gradual degradation. The continuation of this trend will not only lead to the loss of valuable natural heritage but also result in the destabilization of the aeolian ecosystem and the intensification of soil erosion at the local scale.

Conclusion

It is necessary to formulate management policies aimed at the conservation and restoration of geomorphosites. These policies should include restrictions on land-use change in sandy areas, the regulation of water resource exploitation, the promotion of sustainable agriculture through low-consumption methods, and strategic planning for the geotouristic utilization of the Rig-e Akbar Abad. Furthermore,

educating local communities and raising awareness of the scientific and economic values of geomorphological heritage can play a significant role in preventing further degradation.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

تجزیه و تحلیل نقش فعالیت‌های زراعی در تخریب میراث ژئومورفوسایت‌ها مطالعه موردی: ریگ اکبرآباد، استان خراسان جنوبی

مهدی ثقفی^۱، مریم ربیعی گسک^۲

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: m.saghafi@pnu.ac.ir

۲- گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران. رایانامه: m.rabiei@cfu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۳/۱۵

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۷/۱۸

تاریخ چاپ:

۱۴۰۴/۰۸/۲۱

واژگان کلیدی:

تجزیه و تحلیل،
فعالیت‌های زراعی،
ژئومورفوسایت،
ریگ اکبرآباد،
خراسان جنوبی.

در بین چالش‌های زیست‌محیطی که جامعه جهانی در حال حاضر با آن روبروست، بیابان‌زایی در صدر قرار دارد از سوی دیگر سایت‌های متشکل از اشکال بادی یکی از پرتعدادترین ژئومورفوسایت‌ها هستند. این میراث عمدتاً برای اهداف توسعه علمی، آموزشی و گردشگری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. میراث‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی اغلب به دلیل فعالیت‌های انسانی، بسیار مستعد تأثیرات منفی و مخرب هستند و به همین دلیل ژئوسایت‌ها و ژئومورفوسایت‌های به حفاظت جدی نیاز دارند. ریگ اکبرآباد محصورشده در حاشیه جنوبی دشت مختاران ضمن اینکه از گستره قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار است به لحاظ ژئومورفولوژیکی از مهم‌ترین مظاهر فرسایش بادی در این دشت است. تشدید فعالیت‌های اقتصادی طی دهه‌های اخیر در نتیجه توسعه فعالیت‌های زراعی و ایجاد ساختارهای زیربنایی، ژئومورفوسایت ریگ اکبرآباد را در معرض تهدید قرار داده است. در این مقاله داده‌های ماهواره‌ای لندست به‌عنوان اساسی‌ترین منبع اطلاعاتی بافاصله زمانی ۱۰ سال استفاده شده است. پس از انجام مراحل پیش‌پردازش در مراحل بعد پوشش طبیعی و کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده محاسبه گردید. نهایتاً با انطباق کاربری‌های استخراج‌شده طی دوره بررسی میزان گسترش و وضعیت تغییرات انواع کاربری‌ها در محدوده این ژئومورفوسایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بیان تغییرات رخ داده در منطقه به نفع تغییرات افزایشی کاربری‌های زراعی است. کاهش معنی‌دار میانگین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در طول دوره حاکی از افزایش خشک‌سالی در منطقه است. با این حال مشاهدات انجام‌شده در خصوص روند تغییرات مکانی اراضی کشاورزی آبی و نیز وضعیت مکانی کنونی آن‌ها نشان می‌دهد که به‌تدریج این فعالیت‌ها به سمت حاشیه بیرونی دق گسترش یافته به‌طوری‌که در حال حاضر در بسیاری از مناطق دورتر و در قلمرو تپه‌های ماسه‌ای فعالیت‌های کشاورزی انجام می‌شود. نتایج حاصل‌شده نشان می‌دهند که ۷/۸۷ درصد از مساحت ریگ اکبرآباد تحت کاربری‌های زراعی به‌ویژه زراعت آبی قرار گرفته است. یافته‌ها، فشارهای فزاینده انسانی بر ژئومورفوسایت ماسه‌ای را برجسته کرده و بر نیاز مبرم به مدیریت پایدار زمین و استراتژی‌های حفاظتی در محیط‌های خشک تأکید می‌کند.

استناد: ثقفی، مهدی و ربیعی گسک، مریم. (۱۴۰۴). تجزیه و تحلیل نقش فعالیت‌های زراعی در تخریب میراث ژئومورفوسایت‌ها مطالعه موردی:

ریگ اکبرآباد، استان خراسان جنوبی. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۷ (۳)، ۱۱۷-۱۰۱.

<http://doi.org/10.22059/jphgr.2026.385416.1007851>

مقدمه

ژئوتوریسم یک راه‌حل اقتصادی مهم برای استفاده پایدار از میراث طبیعی است که در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، همچنان در حال رشد است. در این بین میراث ژئومورفولوژیکی مفهومی است شامل: لندفرم‌ها و فرایندهایی که نقش کلیدی در درک تاریخ زمین دارند و همچنین با میراث بیولوژیکی و فرهنگی مرتبط هستند (Reynard & Coratza, 2016). این میراث عمدتاً برای اهداف توسعه علمی، آموزشی و گردشگری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (AbdelMaksoud et al, 2018). درحالی که فعالیت‌های نادرست و بی‌رویه اقتصادی می‌تواند باعث تخریب این سایت‌ها شود، چنان‌که بسیاری از عوامل تخریب منابع طبیعی ریشه در مسائل اقتصادی - اجتماعی و مدیریت منابع طبیعی دارند، به همین دلیل در سال‌های اخیر توجه به مسائل اقتصادی - اجتماعی بیشتر شده است (قیطوری و همکاران، ۱۳۸۵: ۳۱۵). در مناطق خشک ایران، ریگ‌ها و تپه‌های ماسه‌ای یکی از شاخص‌ترین و در عین حال حساس‌ترین ژئومورفوسایت‌ها هستند؛ زیرا پویایی فرایندهای بادی، حساسیت به تغییرات کاربری، و شکنندگی ساختارهای ماسه‌ای سبب می‌شود کوچک‌ترین مداخلات انسانی بتواند ساختار آن‌ها را در مدت کوتاهی دگرگون کند. افزون بر این، درک عمومی و حتی مدیریتی از فرآیند بیابان‌زایی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای در بسیاری موارد نادرست بوده و مقابله با بیابان‌زایی اغلب معادل تثبیت تپه‌ها تلقی شده است؛ درحالی که این امر خود باعث اختلال در پویایی طبیعی لندفرم‌ها می‌شود (Bruins & Berliner, 1998; Katyal et al, 2000). چنین برداشت‌های نادرستی موجب شده است که بسیاری از اقدامات انسانی ناخواسته سرعت تخریب ژئومورفوسایت‌ها را افزایش دهد.

ریگ اکبرآباد واقع در دشت مختاران استان خراسان جنوبی یکی از ژئومورفوسایت‌های ماسه‌ای مهم در شرق ایران است که با دارا بودن مجموعه‌ای از تپه‌های ماسه‌ای فعال، نیمه فعال و پایدار، ارزش‌های علمی و ژئوتوریسمی متعددی دارد. ترکیب لندفرم‌های ماسه‌ای، تنوع مورفودینامیک، چشم‌اندازهای بصری و موقعیت جغرافیایی این ریگ آن را به یک ژئومورفوسایت قابل توجه در سطح ملی تبدیل کرده (ثقفی، ۱۳۸۹؛ رضایی‌مقدم و ثقفی، ۲۰۰۶؛ بهدانی، ۱۳۸۹) چنانکه در سال ۱۳۹۶ در فهرست آثار ملی نیز ثبت شده است. با این حال، طی دو دهه گذشته توسعه اراضی کشاورزی و ساختارهای مرتبط با آن از قبیل: احداث راه‌های روستایی، حفر چاه‌ها و تغییر روش‌های آبیاری در حاشیه ریگ اکبرآباد فشار قابل توجهی بر ساختار ژئومورفولوژیک آن وارد کرده است. وابستگی شدید اقتصادی ساکنان منطقه به کشاورزی، کمبود اشتغال جایگزین، و مدیریت سنتی منابع زمین باعث شده تا اراضی ماسه‌ای اغلب به‌عنوان زمینی قابل تصرف و استفاده تلقی شوند، نه یک میراث ژئوتوریسمی ارزشمند (قیطوری و همکاران، ۱۳۸۵). در سطح جهانی نیز پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ژئومورفوسایت‌ها بیش از هر زمان دیگری تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند و حفاظت از آن‌ها به برنامه‌های مدیریتی، مشارکت جامعه محلی و پایش مستمر نیاز دارد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Lazzarini & Henriques et al, 2019; Carsavilla et al, 2009; Aloia, 2014). در سال‌های اخیر، پژوهشگران از ابزارهایی مانند: سنجش‌ازدور، مدل‌های تغییرات زمانی، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و شاخص‌های ژئومورفیک برای تحلیل روند تخریب لندفرم‌ها بهره گرفته‌اند؛ با این حال، تمرکز اصلی اغلب مطالعات بر مناطق ساحلی، کوهستانی، کارستی یا ژئوپارک‌های بین‌المللی بوده و مناطق بیابانی ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

مطالعات مرتبط با شناسایی، ارزش‌گذاری و حفاظت از ژئومورفوسایت‌ها طی دو دهه گذشته توسعه چشم‌گیری داشته است (Garcia-Ortiz et al, 2014; Crofts & Brooks & Semniuk, 2017; Burke & Prosser, 2008; Gordon, 2015). رویکردهای جدید مانند: ارزیابی ژئومیراث بر پایه معیارهای کمی، مدل‌های تهدید، تحلیل حساسیت محیطی و شاخص‌های ژئوتوریسمی در سطح بین‌المللی به شناخته شدن اهمیت لندفرم‌های ژئومورفیک کمک کرده‌اند

(Braille, 2016; Pereira et al, 2016). علاوه بر این، پژوهش‌های مرتبط با پویایی تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از داده‌های Landsat، Sentinel، LiDAR و مدل‌های سه‌بعدی رسوبی در سال‌های اخیر به شکل قابل‌توجهی گسترش یافته است (Delmonte et al, 2017; Garcia-Cortez & Carsavilla, 2013; Hose, 2012). با این حال، پژوهش‌های انجام‌شده درباره ریگ اکبرآباد بسیار محدود بوده و تمرکز تحقیقات بیشتر بر مدیریت بیابان‌زایی، تثبیت ماسه‌های روان یا مطالعات اقلیمی ناحیه بوده است. تاکنون هیچ مطالعه‌ای به‌طور مستقیم به تحلیل فرآیند تخریب ژئومورفوسایت این ریگ در اثر فعالیت‌های کشاورزی نپرداخته و همچنین روندهای زمانی تخریب آن از طریق تحلیل داده‌های ماهواره‌ای، تصاویر تاریخی و بررسی‌های میدانی مستند نشده است. در این مقاله بر مبنای این پرسش که توسعه فعالیت‌های زراعی و ایجاد ساختارهای زیربنایی در دهه‌های اخیر در تخریب ژئومورفوسایت ریگ اکبرآباد چه نقشی ایفا نموده، به بررسی میزان تأثیر این فعالیت‌ها در روند گسترش یا تخریب تپه‌های ماسه‌ای پرداخته شده است.

روش پژوهش

منابع آماری مورد استفاده در این بررسی عبارت‌اند از: ۱- داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های منطقه طی دوره ۲۰ ساله (۱۴۰۰-۱۳۸۰) اعم از داده‌های دما، بارش و باد ۲- اطلاعات ثبت‌شده از فعالیت‌های کشاورزی در گزارش‌های مربوط به سازمان جهاد کشاورزی و سالنامه‌های آماری (شامل: سطح زیر کشت، نوع کشت، نوع محصولات تولیدی) و منابع اطلاعات مکانی مورد استفاده عبارت‌اند از: نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مدل‌های رقومی شده ارتفاعی (DEM)، نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های کاربری اراضی موجود از منطقه، نقشه‌های خاک و عکس‌های هوایی در مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰.

نرم‌افزار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی Arc GIS و نرم‌افزارهای سنجش‌ازدور شامل: ERDAS، IDRISI، ILWIS و نرم‌افزار آماری Minitab برای استخراج اطلاعات مورد نیاز، محاسبات مکانی و آزمون‌های آماری مورد استفاده قرار گرفته است. در گام اول نقشه ژئومورفولوژی منطقه به‌منظور تعیین گستره فعالیت انواع لندفرم‌های ماسه‌ای در منطقه با کمک داده‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه و در پیمایش‌های میدانی مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفت. در گام دوم نقشه‌های کاربری اراضی موجود در منطقه که توسط سازمان منابع طبیعی و جهاد کشاورزی تهیه‌شده بود با کمک داده‌های ماهواره‌ای جدید، بروز و اصلاح گردید.

برای دستیابی به اهداف مقاله از داده‌های ماهواره لندست به‌عنوان اساسی‌ترین منبع اطلاعاتی استفاده شده است. از این‌رو در گام سوم از ۲ سری تصویر ماهواره لندست با فاصله زمانی ۱۰ سال مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ استفاده شد که هر دو سری از تصاویر مربوط به فصل تابستان هستند. در پردازش تصاویر ماهواره‌ای ابتدا مراحل پیش‌پردازش شامل: ایجاد موزاییک داده‌های ماهواره‌ای، استخراج منطقه مورد مطالعه و ماسک‌گذاری داده‌ها، تصحیحات هندسی و رادیومتری، صورت گرفته است (کنداد و دیکسون، ۲۰۰۷؛ لاولند و دوایر، ۲۰۱۲؛ چاونجرت، ۲۰۰۷). در مرحله بعد با استفاده از اطلاعات کمکی (شامل: نقشه ژئومورفولوژی و نقشه‌های کاربری اراضی که در مراحل قبل تهیه‌شده‌اند) پوشش طبیعی و کاربری اراضی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای برای ۲ دوره زمانی استخراج شده است. به این ترتیب با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، نقشه‌های پوشش طبیعی منطقه (برای دو دوره زمانی) حاصل شده است. این شاخص با محاسبه نسبت نرمال شده بین باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{رابطه (۱)}$$

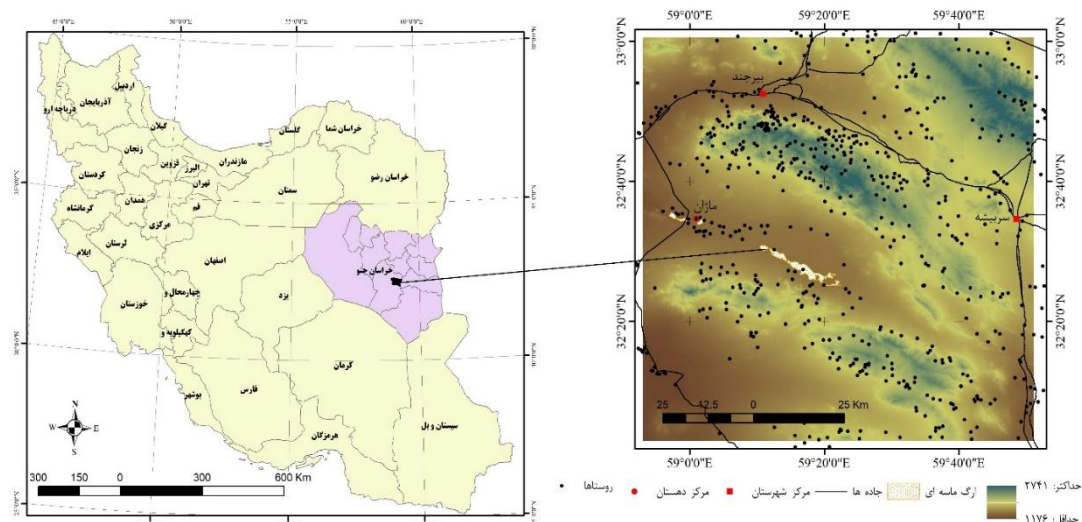
نتیجه محاسبه این شاخص حاوی مقادیر عددی در دامنه ۱+ تا ۱- است. این مقادیر حاوی اطلاعاتی در مورد سه نوع اصلی پوشش طبیعی سطح زمین (مناطق برهنه، پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی) است (Aburas et al, 2015; Bahandari & colleagues, 2012). به کمک نمونه‌های تعلیمی و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال نیز نقشه‌های کاربری اراضی منطقه (برای دو دوره زمانی)، تهیه گردید. برای بررسی دقت و میزان اعتبار نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده به کمک نمونه‌های تعلیمی و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال از تعداد ۱۵۰ نمونه واقعی و محاسبه آنالیز صحت استفاده‌شده است. در مرحله نهایی با انطباق نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی نرمال شده^۱ و نقشه‌های کاربری اراضی در نرم‌افزار Arc GIS و با کمک آزمون‌های آماری شامل: آزمون χ^2 ، آزمون t و آزمون کای اسکوئر تغییرات پوشش‌های طبیعی و کاربری‌ها در قلمرو ریگ‌های منطقه در ۲ دوره زمانی مختلف بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

محدوده مورد مطالعه

ریگ اکبرآباد در دشت مختاران (جنوب دشت بیرجند) و در شمال حوضه آبریز کویر لوت قرار گرفته است. این دشت از طرف شمال به ارتفاعات کوه رج و باقران از شرق به بلندی‌های مخلوکان و غوکاس از جنوب به ارتفاعات گلبرگ، خونیک و کوه شاه و از طرف غرب به ارتفاعات کارجگان محدود می‌گردد. بلندترین نقطه در جنوب دشت حدود ۲۶۰۰ متر ارتفاع داشته و پست‌ترین نقطه دشت حدود ۱۲۵۰ متر در جنوب غرب آن واقع شده است. شیب عمومی دشت از شرق به غرب است. به لحاظ هیدرولوژی دشت مختاران در یک حوضه نیمه بسته قرار گرفته است.

در تقسیمات سیاسی بخش اعظم دشت مختاران در دهستان مازان با ۷۵۸/۱ کیلومترمربع وسعت واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیائی ۵۸ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این دهستان دارای ۸۱ پارچه آبادی بوده که ۲۵ آبادی آن خالی از سکنه و ۵۶ آبادی آن دارای سکنه است.

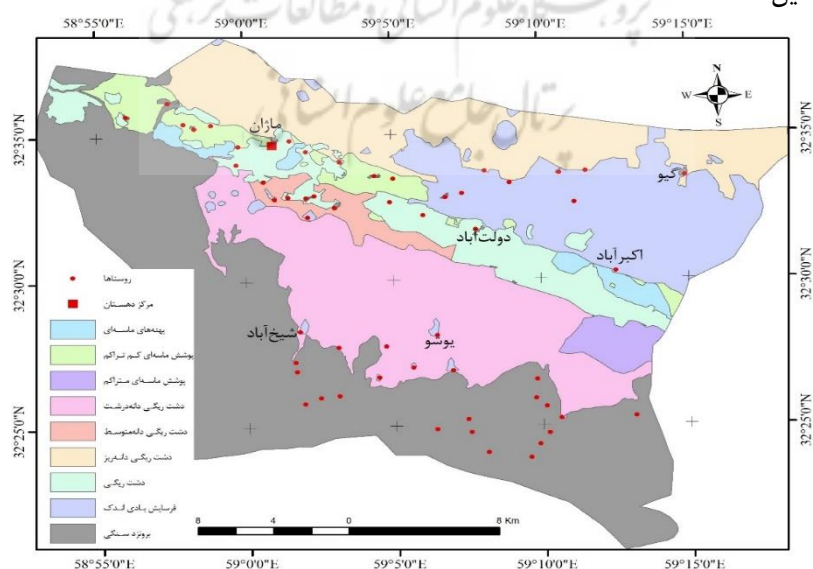
آب‌وهوای منطقه به‌طور کلی از نوع خشک و بیابانی است. متوسط بارندگی سالانه بر اساس آمار ایستگاه باران‌سنجی مازان برابر با ۱۶۸ میلی‌متر و پرباران‌ترین ماه سال دی‌ماه است. متوسط دمای سالانه نیز ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد است. در منطقه مورد مطالعه سه نوع رسوب و نهشته ناپیوسته و منفصل دیده می‌شود. این رسوبات شامل: نهشته‌های کوهرفتی، آبرفتی و بادی هستند (رضایی‌مقدم و ثقفی، ۲۰۰۶). بیشترین نوع رسوبات ناپیوسته منطقه را نهشته‌های آبرفتی تشکیل می‌دهند. این رسوبات به‌صورت پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جدید، مخروط‌افکنه‌های قدیم و جدید، رسوبات سیلابی بستر مسیل‌ها و رودخانه‌ها هستند. نهشته‌های کوهرفتی به‌صورت مخروط‌های واریزه‌ای و مواد منفصل هوازده برجا هستند که تحت تأثیر فرسایش مکانیکی و شیمیایی سنگ‌ها به وجود می‌آیند. این نهشته‌ها منشأ آبرفت‌هایی هستند که توسط جریان‌های آبی و یا بادی به مناطق پایین‌دست حمل می‌گردند. بالاخره نوع سوم رسوبات شامل ماسه‌های بادی است که به‌صورت تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌زار مشاهده می‌شوند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و مدل ارتفاعی منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی

یافته‌ها

لندفرم‌های بادی منطقه مورد مطالعه شامل: اشکال کاوشی (دشت‌های ریگی) و اشکال تراکمی (انواع تپه‌های ماسه‌ای) است. به دلیل وجود منابع برداشت متعدد و با وسعت زیاد، پهنه‌های ماسه‌ای در محدوده مطالعاتی از گسترش قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار بوده و در حاشیه جنوبی دق دیده می‌شوند (شکل ۲). پهنه‌های ماسه‌ای منطقه تحت عنوان ریگ اکبرآباد مشهور بوده و به لحاظ طولی گسترده ولی به لحاظ عرضی باریک هستند به طوری که از جنوب روستای مختاران شروع شده و به سمت غرب امتداد یافته‌اند. محدوده آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و نیز عکس‌های هوایی کاملاً قابل تفکیک است (شکل ۳). به طور کلی ریگ اکبرآباد در چهار قطعه جدا از هم قرار گرفته که از حدود روستای چاه اسلام‌آباد در شرق دشت مختاران شروع و به صورت منقطع تا نزدیکی خروجی دشت امتداد دارند. مساحت مجموع ۴ بخش آن حدود ۳۰۹۹/۶ هکتار تخمین زده شده است (شکل ۳ و جدول ۱). مورفولوژی عمومی ریگ اکبرآباد بدون شکل و نامنظم بوده و تپه‌ها اغلب جوان و فعال هستند. جهت عمومی توسعه آن‌ها نیز از شرق (ابتدای ریگ) به غرب (انتهای ریگ) است. همان گونه که اشاره گردید محدوده ریگ اکبرآباد دارای اشکال متنوع تپه ماسه‌ای است که دو نوع لندفرم عمده را تشکیل داده‌اند.



شکل ۲. نقشه اشکال مختلف فرسایش بادی در دهستان مازان

جدول ۱. ویژگی‌های عمومی (جغرافیایی و مورفولوژیکی) ریگ اکبرآباد در منطقه مورد مطالعه

موقعیت به UTM	ارتفاع از سطح دریا (m)	مورفولوژی عمومی	ابعاد (km)	مساحت (ha)
۷۰۴۰۴۸ - ۷۲۲۱۴۱	۱۴۸۵	نامنظم	طول = ۱۹ عرض = ۲/۵	۳۰۹۹/۶
۳۵۸۷۷۰۳ - ۳۶۰۰۲۷۲				

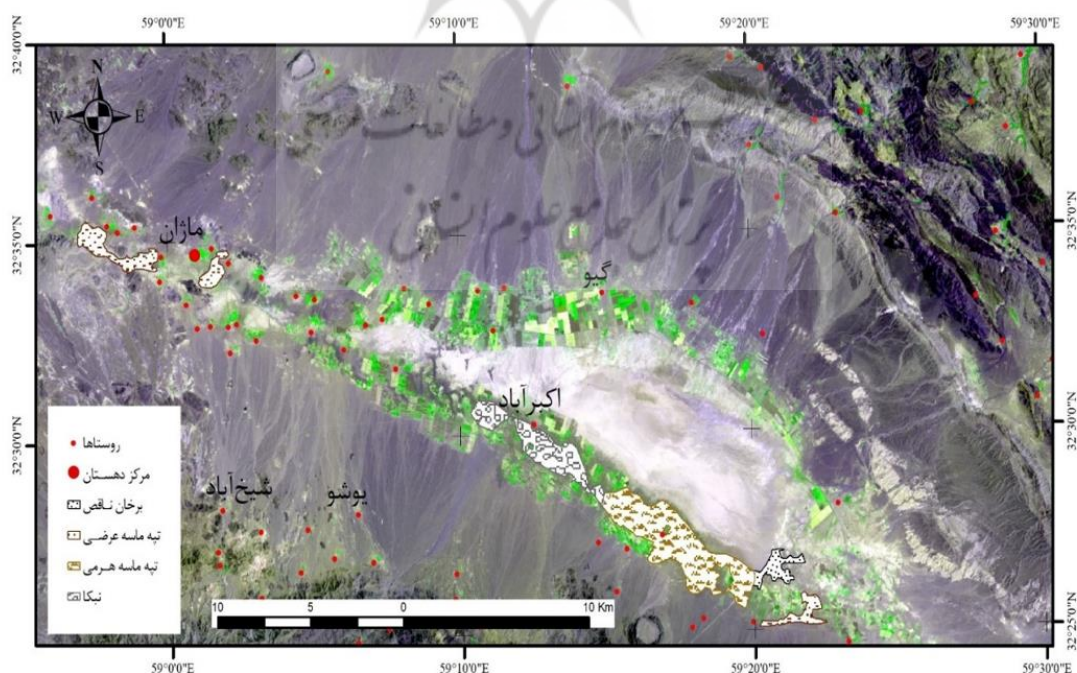
الف- تپه‌های ماسه‌ای: در قلمرو ریگ اکبرآباد محدوده‌هایی وجود دارد که نهشته‌های بادی به صورت تپه‌های ماسه‌ای دیده می‌شوند. وسعت و گسترش آن‌ها قابل توجه است. وجود این ناهمواری‌ها نشان‌دهنده فعالیت زیاد باد و منابع برداشت متعدد و وسیع در منطقه است. این ناهمواری‌های به شکل رشته‌های برآمده ماسه‌ای هستند که در برخی نقاط ارتفاع تپه‌ها بلندتر از سایر بخش‌ها بوده و در میان ناهمواری‌های ماسه‌ای شاخص هستند. در میان تپه‌ها پستی و بلندی‌هایی مشاهده می‌شود که نتیجه وزش بادهایی با سرعت و شدت متفاوت است که موجب تغییر در شکل و وضعیت ماسه‌ها شده است. به لحاظ مورفولوژیکی تپه‌های ماسه‌ای موجود در ۴ گروه قابل تفکیک است که هر گروه از پوشش گیاهی و شرایط دینامیکی خاصی برخوردارند (شکل ۳ و ۴، جداول ۲ و ۳).

جدول ۲. ویژگی‌های مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای موجود در ریگ اکبرآباد (به شکل ۳ رجوع کنید)

نوع تپه ماسه‌ای	ارتفاع متوسط به متر	میزان فعالیت
بارخان‌های ناقص	۱	زیاد
تپه‌های ماسه‌ای عرضی	۳	متوسط
تپه‌های ماسه‌ای هرمی	۲۵	زیاد
نیکا	۲	متوسط

جدول ۳. ویژگی‌های دینامیکی و نوع گونه‌های گیاهی تپه‌های ماسه‌ای ریگ اکبرآباد

قدمت	میزان فعالیت	گونه‌های گیاهی	تراکم به درصد
متوسط تا جدید	فعال	اسکنیبل، استیپا آگروستیس، خارستر	۷۰-۸۰



شکل ۳. توزیع جغرافیایی پهنه‌ها و لندفرم‌های ماسه‌ای ریگ اکبرآباد بر روی تصویر کاذب از ماهواره لندست



شکل ۴. الف- نمایی از تپه‌های که در شرایط تکمیل مورفولوژی خود هستند. ب- نمایی از تپه‌های ماسه‌ای که توسط پوشش‌های سبز گیاهی تثبیت شده‌اند.

ب- پهنه‌های هموار ماسه‌ای: این پهنه‌ها در مناطق دارای ماسه‌بادی دیده می‌شوند و گسترش قابل توجهی یافته‌اند. اطراف زهکش اصلی دشت در نواحی غربی این پهنه‌ها قابل مشاهده هستند. در این مناطق نهشته‌های بادی به صورت هموار و مسطح بوده و محدوده آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی قابل تشخیص و تفکیک است. در برخی مناطق این پهنه‌ها به اراضی زراعی نیز تبدیل شده‌اند. آثار فرسایش بادی در این منطقه قابل مشاهده هستند. بررسی پوشش طبیعی با کمک شاخص‌های مختلف و تصاویر ماهواره‌ای قابل انجام است (ناطق و همکاران، ۱۳۹۶؛ منصور مقدم و همکاران، ۱۴۰۰) در این میان شاخص پوشش گیاهی نرمال شده جهت بررسی وضعیت پوشش طبیعی زمین در بسیاری از مطالعات به عنوان شاخص مفید و کاربردی معرفی شده است (Jones & Vaughn, 2010; Piao et al, 2015; Jackson & Hewitt, 1991; Mansourmoghaddam et al, 2022 Kennedy et al, 2010; Jivalakshmi et al, 2016). نتایج طبقه‌بندی کاربرهای اراضی سال‌های گذشته به اتکای مشاهدات میدانی، بررسی شواهد تاریخی و نیز اطلاعات ساکنین محدوده که طی این مدت بهره‌برداری از زمین به دست آن‌ها صورت گرفته به لحاظ اعتبار و دقت نیاز به بررسی دارند. به این ترتیب با برداشت ۱۵۰ نمونه واقعی با کمک GPS میزان دقت و اعتبار کاربری‌های حاصل شده با محاسبه ماتریس صحت (Sexton et al, 2013; Ziyaal & Pal, 2016) تعیین شده است (جدول ۴). بر این اساس دقت کلی نتایج طبقه‌بندی نظارت شده به شیوه حداکثر احتمال حدود ۸۶/۸ درصد و ضریب کاپای محاسبه شده نیز حدود ۰/۷۹ است.

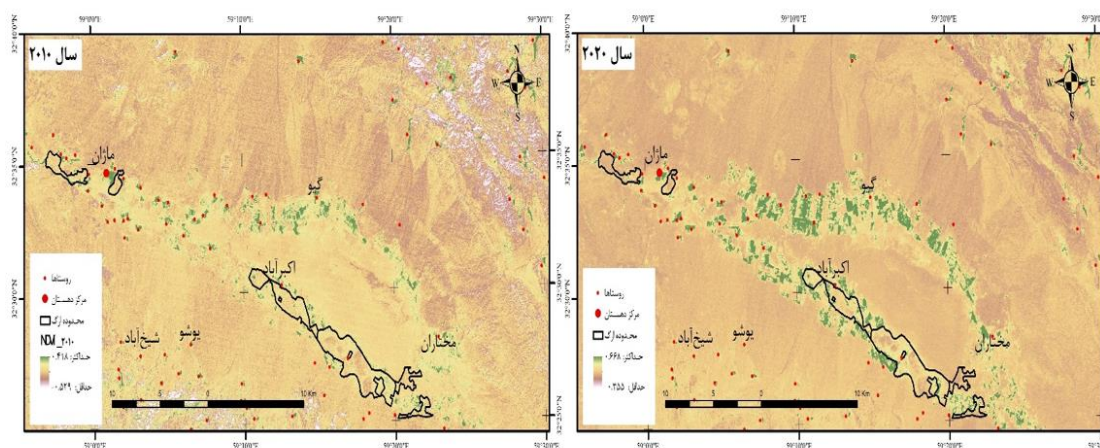
جدول ۴. ماتریس آنالیز صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی به شیوه حداکثر احتمال (درصد نمونه‌های واقعی که صحیح طبقه‌بندی شده و درصد نمونه‌های واقعی که اشتباه طبقه‌بندی شده را نشان می‌دهد)

خطای کاربر	زراعت آبی	زراعت دیم	خاک برهنه و ماسه	پهنه‌های مرطوب	پهنه‌های دق	مراتع	خطای کاربر
زراعت آبی	۹۲/۳	۰/۴	۰	۰	۰	۰/۲	۳/۱
زراعت دیم	۰	۷۳	۰	۰	۵۶/۶	۰	۹/۸
خاک برهنه و ماسه‌ها	۰	۰	۹۸/۵	۰	۰	۰	۱۴/۵
پهنه‌های مرطوب	۷/۷	۵/۲	۱/۵	۹۳/۲	۰/۵	۱/۴	۵۲/۳
پهنه‌های دق	۰	۲۱/۳	۰	۰	۴۰/۶	۰/۶	۶/۲
مراتع	۰	۰	۰	۱/۸	۲/۳	۹۷/۸	۱۴
خطای حذف	۷/۷	۲۷	۱/۵	۶/۸	۵۹/۴	۲۲	۱۰۰

دقت کلی: ۸۶/۸۹ ضریب کاپا: ۰/۷۹۹

با استخراج و مطالعه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) در پهنه فعالیت ریگ اکبرآباد وضعیت پوشش سطحی آن در طول دوره موردنظر بررسی شده است (شکل ۵). پوشش طبیعی سطح زمین به دلیل عملکرد چرخه‌های

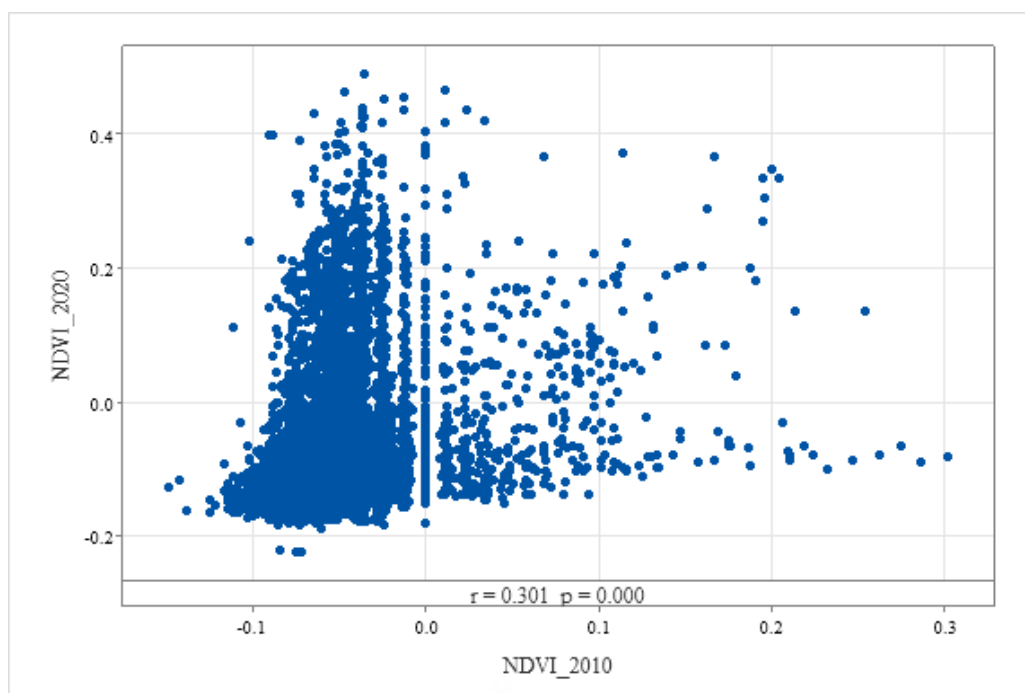
مختلف فرایندهای طبیعی (مانند: خشک‌سالی، آتش‌سوزی، سیل‌های متوالی و فعالیت آتش‌فشان‌ها) و نیز فعالیت‌های انسانی، دچار تغییراتی می‌شود که این تغییرات غالباً به‌صورت جابه‌جایی در اراضی زراعی، تغییر مدیریت منابع طبیعی، چرای دام‌ها، تغییر در مراکز سکونت‌گاهی و فعالیت‌های کشاورزی نمود پیدا می‌کند (Kennedy, 2014).



شکل ۵. توزیع جغرافیایی ریگ اکبرآباد بر روی شاخص NDVI محاسبه‌شده با کمک تصاویر ماهواره لندست برای سال ۲۰۱۰ و سال ۲۰۲۰

جهت بررسی میزان تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در طول دوره از آزمون همبستگی استفاده شده است (شکل ۶). نتایج نشان می‌دهد که همبستگی این شاخص برای دو دوره زمانی (سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰) معنی‌داری است ($r = 0.301$ و $p = 0.000$). از طرفی همبستگی ضعیف شاخص پوشش گیاهی نرمال شده حاکی از تغییرات زمانی و مکانی بسیاری است که در مجموع پوشش‌های طبیعی واقع بر روی سطح ریگ اکبرآباد رخ داده است.

مقایسه پارامترهای آماری شاخص پوشش گیاهی نرمال شده که صرفاً برای محدوده تسلط پهنه ریگ اکبرآباد استخراج شده، نشان می‌دهد که مقدار متوسط این شاخص از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۰ به میزان اندکی کاهش یافته است (جدول ۵). بررسی معنی‌دار بودن تغییر رخ داده در متوسط این شاخص (سطح معنی‌داری $\alpha \text{ level} = 0.05$) با کمک آزمون t انجام شده است. نتیجه آزمون میانگین‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها و کاهش معنی‌دار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ است (جدول ۵).



شکل ۶. نمودار آزمون همبستگی مقادیر شاخص NDVI محاسبه شده سال ۲۰۱۰ و سال ۲۰۲۰

جدول ۵. پارامترهای آماری و نتایج آزمون t شاخص پوشش گیاهی محدوده ریگ اکبرآباد

متغیرها	نمونه (پیکسل)	میانگین	انحراف استاندارد	انحراف از میانگین	اختلاف میانگین‌ها	انحراف استاندارد	خطای استاندارد
NDVI_2020	۳۴۴۴۰	-۰/۱۰۰۵۶	۰/۰۵۸۸۲۴	۰/۰۰۰۳۱۶۹۷	-۰/۰۴۷۳۹۵	۰/۰۵۶۳۱۴۰	۰/۰۰۰۳۰۳۴۵
NDVI_2010	۳۴۴۴۰	-۰/۰۵۳۱۶۴	۰/۰۲۲۶۰۱	۰/۰۰۰۱۲۱۷۹			

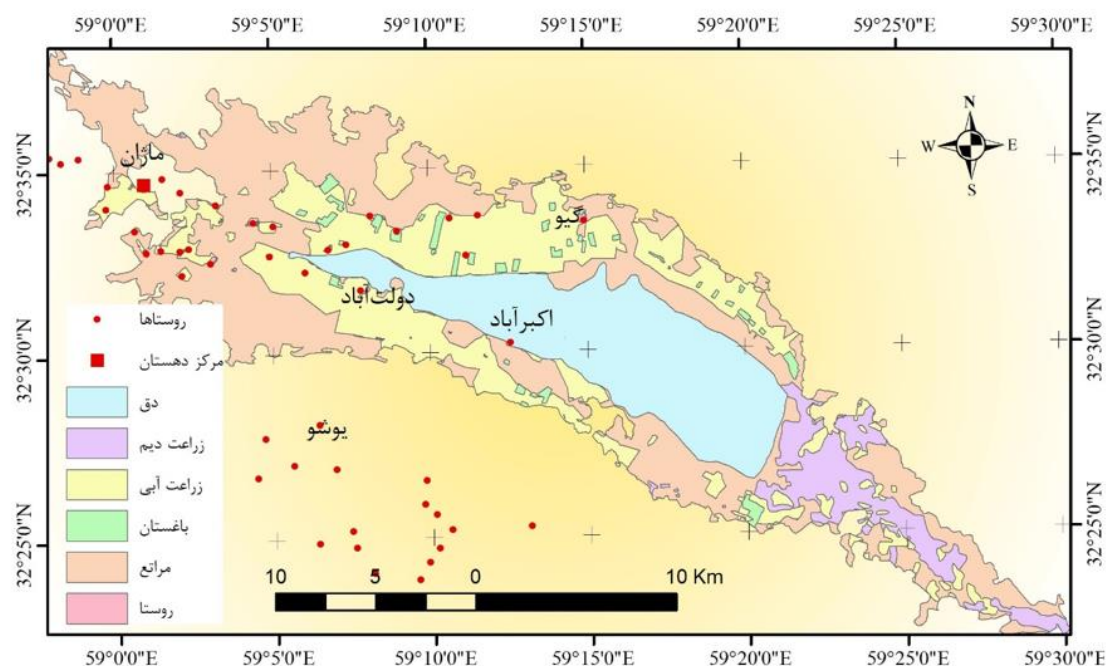
H0 = میانگین شاخص NDVI سال ۲۰۲۰ با میانگین شاخص NDVI سال ۲۰۱۰ تفاوت معناداری را نشان نمی‌دهد.

H1 = میانگین شاخص NDVI سال ۲۰۲۰ کمتر از میانگین شاخص NDVI سال ۲۰۱۰ است.

α level:	0.05	
DF	T-Value	P-Value
34439	-156.19	0.000

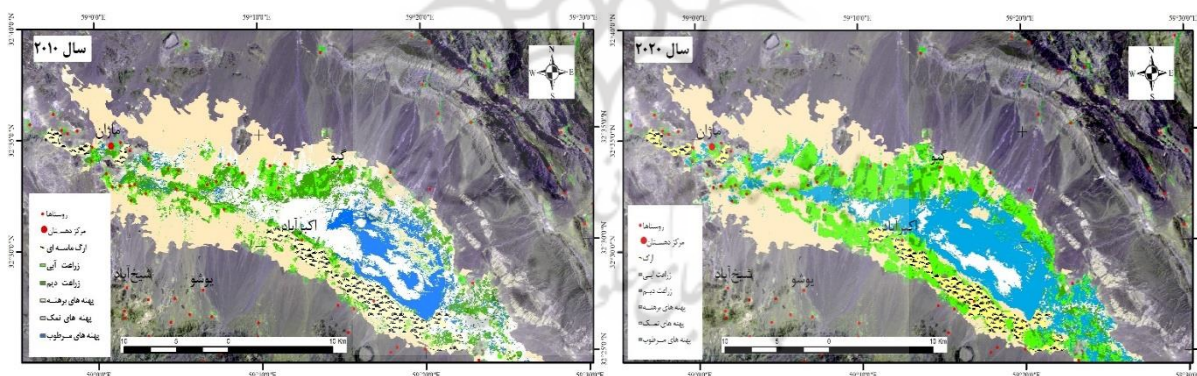
P-Value ≤ 0.05 . Can claim Mean (NDVI_2020) < Mean (NDVI_2010).

شرایط هیدرولوژیک حوضه‌های بسته در مناطق خشک به گونه‌ای است که با تشکیل سطوح آبی اتفاقی، گاهی دائمی و نیز بالا بودن سطح آب زیرزمینی، منبع دیگری جهت تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های کشاورزی را فراهم می‌آورند. از این رو در این مناطق علاوه بر زراعت دیم، زراعت آبی نیز با تأمین آب از منابع زیرزمینی وجود دارد. دام‌پروری در منطقه مورد مطالعه به دلیل فقر مراتع طبیعی خصوصاً در حاشیه دق از وسعت چندانی برخوردار نیست. بنابراین انواع شیوه‌های استفاده از زمین در منطقه را می‌توان در غالب فعالیت‌های کشاورزی آبی و دیم و نیز فعالیت‌های محدود دامداری، خلاصه کرد. بررسی وضعیت موجود انواع کاربری‌های اراضی نشان می‌دهد که حاشیه دق به طور قابل توجهی تحت اشغال انواع فعالیت‌های کشاورزی از نوع آبی قرار گرفته (شکل ۷) و بیشترین جمعیت ساکن در حوضه نیز در همین منطقه ساکن بوده و به دنبال آن بیشترین فعالیت‌های اقتصادی منطقه در این محدوده انجام می‌گیرد.



شکل ۷. کاربری اراضی کنونی در محدوده دشت و حاشیه دق در منطقه مورد مطالعه

استخراج کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با کمک پردازش دو سری از تصاویر ماهواره لندست مربوط به فصل رشد انجام شده است. محدوده در نظر گرفته شده برای استخراج کاربری‌های منطقه نیز با توجه به ماهیت موضوع، مناطق با شیب کمتر از ۵ درصد بوده که به‌طور طبیعی قابلیت بهره‌برداری برای جوامع ساکن را دارند و نیز محل استقرار و فعالیت ریگ اکبرآباد می‌باشند (شکل ۸).



شکل ۸. کاربری اراضی محدوده دشت در حاشیه دق که از تصاویر ماهواره لندست برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ استخراج شده

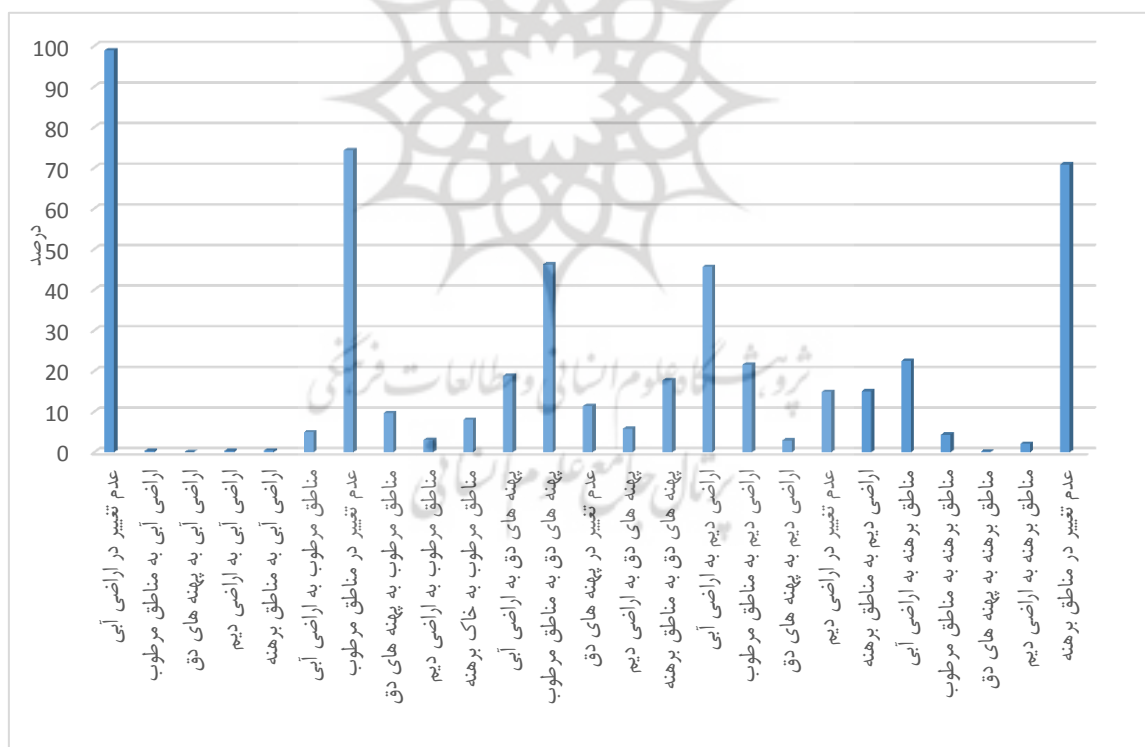
بر اساس نتایج این بررسی، طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در مساحت تحت اشغال انواع شیوه‌های استفاده از زمین حدود ۳۵/۷ درصد افزایش به وجود آمده که شامل افزایش در مساحت اراضی مزروعی، مراتع طبیعی و مراتع کاشته شده است. از این رو طی ۱۰ سال، سالانه حدود ۳/۵۷ درصد در انواع شیوه‌های استفاده از زمین طی دوره موردنظر افزایش رخ داده است. ۱۸/۴۵ درصد از مساحت منطقه در سال ۲۰۱۰ تحت اشغال اراضی کشاورزی بوده که ۶/۴۶ درصد از آن متعلق به اراضی کشاورزی آبی و ۱۱/۹۹ درصد آن متعلق به اراضی دیم بوده است (جدول ۶). در صورتی که بررسی داده‌های ماهواره‌ای سال ۲۰۲۰ گستره تحت اشغال فعالیت‌های کشاورزی را در حدود ۳۰/۲۴ درصد نشان می‌دهد. در

سال ۲۰۲۰ حدود ۵/۴۳ درصد از مساحت منطقه به کشت دیم و ۲۴/۸۱ درصد از مساحت به کشت آبی اختصاص یافته است (شکل ۸ و جدول ۶). بررسی‌های انجام شده طی این دوره و نیز مشاهده توزیع جغرافیایی کاربری‌های اراضی منطقه گویای تراکم این فعالیت‌ها در پیرامون دق است.

جدول ۶. میزان تغییرات به وجود آمده در مساحت انواع کاربری اراضی مورد بحث در محدوده دشت را نشان می‌دهد

نوع کاربری	سال ۲۰۱۰ (مساحت به درصد)	سال ۲۰۲۰ (مساحت به درصد)	درصد مساحت افزوده شده یا کاسته شده
کشاورزی آبی	۶/۴۶	۲۴/۸۱	۱۸/۳۴
کشاورزی دیم	۱۱/۹۹	۵/۴۳	-۶/۵۶
پهنه‌های مرطوب	۹/۹۸	۲۷/۳۷	۱۷/۳۹
پهنه‌های دق	۳۱/۸۵	۴/۹۹	-۲۶/۸۶
پهنه‌های برهنه و ماسه‌ای	۳۹/۶	۳۷/۳	-۲/۳

بررسی وضعیت تبدیل، کاهش و افزایش گستره انواع کاربری‌ها طی دوره موردنظر نشان می‌دهد که مجموع اراضی مزروعی باوجود اینکه در برخی از مناطق از بین رفته؛ اما در مناطق دیگر به وجود آمده‌اند؛ چنان‌که تا حدود ۱۱/۷۹ درصد افزایش داشته‌اند (شکل ۹). افزایش در مجموع اراضی کشاورزی طی مدت مطالعه عمدتاً نتیجه توسعه زراعت آبی بوده که در حدود ۱۸/۳۵ درصد به مساحت آن افزوده شده و تقریباً در هرجایی از منطقه رخ داده است. بخش قابل توجهی از این افزایش در نتیجه کاهش محدوده تحت سیطره مناطق برهنه و تپه‌های ماسه‌ای طی دوره بررسی حاصل شده است.



شکل ۹. درصد تبدیل مساحت کاربری اراضی محدوده دشت طی دوره موردبررسی به سایر کاربری‌ها

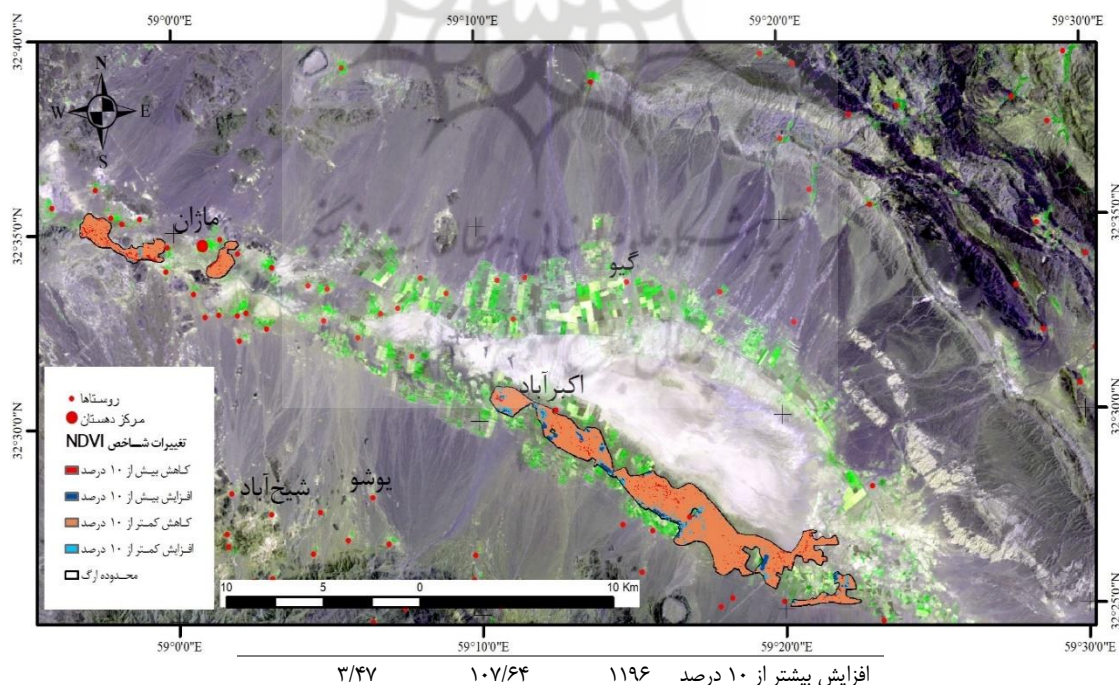
بحث

در دهه‌های اخیر، مواریث ژئومورفولوژیکی، حفاظت و مدیریت آن توجه زیادی را به خود جلب کرده به‌طوری‌که متولیان امر را وادار به اجرای برخی اقدامات حفاظتی ویژه و مداوم در سیاست‌ها یا ساختارهای محلی و منطقه‌ای در ارتباط با این موضوع کرده است. با این حال ممکن است برخی تهدیدات ناشی از استفاده‌های چندگانه از زمین، تغییرات کاربری زمین یا خواسته‌های جامعه انسانی از ژئومورفوسایت‌های خاص در مجاورت آن‌ها رخ دهد (Stansho, 2010; Brush & quartz, 2018; Gray, 2013).

مقایسه نقشه‌های مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در دو دوره زمانی نشان می‌دهد که از مجموع مساحت ۳۰۹۹/۶ هکتاری ریگ اکبرآباد تنها ۲/۰۷ هکتار آن‌ها به لحاظ شاخص پوشش گیاهی دست‌نخورده باقی‌مانده است. حدود ۲۸۳۲/۶ هکتار از پهنه آن (معادل ۹۱/۳ درصد) کاهش مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده را تجربه کرده که از این مقدار بیشترین سهم (۸۷/۳۷ درصد) مربوط به کاهش کمتر از ۱۰ درصد در مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده است (جدول ۷). باقی‌مانده مساحت ریگ اکبرآباد (۲۶۴/۹۳ هکتار) در مناطق کوچک با پراکندگی زیاد نیز تغییرات افزایشی مقادیر شاخص پوشش گیاهی نرمال شده را تجربه کرده است (شکل ۱۰).

جدول ۷. میزان تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در سطح ریگ منطقه از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۰

طبقات	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
کاهش بیشتر از ۱۰ درصد	۱۳۸۱	۱۲۴/۲۹	۴/۰۰۹
کاهش کمتر از ۱۰ درصد	۳۰۰۹۳	۲۷۰۸/۳۷	۸۷/۳۷
بدون تغییر	۲۳	۲/۰۷	۰/۰۶۶
افزایش کمتر از ۱۰ درصد	۱۷۴۷	۱۵۷/۲۳	۵/۰۷



شکل ۱۰. درصد تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در قلمرو ریگ اکبرآباد طی ۱۰ سال (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰) بر روی تصویر کاذب ماهواره لندست نشان می‌دهد

مقایسه کاربری‌های اراضی ایجادشده در سطح ریگ منطقه طی دوره موردنظر نشان می‌دهد که در هر دو زمان بر روی سطح ۳۰۹۹/۶ هکتاری آن محدوده‌هایی وجود دارد که تحت فعالیت‌های کشاورزی واقع شده‌اند (جدول ۸). مجموع اراضی کشاورزی فعال (اعم از دیم و آبی) بر روی ریگ اکبرآباد در سال ۲۰۱۰ برابر با ۱۲۴۹/۲۹ هکتار بوده در حالی که در سال ۲۰۲۰ این میزان به ۱۴۹۳/۲۸ هکتار (معاد ۳۹/۶ درصد) افزایش یافته است. چنان که ملاحظه می‌شود در این مدت اراضی نوع دیم از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۰ کاهش و اراضی آبی طی این دوره افزایش یافته است. به نحوی که بخشی از افزایش اراضی آبی در سال ۲۰۲۰ مربوط به تبدیل اراضی دیم سال ۲۰۱۰ به اراضی آبی بوده و بخشی نیز مربوط به زیر کشت قرار گرفتن پهنه‌های ماسه‌ای جدید طی این مدت است (جدول ۸).

جدول ۸. تغییرات انواع کاربری‌های در سطح ریگ منطقه طی سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

کاربری	۲۰۱۰		۲۰۲۰		تغییرات به درصد
	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	
زراعت آبی	۲۳۸۹	۲۱۵/۰۱	۱۶۰۶۱	۱۴۴۵/۴۹	۳۹/۶۹۸
زراعت دیم	۱۱۴۹۲	۱۰۳۴/۲۸	۵۳۱	۴۷/۷۹	-۳۱/۸۲۶
ماسه	۲۰۵۵۹	۱۸۵۰/۳۱	۱۷۸۴۸	۱۶۰۶/۳۲	-۷/۸۷۱
جمع	۳۴۴۴۰	۳۰۹۹/۶	۳۴۴۴۰	۳۰۹۹/۶	۷/۱۰۵

برای بررسی معنی‌دار بودن تغییرات کاربری اراضی در سطح ریگ اکبرآباد طی دوره بررسی، تفاوت تعداد پیکسل‌های هر کدام از طبقات کاربری شامل: اراضی آبی، اراضی دیم و پهنه‌های ماسه‌ای در دو دوره زمانی با استفاده از آزمون ناپارامتری کای اسکوئر موردبررسی قرار گرفته است. نتایج آزمون (سطح معنی‌داری $\alpha \text{ level}=0.05$) نشانگر معنی‌دار بودن تفاوت در تعداد پیکسل‌های کاربری‌ها در دو دوره زمانی است (جدول ۹). به این ترتیب نتایج آزمون کای اسکوئر نشان می‌دهد که کاهش ۷/۸۷ درصدی گستره ماسه‌ای (جدول ۸) به نفع افزایش ۳۹/۶۹ درصدی گستره اراضی کشاورزی آبی در پهنه ریگ اکبرآباد رخ داده است.

جدول ۱۰. نتایج آزمون کای اسکوئر و مقایسه معنی‌داری تفاوت فراوانی پیکسل‌های کاربری‌های سطح ریگ در دو دوره زمانی

مجموع پیکسل	تعداد پیکسل اراضی آبی	تعداد پیکسل اراضی دیم	تعداد پیکسل ماسه	
سال ۲۰۲۰				
۳۴۴۴۰	۱۶۰۶۱	۵۳۱	۱۷۸۴۸	تعداد پیکسل مشاهده شده
۹۲۲۵	۶۰۱۲	۱۹۲۰۴		تعداد پیکسل مورد انتظار
۶۸۳۶	-۵۴۸۱	-۱۳۵۶		باقی مانده
-۷۱/۱۷	-۷۰/۶۹	-۹/۷۸		باقی مانده استاندارد شده
۱۱۷/۶	-۱۱۰/۰	-۲۰/۸		باقی مانده تعدیل شده
۵۰۶۵/۷	۴۹۹۶/۴	۹۵/۷		مشارکت در آزمون کای اسکوئر
سال ۲۰۱۰				
۳۴۴۴۰	۲۳۸۹	۱۱۴۹۲	۲۰۵۵۹	تعداد پیکسل مشاهده شده
۹۲۲۵	۶۰۱۲	۱۹۲۰۴		تعداد پیکسل مورد انتظار
-۶۸۳۶		۵۴۸۱	۱۳۵۶	باقی مانده
-۷۱/۱۷		۷۰/۶۹	۹/۷۸	باقی مانده استاندارد شده
-۱۱۷/۶		۱۱۰/۰	۲۰/۸	باقی مانده تعدیل شده
۵۰۶۵/۷	۴۹۹۶/۴	۹۵/۷		مشارکت در آزمون کای اسکوئر
۶۸۸۸۰	۱۸۴۵۰	۱۲۰۲۳	۳۸۴۰۷	مجموع پیکسل

P مقدار	درجه آزادی	کای اسکوتر	نتیجه آزمون کای اسکوتر
۰/۰۰۰	۲	۲۰۳۱۵/۵۲۶	پیرسون
۰/۰۰۰	۲	۲۳۸۶۳/۱۲۰	نسبت درستمایی

نتیجه گیری

گسترش سریع فعالیت‌های اقتصادی ساکنان، بخش‌هایی از تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه را در حال حاضر به دلیل استفاده بیش‌ازحد، سوءاستفاده یا مدیریت ضعیف در معرض خطر تخریب قرار داده است. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، کاهش تدریجی قلمرو ریگ اکبرآباد را نشان می‌دهد که عمدتاً به دلیل افزایش فشارهای جوامع انسانی است. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که در طول سه دهه گذشته برای تجزیه و تحلیل اثرات اقلیمی بر تغییرات پوشش گیاهی، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده مورد استفاده قرار گرفته و در این میان پایش خشک‌سالی با کمک این شاخص به‌طور برجسته‌ای مورد توجه بوده است (Davis et al, 2016; Tang et al, 2020). بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده طی دوره بررسی نشانگر بروز کاهش معنی‌دار ارزش این شاخص طی دوره ۱۰ ساله است که خود گویای افزایش خشک‌سالی در منطقه بوده و این موضوع با کاهش سطح اراضی زیر کشت دیم طی دوره بررسی تأیید شده است. در این شرایط توسعه اراضی کشاورزی آبی در منطقه صرفاً با ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز جهت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و نصب تجهیزات استخراج آب از اعماق زمین قابل توجیه است. بر اساس آمارهای حاصل از سازمان آب تعداد چاه‌های منطقه مورد مطالعه از ۱۳۱ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق مجاز (سال ۱۳۸۱) به بیش از ۲۵۰ حلقه چاه مجاز و غیرمجاز (سال ۱۴۰۰) افزایش یافته و این بهره‌برداری بیشتر از منابع آب زیرزمینی کلیدی جهت گسترش اراضی کشاورزی آبی در منطقه علی‌رغم افزایش خشک‌سالی بوده است.

نتایج این مطالعه اطلاعات بیشتری را برای تسهیل آگاهی عمومی در مورد خطرات ناشی از فعالیت‌های انسانی برای سیستم تپه‌های ماسه‌ای و نیز ایجاد شاخص‌هایی برای استفاده و حفاظت از این منابع ارزشمند ارائه می‌دهد. از این‌رو نیاز مبرمی به ارائه توصیه‌هایی برای حفظ ژئومورفوسایت ریگ اکبرآباد و مدیریت صحیح آن، از جمله مقررات مربوط به استفاده پایدار از این مناطق هم برای ساکنان و هم برای گردشگران، وجود دارد.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد و منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقاله را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- به‌دانی، فاطمه. (۱۳۸۹). *ارزیابی فعالیت‌های زراعی و دامی روستائیان و تأثیر آن بر بیابان‌زایی (دهستان مازان)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه پیام نور.
- تثقی، مهدی. (۱۳۸۹). *ارزیابی الگوی تغییرات زمانی و مکانی ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دشت مختاران، استان خراسان جنوبی*. طرح پژوهشی، دانشگاه پیام نور.
- رضائی مقدم، محمد حسین و تثقی، مهدی. (۱۳۸۵). کاربرد آشکارسازی تغییرات در تکامل پلایای کهک (استان خراسان جنوبی، ایران). *مجله جغرافیا و توسعه*، ۴ (۸)، ۴۳-۶۰. DOI: 10.1007/s00254-006-0352-51: 565-579
- قیطوری، محمد و انصاری، ناصر و سندگل، عباسعلی و حشمتی، مسیب. (۲۰۰۶). عوامل مؤثر بر تخریب مراتع استان کرمانشاه. *مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۳ (۴)، ۲۲۳-۳۱۴.
- مشکوة، محمدعلی. (۱۳۷۷). *روشی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی*. تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- مقصودی، مهران؛ مرادی، انور؛ مرادی پور، فاطمه و رضایی ملکوتی، زهرا. (۱۳۹۷). از میراث ژئومورفولوژیکی تا توسعه پایدار: استراتژی‌ها و چشم‌اندازها در میراث جهانی بیابان لوت. *دومین همایش ملی میراث فرهنگی و توسعه پایدار، تهران*.
- منصورمقدم، محمد؛ روستا، ایمان؛ زمانی، محمدصادق؛ مختاری، محمدحسین؛ کریمی فیروزجایی، حمید و علوی پناه، سید کاظم. (۱۴۰۰). مطالعه و پیش‌بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد: بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲ (۴)، ۱-۲۷. DOI:10.30495/girs.2021.682083
- ناطق، سعیده، نوحه‌گر، احمد، احسانی، امیر هوشنگ، بذرافشان، ام البنین. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش‌ازدور. *تحقیقات مرتع و بیابان، ایران*، ۲۴ (۴)، ۷۷۸-۷۹۰. DOI: org/10.22092/ijdr.2017.114889

References

- AbdelMaksoud, K. M., Al-Metwaly, W. M., Ruban, D. A., & Yashalova, N. N. (2018). Geological heritage under strong urbanization pressure: El-Mokattam and Abu Roash as examples from Cairo, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 141, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.02.008>
- Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2015). Measuring land cover change in Seremban, Malaysia using NDVI index. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043>
- Bahdani, F. (2010). *Evaluation of agricultural and livestock activities of villagers and their impact on desertification (Majan Rural District)* (Master's thesis). Payame Noor University, Iran. [In Persian]
- Bhandari, A., Kumar, A., & Singh, G. (2012). Feature extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A case study of Jabalpur city. *Procedia Technology*, 6, 612–621. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.074>
- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. *Geoheritage*, 8(2), 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2017). Towards a convention on geological heritage (CGH) for the protection of geological heritage. In *Proceedings of the 19th EGU General Assembly*. Austria.
- Bruins, H. J., & Berliner, P. R. (1998). Bioclimatic aridity, climatic variability, drought and desertification. In H. J. Bruins & H. Lithwick (Eds.), *The arid frontier: Interactive management of environment and development* (pp. 97–116). Kluwer Academic Publishers.

- Bruschi, V. M., & Coratza, P. (2018). Geoheritage and environmental impact assessment (EIA). In E. Reynard & J. Brilha (Eds.), *Geoheritage: Assessment, protection, and management* (pp. 251–264). Elsevier.
- Burek, C. V., & Prosser, C. D. (2008). The history of geoconservation: An introduction. In C. V. Burek & C. D. Prosser (Eds.), *The history of geoconservation* (Special Publication No. 300, pp. 1–5). Geological Society.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., Garcia-Cortés, A., & López-Martínez, J. (2009). Geological heritage and geoconservation in Spain: Past, present and future. *Geoheritage*, 1, 75–91. <https://doi.org/10.1007/s12371-009-0006-9>
- Crofts, R., & Gordon, J. E. (2015). Geoconservation in protected areas. In G. L. Worboys et al. (Eds.), *Protected area governance and management* (pp. 531–568). ANU Press.
- Davies, T., Everard, M., & Horswell, M. (2016). Community-based groundwater and ecosystem restoration in semi-arid North Rajasthan (3): Evidence from remote sensing. *Ecosystem Services*, 21, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.004>
- Del Monte, M., D'Orefice, M., Miccadei, E., & Piacentini, T. (2017). Geomorphosite assessment and mapping: Strategies for land management and geoconservation. *Environmental Earth Sciences*, 76(19), 669.
- García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. (2014). Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: Fragility and natural vulnerability. *Proceedings of the Geologists' Association*, 125, 463–479. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2014.06.003>
- Gheydtouri, M., Ansari, N., Sandgol, A., & Heshmati, M. (2006). Factors affecting rangeland degradation in Kermanshah Province, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13(4), 223–314. [In Persian]
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Henriques, M. H., Canales, M. L., García-Frank, A., & Gomez-Heras, M. (2019). Accessible geoparks in Iberia: A challenge to promote geotourism and education for sustainable development. *Geoheritage*, 11, 471–484. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0300-5>
- Hose, T. A. (2012). 3G's for modern geotourism. *Geoheritage*, 4(1–2), 7–24. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0052-y>
- Jackson, R. D., & Huete, A. R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 185–200.
- Jeevalakshmi, D., Reddy, S. N., & Manikiam, B. (2016). Land cover classification based on NDVI using Landsat 8 time series. In *Proceedings of the International Conference on Communication and Signal Processing* (pp. 1332–1335). <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754369>
- Jones, H. G., & Vaughan, R. A. (2010). *Remote sensing of vegetation: Principles, techniques, and applications*. Oxford University Press.
- Katyal, J. C., & Vlek, P. L. G. (2000). *Desertification: Concept, causes and amelioration* (ZEF Discussion Paper No. 33). University of Bonn.
- Kennedy, R. E., et al. (2014). Bringing an ecological view of change to Landsat-based remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 339–346. <https://doi.org/10.1890/130066>
- Kennedy, R. E., Townsend, P. A., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., Wang, Y. Q., & Adams, P. (2009). Remote sensing change detection tools for natural resource managers. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1382–1396.
- Maghsoudi, M., Moradi, A., Moradipour, F., & Rezaei Malkouti, Z. (2018). From geomorphological heritage to sustainable development: Strategies and perspectives in the Lut Desert World Heritage Site. In *Proceedings of the Second National Conference on Cultural Heritage and Sustainable Development*. Tehran, Iran. [In Persian]
- Mansour Moghaddam, M., Roustaei, I., Zamani, M. S., Mokhtari, M. H., Karimi Firouzjaei, H., & Alavi Panah, S. K. (2021). Study and prediction of land surface temperature changes in Yazd City: Investigating the effects of proximity and land cover changes. *Journal of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources*, 12(4), 1–27. <https://doi.org/10.30495/girs.2021.682083> [In Persian]

- Mansourmoghaddam, M., Rousta, I., & Ghafarian Malamiri, H. (2022). Evaluation of the classification accuracy of the NDVI index in land cover map preparation. *Desert*, 27(2), 329–341. <https://doi.org/10.22059/jdesert.2022.90834> [In Persian]
- Meshkata, M. A. (1998). *A provisional method for desertification assessment and mapping*. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran, Iran. [In Persian]
- Meshkout, M. A. (1998). *A temporary method for evaluating and mapping desertification*. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. [In Persian]
- Nateghi, S., Nohegar, A., Ehsani, A. H., & Bazrafshan, O. (2017). Investigation of vegetation changes based on vegetation indices using remote sensing techniques. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(4), 778–790. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114889> [In Persian]
- Rezaei Moghaddam, M. H., & Saghafi, M. (2006). Change detection analysis of the evolution of the Kahak Playa, South Khorasan Province, Iran. *Environmental Geology*, 51, 565–579. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0352-8> [In Persian]
- Saghafi, M. (2010). *Assessment of the spatiotemporal change pattern in the geomorphology of sand dunes in the Mokhtaran Plain, South Khorasan Province* (Research project). Payame Noor University, Iran. [In Persian]

