Hakim Sabzevari University

Arid Regions Geographic Studies

Homepage: jargs.hsu.ac.ir ISSN: 2228-7167

The assessment of land diversity (Geodiversity) for Binalood Mountains

Leila Goli Mokhtari[1]✉ | Abolghasem Amirahamdi[2] | Rahman Zandi[3] | Maliheh Ganjinia[4]

1. Corresponding Author, Department of Climatology and Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. L.Mokhtari@hsu.ac.ir
2. Department of Climatology and Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. amirahmadi1388@gmail.com
3. Department of GIS and RS, Faculty of Geography and Environmental Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. Ramanzandi@gmail.com
4. Department of Climatology and Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. ganji8290@gmail.com

Article Information

Research Paper

Vol: 14
No: 52
P: 24-41
Received: 2022-02-10
Revised: 2022-05-08
Accepted: 2022-05-31
Published: 2023-08-23

Keywords:

- *Geodiversity*
- *SIDI*
- *SHDI*
- *SIEI*
- *SHEI*
- *Binalood Mounta*

Cite this Article:

Goli Mokhtari, L., Amirahmadi, A., Zandi, R & Ganjinia, M. (2023). The assessment of land diversity (Geodiversity) for binalood Mountains. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 14(52): 24-41.
doi: 10.22034/JARGS.2023.373938.0

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/JARGS.2023.373938.0

Abstract

Aim: This research aims to identify, interpret, and evaluate the elements of geodiversity to organize specific areas and the whole earth and coordinate conservation or efficient management.

Materials and Method: This research is descriptive and analytical and uses quantitative and statistical methods and remote sensing to study the role of morphometric and geological factors and climate as the main parameters in forming and expanding geological diversity. Dividing Binalood Mountains into northern and southern slopes, we have separately assessed them using Benito-Calro et al.'s (2009) qualitative assessment method. Comparing roughness density indices (PRD), Simpson roughness index (SIEI) and Shannon (SHEI), Shannon diversity index (SHDI), and Simpson (SIDI), we got some results about the northern and southern slopes of Binalood Mountain.

Finding: The amount of calculated indices for southern slop is as follows; roughness density indices (PRD) is 0.0025, Simpson diversity index (SIDI) is 0.6, Simpson roughness index (SIEI) is 0.81, and Shannon diversity index (SHDI) is 1.5 and Simpson roughness index (SHIE) is 0.76.

Conclusion: According to the findings of this research, the difference in indices between the two slopes is very small, but due to structural form and stratigraphic situation and the effect of secondary factors, the southern slopes of Binalood Mountains have higher geodiversity than the southern slopes. The results show that based on comparing the northern and southern slopes of Binalood mountains with the five geodiversity indices, the contribution of geological factors was more than the morphometric and climatic factors.

Innovation: In this research, mountain geodiversity has been investigated for the first time in the country. The results can show the importance of geodiversity in the region and be used by managers and decision-makers in geo-heritage management and better protection of these resources.

Extended Abstract

1. Introduction

Some assessment methods have emerged in recent decades, focusing on different goals, such as geological heritage assessment for management and conservation or for tourism and education. In promoting sustainable management of natural systems, geodiversity indexing and mapping techniques are essential for a comprehensive and integrated ecosystem approach. Moreover, indexing and mapping of geodiversity are essential for tourism development. From another perspective, Geodiversity is very important for managing preserved areas promoting geological heritage, particularly geomorphological heritage. Iran has a wide range of geological and geomorphological sites, but studies related to geodiversity and geo-tourism have recently been considered and are in the early stages of development. Sanaei et al. (2013), Moradi (1393), Zanganeh Asadi et al. (2015), Zanganeh Asadi et al. (2016), Shayan Yeganeh et al. (2016) presented new and quantitative methods in the evaluation of geomorphosites in Iran. Goli Mokhtari et al. (2017 and 2018), Sistani Bedoui et al. (2022), and Salehipour Milani et al. (2022) have calculated and analyzed geodiversity and prepared a map to calculate quantitative geodiversity indicators. Binalood Mountains Geodiversity requires identification, management, and planning to prevent degradation in vulnerable areas. Increasing knowledge of the geological diversity of the region can provide useful information about the management of geomorphological heritage and how to protect it better.

2. Materials and Methods

This research was conducted using descriptive-analytical, quantitative methods, and GIS statistical analysis. In order to analyze the geodiversity of the study area, the researcher utilized geological maps with a scale of 1: 100,000 prepared by the Geological Survey to prepare the geological layer and digital elevation model (DEM) of the area with an accuracy of 30 meters. The morpho-climatic layer was also prepared from the climatic classification layer of Iran with a scale of 1: 100000 by the De Marton method. After preparing the morphometric and morpho-climatic geological layers, the final layer is obtained by overlapping the above layers and preparing the overlapping raster layer in the Geographic Information System (GIS). FRAGSTATS software was used to analyze the spatial patterns of the geodiversity classified map after converting the final layer to ASCII format. Classification operates at three levels of information (individual area of a map unit), class (a map unit), and landscape (map or mosaic). Finally, the five geodiversity indicators, which include the roughness density of each piece (PRD), Simpson diversity coefficient (SIDI), Simpson roughness coefficient (SIEI), Shannon diversity coefficient (SHDI), Shannon roughness coefficient (SHEI), were calculated.

3. Results and Discussion

The amount and development of Binalood mountains' geodiversity is influenced by geology, tectonic, climate geomorphology, and other secondary factors (vegetation, soil, drainage, etc.). According to the factors mentioned above, the classification of effective parameters in the geodiversity of Binalood Mountains has been evaluated quantitatively by Benito-Calvo et al. (2009) method. According to the calculations and the study of the parameters mentioned earlier, the southern slope of Binalood Mountains includes 19 types of geodiversity in terms of Geological parameters, while its northern slope includes 13 types. The southern slope is rougher than the northern one; consequently, the southern slope gets a higher score in the five geodiversity indicators. The Roughness Density Index (PRD) is 0.011, Simpson Diversity Coefficient (SIDI) is 0.85, Simpson Roughness Coefficient (SIEI) is 0.9, Shannon Diversity Coefficient (SHDI) is 2.28 and Shannon Roughness Coefficient (SHEI) is 0.77. The following results were obtained in calculating the quantitative indices of morphometric parameters; Roughness Density Index (PRD) was 0.0028, Simpson Diversity Coefficient (SIDI) was 0.77, Simpson Roughness Coefficient (SIEI) was 0.93, Shannon Diversity Coefficient (SHDI) was 1.55, Shannon Roughness Coefficient (SHEI) was 0.86. With a slight difference, morphometric parameter shows more geodiversity. This small difference is due to the formations' older age and the higher drainage density of the northern slope compared to the southern slope of Binalood mountains. Combining three layers (geology, morphometric, and climatology) and calculating the quantitative indicators of the final layer in FRAGSTATS software, it becomes clear that the southern slope is less than the northern slope but has a higher rank in terms of quantitative geodiversity indicators. Roughness Density Index (PRD) was 0.0025, Simpson Diversity Coefficient (SIDI) was 0.6, Simpson

Roughness Coefficient (SIEI) was 0.81, Shannon Diversion Coefficient (SHDI) was 1.5, and Shannon Roughness Coefficient (SHEI) was 0.76.

4. Conclusions

The use of new quantitative methods of geodiversity evaluation, including the method used in this study, can help researchers achieve this important. Another advantage of using this method (Benito-Calvo et al.,2009) is the availability of its input data, and by increasing the accuracy of the data, the identification and evaluation of geodiversity will be done with greater accuracy. Binalood Mountains Geodiversity must be identified, managed, and planned to prevent degradation in vulnerable areas. The increase of knowledge in the geological diversity of the region can provide useful information about the management of geomorphological heritage and how to protect it better. The index differences in the two slopes are very small. The southern slopes of the Binalood Mountains have a higher geodiversity than the northern slopes due to their structural and stratigraphic status and the influence of secondary factors. Due to the younger southern slope and greater diversity of the formation and the amount of slope, height, roughness, and degree of curvature compared to the northern slope, the wetter climate has increased the diversity index and the development of various shapes in the southern slope.

5. Acknowledgment & Funding

Authors are really grateful to all those who helped the authors in preparing and editing this research.
The manuscript did not receive a grant from any organization.

6. Conflict of Interest

The authors declare they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دانشگاه حکیم سبزواری

تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) در محدوده کوه‌های بینالود

لیلا گلی مختاری [۱]✉، ابوالقاسم امیراحمدی [۲]، رحمان زندی [۳]، ملیحه گنجی‌نیا [۴]

۱- نویسنده مسئول، گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. L.Mokhtari@hsu.ac.ir

۲- گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. amirahmadi1388@gmail.com

۳- گروه سنجش ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. Ramanzandi@gmail.com

۴- گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. ganji8290@gmail.com

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره: ۱۴

دوره: ۵۲

صفحه: ۴۱-۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

کلیدواژه‌ها:

- *ژئودایورسیتی*
- *سیمپسون*
- *ضریب دایورسیتی شانون*
- *ضریب ناهمواری سیمپسون*
- *شانون*
- *کوه‌های بینالود*

نحوه ارجاع به این مقاله:

گلی مختاری، لیلا.، امیراحمدی، ابوالقاسم.، زندی، رحمان.، و گنجی‌نیا، ملیحه. (۱۴۰۲). تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) در محدوده کوه‌های بینالود. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۴(۵۲): ۴۱-۲۴.

doi: 10.22034/JARGS.2023.373938.0

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/JARGS.2023.373938.0

چکیده:

هدف: هدف این پژوهش شناسایی، تفسیر و ارزیابی عناصر تنوع زمینی به منظور سازمان‌دهی مناطق خاص و کل زمین و هماهنگی حفاظت یا مدیریت کارآمد است.

روش و داده: روش این پژوهش به صورت توصیفی و تحلیلی بوده است و با استفاده از روش‌های کمی و آماری و سنجش از دور نقش عوامل مورفومتریک و زمین‌شناختی و اقلیم به عنوان پارامترهای اصلی در شکل‌گیری و گسترش تنوع زمین‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفته است. با تقسیم‌بندی کوه‌های بینالود به دامنه شمالی و دامنه جنوبی این دو منطقه به صورت جداگانه با روش ارزیابی کمی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. این فرایند با محاسبه شاخص‌های تراکم ناهمواری (PRD)، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI) و شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI) و سیمپسون (SIDI) دامنه شمالی و دامنه جنوبی کوه‌های بینالود و مقایسه نتایج در دو دامنه شمالی و جنوبی صورت گرفته است.

یافته‌ها: میزان شاخص‌های محاسبه شده در دامنه جنوبی، شاخص تراکم ناهمواری (PRD) ۰/۰۰۲۵، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI): ۰/۶، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI): ۰/۸۱، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI): ۱/۵، ضریب ناهمواری شانون (SHEI): ۰/۷۶ است.

نتیجه‌گیری: بر مبنای یافته‌های تحقیق می‌توان عنوان کرد که اختلاف شاخص‌ها در دو دامنه بسیار ناچیز است، اما به دلیل وضعیت ساختمانی و چینه‌شناسی و تأثیر عوامل ثانویه دامنه‌های جنوبی کوه‌های بینالود دارای ژئودایورسیتی بالاتری نسبت به دامنه‌های شمالی آن است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بر اساس مقایسه دامنه شمالی و دامنه جنوبی کوه‌های بینالود با شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی سهم عوامل زمین‌شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است.

نوآوری، کاربرد نتایج: در این پژوهش برای اولین بار در کشور ژئودایورسیتی کوهستانی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل می‌تواند اهمیت تنوع زمینی را در منطقه نمایش داده و در زمینه مدیریت میراث ژئومورفولوژیک و چگونگی حفاظت بهتر از این منابع مورد استفاده مدیران و تصمیم گیرندگان قرار گیرد.

۱- مقدمه

مفهوم ژئو دایورسیتی ابتدا در اوایل دهه نود میلادی در استرالیا بیان و تنوع پدیده‌ها و سیستم‌های زمین تعریف شد. (Sharples,1993). تنوع طبیعت غیرزنده غیرقابل تردید است؛ بنابراین شناسایی، تفسیر و ارزیابی عناصر تنوع جغرافیایی به منظور سازماندهی مناطق خاص و کل زمین و هماهنگی حفاظت یا مدیریت کارآمد آن موردنیاز است (Gray, 2013). تنوع طبیعت پارامتری بدون بعد است که می‌تواند از نظر کیفی و کمی ارزیابی شود (Necheş, 2016; Shaples, 1995).

گری در سال ۲۰۱۳ تعریف کامل‌تری از تنوع زمین‌شناسی ارائه نمود به این صورت که: ژئودایورسیتی عبارت است از طیف طبیعی (تنوع) عوارض زمین‌شناسی (سنگ‌ها، کانی‌ها، سنگواره‌ها)، عوارض زمین شکل‌شناسی (لندفرم‌ها، توپوگرافی، فرایندهای فیزیکی)، خاک و عوارض هیدرولوژیکی و شامل انباشتگی‌های آن‌ها ساختارها سامانه‌ها و سهم آنها در چشم‌اندازها است (Gray, 2013). میراث زمین‌شناسی اصطلاح عمومی است که می‌تواند در برگیرنده مجموعه‌های میراث زمین‌شناسی شامل ژئومورفولوژیکی، سنگ‌شناسی، معدن‌شناسی، دیرینه‌شناسی، چینه‌شناسی، ساختاری، هیدرولوژیکی یا خاک‌شناسی باشد (Brilha, 2015).

با توجه به تعاریف ارائه شده در بسیاری از کشورها ژئو دایورسیتی مبنایی است برای انتخاب مکان‌های که نیازمند حفاظت بیشتر هستند می‌توان گفت که با بررسی جهان از منظره گوناگونی زمین‌شناختی می‌توان به درک بهتری از منابع طبیعی زمین رسید؛ بنابراین نیاز به حفاظت از ژئو دایورسیتی احساس می‌شود و این مهم خود برای توسعه ژئوتوریسم ضروری است. در دوران اخیر دو واژه‌ای که به کرات مورد استفاده قرار گرفته است و وارد واژه‌نامه علمی شده است میراث زمین‌شناسی[1] (Rynard & Brilha, 2018) و تنوع زمین‌شناختی[2] است (Zwoliński, 2014; Gray, 2018, 2013).

در سراسر جهان تعداد زیادی از دانشمندان علوم زمین تمرکز خود را بر این موضوع نهاده‌اند. جلسات مشترک رو به افزایش از سال ۲۰۱۳ در مورد تنوع زمین‌شناسی توسط مجمع عمومی اتحادیه علوم زمین‌شناسی اروپا نشان‌دهنده اهمیت مسئله است (Paola Coratza, 2018).

با توجه به اینکه موضوع علم جغرافیا پراکندگی است برای شرح و تحلیل پراکندگی‌ها بایستی از روش‌های کمی و آماری مناسب استفاده شود؛ زیرا بدون استفاده از روش‌های زمین آمار امکان پردازش و تحلیل پراکندگی جغرافیایی وجود ندارد. استفاده از روش‌های کمی در کنار روش‌های کیفی پیشرفته‌ترین و بهترین راه‌حل فنی برای ارزیابی ژئودایورسیتی است (Zwoliński, 2018).

یکی دیگر از مزیت‌های استفاده از روش‌های کمی در ژئو دایورسیتی قابلیت پردازش کارآمد مقادیر زیادی داده است که برای مناطق وسیع و یا مناطقی با ژئودایورسیتی بالا عملی است. روش‌های کمی نه تنها مقادیری را به عناصر خاص اختصاص می‌دهند؛ بلکه ارائه این مقادیر بر اساس رابطه فضایی بین ژئوسایت‌ها و مورفولوژی مناطق امکان‌پذیر است. طبقه‌بندی پارامترهای کمی با استفاده از روش‌های خودکار مانند الگوریتم شکست‌های طبیعی انجام می‌شود (Maghsodi, 2019) که از ذهنی بودن ارزیابی اجتناب می‌کند.

مطالعات تنوع زمین‌شناسی و میراث زمین‌شناسی با ایجاد گروه بروکینگ[3] در سایت‌های ژئومورفولوژیک در سال ۲۰۰۱ توسط انجمن بین‌المللی ژئومورفولوژیست‌ها به اوج خود رسید یکی از اهداف اصلی این گروه ایجاد دستورالعمل‌هایی برای فهرست‌بندی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها بود که باعث پیشرفت قابل توجهی در این زمینه شد.

در دهه‌های گذشته برخی از روش‌های ارزیابی و تحلیل ظهور کرده‌اند که بر اهداف مختلف متمرکز شده‌اند؛ مانند ارزیابی میراث زمین‌شناسی برای مدیریت و حفاظت یا به منظور گردشگری و آموزشی (Josu Sanz1et al., 2020). ایجاد یک طبقه‌بندی و ارزیابی جامع ژئو دایورسیتی می‌تواند به ویژه در افزایش آگاهی در مورد اهمیت ژئودایورسیتی برای مطالعات اکولوژیکی ارضی و چشم‌انداز و درک ارتباط آن با توسعه انسانی مفید باشد (Gray, 2018). در این دیدگاه تکنیک‌های نمایه‌سازی و نقشه‌برداری ژئو دایورسیتی می‌توانند نقش مهمی در ارتقاء یک اکوسیستم جامع و یکپارچه و رویکرد حمایت از مدیریت پایدار سیستم‌های طبیعی داشته باشند (Gray et al., 2013; Gordon, J.E., Barron, 2012). علاوه بر این نمایه‌سازی و نقشه‌برداری و ژئودایورسیتی برای توسعه گردشگری مهم است (Zwoliński, 2010; Tomas, 2012; Gordon, 2012; Koh et al., 2014; El Hadi et al., 2015). از

1. Geoheritage
2. Geodiversity
3. Bworking

نگاهی دیگر ژئودایورسیتی برای مدیریت مناطق حفاظت شده (Sharples et al, 2002; Bruschi et al, 2007; Asrat et al, 2012; Melelli, 2014)، ارتقاء میراث زمین‌شناختی و به طور خاص میراث ژئومورفولوژیکی (Gray, 2008; Asrat et al., 2012; Rochaetal, 2014; Molaty et al., 2015; Rynard et al., 2016; Brilha & Rynard, 2018; Coratza et al., 2018) بسیار حائز اهمیت است. هجرت و همکاران به بررسی ژئودایورسیتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجش آن‌ها از طریق نرم‌افزارهای مربوطه پرداخته‌اند و با استفاده از شبکه‌بندی نقشه منطقه، نقشه ژئودایورسیتی آن را تهیه نموده‌اند (Hjort et al., 2012). پریرا روشی برای ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ارائه می‌نماید و کوبالیکو و همکارانش و گجک و زگلوبیکی با هدف ارزیابی ظرفیت آموزشی سایت‌ها و توجه به تنوع زمین‌شناختی و میراث زمین‌شناسی مناطق مورد تحقیق پژوهش‌هایی انجام داده‌اند (Pereira, 2013; Kubalíková et al., 2016; Gajek G & ZgłobickiW, 2019).

فرناندز و همکاران در تحقیقی که در منطقه شمالی استان جین[1] (جنوب اسپانیا) انجام دادند ارتباط بین ژئودایورسیتی و مرزهای مناطق طبیعی محافظت شده در این منطقه را مورد مطالعه قرار دادند (Fernandez et al., 2020). تانجا و همکاران با رویکرد ارزیابی کمی ژئودایورسیتی کوه فروشکاگورا (شمال صربستان) با استفاده از روش سرانو – فلانو[2] به بررسی تنوع زمین‌شناختی و مبحث حفاظت پرداخته است (Tanja Micic Ponjiger et al, 2021). ماریلیا با استفاده از روش ارزیابی مبتنی بر همپوشانی شبکه‌ای با استفاده از مبانی کارتوگرافی، به ارزیابی و تهیه نقشه شاخص‌های ژئودایورسیتی برای ایالت ریوگراند (شمال شرق برزیل) پرداخته است (Marilia Crestina Sntos Souza, 2021).

ایران دارای گستره وسیعی از پدیده‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی است که مطالعات مربوط به ژئو دایورسیتی و ژئوتوریسم به تازگی در آن مورد توجه قرار گرفته و مراحل اولیه توسعه را طی می‌کند. حریریان از اولین افرادی بود که تعریفی از تنوع زمینی ارائه کرد به نظر وی طبیعت دائم به وسیله فرسایش آبی و بادی در حال تنوع و دگرگونی است (Hareryan, 1990). هرچند که برخی دیگر آغاز ژئوتوریسم ایران را پیشنهاد محمدحسن نبوی برای رویکرد زیبایی‌شناختی به پدیده‌های زمین‌شناختی ذکر کرده‌اند (Shayanet al, 2010). یمانی و همکاران، به بررسی قابلیت‌های ژئوتوریسمی با روش پرالونگ پرداختند (Yamani et al., 2012). محققان روش‌های نوین و کمی در ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها در ایران ارائه نمودند (Sanaye et al., 2013; Moradi, 2014; Zanghane Asadi et al., 2015; 2016; Sanaye et al., 2016). یزدی و همکاران به ژئودایورسیتی به عنوان پایه‌ای برای توسعه ژئوتوریسم توجه داشتند و به بررسی تاریخچه این علم در ایران و جهان پرداخته‌اند (Yazdi et al., 2015). گلی مختاری و همکاران، سیستانی و همکاران و صالحی‌پور و همکاران به محاسبه و تحلیل ژئودایورسیتی و تهیه نقشه برای محاسبه شاخص‌های کمی ژئودایورسیتی پرداخته‌اند (Gholi Mokhtari et al., 2017 & 2018; Sestani Badoei et al., 2021; Salehipoor Melani et al., 2021). منطقه مورد مطالعه (محدوده کوه‌های بینالود) با در بر گرفتن پدیده‌های زمین‌شناختی و گوناگونی آن جلوه‌های بدیع از جاذبه‌های ژئومورفولوژیکی را به نمایش می‌گذارد. ژئودایورسیتی کوه‌های بینالود نیاز به شناسایی، مدیریت و برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از تخریب در مناطق آسیب‌پذیر دارد افزایش شناخت تنوع زمین‌شناختی منطقه می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره مدیریت میراث ژئومورفولوژیکی و چگونگی حفاظت بهتر آن‌ها فراهم آورد. همچنین تهیه نقشه‌های ژئودایورسیتی با مشخص نمودن مناطقی که دارای پتانسیل بالای توسعه منطقه‌ای و ژئوتوریسم هستند اطلاعات جامعی برای برنامه‌ریزان و سازمان‌های مسئول گردآوری می‌نماید. این امر علاوه بر حفاظت از میراث زمین‌شناختی منطقه، به انتخاب کاربری‌های مناسب در محدوده کمک می‌کند که در نهایت منجر به بهبود وضعیت معیشت مردم منطقه و کارآفرینی‌های متناسب با پتانسیل‌های طبیعی برای ساکنان این منطقه خواهد شد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رشته‌کوه بینالود در شمال شرقی ایران (شمال خراسان رضوی) و در میان دو مدار جغرافیایی ″۲۲ ′۵۸ °۳۵ تا ′۴۴ °۳۶ شمالی و دو نصف‌النهار ″۲۴ ′۳۲ °۵۸ تا ″۳۸ ′۳۴ °۵۹ شرقی واقع شده است. این کوهستان به بام خراسان مشهور است، زیرا بلندترین قله

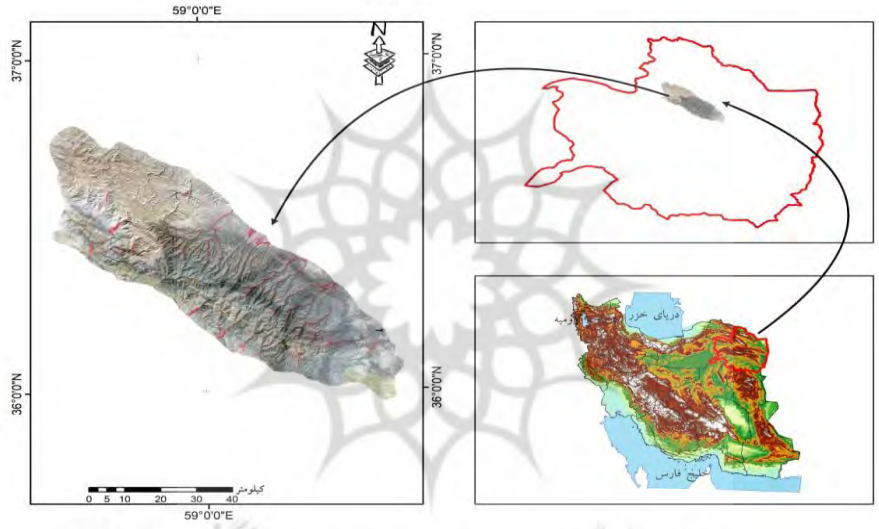
1. Jaen
2. Serrani, Ruiz-Flano

خراسان به نام شیرباد با ارتفاع ۳۳۳۹ متر در این کوهستان قرار دارد. این رشته‌کوه دارای روند شمال غربی ـ جنوب شرقی و طول ۱۴۳/۷۵ کیلومتر بوده و از جنوب شرق شهر قوچان تا شرق ـ شمال شرق نیشابور امتداد یافته است. این رشته‌کوه بخشی از زهکش کالشور است که در حوضه آبریز کویر مرکزی از عمده حوضه‌های آبریز ایران واقع است. تمام زهکش‌ها و آبریزهای شمالی رشته‌کوه بینالود به کشف رود و زهکش‌های دامنه جنوبی آن به کال شور و دشت نیشابور ملحق می‌شوند. شهر نیشابور در بخش جنوبی محدوده واقع شده و فاصله آن تا شهر مشهد حدود ۱۱۵ کیلومتر است.

توده اصلی بینالود از گرانیت است که با ساختمان باتولیت در میان رسوب‌های پالئوزوئیک سر برآورد است و نفوذ توده باتولیت سبب به هم خوردن نظم چین‌ها در محل گردیده است با این حال، لایه‌های رسوبی چین خورده منظم نیز در اطراف مشاهده می‌شوند. (Alaei Taleghani, 2005)

تناوب شیل و ماسه‌سنگ و مجاورت این لیتولوژی با گسل‌های عمده در رشته‌کوه‌های بینالود همراه با آب ناشی از ذوب برف‌های ارتفاعات بینالود، موجب فرسایش آبراهه‌ای گشته است.

در دامنه شمالی بینالود شبکه هیدروگرافی نسبتاً متراکمی با عمق زیاد گسترش یافته‌اند، شبکه آب‌ها ساختمان ناهمواری‌ها را به شدت بر هم زده است. این شبکه‌ها گاهی محور چین را بریده و در محل تنگ ایجاد کرده‌اند علاوه بر آن دینامیک دامنه‌ای به صورت حرکات توده‌ای از نوع لغزش در سطح میانابها فعال هستند (Zomordian, 1994) به نقل از (Alaei Taleghani, 2005).



شکل ۱. محدوده منطقه موردمطالعه

۲-۲- روش پژوهش

این پژوهش به صورت توصیفی و تحلیلی بوده است و با روش‌های کمی و تحلیل آماری استفاده از GIS تهیه شده است به منظور تحلیل ژئودایورسیتی از منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی برای تهیه لایه زمین‌شناسی و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه با دقت ۳۰ متر ماهواره لندست با به‌کارگیری شاخص (TPI) لایه مورفومتریک تهیه شده است. لایه مورفوکلیماتیک نیز از لایه طبقه‌بندی اقلیمی ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با روش دمارتن تهیه گردید.

پس از تهیه لایه‌های زمین‌شناسی مورفومتریک و مورفوکلیماتیک با روی هم قرارگیری لایه‌های فوق و تهیه لایه رستر همپوشانی شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) لایه نهایی به دست می‌آید پس از تهیه لایه نهایی با فرمت (ASCII)، به منظور کمی‌سازی و تحلیل الگوهای مکانی نقشه طبقه‌بندی شده ژئودایورسیتی از نرم‌افزار FRAGSTATS استفاده شده است.

این نرم‌افزار در سال ۲۰۰۲ به وسیله مک گاریگا برای محاسبه ژئودایورسیتی مورد استفاده قرار گرفت. این نرم‌افزار شامل یک برنامه تجزیه تحلیل الگویی فضایی برای کمی کردن ساختار (برای مثال ترکیب و توزیع) سیمای سرزمین است و به سادگی ناهمگونی سیمای سرزمین را کم می‌کند. همچنین پیکربندی هندسی و فضایی چشم‌انداز را اندازه‌گیری می‌کند. طبقه‌بندی در سه سطح

اطلاعات عمل می‌کند: (منطقه فردی یک واحد نقشه)، کلاس (یک واحد نقشه) و چشم‌انداز (نقشه یا موزاییک) مراحل محاسبه شاخص‌های ژئودایورسیتی در جدول (۱) نشان داده شده است.

در نهایت شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی که شامل تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)؛ ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)، ضریب ناهمواری شانون (SHEI) مطابق با جدول (۱) محاسبه شده است.

جدول ۱. شاخص‌های ژئودایورسیتی

شاخص	فرمول	دامنه	واحد
میزان تراکم ناهمواری PRD	$PRD=m/A*(10^4)(10^2)$	PRD> 0, Without limit	تعداد درصد هکتار
شاخص دایورسیتی شانون SHDI	$SHDI= -\sum_{i=1}^{m}(pi\ In\ pi)$	SHDI> 0 without limit	-
شاخص ناهمواری شانون SEEI	$SHDI= -\sum_{i=1}^{m}(pi\ In\ pi)/In\ m$	0 < SHEI < 1	-
شاخص دایورسیتی سیمپسون SIDI	$SHDI= -\sum_{i=1}^{m} pi^2$	0 ≤ SIDI≤ 1	-
شاخص ناهمواری سیمپسون SIEI	$SHDI=1 -\sum_{i=1}^{m} pi^2$	0 ≤ SIDI≤ 1	-

Benito-calvo, 2009

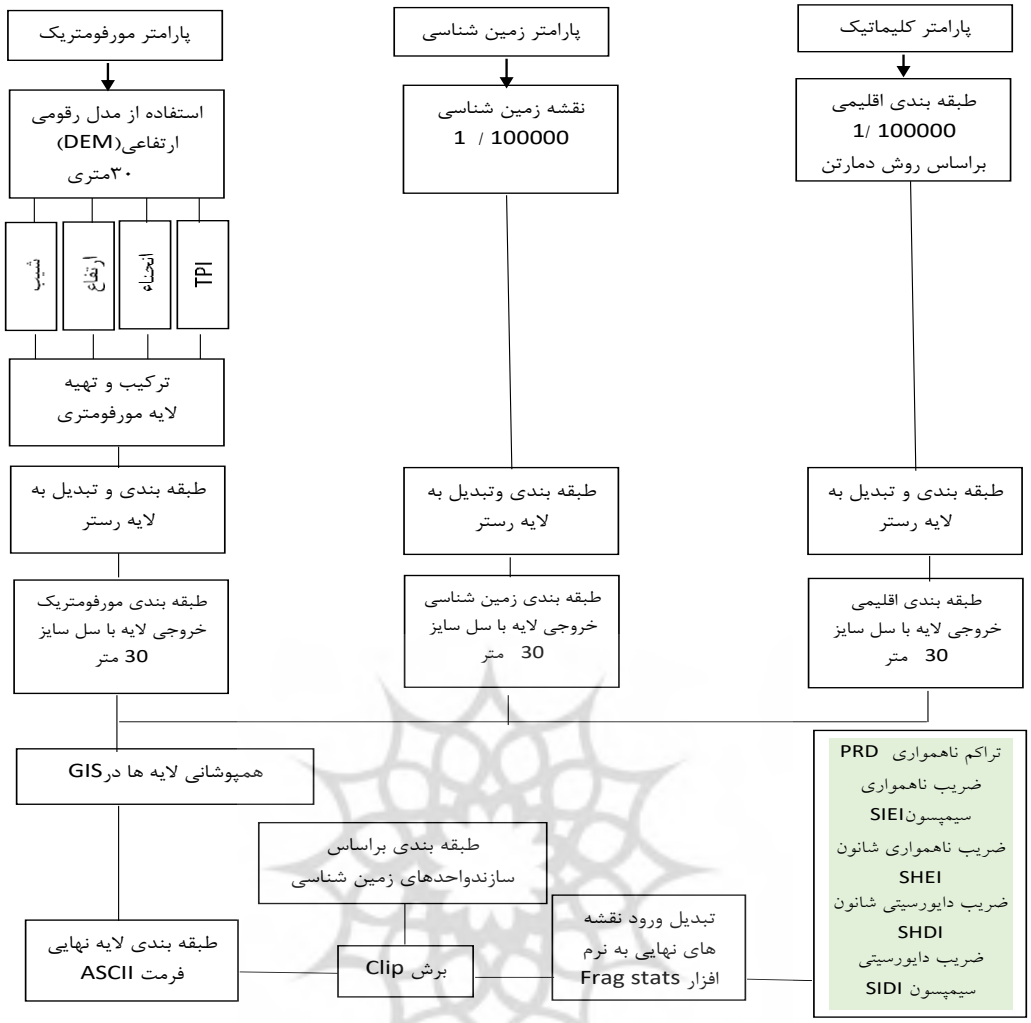
یک مقدار معمول مورفومتریک به عنوان یک شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)[1] تعریف شده است (Derayv et al, 2013). TPI بین ۱- تا ۱+ به عنوان تفاوت بین مقدار ارتفاع سلول و میانگین ارتفاع در یک منطقه مجاور اطراف سلول (انحراف معیار) تعریف شده است. هرچه ارتفاع سلول بالاتر به مثبت ۱ نزدیک‌تر شده و TPI منفی و یا نزدیک به صفر مربوط به مناطق مسطح است، یک الگوریتم منظم برای اندازه‌گیری موقعیت شیب توپوگرافی زمین است. طبقات شیب و طبقه‌بندی لندفرم توسط وایز کلاس‌بندی شده است (Weiss, 2001). این طبقه‌بندی با استفاده از افزونه Land Facet Corridor Designer در محیط نرم‌افزار GIS با وارد کردن DEM منطقه انجام شده است. با توجه به گستردگی منطقه مورد مطالعه لایه TPI در شش طبقه (بر اساس روش وایز) تهیه شده است. در جدول شماره (۲) این تقسیم‌بندی ارائه شده است.

جدول ۲. طبقات شیب در فاکتور وضعیت شیب

طبقه‌بندی مورفولوژی (توپوگرافی)	TPI	طبقه‌بندی مورفولوژی (توپوگرافی)	TPI
دره‌ها (Valleys)	TPI ≤ -۱ SD	شیب ملایم دامنه‌ای (Gentle Slope)	-۰/۵ SD < TPI < ۰/۵ SD Slope > ۵°
شیب کم و بسیار کم (Steep Slope)	-۱ SD < TPI ≤ -۰/۵ SD	شیب تند (Upper Slope)	۰/۵ SD < TPI ≤ ۱ SD
شیب متوسط دامنه‌ای (Steep Slope)	-۰/۵ SD< TPI < ۰/۵ SD Slope ≤ ۵°	ستیغ یا خطالرأس ارتفاعات (Ridges)	TPI> ۱ SD

SD انحراف معیار است که بین ۱ تا ۱- متغیر است. (Weiss, 2001)

1. Topographic Position Indicator (TPI)



شکل ۲. نمودار ارزیابی ژئودایورسیتی با روش بنیتو- کالوو و همکاران (Benito-Calvo et al., 2009)
تهیه و ترسیم: (نگارندگان،۱۴۰۰)

۳- یافته‌ها

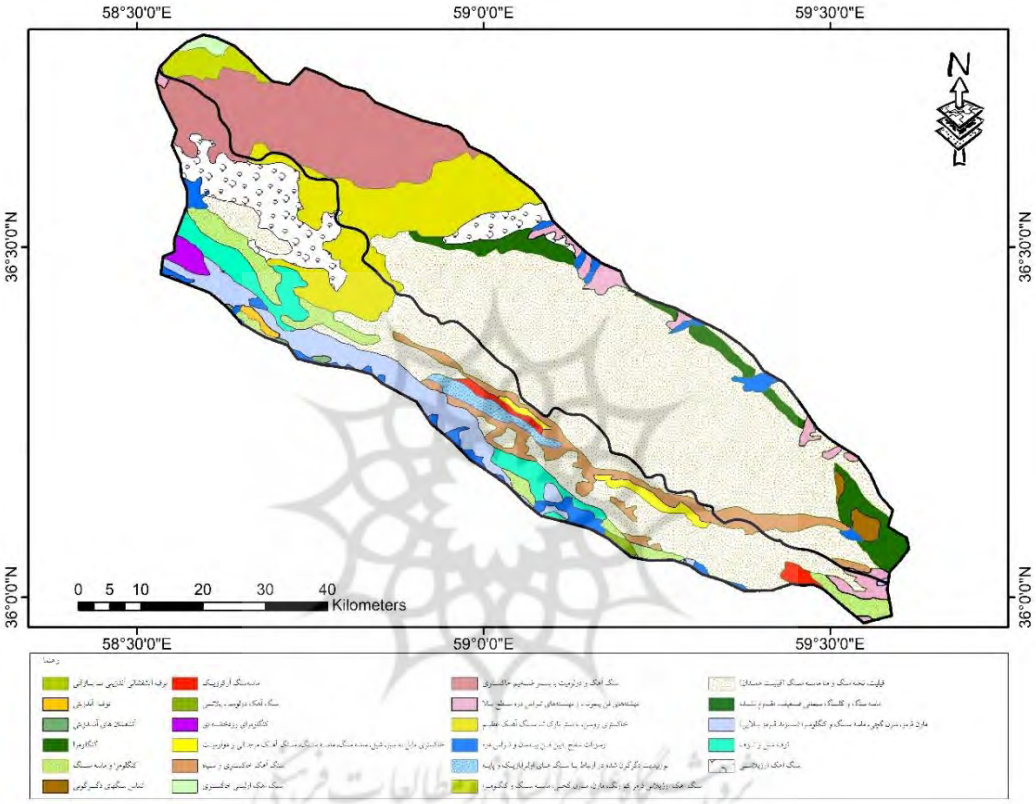
میزان و تکوین ژئودایورسیتی کوه‌های بینالود تحت تأثیر عواملی از جمله: زمین‌شناختی، تکتونیکی، اقلیمی و ژئومورفولوژی و دیگر عوامل ثانویه (پوشش گیاهی، خاک، زهکشی و...) است. با توجه به عوامل ذکر شده طبقه‌بندی پارامترهای مؤثر در ژئودایورسیتی کوه‌های بینالود به صورت کمی (با روش بنیتو- کالوو و همکاران) مورد ارزیابی قرار گرفته است (Benito-Calvo et al., 2009).

در این تحقیق ما کوه‌های بینالود را به دو بخش دامنه‌های شمالی کوه‌های بینالود و دامنه جنوبی آن تقسیم نموده‌ایم و بر اساس این طبقه‌بندی به مقایسه پارامترهای زمین‌شناسی (بر اساس سن و جنس لایه‌ها) لایه مورفومتریک (استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ۳۰ متر) و لایه اقلیمی بر اساس شاخص‌های پنج‌گانه دایورسیتی پرداخته‌ایم.

این منطقه که برخی از محققین ادامه البرز شرقی و برخی متعلق به ایران مرکزی می‌دانند از سازندهای پالئوزوئیک مانند بهرام، لالون، شیست پرمین، نور، سازندهای متعلق به مزوزوئیک شامل: گرانیت شاه‌کوه، چمن بید، مزدوران، لار و کنگلومرای ژوراسیک و رسوبات سنوزوئیک شامل قرمز بالایی، توف‌ها، کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های ائوسن و رسوبات کواترنری تشکیل شده است. جدول شماره (۳) میزان درصد سازندهای زمین‌شناسی کوه‌های بینالود به تفکیک دامنه شمالی و جنوبی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان درصد سازندهای زمین‌شناسی کوه‌های بینالود به تفکیک دامنه شمالی و جنوبی

سازند / منطقه	سنگ اهک	ماسه سنگ – گنگومرا – نهشته‌های ابرفتی	مارن – گچ – نیور	دگرگونی	آذرین
دامنه شمالی	۳۴/۷۲	۵۸/۶۳	۵/۸۶	۰/۷	–
دامنه جنوبی	۳۱/۶۶	۵۶/۹۷	۱/۷	۲/۰۴	۷/۵۹

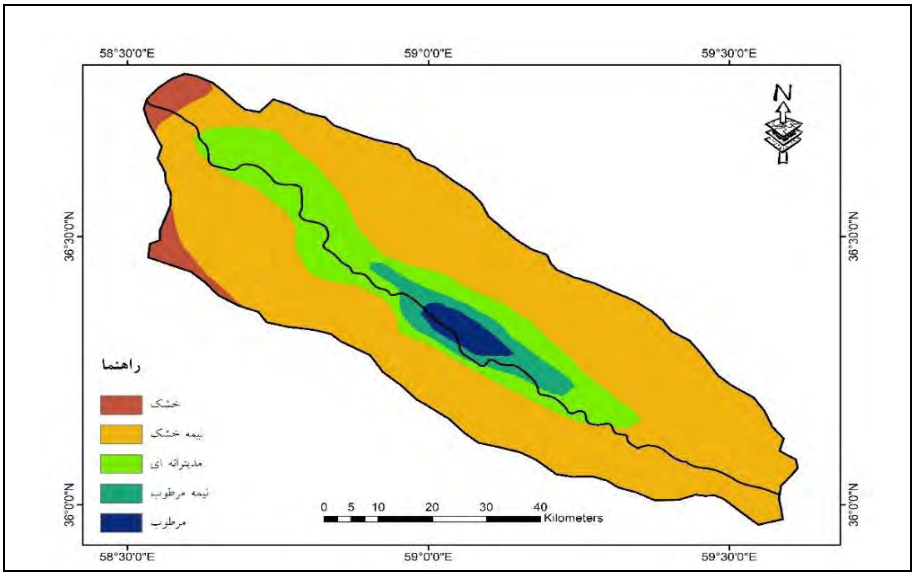


شکل ۳. طبقه‌بندی لیتولوژی محدوده مورد مطالعه

پارامتر اقلیم نیز در تنوع اشکال زمین‌شناختی مؤثر است. با توجه به این‌که درصد قابل توجهی از منطقه تحت پوشش اقلیم نیمه‌خشک است؛ اما تنوع اقلیمی مدیترانه‌ای و نیمه‌مرطوب باعث ایجاد و تنوع اشکال شده است. روند تغییرات در نوع بارش و عرض جغرافیایی به صورتی است که بیشتر ریزش‌های جوی در فصل بارش زمستانه قرار گرفته و کمترین میزان نزولات جوی در فصل تابستان جای دارد. با توجه به شرایط دمایی اندک در فصل زمستان و همچنین تأثیر ارتفاع و عرض جغرافیایی نزولات بیشتر به صورت برف است. در جدول شماره (۴) درصد مناطق اقلیمی در دامنه‌های شمالی و جنوبی کوه‌های بینالود به تفکیک آورده شده است.

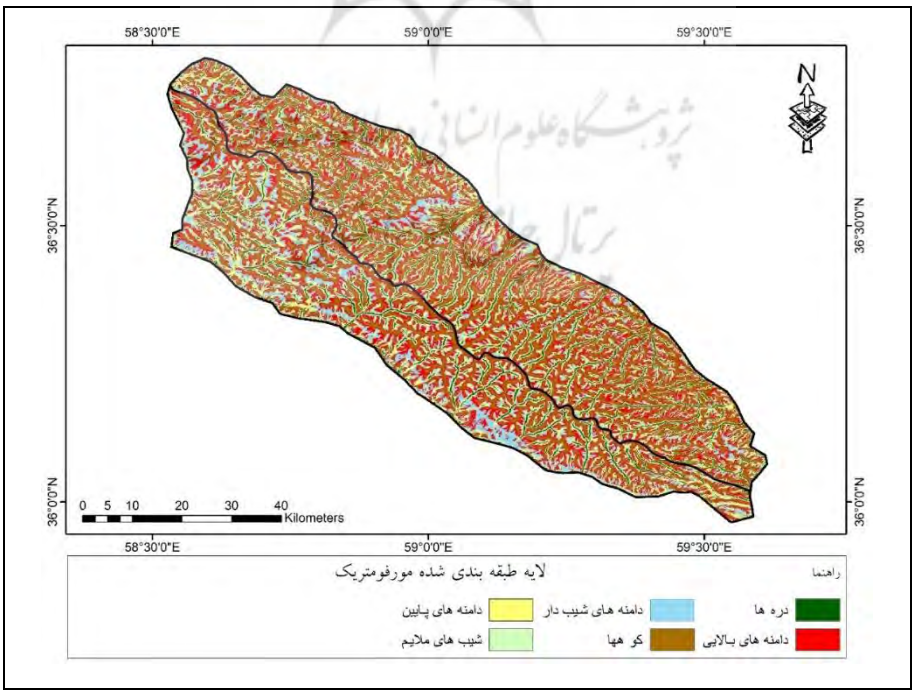
جدول ٤. درصد مناطق اقلیمی در دامنه‌های شمالی و جنوبی کوه‌های بینالود

اقلیم / منطقه	خشک	نیمه‌خشک	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	مرطوب
دامنه شمالی کوه‌های بینالود	۲/۱۲	۶۹/۰۷	۲۰/۶۳	۵/۴	۲/۷
دامنه جنوبی کوه‌های بینالود	۴/۳	۷۹/۲۴	۱۳/۰۲	۲/۷۴	۰/۶۸



شکل ٤. طبقه‌بندی اقلیمی محدوده مورد مطالعه

به دلیل جوان بودن رشته‌کوه بینالود، می‌توان ارتفاع و شیب قابل توجهی را در پیکره آن مشاهده نمود. حداکثر اختلاف ارتفاع بین بلندترین قله و مناطق پای‌کوهی تقریباً برابر ۲۲۵۰ متر است که البته شیب دامنه‌های شمالی کمتر از شیب دامنه‌های جنوبی آن است. به عنوان نمونه شیب بین بلندترین نقطه بینالود و منحنی پایکوهی در دامنه شمالی به خط مستقیم برابر ۸.۲۳ درصد است در حالی که در همان امتداد و در نقطه مقابل، یعنی تا منحنی پای‌کوهی در دامنه جنوب، شیب دامنه به ۱۷.۴۹ درصد می‌رسد، به این ترتیب شیب دامنه جنوبی بیش از دو برابر دامنه‌های شمالی است. عامل شیب در شبکه هیدروگرافی نقش مهمی ایفا می‌کند به صورتی که در دامنه شمالی به دلیل شیب کمتر و ملایم‌تر، رودخانه‌ها و جریان‌های آبی طویل‌تر، پرپیچ و خم‌تر و دارای شاخاب‌های بیشتر (تراکم زهکشی بالاتر) هستند در حالی که در دامنه جنوبی وجود شیب تندتر مجال تشکیل رودخانه‌های طویل و متعدد را فراهم نیاورده است. رودخانه‌ها در دامنه جنوبی کمتر، کوتاه‌تر و دارای بستر عمیق‌تر با شیب تند و تراکم زهکشی کمتر است. در شکل (۵) نقشه مورفومتریک منطقه مورد مطالعه آورده شده است.



شکل ٥. نقشه مورفومتریک محدوده مورد مطالعه

با محاسباتی که صورت گرفت و بررسی پارامترهایی که پیش‌تر ذکر شد، در دامنه شمالی کوه‌های بینالود و دامنه جنوبی آن در بحث تنوع ژئودایورسیتی در پارامتر زمین‌شناسی، با توجه به این‌که تنوع سازند در دامنه جنوبی کوه‌های بینالود ۱۹ نوع و در دامنه شمالی ۱۳ نوع است و همچنین زبری و خشن بودن بیشتر این دامنه نسبت به دامنه شمالی، دامنه جنوبی امتیاز بالاتری در شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی می‌گیرد. شاخص تراکم ناهمواری (PRD) ۰/۰۱۱، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI): ۰/۸۵، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI): ۰/۹، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI): ۲/۲۸، ضریب ناهمواری شانون (SHEI): ۰/۷۷ است.

در مورد محاسبه شاخص‌های کمی پارامتر مورفومتریک نتایج زیر به دست آمد: شاخص تراکم ناهمواری (PRD) ۰/۰۰۲۸، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI): ۰/۷۷، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI): ۰/۹۳، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI): ۱/۵۵، ضریب ناهمواری شانون (SHEI): ۰/۸۶، با اندک اختلاف ژئودایورسیتی بیشتر در این پارامتر را نشان می‌دهد. این اختلاف اندک به دلیل قدمت بالاتر سازندها و همچنین وجود تراکم زهکشی بالاتر دامنه شمالی نسبت به دامنه جنوبی کوه‌های بینالود است. جدول شماره (۵) شاخص‌های کمی محاسبه شده لایه زمین‌شناسی و مورفومتریک به تفکیک هر دامنه آورده شده است.

جدول ۵. شاخص‌های کمی محاسبه شده لایه زمین‌شناسی و مورفومتریک

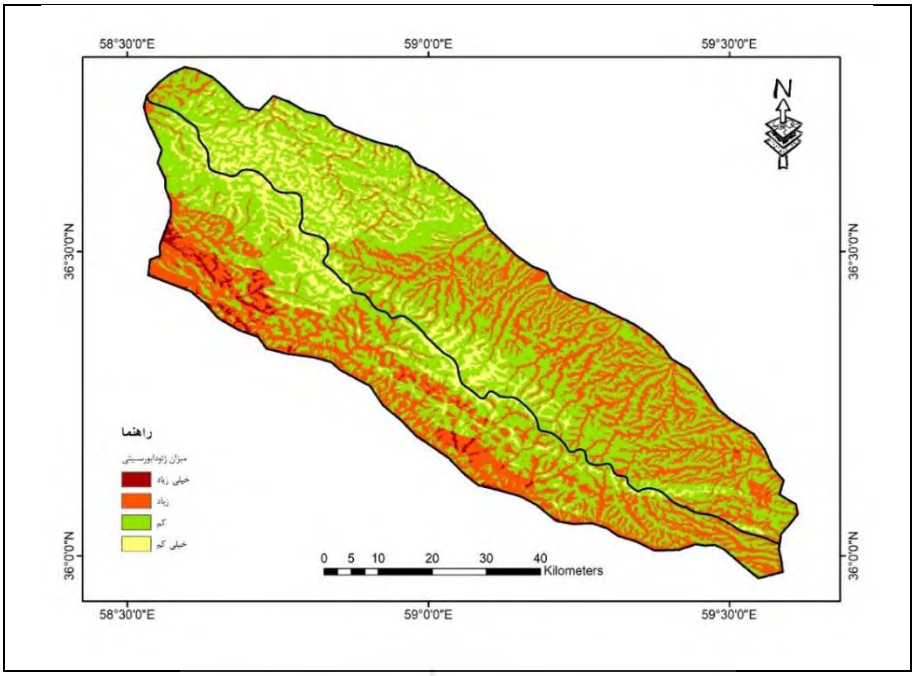
فاکتور	شاخص‌های کمی محاسبه شده زمین‌شناسی در FRAGSTATS					شاخص‌های کمی محاسبه شده مورفومتریک در FRAGSTATS				
شاخص / منطقه	PRD	SHDI	SHEI	SIDI	SIEI	PRD	SHDI	SHEI	SIDI	SIEI
دامنه شمالی	۰/۰۰۵	۱/۴۸	۰/۵۷	۰/۶۴۹	۰/۷۰	۰/۰۰۲	۱/۵۵	۰/۸۶۸	۰/۷۷	۰/۹۳
دامنه جنوبی	۰/۰۱۱	۲/۲۸	۰/۷۷	۰/۸۵	۰/۹	۰/۰۰۳	۱/۵۲	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۹۲

و اما در ترکیب سه‌لایه (زمین‌شناسی، مورفومتریک و کلیماتولوژی) و محاسبه شاخص‌های کمی لایه نهایی در نرم‌افزار FRAGSTATS، با توجه به این‌که دامنه جنوبی از وسعت کمتری نسبت به دامنه شمالی برخوردار است؛ اما رتبه بالاتری از لحاظ شاخص‌های کمی ژئودایورسیتی دارا است. میزان شاخص تراکم ناهمواری (PRD) ۰/۰۰۲۵، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI): ۰/۶، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI): ۰/۸۱، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI): ۱/۵، ضریب ناهمواری شانون (SHEI): ۰/۷۶ است. در جدول شماره (۶) شاخص‌های کمی محاسبه شده با استفاده از لایه نهایی آورده شده است.

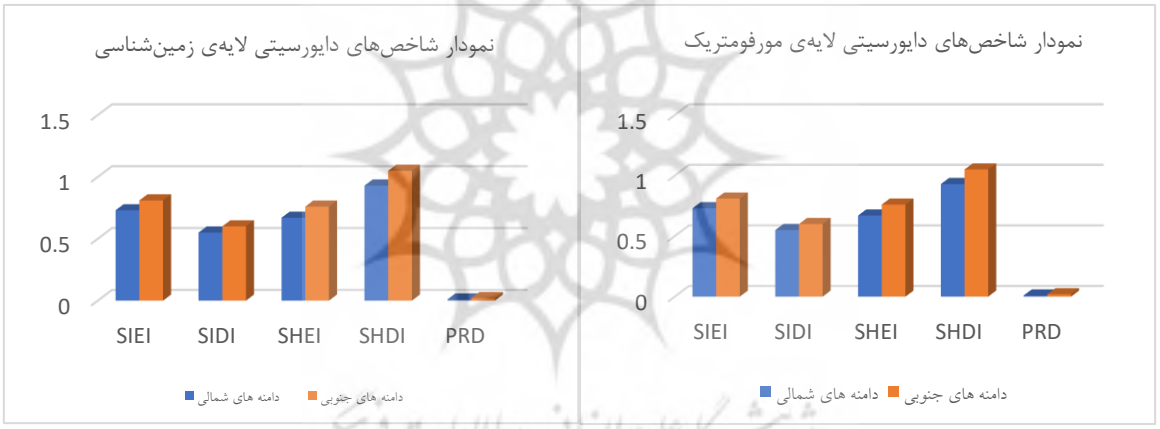
جدول ۵. شاخص‌های کمی محاسبه شده با استفاده از لایه نهایی در FRAGSTATS

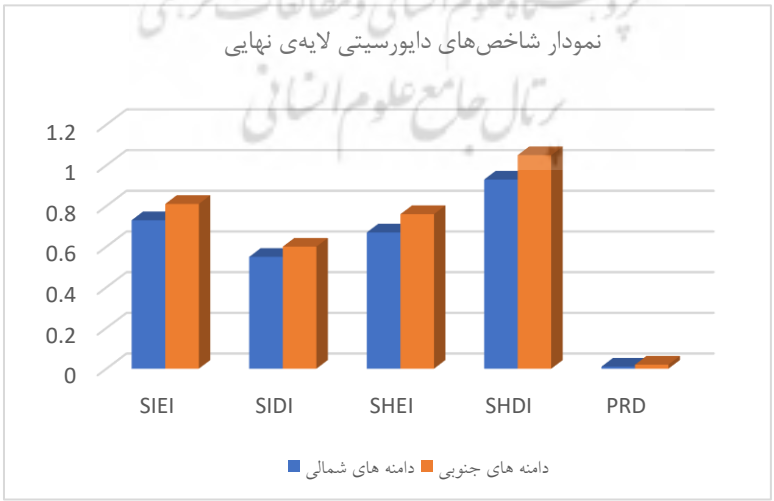
محدوده	مساحت منطقه km^2	PRD	SHDI	SHEI	SIDI	SIEI
دامنه شمالی	۲۱۹۷	۰/۰۰۱۸	۰/۹۳	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۷۳
دامنه جنوبی	۱۵۹۸	۰/۰۰۲	۱/۰۵	۰/۷۶	۰/۶	۰/۸۱

تنوع زمین‌شناسی بالاتر و کوهستانی و خشن بودن سطح منطقه، بالاتر بودن شیب و ارتفاع و اقلیم مرطوب‌تر از دلایل اصلی بالا بودن ژئودایورسیتی دامنه جنوبی کوه‌های بینالود نسبت به دامنه شمالی آن و توسعه اشکال متنوع در منطقه شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بر اساس مقایسه دامنه شمالی و دامنه جنوبی کوه‌های بینالود با شاخص‌های پنج‌گانه ژئودایورسیتی سهم عوامل زمین‌شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است. شکل (۶) نقشه لایه ترکیبی آورده شده است و در شکل (۷) نمودار شاخص‌های ژئودایورسیتی لایه زمین‌شناسی و لایه مورفومتریک و لایه نهایی آورده شده است.



شکل ٦. نقشه لایه ترکیب نهایی و میزان تنوع ژئودایورسیتی محدوده مورد مطالعه





شکل ۷. نمودار شاخص‌های ژئودایورسیتی به تفکیک لایه‌ها و لایه ترکیب نهایی

٤- بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق در رابطه با جهان طبیعی حجم زیادی از دانش درباره تاریخچه سیاره، فرایندهایی که آن را شکل داده، روشی که طی آن آب و هوا تغییر می‌یابد و تکامل حیات طی زمان را در اختیار ما قرار می‌دهد. از این رو مهم است که شواهد طبیعی برای تحقیقات بیشتر محافظت شود. با مطالعه و بررسی گوناگونی زمین‌شناختی می‌توان به درک بهتری از سیر تکاملی فرم و فرآیندها دست یافت. برآورد ژئودایورسیتی در واقع تلاشی نوپاست برای آگاهی کمی و کیفی از مؤلفه‌های غیرزنده محیطی و مقایسه فراوانی توازن و تنوع آن‌ها در چشم‌انداز. مطالعه این مؤلفه‌ها که بسیار تحت تأثیر تغییرات طبیعی و انسانی قرار گرفته‌اند امری ضروری است. سازگاری با تغییرات محیط برای داشتن آینده‌ای پایدارتر به رهیافت یکپارچه‌تری در رابطه با ژئودایورسیتی بیودایورسیتی و حفاظت و مدیریت چشم‌انداز نیاز دارد (Grayet al, 2013).

ایران دارای گستره وسیعی از پدیده‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی است که مطالعات مربوط به ژئو دایورسیتی و ژئوتوریسم به تازگی در آن مورد توجه قرار گرفته و مراحل اولیه توسعه را طی می‌کند. استفاده از روش‌های کمی ارزیابی ژئودایورسیتی جدید از جمله روش مورد استفاده در این پژوهش می‌تواند برای رسیدن به این مهم محققین را یاری نماید. مزیت دیگر استفاده از این روش (Benito-Calvo et al., 2009) در دسترس بودن داده‌های ورودی آن است و با بالا بردن دقت داده‌ها، شناسایی و ارزیابی ژئودایورسیتی نیز با دقت بالاتری صورت خواهد گرفت. منطقه مورد مطالعه (محدوده کوه‌های بینالود) با در بر گرفتن پدیده‌های زمین‌شناختی و گوناگونی آن جلوه‌های بدیع از جاذبه‌های ژئومورفولوژیکی را به نمایش می‌گذارد. ژئودایورسیتی کوه‌های بینالود نیاز به شناسایی، مدیریت و برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از تخریب در مناطق آسیب‌پذیر دارد افزایش شناخت تنوع زمین‌شناختی منطقه می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره مدیریت میراث ژئومورفولوژیکی و چگونگی حفاظت بهتر آن‌ها فراهم آورد. همچنین تهیه نقشه‌های ژئودایورسیتی با مشخص نمودن مناطقی که دارای پتانسیل بالای توسعه منطقه‌ای و ژئوتوریسم هستند اطلاعات جامعی برای برنامه‌ریزان و سازمان‌های مسئول گردآوری می‌نماید. این امر علاوه بر حفاظت از میراث زمین‌شناختی منطقه، به انتخاب کاربری‌های مناسب در محدوده کمک می‌کند که در نهایت منجر به بهبود وضعیت معیشت مردم منطقه و کارآفرینی‌های متناسب با پتانسیل‌های طبیعی برای ساکنان این منطقه خواهد شد. با مقایسه شاخص‌های تراکم ناهمواری (PRD)، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI) و شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI) و سیمپسون (SIDI) دامنه شمالی و دامنه جنوبی کوه‌های بینالود به نتایجی دست یافتیم. اختلاف شاخص‌ها در دو دامنه بسیار ناچیز است، اما به دلیل وضعیت ساختمانی و چینه‌شناسی و تأثیر عوامل ثانویه دامنه‌های جنوبی کوه‌های بینالود دارای ژئودایورسیتی بالاتری نسبت به دامنه‌های شمالی آن است.

وجود رودخانه بزرگ کشف رود و گسترش سازندهای آهکی در دامنه شمالی کوه‌های بینالود باعث توسعه و گسترش تنوع مورفومتریک و ناهمواری در سطح این منطقه شده است. این رودخانه باعث شکل‌گیری دره‌ها، تنگ‌ها و چشمه‌های متعدد و مصارف کشاورزی و توسعه باغات وسیع شده است. با توجه به جوان‌تر بودن دامنه جنوبی و تنوع سازند بیشتر و میزان شیب، ارتفاع، زبری و درجه انحنای بالاتر نسبت به دامنه شمالی و همچنین اقلیم مرطوب‌تر سبب بالا رفتن شاخص دایورسیتی و توسعه اشکال متنوع در دامنه جنوبی شده است و در نهایت با ارزیابی و مقایسه جداگانه نمودارها و جداول پارامترهای مؤثر در تنوع ژئودایورسیتی منطقه مورد مطالعه، با توجه به میزان شاخص تراکم ناهمواری (PRD) ۰/۰۰۲۵ ، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI): ۰/۶، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI): ۰/۸۱، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI): ۱/۵، ضریب ناهمواری شانون (SHEI): ۰/۷۶، سهم عوامل زمین‌شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است. ارزیابی و مطالعه تنوع زمین‌شناختی منجر به آگاه‌سازی مردم و تقویت نقش آن‌ها در پایداری زیست‌محیطی خواهد شد که به دنبال خود توسعه پایدار را محقق می‌سازد.

٥- سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع دکتری خانم ملیحه گنجی‌نیا است که با حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه حکیم سبزواری انجام شده است.

٦- فهرست منابع

امری کاظمی، علیرضا، مهرپویا، عباس (۱۳۸۸). اطلس توانمندی‌های ژئوپارک و ژئوتوریسم ایران میراث زمین شناختی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ اول، تهران

بابلی موخر، حمید و رامشت، محمدحسین. (۱۳۹۸). ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی منطقه تشان شهرستان بهبهان بر اساس روش پرالونگ به منظور دستیابی به توسعه پایدار. فصلنامه جغرافیای طبیعی، (۴۳)۱۲، ۷۰-۵۳. https://sid.ir/paper/517073/fa

زمردیان، محمدجعفر. (۱۳۷۳). تنگناهای ژئومورفولوژیکی دامنه‌های شمالی بینالود. مجموعه مقالات هشتمین کنگره جغرافیایی دانشگاه اصفهان، ۱۸۰- ۱۶۲. https://www.sid.ir/fileserver/jf/55313868406

زمردیان، محمدجعفر. (۱۳۷۸). مطالعه هیدرومورفودینامیک‌های دامنه شمالی بینالود و کاربرد آن در مدیریت محیط، رساله دکتری جغرافیا، دانشگاه تهران.

زنگنه اسدی، محمد علی، امیر احمدی، ابوالقاسم، شایان یگانه، علی اکبر. (۱۳۹۷). ارزیابی ژئومورفوسایت‌های ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی به روش بریلها به منظور حفاظت از میراث زمین شناختی. جغرافیا و برنامه‌ریزی, ۶۳(۹۷), ۱۱۷-۱۳۷. https://ensani.ir/fa/article/396811

زنگنه اسدی، محمدعلی، امیراحمدی، ابوالقاسم، شایان یگانه، علی اکبر. (۱۳۹۴) . ارزیابی کمی ژئومورفولوژی سایت‌ها در ژئوپارک غرب خراسان رضوی به روش فاسولاس و همکاران. اولین کنفرانس بین‌المللی هنر صنایع دستی و گردشگری، مؤسسه عالی فناوری خوارزمی شیراز، ۴۷-۵۲. https://civilica.com/doc/543450

شایان یگانه، علی اکبر، زنگنه اسدی، محمدعلی، امیر احمدی، ابوالقاسم. (۱۳۹۵). نگرشی نوین در ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها و ژئوسایت‌ها در ایران. مجله مطالعات مدیریت گردشگری, ۱۱(۳۴) , ۴۱-۶۴. https://doi.org/10.22054/tms.2016.5729

علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۴). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس، تهران

علیجانی، بهلول (۱۳۹۸). روش‌شناسی کمی در جغرافیا، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران.

قنواتی، عزت‌الله، االکرم، امیر، فخاری، سعید. (۱۳۹۱). مروری بر روند تحولات ژئوتوریسم و مدل‌های مورد استفاده آن در ایران. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، (۳۴)، ۹۱-۷۵. https://ensani.ir/fa/article/487683.

گلی مختاری، لیلا و بیرامعلی، فرشته. (۱۳۹۷). محاسبه و تحلیل تنوع زمینی (انور، ژئودایورسیتی) مطالعه موردی شهرستان اشتهارد. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۸ (۲)، ۳۰۷ -۳۲۲. https://ensani.ir/fa/article/389760

گلی مختاری، لیلا، نگهبان، سعید، شفیعی، نجمه. (۱۳۹۷). تحلیل مقایسه‌ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین‌شناختی) در حوضه‌های شمال غربی استان فارس. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۷(۳)، ۱۶۳-۱۵۱. https://ensani.ir/fa/article/402825

مقصودی، مهران، مقیمی، ابراهیم، یمانی، مجتبی، رضایی، ناصر، مرادی، انور. (۱۳۹۸). بررسی ژئومورفو دایورسیتی آتشفشان دماوند و پیرامون آن بر اساس شاخص GMI . پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۸ (۱)، ۶۹ -۵۲.https://sid.ir/paper/382369/fa

نکویی صدری، بهرام. (۱۳۹۰). ژئودایورسیتی ایران نوید ثروت و رفاه مردم ایران. مجله نظام مهندسی معدن، ۱۹، ۶۰ – ۵۶. https://elmnet.ir/article/1000050-41961.

یزدی، عبدالله و امامی، محمدهاشم. (۱۳۹۲). جنوب شرقی ایران جلوه‌گاه ژئوتوریسم و ژئودایورسیتی؛ اولین همایش انجمن کواترنری ایران. https://sid.ir/paper/830269/fa.

یزدی، عبدالله و دبیری، رحیم. (۱۳۹۴). درآمدی بر ژئو دایورسیتی به عنوان پایه‌ای برای ژئوتوریسم. یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، ۶ (۱۸), ۷۴- ۸۳ . https://nfag.basu.ac.ir/article_1392.html.

References

Alaei Taleghani, M. (2005). Geomorphology of Iran, Qoms Publications, Tehran. **[in persian]**

Alijani, B. (2020). Quantitative methodology in geography, side publications. **[in persian]**

Asrat A.,Demissie M.,Mogessie,A. (2008). Geotourismin Ethiopia. Shama

Baboli Mokher, H., Ramesht M. (2019). Evaluation of geotourism capabilities of Tashan region of Behbahan city based on Pralong method in order to achieve sustainable development, Quarterly Journal of Natural Geography, Twelfth Year, No. 43, 53-70 https://sid.ir/paper/517073/fa

Benito-Calvo, A., Perez-Gonzalez,A.,Magri, O., Meza, P.(2009). Assessing regional Geodiversity: the Iberian Peninsula. Earth Surface Processes and Landforms, Vol 34, PP. (433-1445) https://doi.org/10.1002/esp.1840

Brilha, J .(2016).Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites :a Review. Geoheritage, 8: 119 http://dx.doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3.

Brilha, J.(2005). Geologic and geoconservation heritage: conservation of nature in its strand geological . Palimage Editors, Braga.

Church, M.(2011). Observations and experiments. In: Gregory, K.J., Goudie, A.S. (Eds.), the SAGE Handbook of Geomorphology. SAGE, London, pp. 121-141.

Coratza, P. and Hoblea, F. (2018). The Specificities of Geomorphological Heritage. In: Reynard, E., Brilha, J., (Eds.). Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 87-104. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00005-8

Daniel. S. Santos & Emmanuel Reynard2 & Kátia L. Mansur1 & José C. S. Seoane.(2019) .The Specificities of Geomorphosites and Their Influence on Assessment Procedures: a Methodological Comparison . Geoheritage. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00411-z

Dias, M.C.S.S., Domingos, J.O., dos Santos Costa, S.S. et al. Geodiversity Index Map of Rio Grande do Norte State, Northeast Brazil: Cartography and Quantitative Assessment. (2021). Geoheritage **13,** 10. https://doi.org/10.1007/s12371-021-00532-4

Fassoulas, C. D. Mouriki, P. Dimitriou-Nikolakis, Iliopoulos ,G.,(2012). Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management. Geoheritage Journal, 4:pp. 177-193. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-011-0046-9

Fassoulas. Ch., Mouriki. D., Dimitriou-Nikolakis, P. George I. (2011). Quantitative Assessment of Geotopes as an EffectivE Tool for Geoheritage Management .geoheritage, 21, 245-264. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-011-0046-9

Fernández, A., Fernández, T., Pereira, D.I. et al. (2020). Assessment of Geodiversity in the Southern Part of the Central Iberian Zone (Jaén Province): Usefulness for Delimiting and Managing Natural Protected Areas. Geoheritage 12, 20 http://dx.doi.org/10.1007/s12371-020-00447-6

Gajek G., Zgłobicki,W., Kołodyńska-Gawrysiak, R. (2019). Geoeducational value of quarries located within the ,Małopolska Vistula River Gap (E Poland). Geoheritage. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00395-w

Goli Mokhtari, L., Beyramali, F. (2018). Analysis of Geodiversity (Case study: Eshtehard County, Iran); Physical Geography Research Quarterly, Volume 50, Number 2, Summer, 1397, pp. 307-322. https://ensani.ir/fa/article/389760. **[in persian]**

Goli Mokhtari, L., Neghaban, S., Shafiei, N. (2019). Geodetical Comparison Analysis (Geological Diversity) in Northwest Basins of Fars Province Using FRAGTATSE software; Quantitative Geomorphological Research, Vol 7, Issue 3, Winter 2019, Pages 151-163. https://ensani.ir/fa/article/402825. **[in persian]**

Gordon, J.E., Barron, H.F., Hansom, J.D., Thomas, M.F. (2012). Engaging with geodiversity-why it matters. Proc. Geol. Assoc, 123 (1), pp. 1–6.

Gray, M .(2005). Geodiversity & Geoconservation .the George Wright Forum, 22(3): 6. https://www.researchgate.net/publication/237586700_Geodiversity_and_Geoconservation_What_Why_and_How

Gray, M. (2008).Geodiversity: a new paradigm for valuing and conserving geoheritage .Ser Geosci Can, 35(2):51-59. https://www.researchgate.net/publication/292928598_Geoheritage_1_Geodiversity_A_New_Paradigm_for_Valuing_and_Conserving_Geoheritage

Gray. M., Gordon. J. and Brown.(2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management .Proceedings of the Geologists' Association, 124(4): 659-673. https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2013.01.003

Hadi, H., Tahiri, A., Brilha. J, El Maidani, A., Baghdad, B., Zaidi, A .(2015). Geodiversity examples of Morocco: from inventory to regional geotourism development .Open Journal of Ecology, 5 (9), pp. 409 -419. http://dx.doi.org/10.4236/oje.2015.59034

Josu Sanz1 & Teresa Zamalloa2 & Gurutze Maguregi2 & Lola Fernandez2 & Isabel Echevarria.(2020). Educational Potential Assessment of Geodiversity Sites: a Proposal and a Case Study in the Basque Country (Spain) .Geoheritage . https://doi.org/10.3390/su13094624

Kazemi, A., Mehrpooya, A. (2009). Atlas of Geopark Capabilities and Geotourism of Iran Geological Heritage of Iran, Geological Survey of Iran. **[in persian]**

Koh, Y. K., Oh, K. H., Youn, S. T., Kim, H. G.(2014). Geodiversity and geotourism utilization of islands: Gwanmae Island of South Korea. J. Marine Island Cult, 3, pp. 106-112. http://dx.doi.org/10.1016/j.imic.2014.09.002

Kot, R .(2017).A comparison of results from geomorphological diversity evaluation methods in the Polish Lowland (Toruń Basin and Chełmno Lakeland) .Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, 118 (1), pp. 17-30. https://doi.org/10.1080/00167223.2017.1343673

Maghsoudi, M., Moghimi, E.,Yamani, M., Rezaei, N., Moradi, A. (2020). Investigation of geomorpho-diversity of Damavand volcano and its surroundings based on GMI index; Quantitative Geomorphology Research, Year 8, Issue 1, Summer 2009, Pages 52-69 https://sid.ir/paper/382369/fa. **[in persian]**

Margottini, C. (2007). Engineering geology and cultural heritage: the conservation of remaining Bamiyan Buddhas (Central Afghanistan). In: Sassa K, Fukuoka H, Wang F, Wang G (eds) Progress in landslide science. Springer, Berlin, pp 319–346 http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70965-7_25 .

Maria da Glória Motta Garcia1.(2019). cosystem Services Provided by Geodiversity: Preliminary Assessment and Perspectives for the Sustainable Use of Natural Resources in the Coastal Region of the State of São Paulo, Southeastern Brazil, Geoheritage (2019), 11:1257–1266 http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00383-0 .

Matheus Lisboa Nobre da Silva1 & Marcos Antonio Leite do Nascimento2 & Kátia Leite Mansur.(2019) . Quantitative Assessments of Geodiversity in the Area of the Seridó Geopark Project, Northeast Brazil: Grid and Centroid Analysis .The European Association for Conservation of the Geological Heritage . http://dx.doi.org/10.1007/s12371-019-00368-z

Melelli, L., Vergari, F., Liucci, L., Del Monte, M. (2017). Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape. Science of the Total Environment, 584–585 (2017), pp. 701–714. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.101

Micić Ponjiger, T., Lukić, T., Vasiljević, Đ.A. et al. Quantitative Geodiversity Assessment of the Fruška Gora Mt. (North Serbia) by Using the Geodiversity Index. (2021). Geoheritage 13**,** 61 https://doi.org/10.1007/s12371-021-00572-w

Nekouei Sadri, Bahram. (2011). Iranian Geodiversity Promises Wealth and Welfare of the Iranian People, Journal of Mining Engineering System, No. 19, pp. 56-60 https://elmnet.ir/article/1000050-41961. **[in persian]**

Newsome, D., Dowling, R. (2018). Geoheritage and geotourism. In: Reynard E, Brilha J (eds) Geoheritage: assessment, protection, and management. Elsevier, Amsterdam, pp 305–315

Paola Coratza1 & Emmanuel Reynard2 & Zbigniew Zwoli .(2018). Geodiversity and Geoheritage: Crossing Disciplines and Approaches .Geoheritage (2018): http://dx.doi.org/10.1007/s12371-018-0333-9 .

Parks, KE, Mulligan, M. (2010). On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. Biodivers Conserv 19:2751–2766 http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9876-z .

Pereira, DI., Pereira P., Brilha, J., Santos, L. (2013). Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. Environ Manag 52: 541–552. http://dx.doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2

Poiraud, A., Chevalier, M., Claeyssen, B., Biron, PE., Joly, B. (2016). From geoheritage inventory to territorial planning tool in the Vercors massif (French Alps): contribution of statistical and expert cross approaches https://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.04.012 .

Pralong, J.P. (2005). A Method for Assessing The Tourist Potential and Use of Geomorphological Sites. Geomorphologie.Formes, Processus, Environment, 3, 189-196. http://dx.doi.org/10.4000/geomorphologie.350

Qanavati, E., Amir, A., Fakhari, S. (2012. A Review of the Development of Geotourism and the Models Used in Iran, Geographical Quarterly of Sarzamin; No. 34, pp. 75-91 https://ensani.ir/fa/article/487683. **[in persian]**

Reynard, E .(2008).Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage .Geogr. Fis. Dinam. Quat., 31,pp 225-230. https://igd.unil.ch/projrech/public/projets/87-1-160.pdf

Reynard. E; Perret. A; Bussard. J; Grangier. L &Martin. S.(2016).Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale .Geoheritage, 8 (1), pp. 43-60. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0

Rocha, J., Brilha, J., Henriques, M. H., (2014). Assessment of the geological heritage of Cape Mondego Natural Monument (Central Portugal). Proc. Geol. Assoc. 125 (1), pp. 107 -113. https://core.ac.uk/download/pdf/55631259.pdf

Serrano, E. and González Trueba, J.J .(2011). Environmental education and landscape leisure. Geotourist map and geomorphosites in the Picos de Europa National Park .Geo Journal of Tourism and Geosites,

8(2): 295-308o https://www.researchgate.net/publication/266021241_Environmental_education_and_landscape_leisure_Geotourist_map_and_geomorphosites_in_The_Picos_de_Europa_National_Park

Serrano, E., Ruiz-Flaño, P. (2009). Geomorphosites and geodiversity. In: Reynard E, Coratza P, Regolini-Bissig G (eds) Geomorphosites. Velag Dr. Friedrich Pfeil, München, pp 49–61. https://www.researchgate.net/publication/266021187_Geomorphosites_and_geodiversity

Sharples, C. (1993) .A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes. Forestry Commission, Tasmania

Sharples, C. (1995). Geoconservation in forest management—principles and procedures. Tasforests 7:37–50

Shayan Yeganeh, A., Zanganeh Asadi, M., Amir Ahmadi, A. (2016. A New Approach in the Evaluation of Geomorphosites and Geosites in Iran; Journal of Tourism Management Studies, Volume 11, Number 34, Fall 2016, pp. 41-64 https://doi.org/10.22054/tms.2016.5729 **[in persian]**

Uroš Stepišnik1 & Aleksandra Trenchovska1,(2018).A New Quantitative Model for Comprehensive Geodiversity Evaluation: the Škocjan Caves Regional Park, Slovenia Geoheritage (2018) 10:39–48. http://dx.doi.org/10.1007/s12371-017-0216-5

Weiss,A.(2001). Topographic Position and Landforms Analysis. ESRI User Conference, San Diego, CA.

Yazdi, A., Dabiri, R. (2015. An Introduction to Geo-Diversity as a Basis for Geo-Tourism; New Findings of Applied Geology, Year 6, Issue 18, Pages 74-83 https://nfag.basu.ac.ir/article_1392.html. **[in persian]**

Yazdi, A., Emami, M. (2013), Southeastern Iran, a manifestation of geotourism and geodiversity; The first conference of the Iranian Quaternary Association https://sid.ir/paper/830269/fa. **[in persian]**

Zanganeh Asadi, M., Amir Ahmadi, A., Shayan Yeganeh, A. (2018). Evaluation of Geomorphosites of the Proposed Geopark of West Khorasan Razavi by Braille Method in order to Preserve the Geological Heritage; Geography and Planning, No. 63 pp117-137 https://ensani.ir/fa/article/396811 . **[in persian]**

Zanganeh Asadi, M., Amirahamdi, A., Shayan Yeganeh, A. (2015. Quantitative Geomorphology of Sites in West Khorasan Razavi Geopark by Fasoulas et al; The first international conference in artifact and tourism; Kharazmi scientific institution in Shiraz; pp.47-52 https://civilica.com/doc/543450 . **[in persian]**

Zomordian, M. (1999).Study of hydromorphodynamics of the northern slope of Binalood and its application in environmental management, PhD thesis in Geography, University of Tehran .**[in persian]**

Zomordian, M. (2004). Geomorphological straits of the northern slopes of Binalood, Proceedings of the 8th Geographical Congress of the University of Isfahan, 162-180 https://www.sid.ir/fileserver/jf/55313868406 .**[in persian]**

Zwoliński, Z, and Stachowiak. J(2012) .Geodiversity map of the Tatra National Park for geotourism . Questions Geographicae, 31(1): 99-107. http://dx.doi.org/10.2478/v10117-012-0012-x

Zwoliński, Z., Najwer, A., Giardino, M, (2018)۵Methods for assessing geodiversity. In: Reynard E, Brilha J (eds) Geoheritage: assessment, protection, and management. Elsevier, Amsterdam, pp 27–52. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00002-2

پرتال جامع علوم انسانی