Geographical planning of space quarterly journal

Online ISSN: 2538-4821

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

Research Paper

Application Landscape Metrics in Assessing Geomorphodiversity of Desert Areas the Case Study of Masileh Playas

Alireza Salehipour MIlani [a], Seyed Hassan Sadough [b], Rasoul Rafiei [c]

[a]. *Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
Email: ar.salehipour@gmail.com

[b]. (Corresponding Author) *Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
Email: h-sadough@sbu.ac.ir

[c]. *Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
Email: rafiei.rasoul53@gmail.com

ARTICLEINFO

Keywords:
Geomorphodiversity,
Landscape Metrics,
Desert Area,
Playa,
Masileh.

Article History:
Received:
24 August 2023
Received in revised form:
26 November 2023
Accepted:
29 December 2023
Available online:
30 January 2024
pp. 85-102

ABSTRACT

The desert areas of the playas are important due to the diversity of geomorphological landforms and the great potential for geo-tourism development. These areas can be provided using statistical and quantitative models to determine the areas with a higher geomorphological diversity value to land planners for the sustainable development. This research was conducted to evaluate the geomorphodiversity in Mesileh playas in Namak Lake and Hoz-e- Sultan region. The geomorphological landforms in this area were extracted using satellite images and field studies, Fragstats software and the eight quantitative indicators of the landscape metrics include Patch Richness Density, Relative Patch Richness, Simpsons Evenness Index, Index Shannon Evenness, Shannons Diversity Index, Simpson's Diversity Index, Modified Simpson's Diversity Index, Modified Sahanon Evenness Index were exerted to evaluate the richness of geomorphological units in Masileh playas. The results indicate that the geomorphological units of alluvial fans, salt flats, salt mud flats and dunes, respectively, have the highest value among the landscape metrics. In addition, from the point of view of the landscape metrics, the northwest regions of Kashan and Abuzeydabad have the most incredible variety of geomorphology. This research showed that geomorphological units could be used as a suitable indicator in evaluating the diversity of the landscape, especially in flat areas with morphometric and geological diversity.

Citation: Salehipour MIlani, A., Sadough, S. H., Rafiei, R. (2023). Application Landscape Metrics in Assessing Geomorphodiversity of Desert Areas the Case Study of Masileh Playas. *Geographical planning of space quarterly journal, 13* (4), 85-102.
http://doi.org/10.30488/GPS.2023.382991.3616

© The Author(s)
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Publisher: Golestan University Press

Extended Abstract

Introduction

The assessment of geographic diversity in natural environments has developed in the earth sciences. It is a process by which non-living elements are assessed using qualitative, quantitative or quantitative-qualitative methods. Qualitative methods are descriptive and usually associated with nominal or ordinal data. Quantitative methods are based on parameters commonly used to calculate the geographic diversity index. Desert areas such as playas are of great importance due to the great variety of geomorphological landforms that have great potential for the development of geotourism. The evaluation of these areas using statistical and quantitative models to determine areas with high geomorphodiversity value can provide land planners with a new approach to the sustainable development of these areas. This research was conducted to evaluate geomorphodiversity in the Salt Lake and Hoz Sultan playas. These flat areas can have a lot of geomorphological diversity independent of the morphological and geological parameters of the land surface. Therefore, it is necessary to evaluate the diversity of the landscape in these areas by using the diversity variable of geomorphological units .This research aimed to evaluate their geomorphodiversity by using the nature of geomorphology and landscapes in a desert area, including Salt Lake and Hoz Sultan. In addition to evaluating the effectiveness of land surface metrics in evaluating the geomorphological diversity of the studied area, a new path was taken to study the geomorphological diversity analysis of this region and its similar regions.

Methodology

This research is descriptive, analytical, and quantitative. The border of salt lakes and Hoz Sultan was prepared using the Alos-Plasar digital elevation model with a spatial resolution of 12.5 meters and the ArcHydro plugin in ArcGis10.7 software. The geomorphological units in the studied area were divided into three main units as an alluvial fan, playa, and sandy areas. Geomorphological forms in this area were extracted using satellite images and field studies and from the quantitative indicators of landscape metrics, including eight indicators, Patch Richness Density, Relative Patch Richness, Simpsons Evenness Index, Index Shannon Evenness, Shannons Diversity Index, Simpson's Diversity Index, Modified Simpsons Diversity Index , Modified Simpsons Evenness Index in Fragstats software were exerted to evaluate the value of geomorphological units as well as areas of the studied area.

Discussion and results

The results show that the geomorphological units of alluvial fans, salt flats, salt mud flats and sand dunes respectively have the highest value among the geomorphological landforms. One of the reasons for the very high value of this unit in the studied area is the number of alluvial fans, the distribution and extent of this geomorphological unit in the playa of Salt Lake and Hoze Sultan. Alluvial fans can be seen in almost all foothills of the studied area .The number of alluvial fans in the studied area is equal to 258 and covers an area of about 5242 Km^2, which is the largest area among the geomorphological units, both in terms of frequency and area. In addition, from the point of view of landscape metrics, the northwest region of Kashan and Abuzeydabad has the greatest variety of geomorphology .Due to the variety of wind geomorphological forms such as barchan, longitudinal dune, sand dune, and sand flats, it has a great variety of geomorphological units. Therefore, the region south of Salt Lake has a high potential for developing tourism-related programs focused on geo-tourism and geomorphotourism.

Conclusion

One of the most important elements of studies in the field of geotourism and finding the potential of different areas in natural fields in tourism is to identify and evaluate the diversity of geomorphology. Among the geomorphological units, desert areas and

especially playas have a great place in the tourism development in Iran due to the variety of landforms. However, most of the models that are used in order to evaluate the geological and geomorphological diversity in the country and other parts of the world are related to mountainous areas, and no serious studies have been conducted in lowland and flat areas such as playas. Therefore, evaluating the effectiveness of land diversity evaluation models in desert areas based on geomorphological units can bring a new model in line with the studies of desert areas.

Funding
There is no funding support.

Authors'
Contribution Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مجله آمایش جغرافیایی فضا

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۱-۲۵۳۸

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

مقاله پژوهشی

کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی ژئومورفودایورسیتی مناطق بیابانی مطالعه موردی–پلایای مسیله

علیرضا صالحی پور میلانی [۱]، رسول رفیعی سقالکساری [۲]، سید حسن صدوق [۳]

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. **Email:** mohandesrafighi@gmail.com

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. **Email:** Saligheh@khu.ac.ir

۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران **Email:** mehryakbary@khu.ac.ir

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
ژئومورفودایورسیتی،
سنجه‌های سیمای سرزمین،
پلایا،
مسیله.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۶/۰۲
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۰/۰۸
تاریخ چاپ:
۱۴۰۲/۱۱/۱۰
صص. ۱۰۲-۸۵

چکیده

مناطق هموار بیابانی همانند پلایاها، به دلیل تنوع فراوان اشکال ژئومورفولوژی و پتانسیل زیادی که جهت توسعه ژئوتوریسم دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است. ارزیابی این مناطق با استفاده از مدل‌های آماری و کمی جهت تعیین پهنه‌هایی که ارزش ژئومورفودایورسیتی بالایی دارند، می‌تواند رویکرد جدیدی را جهت توسعه پایدار این مناطق در اختیار برنامه ریزان سرزمین قرار دهد. این تحقیق باهدف ارزیابی ژئومورفودایورسیتی در پلایای مسیله در محدوده دریاچه نمک و حوض سلطان انجام گرفت. اشکال ژئومورفولوژی در این منطقه با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی استخراج گردید و از شاخص‌های کمی سنجه‌های سیمای سرزمین شامل هشت شاخص تراکم ناهمواری هر قطعه، غنای نسبی هر قطعه، شاخص ناهمواری سیمپسن، شاخص ناهمواری شانون، شاخص دایورسیتی شانون، شاخص دایورسیتی سیمپسن، شاخص دایورسیتی اصلاح‌شده سیمپسون و شاخص اصلاح‌شده ضریب ناهمواری سیمپسون، در نرم‌افزار Fragstats به‌منظور ارزیابی غنای واحدهای ژئومورفولوژی در پلایای مسیله استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که واحدهای ژئومورفولوژی مخروط افکنه، کفه نمکی و کفه‌های گلی نمکی و تپه‌های ماسه‌ای به ترتیب بیشترین ارزش را در بین سنجه‌های سیمای سرزمین به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر آن از دیدگاه سنجه‌های سیمای سرزمین منطقه شمال غرب کاشان و ابوزیدآباد بیشترین تنوع ژئومورفولوژی را دارا هستند. این پژوهش نشان داد که استفاده از واحدهای ژئومورفولوژی می‌تواند به‌عنوان شاخصه مناسبی در ارزیابی تنوع سیمای سرزمین به‌خصوص در مناطق هموار که تنوع مورفومتری و زمین‌شناختی دارند، مورداستفاده قرار گیرد.

استناد: صالحی پور میلانی، علیرضا؛ رفیعی سقالکساری، رسول و صدوق سید حسن. (۱۴۰۲). کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی ژئومورفودایورسیتی مناطق بیابانی مطالعه موردی–پلایای مسیله. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۳ (۴)، ۱۰۲-۸۵.

http://doi.org/10.30488/GPS.2023.382991.3616

© نویسندگان

ناشر: انتشارات دانشگاه گلستان

مقدمه

ارزیابی تنوع جغرافیایی در محیط‌های طبیعی در علوم زمین گسترش‌یافته است و این فرآیندی است که توسط آن عناصر غیرزنده با استفاده از روش‌های کیفی، کمی یا کمی-کیفی ارزیابی می‌شوند (Burnett et al, 2018:685). روش‌های کیفی توصیفی بوده و معمولاً با داده‌های اسمی یا ترتیبی مرتبط هستند و روش‌های کمی مبتنی بر مجموعه‌ای از داده‌های عددی استوار است که معمولاً برای محاسبه شاخص تنوع جغرافیایی استفاده می‌شوند (Zwolinski et al, 2018:32). هنگام ارزیابی تنوع زمین، تعدادی از عوامل غیرزنده مانند نوع سنگ، شکل زمین، شبکه هیدرو گرافی، خاک و فرآیندهای ژئومورفولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند (Chelariu & Hapciuc, 2017:18). پیچیدگی تنوع زمین توسط محققان به‌عنوان چالشی برای ارزیابی آن شناخته‌شده است. روش‌ها و مفاهیم استانداردشده و یک مدل جامع از تعامل همه متغیرهای مرتبط باید برای دستیابی به ارزیابی تنوع جغرافیایی مورداستفاده قرار گیرد (Perotti et al, 2019:28). تنوع جغرافیایی یک منطقه به‌عنوان گستره طبیعی (تنوع) آن تعریف می‌شود که عبارت‌اند از تنوع در زمین‌شناسی (سنگ‌ها، کانی‌ها، فسیل‌ها)، ژئومورفولوژیکی (فرم‌های زمین، فرآیندهای فیزیکی) و ویژگی‌های خاک (Gray, 2004:75). این تعریف تنوع جغرافیایی سه مؤلفه اصلی غیرزنده مهم دخیل در مدل‌سازی چشم‌انداز را ارائه می‌دهد: ۱-پارامترهای زمین‌شناسی، ۲- فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و ۳- شکل‌های زمین و انواع خاک که شرایط شروع چرخه‌های زیستی هستند. تکنیک‌ها و پارامترهای مختلفی درگذشته جهت ارزیابی ژئودایورسیتی یا تنوع زمین‌شناختی استفاده می‌شد.

یکی از شاخص‌هایی که در رابطه با ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی مورداستفاده قرارگرفته است شاخص ژئومورفولوژی است. در این شاخص روش کمی برای ارزیابی شاخص ژئومورفولوژی به‌طورکلی چندین پارامتر زمین مانند مجموعه داده‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، هیدرو گرافی و توپوگرافی را در نظر می‌گیرد. اگرچه تولید نقشه‌های ژئومورفولوژیکی با تکنیک‌های جدید دیجیتال همسو شده است (Gustavsson et al, 2006:91)، بااین‌وجود ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی بسیار مشکل است زیرا نقشه‌های ژئومورفولوژی مناسبی برای مناطق مختلف در مقیاس‌های کوچک و بزرگ وجود ندارد. علاوه بر این، اطلاعات ژئومورفولوژیکی به دلیل حجم عظیمی از داده‌های مرتبط با آن برای نمایش بسیار پیچیده است، بنابراین نقشه‌ای را به وجود می‌آورد که به‌راحتی به فرمت دیجیتال تبدیل نمی‌شود (Melelli; Carton et al,2005:209 et al,2012:13). نکته دیگری که در بسیاری از این مطالعات مشاهده می‌شود این است که در ارزیابی تنوع زمین‌شناختی و جغرافیایی بیشتر مطالعات در مناطق کوهستانی متمرکزشده است. این مناطق به‌واسطه دارا بودن تنوع ساختارهای زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و خاک می‌توانند به‌طور مستقل تنوع ژئومورفولوژی منحصربه‌فردی داشته باشند و به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی تنوع زمین مورداستفاده قرار گیرند. ولی چالشی که در ارزیابی تنوع زمین‌شناختی در مناطق غیر کوهستانی و همواره همانند جلگه‌های ساحلی، حوضه‌های انتهایی مناطق خشک، دشت‌های سیلابی، پلایاها وجود دارد این است که بسیاری از پارامترهای خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و هیدرولوژیکی از تنوع فراوانی برخوردار نیستند. به‌طور مثال تنوع شیب، جهت شیب، واحدهای سنگ‌شناسی و شبکه زهکشی در این واحدها بسیار محدود است و از شاخص‌های ارزیابی تنوع سیمای سرزمین مربوط به مناطق کوهستانی نمی‌توان استفاده نمود. ازاین‌رو نیاز است با استفاده از متغیرهایی همانند تنوع واحدهای ژئومورفولوژی[1] به ارزیابی تنوع سیمای سرزمین در این مناطق پرداخت. این تحقیق به دنبال پاسخ به این سؤال است که در این مناطق هموار باوجوداین محدودیت‌ها، آیا واحدهای ژئومورفولوژی می‌توانند به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی ژئودایورسیتی و ژئومورفوردایورسیتی در یک منطقه موردمطالعه قرار گیرد و آیا سنجه‌های

1. Geomorphodiversity

سیمای سرزمین می‌توانند به‌عنوان روشی در ارزیابی این مناطق مورداستفاده قرار گیرد؟. در این تحقیق سعی بر این است که با استفاده از ماهیت ژئومورفولوژی و چشم‌اندازهای موجود در منطقه پست بیابانی پلایای مسیله، نسبت به ارزیابی ژئومورفودایورسیتی آن‌ها اقدام نماید. ازاین‌رو ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای واحدهای ژئومورفولوژی این مناطق تفکیک و بعد از طبقه‌بندی آن‌ها با توجه به شاخص‌های سنجش سیمای سرزمین نسبت به ارزش‌گذاری واحدهای ژئومورفولوژی اقدام شد. همچنین پراکندگی تنوع ژئومورفولوژیکی در پلایای مسیله در سلول‌های ۱۰*۱۰ کیلومتری این منطقه محاسبه گردید. علاوه بر آن کارایی سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی منطقه موردمطالعه ارزیابی شد، سعی شد مسیر جدیدی در راستای مطالعه بر روی تحلیل تنوع ژئومورفولوژی این منطقه و مناطق مشابه آن برداشته شود.

مبانی نظری

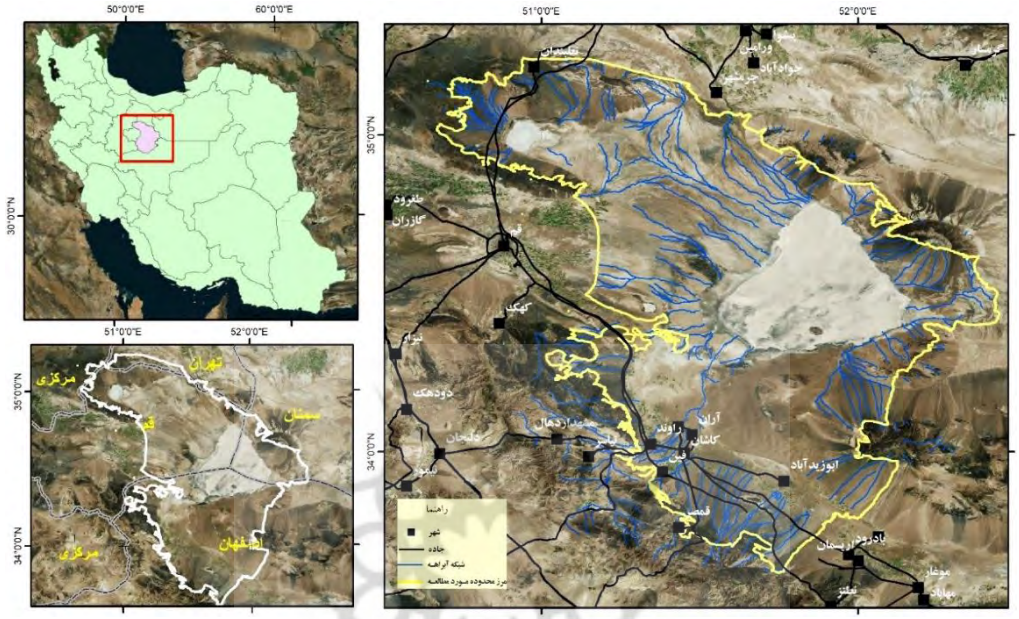
برنت و همکاران (۳۶۷:۱۹۹۸) و نیکولز و همکاران (۳۷۴:۱۹۹۸) اولین نویسندگانی هستند که روش‌های ارزیابی اولیه را برای تعیین کمیت تنوع زمین بر اساس شاخص تنوع شانون-ویور را توسعه دادند. (Shannon & Weaver,1963:24) در ابتدا ارزیابی ژئودایوریستی، بیشتر بر ارزیابی فرایندهای توپوگرافی و مورفومتری سطح زمین تأکید داشته است (Benito-Serrano, & Ruiz- Manosso, 2012; Hjort & Luoto,2010:112; Müller, 2011 ،Calvo et al,2009:1440 Xavier-da-Silva et al,2001:299; Zwoliński, 2009:82; Flaño,2007:145). در بررسی‌های جدیدتر در حوزه ژئودایورسیتی محققان در تلاش بودند تا از تمامی شاخصه‌ها و عناصر غیرزنده سطح زمین در تحلیل ژئودایورسیتی استفاده نمایند (Carcavilla de Paula Silva et al, 2015:338; Pereira et al,2013:541; Forste et al,2018:208Forte et al,2008:1300;). در تلاش‌های اخیر در ارزیابی تنوع جغرافیایی، سعی شده است همه عناصر غیرزنده را در نظر گرفته و استفاده از رویکردهای روش‌شناختی یا ابزارهای جدید در مسیر شناسایی کمی تنوع جغرافیایی اقدام نمایند. به‌عنوان‌مثال، فررو والرو (۶۷۱:۲۰۱۹) اخیراً رویکردهای پایگاه داده رایانه‌ای را برای ذخیره اطلاعات تنوع جغرافیایی خط ساحلی اتخاذ کرده‌اند و از یک شبیه‌ساز پرواز کره مجازی که با داده‌های فضایی تنوع جغرافیایی پوشانده شده بود برای کمی کردن تنوع زمین استفاده کردند. زارنتسکی و همکاران (۵۴۹:۲۰۱۹) تکنیک‌های سنجش‌ازدور را برای تعیین کمیت و پیوند تنوع زمین‌شناسی به تنوع زیستی اتخاذ کرده‌اند. استنلی و همکاران (۸۳۵:۲۰۲۳) از ابزار GIS برای ارزیابی ژئودایورسیتی و نقشه‌کشی ژئو سیستم‌ها در ویرجینیای آمریکا استفاده کردند و نتایج این مطالعه نشان داد که ۳۳ درصد از وسعت منطقه موردمطالعه از دیدگاه زیبایی‌شناختی، ۲۲ درصد از دیدگاه خدمات ژئوسیستم هنری و ۱۲ درصد از دیدگاه آموزشی حائز اهمیت است. دلا هرا پورتیلو و همکاران (۲۰۲۲: ۱۴) از مدلی جهت ژئودایورسیتی ژئو پارک لاس لوراس استفاده کردند که مبنای آن بر پایه ارتباط متقابل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، تکتونیک و آب‌شناسی بوده است و یافته‌های این تحقیق نشان داد که این مدل توانسته به‌خوبی به‌عنوان پایه‌ای جهت حفاظت از میراث زمین‌شناسی بسیار غنی در این منطقه مورداستفاده قرار گیرد. ماریکوئیز و همکاران (۴۷:۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که در سواحل شیلی انجام داند، چشم‌انداز سرزمین را به‌عنوان شاخص برای ارزیابی ژئودایورسیتی و بیو دایورسیتی مطرح نمود تا از طریق آن بتوان از تنوع زیستی در این منطقه محافظت نمود. همچنین اریک استات و همکاران (۵۱:۲۰۲۳) در راستای ارزیابی ژئو دایورسیتی در بخش‌هایی از نروژ و سوئد، از تجزیه‌وتحلیل چند معیاره داده‌های زمین‌شناسی بهره گرفتند و این روش توانست از لحاظ ژئودایورسیتی منطقه موردمطالعه را به ۱۶ گروه از دیدگاه سنگ‌شناسی، خاک و ویژگی‌های محیطی تقسیم‌بندی نموده و الگویی جهت ارزیابی ژئودایورسیتی در این مناطق باشد. یکی از روش‌های ارزیابی ژئودایورسیتی در یک منطقه، استفاده از سنجه‌های

سیمای سرزمین است. سنجه‌های سیمای سرزمین (شاخص‌ها) در تعیین ویژگی‌های منظر چه ساختاری و چه عملکردی به‌طور فزاینده‌ای محبوب شده‌اند. ساختار با معیارهای مربوط به پیکربندی منظر (وضعیت تکه‌ها در فضا، جداسازی، تضادها) و ترکیب (سهم و تعداد انواع سطح، شاخص‌های یکنواخت) تعریف می‌شود. سنجه‌های سیمای سرزمین اغلب برای ارزیابی تنوع زیستی، تنوع جغرافیایی زیستگاه‌ها، ناهمگونی چشم‌انداز و زیبایی‌شناسی، اثرات مدیریت و برنامه‌ریزی (به‌عنوان‌مثال اثرات ترکیب و پیکربندی چشم‌انداز بر کیفیت آب) و همچنین عملکرد چشم‌انداز تأکیددارند (Uuemaa et al, 2009:5؛ Solon, 2002; McGarigal et al,2009:440). در ایران نیز مطالعاتی در زمینه ژئودایورسیتی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین انجام‌گرفته است. قهرودی و همکاران (۵:۱۴۰۱) در بررسی ژئودایورسیتی حوضه بالادست سد کرج به این نتیجه رسیدند که سنجه‌های سیمای سرزمین مقادیر بالایی از دیدگاه ژئودایورسیتی داشته و ارتباط نزدیکی با لندفرم‌های موجود در این منطقه دارد. صالحی پور میلانی و همکاران (۸۷:۱۴۰۰) ژئودایورسیتی حوضه‌های آبریز مشرف‌به چاله دریاچه حوض سلطان و دریاچه نمک را با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و با استفاده از ۶ متغییر مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که حوضه‌های آبریز جنوب شرق کاشان از لحاظ تنوع جغرافیایی بالاترین ارزش را در بین حوضه‌های موردمطالعه دارا است. گلی مختاری و همکاران (۱۵۳:۱۳۹۷) در تحقیق خود در حوضه‌های شمال غرب استان فارس از شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی و متغیرهای شیب، اقلیم و انحنای دامنه استفاده نمود و به این نتیجه رسید که حوضه نورآباد به دلیل تنوع مورفومتری بیشتر از دیدگاه سنجه‌های سیمای سرزمین از ارزش بالاتری برخوردار است. شایان یگانه و همکاران (۱۳۹۹) در ارزیابی ژئودایورسیتی پیشنهادی در غرب خراسان رضوی به این نتیجه رسیدند در مناطقی که سیستم شکل زایی باد مسلط است، پتانسیل ژئودایورسیتی کم است. اسلام فرد و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل پرالونگ لند فرم‌های منطقه پنج دانگ ساری را موردمطالعه قرار دادند و در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که منطقه باداب سورت بالاترین ارزش ژئوتوریستی را به خود اختصاص داده است. با وجود مطالعات بسیار زیادی که بر روی ژئودایورسیتی در جهان صورت گرفته است، مطالعات بر روی ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی بسیار محدود است و نیاز به انجام مطالعات در این حوزه مطالعاتی ضروری است.

محدوده موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در پلایای مسیله و شامل دو واحد ژئومورفولوژیکی مهم دریاچه نمک و همچنین حوض سلطان و مناطق مجاور آن است. به‌طورکلی و بر پایه شواهد موجود به نظر می‌رسد که این منطقه شامل دریاچه نمک، حوض سلطان و حوضه جنوب مرنجاب درمجموع یک واحد بزرگ‌تری را تشکیل می‌داده‌اند که خود بخشی از حوضه بزرگ نئوژن در ایران مرکزی بوده است (شکل،۱). سپس در اثر فرآیندهای تکتونیکی، حوض سلطان از دریاچه نمک جداشده و به دو حوضه مستقل تقسیم‌شده که البته توسط یک کانال طبیعی کماکان به یکدیگر مرتبط بودند؛ اما به‌تدریج این ارتباط کاهش یافت و فقط محدود به فصول مرطوب سال شده است (مستوفی،۲۰۳:۱۳۵۰). ازنظر زمین‌شناسی دریاچه نمک در یک فرونشست کم‌ژرفای زمین ساختی تشکیل‌شده که پیرامون آن تعدادی گسل‌های اصلی و فرعی وجود دارد که بعضی از آن‌ها مانند گسل‌های مرنجاب، راوند، سیاه کوه و دوازده امام، از گسل‌های جوان و فعال کواترنر به شمار می‌روند. رسوبات دریاچه با دو چین‌خوردگی و به‌صورت تقریباً افقی مشخص‌شده‌اند. منطقه موردمطالعه از لحاظ آب‌وهوایی جزو آب‌وهوای نیمه بیابانی به شمار می‌آید. تابستان این منطقه گرم و خشک است و زمستان‌هایی تقریباً سرد دارد (روحانی و همکاران، ۲۴۳:۱۴۰۰). رودخانه‌هایی که در این منطقه جاری هستند، بیشتر فصلی بوده و به سمت کویر جریان یافته و پس از پیمودن مسافتی، در آبرفت‌های بستر خود، فرو می‌روند. دریاچه نمک قم در حوضه اصلی دریاچه نمک و در شمال غرب این دریاچه

قرارگرفته است و حوضه خود را به مساحت ۸۱۵۳۷ کیلومترمربع زهکشی می‌کند و فقط زمستان‌ها آب دارد. شکل و وسعت دریاچه متناسب با ورود آب و میزان بارندگی آن در فصول مختلف سال متفاوت است مساحت تقریبی حوض سلطان حدود ۲۴۰ کیلومترمربع در شمال شرق شهرستان قم واقع‌شده است و رشته کوه‌های البرز در شمال آن قرار دارد. در کنار این واحدها واحدهای مخروط افکنه‌ای، سبخا، تپه‌های ماسه‌ای و دشت‌های سیلابی ازجمله واحدهای مهم ژئومورفولوژی این منطقه به شمار می‌آید.



شکل ۱. منطقه موردمطالعه (پلایای مسیله)

روش پژوهش

این پژوهش، توصیفی، تحلیلی و کمی می‌باشد. مرز دریاچه‌های پلایای مسیله با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی Alos-Plasar با توان تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر و با بهره‌گیری از افزونه ارک هیدرو در نرم‌افزارArcGis10.5 تهیه گردید. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای موجود در سامانه گوگل ارث، تصاویر سنتینل ۲ و مطالعات میدانی، واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه موردمطالعه در سه واحد اصلی مخروط افکنه، پهنه نمکی و همچنین پهنه‌های ماسه‌ای تفکیک گردید. به‌منظور ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی واحدهای ژئومورفولوژی محدوده موردمطالعه، از سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شد. سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس‌ها، یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین هستند. در محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین از هشت شاخصه شامل تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)[1]، غنای نسبی هر قطعه (RPR)[2]، شاخص ناهمواری سیمپسن (SIEI)[3]، شاخص ناهمواری شانون (SHEI)[4]، شاخص دایورسیتی شانون (SHDI)[5]، شاخص دایورسیتی سیمپسن (SIDI)[6]، شاخص دایورسیتی

1. Patch Richness Density
2. Relative Patch Richness
3. Simpsons Evenness Index
4. Index Shannon Evenness
5. Shannons Diversity Index
6. Simpson’s Diversity Index

اصلاح‌شده سیمپسون (MSIDI)[1] شاخص اصلاح‌شده ضریب ناهمواری سیمپسون (MSIEI)[2] استفاده گردید. در شاخص تراکم ناهمواری هر قطعه)میزان غنی بودن واحدها و سلول‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مفهوم غنای نسبی هر قطعه (RPR) شبیه به شاخص PRD می‌باشد اما غنی بودن آن را به‌عنوان درصد از حداکثر غنای بالقوه مشخص‌شده توسط کاربر را نشان می‌دهد. در شاخص دایورسیتی شانون (SHDI) مساحت هر واحد نسبت به مساحت کل در نظر گرفته می‌شود. در این روش تعداد کلاس‌ها و فراوانی هر کلاس در محدوده موردمطالعه مدنظر قرار می‌گیرد. این شاخص تا حدودی در رابطه با نوع رده واحدهای نادر، نسبت به سیمپسون حساس‌تر است. شاخص دایورسیتی سیمپسون (SIDI) درواقع بیان‌کننده این است که هر واحد با چند واحد مجاور خود در ارتباط است. شاخص ناهمواری شانون (SHEI) هر واحد را نسبت به حداکثر تعداد واحدهای موجود در محدوده موردمطالعه ارزیابی می‌نماید.

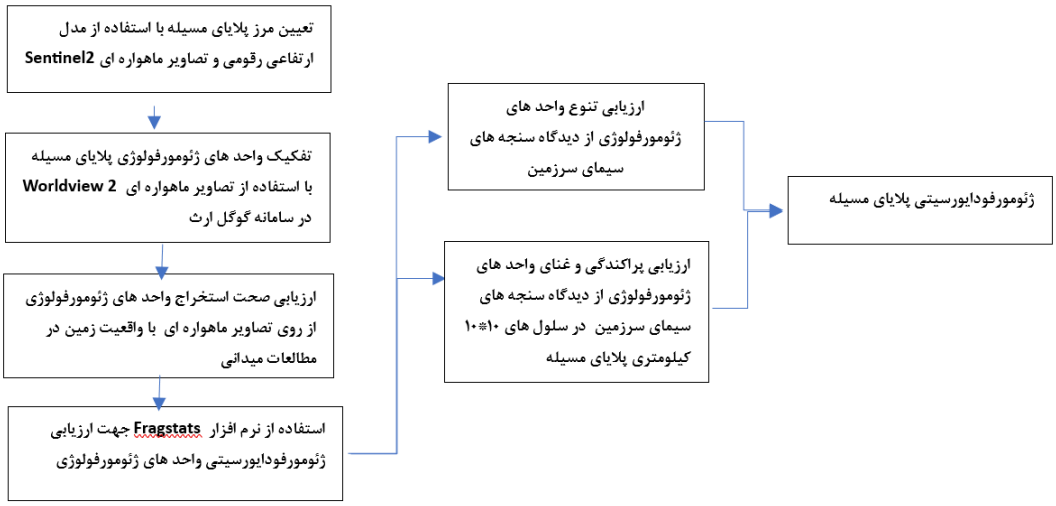
جدول ۱. ساختار سنجه‌های سیمای سرزمین (Malinowska and Szumacher,2013)

شاخص	دامنه	فرمول	واحد
تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)	PRD>0, without limit	PRD=m/A(10^4) (10^2)	عدد بر ۱۰۰ هکتار
غنای نسبی هر قطعه (RPR)	≤100 RPR< 0	RPR=m/m_{max}(100)	درصد
شاخص دایورسیتی شانون (SHDI)	SHDI>0 without limit	$SHDI = -\sum_{i-1}^{m}$(pi ln pi)	–
شاخص ناهمواری شانون (SHEI)	0≤ SHEI≤1	$SHEI = -\sum_{i-1}^{m}$(pi ln pi)/ln m	–
شاخص دایورسیتی سیمپسون (SIDI)	0≤SIDI≤1	$SIDI = 1 - \sum_{i-1}^{m} (pi^2)$	–
شاخص ناهمواری سیمپسون (SIEI)	0≤ SIEI I≤1	$SIEI = 1 - \sum_{i-1}^{m} (\frac{pi^2}{1} - (\frac{1}{\mathrm{m}})$	–
شاخص دایورسیتی اصلاح‌شده سیمپسون (MSIDI).	0≤ MSIDI I≤1	$\mathrm{MSIDI} = -ln\sum_{i-1}^{m} (pi^2)$	–
شاخص اصلاح‌شده ضریب ناهمواری سیمپسون (MSIEI)	MSIEI>0, without limit	MSIEI=$(\frac{-\ln\sum pi^2}{\ln \mathrm{m}})$	–

Pi = بخشی از چشم‌انداز که توسط نوع کلاس اشغال‌شده است M= .تعداد کلاس‌هایی که در چشم‌انداز وجود دارند، شامل مرز چشم‌انداز (در صورت وجود) A = مساحت کلی واحد

سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstats v4.2.1 محاسبه شد. این نرم‌افزار دربرگیرنده یک برنامه تجزیه تحلیل الگوی فضایی است که باهدف کمی نمودن ساختار سیمای سرزمین مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور ارزیابی و شناسایی پراکندگی پهنه‌های باارزش بالا ازلحاظ تنوع ژئومورفولوژی در شاخص‌های سنجه‌های سیمای سرزمین، منطقه موردمطالعه به سلول‌های ۱۰*۱۰ کیلومتری و درمجموع ۱۸۵ سلول تقسیم‌بندی شده و در هر سلول مجموعه شاخص‌های سیمای سرزمین موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت و برای هر شاخص به‌طور جداگانه نقشه‌های پراکندگی ارزش‌های هر سلول مشخص گردید. در انتها با میانگین‌گیری هر سلول از مجموع شاخص‌ها، سلول‌های و مناطقی که تنوع ژئومورفولوژی بیشتری دارند شناسایی شد.

[1]- Modified Simpsons diversity Index
[2]- Sahanon Evenness Index Modified



شکل ۲. فلوچارت روش تحقیق

یافته‌ها

ژئومورفولوژی پلایای مسیله

به‌منظور ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی در پلایای مسیله ابتدا نقشه ژئومورفولوژی این منطقه با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی تفکیک و نقشه ژئومورفولوژی در منطقه موردمطالعه تهیه شد (شکل،۳ و جدول ۲). در بررسی‌های به‌عمل‌آمده واحدهای ژئومورفولوژی متعددی شناسایی شد که از آن جمله می‌توان به مخروط افکنه، کفه‌نمک، کفه گلی نمکی، تپه ماسه‌ای، پهنه ماسه‌ای، تپه ماسه‌ای طولی، تپه ماسه‌ای طولی به همراه نبکا، برخان فرسایش خندقی، دشت سیلابی به همراه پوشش پراکنده گیاهی، باجادا، سبخا، دشت سیلابی فاقد پوشش، بدلند، دشت‌سر، جزیره، نبکا، باتولیت، تپه شاهد اشاره نمود؛ که به توضیح برخی از مهم‌ترین این واحدها و پراکندگی آن‌ها در منطقه موردمطالعه پرداخته می‌شود. واحد مخروط افکنه در تمامی مناطق پای کوهی منطقه موردمطالعه به چشم می‌خورد ولی گسترده‌ترین آن‌ها در جنوب غرب منطقه موردمطالعه به‌خصوص در غرب و جنوب غرب کاشان، شمال ابوزیدآباد، غرب بند ریگ کاشان و همچنین در شمال و غرب حوض سلطان مشاهده می‌شود (شکل، ۴A). در این بررسی تعداد ۲۶۲ مخروط افکنه با وسعت ۵۲۶۴ کیلومترمربع شناسایی‌شده که وسیع‌ترین واحد ژئومورفولوژی در منطقه موردمطالعه است. همچنین دشت‌سر یا پدیمنت با شیب ملایم از پای دیواره کوهستان به سمت ارتفاعات پائین تر کشیده شده و ممکن است تا پایین‌تر از کوهستان نیز ادامه داشته باشد. این واحد با وسعت ۴۲۸ کیلومترمربع و تعداد ۵۶ واحد در کنار دشت‌سرهای به‌هم‌پیوسته (باجادا) با ۴۳۲۵ کیلومترمربع و تعداد ۴۱ واحد از مهم‌ترین واحدها در پایکوه های منطقه موردمطالعه به شمار می‌آیند. در برخی از مناطق وجود تپه‌ماهورها در مناطق پای کوهی به‌خصوص در مناطقی که مخروط افکنه‌ها در آنجا قرار دارند نشان‌دهنده حضور این دشت‌سرها می‌باشد. این دشت‌سرها در مناطق پای کوهی تقریباً تمامی واحدها منطقه موردمطالعه به چشم می‌خورد به‌خصوص در منطقه غرب کاشان نمود بیشتری دارند. بعد از واحد مخروط افکنه، محدوده دشت سیلابی مشاهده می‌شود و مناطق جنوبی به‌خصوص در جنوب و جنوب غرب و غرب منطقه موردمطالعه گسترش فراوانی دارند و مساحتی در حدود ۵۷۰ کیلومترمربع را در ۳۳ محدوده مجزا به خود اختصاص داده است. یکی از مهم‌ترین لند فرم‌ها در منطقه موردمطالعه که تراکم بالایی به‌خصوص در جنوب دریاچه نمک دارند، اشکال ناشی از حمل‌ونقل بادی است. ازجمله این اشکال بادی بَرخان است. اندازه برخان‌ها بسیار متفاوت است این عوارض فراوانی زیادی در جاده آران به مرنجاب و به‌خصوص در مسیر ابوزیدآباد به کاشان دارد. در این بررسی تعداد ۲۰۸ برخان به وسعت ۱۰/۱۴ کیلومترمربع شناسایی شد

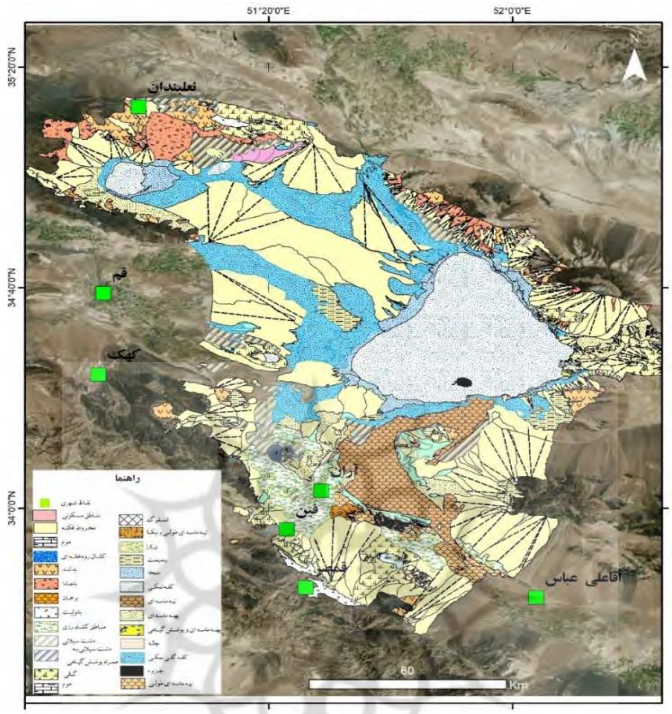
که هم از لحاظ ژئومورفولوژی و هم از لحاظ زیبایی‌شناختی از اهمیت زیادی برخوردار هستند (شکل، 4B). تپه ماسه‌ای، تپه شنی یا تَل‌ماسه (Sand Dune) به تپه یا رشته ارتفاعات شنی که براثر وزش باد و جابجا شدن شن پدید آمده باشد گفته می‌شود .شرط اساسی برای تشکیل تپه‌های ماسه‌ای وجود باد و مقدار کافی ماسه‌های قابل‌انتقال توسط باد است. بزرگ‌ترین پهنه ماسه‌ای در این منطقه ریگ کاشان است و در حدفاصل کاشان تا دریاچه نمک وجود دارد و وسعتی در حدود ۶۶۴ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است که به‌عنوان مهم‌ترین واحد ماسه‌ای در این منطقه مشاهده می‌شود. علاوه بر ریگ کاشان، تپه‌های ماسه‌ای پراکنده‌ای در منطقه به چشم می‌خورند که تعداد آن‌ها ۲۲ واحد و مساحتی در حدود ۴۰ کیلومترمربع را در برگرفته است (شکل،4D). همچنین تلماسه‌های طولی[1] از واحدهای مهم پهنه‌های تحت تأثیر حمل‌ونقل بادی است و پشته‌های طویلی از ماسه که به‌موازات جهت بادهای غالب تشکیل می‌شود. این تلماسه‌ها درجایی تشکیل می‌شوند که مقدار ماسه محدودتر باشد. تعداد این تپه‌ها در منطقه موردمطالعه ۱۵۸ واحد و با وسعتی در حدود ۲۱۳ کیلومترمربع در شمال آران و بیدگل و در مسیر جاده آران به مرنجاب به‌وفور به چشم می‌خورند و پراکندگی زیادی نیز در جاده ابوزیدآباد به کاشان دارند. علاوه بر اشکال فوق نبکا تقریباً از اشکال غالب ژئومورفولوژی به‌خصوص در جنوب دریاچه نمک به شمار می‌آید (شکل، 4C). این واحد ژئومورفولوژی، گسترش فراوانی در جنوب دریاچه نمک در محدوده شمالی کاشان، جاده مرنجاب و منطقه ابوزیدآباد دارند. واحدهای مرتبط با محیط‌های رسوبی و تبخیری از اشکال ژئومورفولوژی غالب در منطقه موردمطالعه است. سبخا یکی از محیط‌های تشکیل نمک‌های تبخیری است و شامل سبخاهای قاره‌ای و سبخاهای ساحلی می‌باشد. سبخاها در محدوده موردمطالعه ۳۰ پهنه مجزا با مساحتی معادل ۳۸۴/۶ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده‌اند که در اطراف دریاچه نمک و حوض سلطان و در بخش بلافصل کفه نمکی مشاهده می‌شوند. کفه‌نمکی یا نمک زار منطقه‌ای است که به دلیل موقعیت جغرافیایی (معمولاً ختم رودخانه‌ها در آن) و حرارت شدید آفتاب به نمکزار بدل شده باشد. برخی کویرها قبلاً دریاچه یا دریاهایی بوده‌اند که در اثر تبخیر آب از آن‌ها به نمکزار بدل شده‌اند و دو پهنه نمکی دریاچه نمک و حوض سلطان هم از دریاچه‌های قدیمی این منطقه به شمار می‌آید. در مجموع دو دریاچه نمک و حوض سلطان حاوی کفه‌نمکی است که مهم‌ترین عارضه ژئومورفولوژیکی این منطقه به شمار می‌آیند و این واحد در سطح منطقه وسعتی در حدود ۱۷۶۴/۸ کیلومتر را در برگرفته است (شکل، 4E). زمینه‌ای پف‌کرده با ساخت تی پی[2] عمدتاً در پهنه‌های گلی نمکی اطراف دریاچه به‌صورت زمینه‌ای پف‌کرده دیده می‌شوند این ساخت‌ها به دلیل تبخیر آب درون منفذی موجود در پهنه‌های گلی و رسوب کانی‌های تبخیری کانی‌های سری سولفات‌ها و کلریدها موجود در این آب‌ها در سطح بالائی پهنه‌های گلی تشکیل می‌شوند. در اطراف دریاچه‌های نمک و حوض سلطان و در ورای منطقه سبخا این واحد ژئومورفولوژی به چشم می‌خورند که تعداد این واحد در سطح منطقه ۷۰ پهنه و وسعتی در حدود ۱۷۱۹/۱ کیلومترمربع را شامل می‌شود (شکل، 4F).

جدول ۲. وسعت، تعداد واحدهای شناسایی‌شده در منطقه موردمطالعه

واحد ژئومورفولوژی	تعداد واحد	مساحت	واحد ژئومورفولوژی	تعداد واحد	مساحت
مخروط افکنه	۲۶۲	۵۶۶۴/۲۵	نبکا	۱۵	۵۴/۲۳
باجادا	۵۶	۴۲۸/۱	سبخا	۳۰	۳۸۴/۶
دشت سیلابی فاقد پوشش	۳۲	۵۵۵/۱۲	کفه‌نمک	۳	۱۷۶۱/۸۶
دشت سیلابی به همراه پوشش پراکنده گیاهی	۱	۱۴/۱۸	کفه گلی نمکی	۷۰	۱۷۱۹/۱۳
دشت‌سر	۴۱	۳۲۵/۴	بدلند	۳۱	۳۶۹/۸

1. Longitudinal dunes
2. Tippiland

کانال رودخانه‌ای	۱۷	۱۳۰/۱۹	فرسایش خندقی	۷۴	۶۲۱/۷
تپه ماسه‌ای طولی	۱۵۸	۱۸۶/۷	تپه شاهد	۱	۰/۰۸
تپه ماسه‌ای طولی و نبکا	۱	۲۶/۶۶	اینسلربرگ	۸	۴/۲۳
برخان	۲۰۸	۱۰/۴۵	جزیره	۱	۹/۳
پهنه ماسه‌ای	۲۵	۵۱۹/۰۷	باتولیت	۴	۸۵/۳
تپه ماسه‌ای	۲۳	۷۰۴/۴۵	مناطق کشاورزی	۱۳	۴۵۸/۶۷
پهنه ماسه‌ای و نبکا	۱۸	۶/۷			



شکل ۳. نقشه ژئومورفولوژی پلایای مسیله

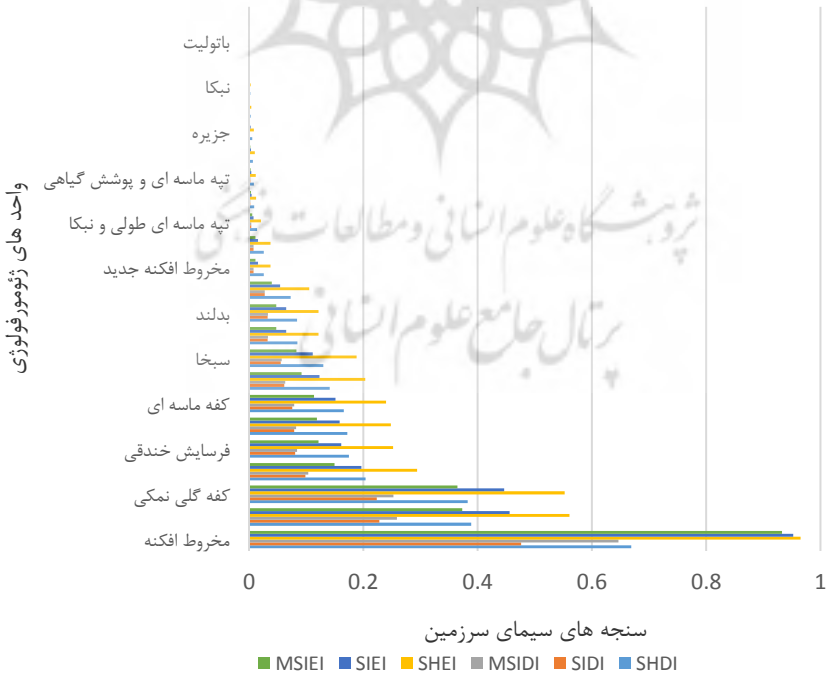
شکل ٤. A: نیمرخ لایه‌های گراولی در مخروط افکنه- دامنه‌های مشرف‌به حوض سلطان،B: واحد برخان در مرنجاب،C نبکا –مرنجاب، D: لایه‌های رسوبی تپه‌های ماسه‌ای، E: نمایی از دریاچه حوض سلطان، F: - ساخت تی پی - حوض سلطان

ارزیابی تنوع واحدهای ژئومورفولوژی

ارزیابی تنوع سیمای سرزمین در ارتباط با واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه موردمطالعه نشان داد که واحد ژئومورفولوژی مخروط افکنه در تمامی شاخص‌های سنجش سیمای سرزمین بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده است (جدول ۲ و شکل ۵). مقادیر این واحد در شاخصه‌ای MSIEI معادل ۰/۹۳۲، در SHDI برابر با ۰/۶۷ و در MSIDI ۰/۶۴۶ است و در انتها در شاخص SIDI باارزش ۰/۴۷۶ کمترین وزن را دریافت کرده است. یکی از دلایل ارزش بسیار بالای این واحد در منطقه موردمطالعه از دیدگاه سنجه‌های سیمای سرزمین، تعداد مخروط افکنه‌ها، پراکندگی و وسعت این واحد ژئومورفولوژی در پلایای مسیله دانست. مخروط افکنه‌ها تقریباً در تمامی پایکوه های منطقه موردمطالعه به چشم می‌خورند. تعداد مخروط افکنه‌ها در منطقه موردمطالعه برابر با ۲۶۲ مخروط است و وسعتی در حدود ۵۶۶۴ کیلومتر از منطقه موردمطالعه را به خود اختصاص داده است که هم از لحاظ فراوانی و هم مساحت بیشترین وسعت را در بین واحدهای ژئومورفولوژی منطقه داشته است. ازآنجایی‌که ارزیابی سنجه‌های سیمای سرزمین بر مبنای تعداد واحدها، مساحت اشغال‌شده و تعداد کلاس واحدها طراحی‌شده است، ازاین‌رو بالا بودن ارزش این واحد در منطقه موردمطالعه به‌واسطه شاخص‌های ارزیابی می‌باشد و سایر واحدها ژئومورفولوژی نیز بر این پایه این متغیرها ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی شوند. بعد از مخروط افکنه، دومین واحد ژئومورفولوژی که بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده است، کفه‌نمک یا همان پهنه نمکی دریاچه نمک و حوض سلطان با وسعت ۱۷۶۱ کیلومترمربع است که در ارزیابی سنجه‌های سیمای سرزمین در جایگاه دوم قرارگرفته است و به ترتیب در شاخص SHEI ارزشی معادل ۰/۵۶۰ و شاخص SIEI آن برابر با ۰/۴۵۶ است. مقادیر سایر سنجه‌های سیمای سرزمین در این واحد نیز نسبت به سایر واحدها بالاتر قرار دارد به‌گونه‌ای که در سنجه MSIEI ارزشی معادل ۰/۳۷۳، SHDIضریب دایورسیتی شانون ۰/۳۸۸، در شاخص (MSIDI) دارای ارزش ۰/۲۵۸ و کمترین ارزش را در شاخص SIDI به مقدار ۰/۲۲۸ به خود اختصاص داده است. از لحاظ مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در بین واحدهای ژئومورفولوژی، کفه گلی نمکی در رتبه سوم قرارگرفته است. این واحد در پیرامون کفه نمکی دو دریاچه نمک و حوض سلطان حضور دارند. وسعت و پراکندگی این واحد در این منطقه باعث شده است که ارزش ژئومورفودایورسیتی بالایی نسبت به سایر واحدهای که مساحت کمتری دارند، داشته. بیشترین مقادیر سیمای سرزمین در این واحد مربوط به سنجه (SHEI) باارزشی معادل ۰/۵۶۰ قرار دارد و بعدازآن به ترتیب (SIEI) با مقدار ۰/۴۴۶، (MSIEI) باارزش ۰/۳۶۴، (SHDI)باارزش ۰/۳۸۲ و همچنین شاخص (MSIDI) است که مقدار این سنجه برابر با ۰/۲۵۲ است. کمترین ارزش نیز مربوط به واحد شاخص (SIDI) است که مقادیر آن ۰/۲۲۳ است. در بین اشکال بادی تپه‌های ماسه‌ای در جایگاه چهارم قرار دارد و بقیه واحدهای ژئومورفولوژی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند که شامل: فرسایش خندقی، دشت سیلابی، کفه ماسه‌ای، آبراهه، باجادا، سبخا، کفه‌نمکی، بدلند، تپه ماسه‌ای طولی، مخروط افکنه جدیداست. بقیه سنجه با مقادیر بسیار کم شامل دشت‌سر، تپه ماسه‌ای طولی و نبکا، تپه شاهد، کفه ماسه‌ای و پوشش گیاهی، ناوه یا چاله، جزایر، دشت سیلابی با پوشش گیاهی، اینسلبرگ، باتولیت، برخان کمترین ارزش را از لحاظ سنجه‌های سیمای سرزمین به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳. سنجه‌های سیمای سرزمین در پلایای مسیله

واحد ژئومورفولوژی	SHDI	SIDI	MSIDI	SHEI	SIEI	MSIEI
مخروط افکنه	۰/۶۶۹	۰/۴۷۶	۰/۶۴۶	۰/۹۶۵	۰/۹۲۵	۰/۹۳۲
کفه‌نمک	۰/۳۸۸	۰/۲۲۸	۰/۲۵۹	۰/۵۶۱	۰/۴۵۶	۰/۳۷۳
کفه گلی نمکی	۰/۳۸۲	۰/۲۲۳	۰/۲۵۳	۰/۵۵۲	۰/۴۴۷	۰/۳۶۵
تپه ماسه‌ای	۰/۲۰۴	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳	۰/۲۹۴	۰/۱۹۷	۰/۱۵۰
فرسایش خندقی	۰/۱۷۹	۰/۰۸	۰/۰۸۴	۰/۲۵۴	۰/۱۶۱	۰/۱۲۱
دشت سیلابی به همراه پوشش پراکنده گیاهی	۰/۱۷۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۲۴۸	۰/۱۵۹	۰/۱۲
پهنه ماسه‌ای	۰/۱۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۷۹	۰/۲۴۰	۰/۱۵۱	۰/۱۱۳
باجادا	۰/۱۴۱	۰/۰۶۱	۰/۰۶۳	۰/۲۰۳	۰/۱۲۳	۰/۰۹۲
سبخا	۰/۱۳	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷	۰/۱۸۸	۰/۱۱۲	۰/۰۸۳
دشت سیلابی فاقد پوشش	۰/۰۸۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۰/۱۲۲	۰/۰۶۵	۰/۰۴۸
بدلند	۰/۰۸۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۰/۱۲۱	۰/۰۶۵	۰/۰۴۷
تپه ماسه‌ای طولی	۰/۰۸۳	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۱۰۵	۰/۰۵۴	۰/۰۴
دشت‌سر پدیمنت	۰/۰۲۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۳۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۱
تپه ماسه‌ای طولی و نبکا	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶
تپه شاهد	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳
تپه ماسه‌ای و پوشش گیاهی	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳
جزیره	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
اینسلربرگ	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۹
نبکا	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۶
کانال رودخانه‌ای	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳
باتولیت	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲
برخان	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱

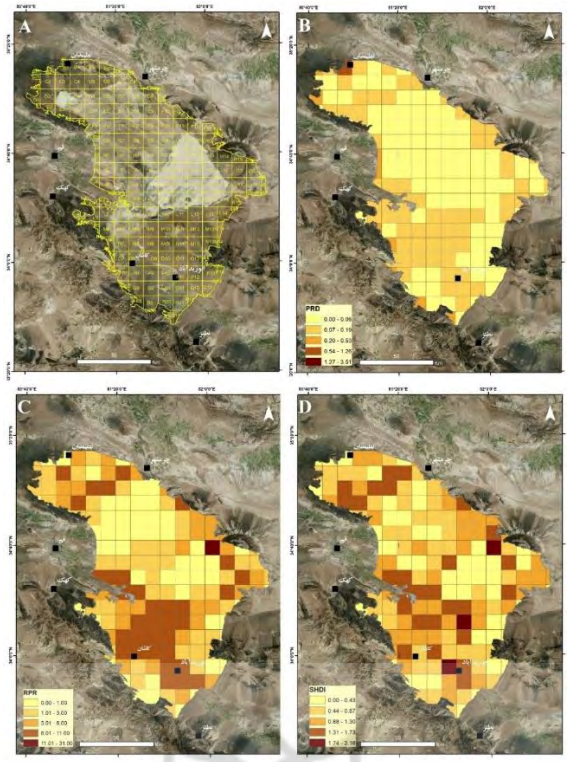


شکل ۵. سنجه‌های سیمای سرزمین در واحدهای ژئومورفولوژیکی پلایای مسیله

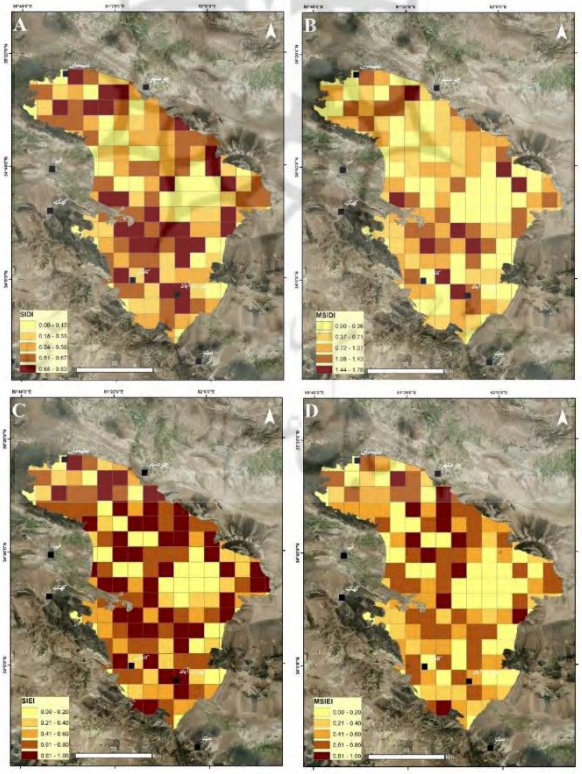
بحث

ارزیابی پراکنش تنوع ژئومورفولوژی در پلایای مسیله

به‌منظور مشخص نمودن پراکندگی و غنای پهنه‌های پلایای مسیله از دیدگاه تنوع ژئومورفولوژی منطقه موردمطالعه به ۱۸۹ سلول ۱۰*۱۰ کیلومتری تقسیم‌بندی شد و ارزش هر شاخص در هر سلول مشخص گردید و در ادامه ارزش هر سلول برای تعیین مناطق با تنوع بیشتر و پتانسیل بالاتر جهت برنامه‌ریزی توسعه‌ای در پلایای مسیله ارائه شد. بر مبنای شاخص تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD) و با توجه به شکل ۶B، تنها قسمت خیلی کوچک در شرق دریاچه حوض سلطان (سلول B3) داری بیشترین ارزش (۳,۵۱) در شاخص PRD را به خود اختصاص داده است. همان‌طور که در شکل ۵B مشاهده می‌شود، در قسمت میانی پلایای مسیله در محدوده واحد ژئومورفولوژی کفه نمکی دریاچه نمک و مخروط‌های مسلط به آن قرار دارد و به‌واسطه اینکه در این بخش تنها یک یا تعداد محدودی واحد ژئومورفولوژی در هر سلول وجود دارد، از تنوع و ارزش کمتر در تنوع ژئومورفولوژی برخوردار است. با بررسی غنای نسبی هر قطعه (RPR) مشخص می‌شود که بیشترین مقادیر این سنجه در قسمت جنوب نقشه و در منطقه ابوزیدآباد، کاشان و شمال کاشان قرار دارد. در این بخش تراکم تپه‌های ماسه‌ای ازجمله ریگ کاشان، تپه‌های ماسه‌ای طولی، برخان‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای به میزان زیادی مشاهده می‌شود و ازاین‌رو غنی‌شدگی بیشتر در این بخش از دیدگاه این سنجه به چشم می‌خورد (شکل، ۶C). همان‌طور که در شکل ۶D مشاهده می‌شود، در شاخص دایورسیتی شانون (SHDI) بیشترین تنوع ژئومورفولوژی با ۲/۱۶ در شمال دریاچه حوض سلطان، شرق و جنوب دریاچه نمک مشاهده می‌شود و در دیگر مناطق مخصوصاً جنوب منطقه موردمطالعه مقادیر کمتری را به خود اختصاص داده است و علت آن را می‌توان فروانی کمتر واحدهای ژئومورفولوژی دانست. در شاخص دایورسیتی سیمپسون (SIDI) بیشترین ارزش در مناطق مجاور واحد مخروط افکنه‌ها در اطراف دریاچه حوض سلطان و در بخش شمالی نقشه و همچنین در جنوب و جنوب غربی دریاچه نمک در اطراف ابوزیدآباد قرار دارد و بالاترین ارزش را با ۱/۷۸ به خود اختصاص داده است (شکل، ۶A). در بررسی شاخص دایورسیتی اصلاح‌شده سیمپسون (MSIDI) نیز بیشترین ارزش‌ها در منطقه ابوزیدآباد و همچنین شمال شرق و جنوب و جنوب غربی دریاچه نمک باارزشی معادل با ۰/۶۳ و قسمت جنوبی و حوالی جنوب و شرق کاشان دارای کمترین تنوع در منطقه موردمطالعه است (شکل، ۷B). در شاخص ناهمواری سیمپسن (SIEI) تعداد سلول‌های بیشتری دارای ارزش بالا هستند، که از آن جمله می‌توان به شمال شرق دریاچه حوض سلطان، شمال شرق و جنوب دریاچه نمک اشاره نمود که ارزش‌ها بین ۰/۸ تا ۱ را به خود اختصاص داده و کمترین مقدار این شاخص در جنوب منطقه موردمطالعه مشاهده می‌شود (شکل، ۷C). با توجه به شاخصMSIEI نیز بیشترین ارزش سیمای سرزمین متکی بر مخروط افکنه های منطقه موردمطالعه به‌خصوص مخروط افکنه جنوب کاشان، در شمال دریاچه نمک و تمرکز آن بر واحدهای سبخا و کفه‌های گلی نمکی است ولی در جنوب دریاچه این اعداد حداقل است (شکل، ۷D). در نهایت در شاخص ناهمواری شانون SHEI بیشترین تنوع ژئومورفولوژی در مناطق شمال دریاچه نمک و کمترین در جنوب در حوالی کاشان و ابوزیدآباد وجود دارد (شکل، ۸A).



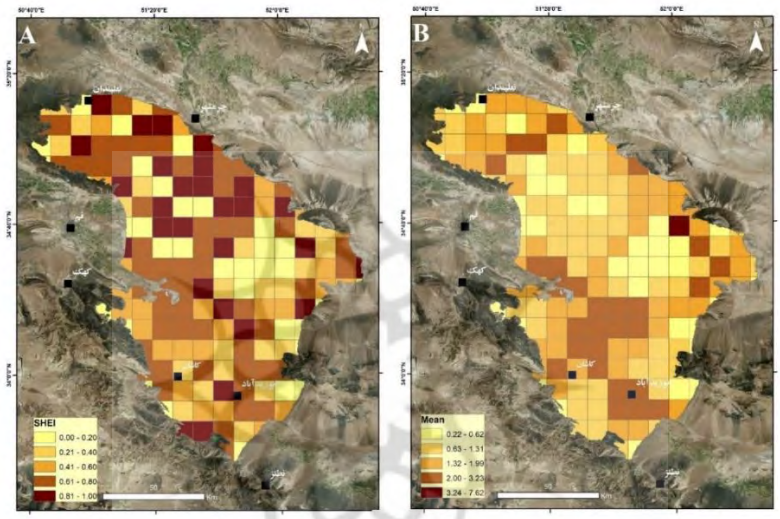
شکل ٦.A: تقسیم‌بندی سلولی پهنه موردمطالعه، پراکندگی مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در سنجه‌های B: PRD، C:RPR،D:SHDI



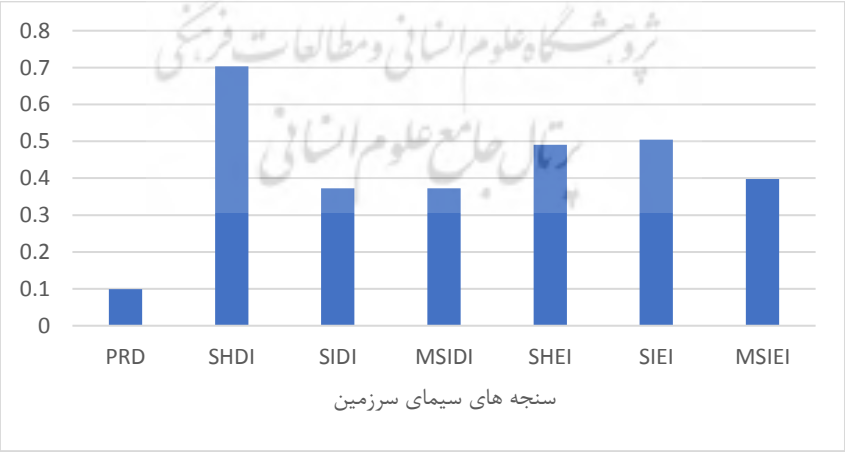
شکل ۷. پراکندگی مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در سنجه‌های A: SIDI، B:MSIDI،C:SIEI و D: MSIEI

به‌منظور ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی پهنه‌های پلایای مسیله با توجه به سنجه‌های سیمای سرزمین و تعیین مناطق با پتانسیل بالا از دیدگاه تنوع ژئومورفولوژی، میانگین همه شاخصه‌ها در سلول‌ها مورد ارزیابی با یکدیگر جمع شده و نتیجه

در شکل ۸B و ۹ مشاهده می‌شود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سلول H14 باارزش ۷/۶۲ بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده است. این سلول در شمال شرق دریاچه نمک و در پای مخروط افکنه های این منطقه قرارگرفته است. این سلول هم‌زمان چندین واحد ژئومورفولوژیکی همانند مخروط افکنه، سبخا، کفه‌نمکی زمینه‌ای پف‌کرده با ساخت تی پی را به خود اختصاص داده‌اند و فراوانی و تنوع واحدهای ژئومورفولوژیکی متعددی در آن مشاهده می‌شود. علاوه بر آن در منطقه ابوزیدآباد (سلول‌های P10 و P11 و همچنین تا Q12)، در جنوب غرب دریاچه نمک در شمال کاشان (در سلول‌های L9 تا L11، M8 تا M11، N8, 9) به دلیل تنوع اشکال ژئومورفولوژی بادی همانند برخان، تپه ماسه‌ای طولی، تپه ماسه‌ای، پهنه‌های ماسه‌ای تنوع بسیار زیادی از واحدهای ژئومورفولوژی در خود داشته است. ازاین‌رو منطقه جنوب دریاچه نمک به دلیل پهنه‌ها متنوع و همچنین فراوانی واحدهای ژئومورفولوژی از پتانسیل بالایی جهت توسعه برنامه‌های مرتبط با گردشگری متمرکز بر ژئوتوریسم و ژئومورفوتوریسم برخوردار است.



شکل ۸. A: پراکندگی مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در سنجه SHEI و B: میانگین سنجه‌های سیمای سرزمین در منطقه موردمطالعه



شکل ۹. مقادیر میانگین سنجه‌های سیمای سرزمین در پلایای مسیله

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین عناصر مطالعاتی در حوزه ژئوتوریسم و پتانسیل‌یابی مناطق مختلف در عرصه‌های طبیعی در گردشگری،

شناسایی و ارزیابی تنوع و همچنین توان‌های ژئومورفولوژی در یک منطقه است. در بین واحدهای ژئومورفولوژی، مناطق بیابانی و به‌خصوص پلایاها به دلیل تنوع لندفرم‌ها، جایگاه بسیار زیادی در توسعه گردشگری در کشور ایران دارند و پلایای مسیله از این امر مستثنا نیست. بااین‌وجود اکثر مدل‌هایی که در راستای ارزیابی تنوع زمین‌شناختی و ژئومورفولوژی در کشور و سایر نقاط دنیا استفاده می‌شود مربوط به مناطق کوهستان است و در مناطق پست و همواری همانند پلایاها، مطالعاتی جدی انجام نگرفته است. ازاین‌رو، استفاده و ارزیابی کارایی مدل‌های ارزیابی تنوع سیمای سرزمین در مناطق بیابانی با تکیه‌بر واحدهای ژئومورفولوژی می‌تواند الگویی جدید را در راستای مطالعات مناطق بیابانی و سایر مناطق مشابه به همراه داشته باشد. نتایج بررسی‌های این تحقیق نشان داد که اولاً امکان ارزیابی تنوع ژئومورفولوژی در یک محیط درصورتی‌که تنوع واحدهای ژئومورفولوژی زیادی داشته باشد همانند پلایای مسیله امکان‌پذیر است و همچنین سنجه‌های سیمای سرزمین توانسته به‌خوبی تنوع و ارزش‌گذاری واحدها و پهنه‌های ژئومورفولوژی را مورد ارزیابی قرار دهد. در منطقه موردمطالعه واحد ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها به دلیل گسترش و همچنین پراکندگی که در منطقه موردمطالعه دارد توانسته بالاترین ارزش‌ها را در تمامی سنجه‌های سیمای سرزمین به خود اختصاص دهد و بعدازآن کفه نمکی، کفه گلی نمکی و همچنین تپه‌های ماسه‌ای در رتبه‌های بعدی قرار دارند. با بخش‌بندی منطقه موردمطالعه به سلول‌های مختلف و بررسی تنوع ژئومورفولوژی هر سلول با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین مشاهده شد که منطقه شمال کاشان، شرق و جنوب شرق کاشان در منطقه ابوزیدآباد تنوع ژئومورفولوژی بیشتری نسبت به سایر مناطق دارند و علت آن را می‌توان حضور واحدهای ژئومورفولوژی متعدد در این منطقه ازجمله تپه‌های ماسه‌ای، برخان، تپه‌های ماسه طولی، پهنه‌های ماسه‌ای، کفه نمکی، کفه گلی نمکی و سایر واحدهای ژئومورفولوژی در این مناطق دانست که باعث شده بالاترین ارزش‌ها را از دیدگاه سنجه‌های سرزمین دریافت کنند. ارزیابی مناسب تنوع واحدهای ژئومورفولوژی و همچنین پتانسیل‌یابی مناطق مختلف برای توسعه گردشگری با استفاده از سنجه‌ها سیمای سرزمین نشان داد که از این مدل علاوه بر پلایاها و مناطق بیابانی می‌توان در سایر مناطق همانند مناطق هموار و فاقد تنوع مورفومتری و سنگ‌شناسی همانند سواحل و دشت‌های سیلابی استفاده نمود.

منابع

اسلام فرد، فاطمه؛ علیزاده، محمدرضا؛ علم الهدی، محمدعلی و فرحی، فرزانه. (۱۳۹۴). ارزیابی توانمندی‌های ژئومورفوتوریسمی لند فرم‌ها مطالعه موردی منطقه پنج دانگ ساری با مدل پرالونگ. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۵(۱۸)، ۱۶۸-۱۵۳

روحانی، نیما؛ رجائی، طاهر؛ مجردی، برات؛ جباری، احسان؛ شفیعی دارابی، سید احمد و حیدری بنی، مهران. (۱۴۰۰). مطالعه اقلیمی تغییرات منابع عمده آب در استان قم با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و فناوری‌های سنجش‌ازدور. *فصلنامه علوم محیطی* ۱۹(۱)۲۵۸-۲۳۹

شایان یگانه، علی‌اکبر؛ زنگنه اسدی، محمدعلی و امیراحمدی، ابوالقاسم. (۱۳۹۹). ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی آن. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰(۳۶)، ۷۷-۹۹

صالحی پور میلانی، علیرضا؛ صدوق، سید حسن و رفیعی، رسول. (۱۴۰۰). ارزیابی ژئودایورسیتی حوضه‌های آبریز مشرف‌به دریاچه نمک و حوض سلطان. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۱۰(۲)، ۱۰۵-۸۴

گلی مختاری، لیلا؛ نگهبان، سعید و شفیعی، نجمه. (۱۳۹۷). تحلیل مقایسه‌ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین‌شناختی) در حوضه‌های شمال غربی استان فارس. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۷(۳)، ۱۵۱-۱۶۳.

قهرودی تالی، منیژه؛ علی نوری، خدیجه و فرجادی نیا، سجاد. (۱۴۰۱). کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی

حوضه بالادست سد کرج). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۱۰(۴)،۱۷-۱.

مستوفی، احمد. (۱۳۵۰). گزارش‌های جغرافیایی حوضه مسیله. *پژوهش‌های جغرافیایی*. شماره ۵، ۲-۱۹۳

References

Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Magri, O., & Meza, P. (2009). Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. *Earth surface processes and landforms*, *34*(10), 1433-1445.

Burnett, M. R., August, P. V., Brown, J. H., & Killingbeck, K. T. (1998). The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity I. A patch-scale perspective. *Conservation Biology*, *12*(2), 363-370

Carcavilla, L., Durán, J. J., & López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10(2008), 1299-1303.

Carton, A., Coratza, P., & Marchetti, M., (2005). Guidelines for geomorphological sites mapping: examples from Italy. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 11(3), 209-218.

Cavalli, M., & Marchi, L., (2008). Characterisation of the surface morphology of an alpine alluvial fan using airborne LiDAR. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *8*(2), 323-333.

Chelariu, C., & Hapciuc, O. E. (2017). Geodiversity assessment of Moldova catchment in the mountain area. *Lucrările Seminarului Geografic" Dimitrie Cantemir"*, 45, 5-14.

De la Hera-Portillo, Á., López-Gutiérrez, J., Moreno-Merino, L., Llorente-Isidro, M., Fensham, R., Fernández, M., & Laftouhi, N. E. (2023). Geodiversity of Las Loras UNESCO Global Geopark: Hydrogeological Significance of Groundwater and Landscape Interaction and Conceptual Model of Functioning. *Resources*, *12*(1), 14.

De Paula Silva, J., Rodrigues, C., & Pereira, D. I. (2015). Mapping and analysis of geodiversity indices in the Xingu River basin, Amazonia, Brazil. *Geoheritage*, 7(4), 337-350.

Eslam far, F., Alizadeh. M.R., Alam Ol Hoda, M.A., & Farahi, F., (2016). Land geomorphotourism evaluation forms capabilities, Sari dengue case study of five models Praloong. *Geographical Planning of Space*, *5*(18), 153-168. [In Persian]

Erikstad, L., Bakkestuen, V., Dahl, R., Arntsen, M. L., Margreth, A., Angvik, T. L., & Wickström, L. (2022). Multivariate Analysis of Geological Data for Regional Studies of Geodiversity. *Resources*, *11*(6), 51.

Ferrer-Valero, N., Hernández-Calvento, L., & Hernández-Cordero, A. I. (2019). Insights of long-term geomorphological evolution of coastal landscapes in hot-spot oceanic islands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(2), 565-580.

Forte, J. P., Brilha, J., Pereira, D. I., & Nolasco, M. (2018). Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity. *Geoheritage*, 10(2), 205-217.

Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. (2012). Mapping geosites for geoheritage management: A methodological proposal for the Regional Park of Picos de Europa (León, Spain). *Environmental management*, 50(5), 789-806.

Ghahroudi Tali, M., Alinoori, K., & Farjadinia, S. (2022). Application of Geodiversity in Environmental Management (Case Study of Karaj Dam Upstream Basin). *Quantitative Geomorphological Research*, *10*(4), 1-17. [In Persian]

Golimokhtari, L., Neghaban, S., & Shafiei, N. (2019). Geodetical Comparison Analysis (Geological Diversity) in Northwest Basins of Fars Province Using FRAGTATSE software. *Quantitative Geomorphological Research*, *7*(3), 151-163. [In Persian]

Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.

Gustavsson, M., Kolstrup, E., & Seijmonsbergen, A. C. (2006). A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77(1-2), 90-111.

Hjort, J., & Luoto, M. (2010). Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. *Geomorphology*, 115(1-2), 109-116.

Malinowska, E., & Szumacher, I. (2013). Application of landscape metrics in the evaluation of

geodiversity. *Miscellanea Geographica*, *17*(4), 28-33.
Manosso, F. C. (2012). Potencialidades da paisagem na Região da Serra do Cadeado-PR: abordagem metodológica das relações entre a estrutura geoecológica, a geodiversidade e o geoturismo (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universiade Estadual de Maringá).
Manríquez, H., Mansilla, P., Figueroa-Sterquel, R., & Moreira-Muñoz, A. (2019). Geodiversity meets Biodiversity: a landscape approach for biogeocultural conservation and governance in Mediterranean central Chile. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, *11*, 43-48.
McGarigal, K., Tagil, S., & Cushman, S. A. (2009). Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape ecology*, 24(3), 433-450.
Melelli, L. (2014). Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. *Geojournal of tourism and geosites*, 7(1), 13.
Mostofi, A., (1971). Geographical report of Masileh palya. Geographical research Quaterly. 5, 2-193.
Müller, A. (2011). Géodiversité et diversité paysagère: évaluation de concepts spaciaux pour l'étude de la diversité des milieux et paysages: application au site Natura 2000 Madres-Coronat (Pyrénées-Orientales, France) (Doctoral dissertation, Toulouse 2). [In Persian]
Nichols, W. F., Killingbeck, K. T., & August, P. V. (1998). The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity II. A landscape perspective. *Conservation Biology*, 12(2), 371-379.
Pereira, D. I., Pereira, P., Brilha, J., & Santos, L. (2013). Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. *Environmental management*, 52(3), 541-552.
Perotti, L., Carraro, G., Giardino, M., De Luca, D. A., & Lasagna, M. (2019). Geodiversity evaluation and water resources in the Sesia Val Grande UNESCO Geopark (Italy). *Water*, *11*(10), 2102. 27-52.
Rohani, N., Rajaee, T., Mojaradi, B., Jabbari, E., Shafiei Darabi, S. A., & Heidari Bani, M. (2021). Climate Study of Changes of Major Water Resources in Qom Province Using Satellite Data and Remote Sensing Technologies. *Environmental Sciences*, *19*(1), 239-258. doi: 10.52547/envs.33643. [In Persian]
Salehipour Milani, A., Ṣadough, S. H., & Rafiei, R. (2021). Geodiversity Assessment in Catchments of Salt and Hoz-e-Soltan Lakes. *Quantitative Geomorphological Research*, *10*(2), 84-105.
Serrano, E., & Ruiz-Flaño, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica helvetica*, 62(3), 140-147. [In Persian]
Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). The Mathematical Theory of Communication, (first published in 1949). *Urbana: University of Illinois Press*.
Shayan yeganeh, A. A., zangane asadi, M. A., & Amir-Ahmadi, A. (2020). The quantitative assessment of geodiversity of Proposed Geopark of West Khorasan Razavi to protect its geoheritage.. *Geographical Planning of Space*, *10*(36), 77-90[In Persian]
Solon, J. (2002). Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie analizy struktury przestrzennej roślinności (Vol. 185). IGiPZ PAN.
Stanley, K. B., Resler, L. M., & Carstensen, L. W. (2023). A Public Participation GIS for Geodiversity and Geosystem Services Mapping in a Mountain Environment: A Case from Grayson County, Virginia, USA. *Land*, *12*(4), 835.
Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander, Ü. (2009). Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living reviews in landscape research*, 3(1), 1-28.
Xavier-da-Silva, J., Persson, V. G., Lorini, M. L., Bergamo, R. B. A., Ribeiro, M. F., Costa, A. J. S. T., ... & Abdo, O. E. (2001). Índices de geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão novas metodologias de avaliação e monitoramento. *Rio de Janeiro*,

Vozes, 299-316.
Zarnetske, P. L., Read, Q. D., Record, S., Gaddis, K. D., Pau, S., Hobi, M. L., & Finley, A. O. (2019). Towards connecting biodiversity and geodiversity across scales with satellite remote sensing. *Global Ecology and Biogeography*, 28(5), 548-556.
Zwoliński, Z., Najwer, A., & Giardino, M. (2018). Methods for assessing geodiversity.In *Geoheritage*, 27-52).
Zwoliński, Z. (2009). The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. *Landform Analysis*, 11, 77-85.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی