



Evaluation of geodiversity indices in the southwest of Lorestan province with emphasis on karst forms



Ali bazvand¹, Fariba karami^{*2}, Davoud mokhtari³, Siyamack sharafi⁴

1. PhD student in Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz- Iran. alibazvand8@gmail.com
2. Professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. fkarami@tabrizu.ac.ir
3. Professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. dmokhtari466@gmail.com
4. Associate Professor of Geomorphology, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad- Iran. Sharafi.s64@gmail.com

Keywords

Geodiversity, GI index, karst geomorphology, southwest Lorestan, Iran.

Received: 2025/08/02

Accepted: 2025/09/16

Published: 2025/01/12

ABSTRACT

Geodiversity describes the natural diversity of abiotic elements in a place. The aim of this study is to interpret and evaluate geodiversity with emphasis on karst forms in the southwestern region of Lorestan. This region includes the basins of the cities of Kohdasht, Romshekan, Poldokhtar, and Mamolan. The assessment of karst geodiversity in the study area was carried out using the Benito Calvo model (2009) including geodiversity indices such as plot roughness density (PRD), Simpson roughness index (SIEI), Shannon roughness index (SHEI), Shannon diversity index (SHDI), and Simpson diversity index (SIDI). The results of the five indices of all geokarst in the region showed that the highest value is related to the Mamolan basin. In this basin, the Simpson and Shannon roughness indices for geomorphic types were determined to be 0.977 and 0.751, respectively, and numerical analysis shows that the topographic heterogeneity is very high and the combination of roughness classes is both high and almost uniformly distributed, and the Simpson and Shannon diversity rates for geomorphic types are determined to be 0.973 and 4.125, respectively, which in this interpretation from Simpson's point of view, we do not have the dominance of a specific type and the diversity is high, and the Shannon effective number is consistent with high but more reasonable diversity. In the second place in this evaluation, the Pol Dokhtar basin is located. The overall results showed that the contribution of geological factors was greater than morphometric and climatic factors.

*Correspondin Author: Fariba karami

E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

How to cite this article: Bazvand, A; karami, F; Mokhtari, D; Sharafi, S.(2026) Evaluation of geodiversity indices in the southwest of Lorestan province with emphasis on karst forms. . Hydrogeomorphology, 12(45): 142-163.

DOI: [10.22034/hyd.2025.68428.1806](https://doi.org/10.22034/hyd.2025.68428.1806)



Copyright: © by the authors

Publisher: University of Tabriz

Introduction

Geodiversity describes the natural diversity of non-living elements in a place. The purpose of this study is to interpret and evaluate geodiversity with an emphasis on karst forms in the southwestern region of Lorestan province. In Lorestan and the southwestern study area, due to its geological characteristics and rock type, a large part of its structure is composed of limestone, and as a result of this feature, different karst landforms have been created there. Considering the appropriate extent of limestone layers in Lorestan province and the study area, rainfall and the presence of water resources that play a significant role in the dissolution and creation of karst forms, it can be said that a major part of Lorestan's tourist attractions have been formed in karst environments. With the studies conducted, it is clear that a large number of waterfalls, springs, rivers, caves, valleys, gorges, wetlands, and various karst phenomena, a large part of the natural attractions of Lorestan that are visited by countless tourists, are karst and have been formed in these environments. Therefore, it can be said with certainty that if karst and carbonate environments were not located in this volume and extent in Lorestan province and the study area, an important part of the natural attractions of Lorestan would not have been created. Considering the above-mentioned cases and the importance of the issue of karst geodiversity in the study area and also the location in karst formations, monitoring changes in the geodiversity of karst landforms using various methods is essential.

Methodology

The present study was conducted using 1:50,000 topographic maps of the Iranian Mapping Organization and 1:250,000 geological maps of the Iranian Geological Organization, Google Earth satellite images, digital elevation model, geographic information system, library studies, and field observations. The study of terrestrial diversity in the study area was conducted using the methodology of Benito Calvo's model (2009) including geo-diversity indicators. The research method is based on analytical and descriptive methods. After preparing the morphometric (TPI), morphoclimatic and geological layers and calculating the diversity and richness indices for each group, these layers were combined and the final map was prepared to calculate the five geodiversity indices, which include the density of roughness per piece (PRD), Simpson's roughness index (SIEI), Shannon's roughness index (SHEI), Shannon's diversity index (SHDI), Simpson's diversity index (SIDI) and density of roughness (PRD).

Results and Discussion

The results of the five geodiversity indices of all geokarst applied in all four basins showed that in the final layer (combination and integration of study indices) the highest value is related to the Mamolan basin. In this basin, the Simpson and Shannon roughness indices for geomorphic types were determined to be 0.977 and 0.751, respectively, and numerical analysis shows that the topographic heterogeneity is very high and the combination of roughness classes such as slope, height, etc. are both high and almost uniformly distributed. Also, the Simpson and Shannon diversity rates for geomorphic types were determined to be 0.973 and 4.125, respectively, which in this interpretation from Simpson's point of view, we do not have the dominance of a specific type and the diversity is high, and the Shannon effective number is consistent with high but more reasonable diversity. In terms of the density of roughness (PRD), the Mamolan basin shows a number of 0.169, which is medium to relatively low. However, at the same time, the diversity indices (Shannon, Simpson) are high. Therefore, the quality and diversity of the pattern are important, not just the number; and the role of lithology and structure diversity, such as (faults and formation boundaries), in creating spatial heterogeneity has been stronger than the mere density of features. In the second, third, and fourth ranks of this assessment, the Pol Dokhtar, Kohdasht, and Mamolan basins are respectively.

Conclusions

A quantitative study of geodiversity enhances the understanding of diversity in each unit and makes it possible to recognize the role of different factors and their degree of importance. Since geologists have been seeking to better understand the earth, access information, and resolve its ambiguities for many years, they have been oblivious to geodiversity

and have not attached much value to studying geological diversity. By studying the world from the perspective of geological diversity, a better understanding of the earth's natural resources can be achieved. In this study, four sub-basins of the counties of Kohdasht and Romeshkan, Pol-e Dokhtar, and Mokhalan were studied based on geological, morphometric, and climatic criteria, and geodiversity indices (Benito Calvo 2009) were calculated for each of them with an emphasis on karst. The results of the applied indices in all four basins showed that by examining the geological situation and the type of formation in the four studied basins, considering that the diversity of the formation in the basins of Poldokhtar is 10 types, Kohdasht 8 types, Mokhlán 6 types, and Romeshkan 6 types, this in itself determines the high score of the Shannon and Simpson diversity and roughness indices in the Poldokhtar basin because in the Poldokhtar basin, the subsoil factor is higher than in other basins in terms of age and variety of geological layers. In the morphometric factor and the final layer of geodiversity, the highest value is related to the Mokhlán basin. In this basin, the Simpson and Shannon roughness indices for geomorphic types were determined to be 0.977 and 0.751, respectively. Numerical analysis shows that the topographic heterogeneity is very high and the combination of roughness classes such as slope, height, etc. are both high and almost uniformly distributed. Simpson and Shannon diversity rates for geomorphic types were determined to be 0.973 and 4.125, respectively, which means that in this interpretation from Simpson's perspective, there is no dominance of a specific type and the diversity is high. Shannon's effective number is consistent with high but more reasonable diversity. Comparison of this study with previous studies showed that Shannon and Simpson diversity indices in southwestern Lorestan are significantly higher than the values reported in the studies of Goli Mokhtari et al. (1402) and Asadi Zanganeh et al. (1403), indicating greater richness of the geomorphological forms of the region. In contrast, Shannon and Simpson roughness indices in this study did not differ significantly compared to the article by Goli Mokhtari et al. (1402), but were lower than those of Asadi Zanganeh. The consistency of the results of this study with the report of Ghahrudi Tali et al. (2022) confirms the region's position in the area of high geodiversity. The observed discrepancy could be due to differences in spatial scale and methods of classifying land-forms. However, it can be said that by examining the world from the perspective of geological diversity, a better understanding of the Earth's natural resources can be achieved. Despite the importance of geological diversity in various dimensions, this phenomenon is under threat from human activities. Therefore, the need to protect geological diversity is felt, and this is essential for the development of geotourism. Conservation goals and methods should consider the different elements of geological diversity and appropriate planning should be carried out according to the type of geosites. Management in geotourism and related recreational activities, as well as geoparks, often depends on the type of geological diversity.

مقاله پژوهشی



ارزیابی شاخص‌های ژئودایورسیتی در جنوب غرب استان لرستان با تاکید بر اشکال کارستی



علی بازوند^۱، فریبا کرمی^۲، داود مختاری^۳، سیامک شرفی^۴

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. alibazvand8@gmail.com

۲- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. fkarami@tabrizu.ac.ir

۳- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. dmokhtari466@gmail.com

۴- دانشیار گروه آموزشی جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. Sharafi.s64@gmail.com

چکیده

کلیدواژه‌ها

ژئودایورسیتی توصیف تنوع طبیعی عناصر غیر زیستی در یک مکان است. هدف از این پژوهش تفسیر و ارزیابی ژئودایورسیتی با تاکید بر اشکال کارستی در منطقه جنوب غرب لرستان است. این منطقه حوضه شهرستان‌های کوهدشت، رومشکان، پلدختر، و معمولان را شامل می‌شود. ارزیابی ژئودایورسیتی کارست در محدوده مورد مطالعه با استفاده از مدل بنیتو کالوو (۲۰۰۹) شامل شاخص‌های ژئودایورسیتی از قبیل تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)، ضریب ناهمواری شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI) انجام گرفته است. نتایج شاخص‌های پنجگانه تمام ژئوکارست منطقه نشان داد که بالاترین ارزش مربوط به حوضه معمولان است. در این حوضه میزان شاخص‌های ناهمواری سیمپسون و شانون برای تیپ‌های ژئومورفیک به ترتیب ۰/۹۷۷ و ۰/۷۵۱ تعیین گردید و تحلیل اعداد نشان می‌دهد که هتروژنی توپوگرافیک خیلی بالا و ترکیب کلاس‌های ناهمواری هم زیادند و تقریباً یکنواخت توزیع شده‌اند. هم‌چنین میزان دایورسیتی سیمپسون و شانون برای تیپ‌های ژئومورفیک به ترتیب ۰/۹۷۳ و ۴/۱۲۵ مشخص شد که در این تفسیر از دید سیمپسون، غلبه یک تیپ خاص نداریم چون تنوع بالاست. عدد موثر شانون با تنوع زیاد، ولی معقول‌تر سازگار است. در رتبه دوم این ارزیابی، حوضه پلدختر قرار دارد. نتایج کلی نشان داد که سهم عوامل زمین‌شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است.

ژئودایورسیتی، شاخص GI،
ژئومورفولوژی کارست،
جنوب غرب لرستان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۲۲

ارجاع به این مقاله: بازوند، علی؛ کرمی، فریبا؛ مختاری، داود؛ شرفی، سیامک (۱۴۰۴). ارزیابی شاخص‌های ژئودایورسیتی در جنوب غرب لرستان با تاکید بر اشکال کارستی. هیدروژئومورفولوژی، ۱۲ (۴۵): ۱۶۳- ۱۴۲.

*نویسنده مسئول: فریبا کرمی

رایانامه: fkarami@tabrizu.ac.ir

شناسه دیجیتال مقاله: 10.22034/hyd.2025.68428.1806



Copyright: ©2025 by the authors

Publisher: University of Tabriz

۱-مقدمه

مفهوم ژئودایورسیتی اولین بار در سال ۱۹۹۲ معرفی شد (کریسپ^۱ و همکاران، ۵۱۴:۲۰۲۱) مفهوم ژئودایورسیتی می تواند در زمینه های مختلف مربوط به علوم، آموزش و توریسم به کار برده شود. بنابراین منبع ارزشمندی است که برای ایجاد سودهای اقتصادی- اجتماعی به بهره برداری مناسب نیاز دارد. (روبان^۲، ۵۳:۲۰۱۷) ژئودایورسیتی یک ضعف مفهومی نشان داده است که آن را در زمینه های مختلف سرگردان می کند. بعلاوه اصطلاحات میراث زمین شناسی، حفاظت از زمین، و تنوع زمینی قابل تفکیک از هم نیستند. (سرنو و روئیز فلانو^۳، ۳۹۳:۲۰۰۷) ژئودایورسیتی، تنوع طبیعی عناصر غیرزیستی، از جمله ویژگی های زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک شناسی و هیدرولوژی در یک مکان است (آل یاقوت و آنزاه^۴، ۱۷:۲۰۲۵). بارانکوکوا^۵ و همکاران ۲۰۲۳:۲ ژئودایورسیتی (تنوع زمینی) گوناگونی محیط غیرزنده زمین است که پایه اغلب فعالیت های انسانی و حیات اکوسیستم محسوب می شود. گسترش فعالیت های انسانی و تخریب این محیط بی جان مهمترین عوامل تهدیدکننده ژئوسیستم و اکوسیستم محسوب می شود (اسماعیلی و همکاران، ۱۸۵:۱۴۰۲). اهمیت ژئودایورسیتی برای مدیریت پایدار سرزمین ها (هجورت و لووتو^۶، ۱۷:۲۰۱۲؛ بریلها^۷ و همکاران، ۱۹:۲۰۱۸) و همچنین نیاز به حفاظت از تنوع جغرافیایی در برابر چالش های جدید تغییرات اقلیمی (گوردون^۸ و همکاران، ۵۶:۲۰۲۲) به طور کلی شناخته شده است (گورینی^۹ و همکاران، ۱:۲۰۲۴). ژئودایورسیتی ابزاری جدید برای بهره برداری از منابع ژئوگردشگری منطقه ای و محلی محسوب می شود (مقصودی و همکاران، ۹۸:۱۴۰۱ به نقل از کینل^{۱۰} و همکاران ۱۶۹۱:۲۰۲۱). ژئودایورسیتی علاوه بر ارزش ها و خدماتی که برای جوامع طبیعی و انسانی دارد، میراثی است که می بایست برای جوامع امروزی و نسل های آینده مورد حفاظت زمین شناختی قرار بگیرد (مقصودی و همکاران، ۲:۱۴۰۲ به نقل از فاکس^{۱۱} و همکاران، ۱۴:۲۰۲۲). تاکنون، ارزیابی های کمی از تنوع جغرافیایی برای واحدهای جغرافیایی بزرگ انجام شده است (رونک^{۱۲} و همکاران، ۱:۲۰۲۳). لندفرم های کارستی از نظر تنوع ویژگی های زمین شناسی، ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی و اکولوژیکی شگفت انگیز هستند (پیزانو^{۱۳} و همکاران، ۲:۲۰۲۲). مناظر کارستی با توجه به ویژگی های منحصر به فرد، غنی از منابع طبیعی مانند آب با کیفیت بالا و میزبان گونه های قابل توجهی هستند (باتوری^{۱۴} و همکاران، ۵۰۳:۲۰۲۰). استان لرستان به دلیل قرار گرفتن در زون زاگرس و میانگین بارندگی ۵۰۰ میلیمتر در سال، از نظر منابع آب کارست، به عنوان یکی از مهمترین مناطق کارستیک ایران به شمار می رود. سازندهای کربناته در استان لرستان سازند غالب در شکل گیری اشکال کارستیک می باشند. سن سازندهای کربناته مربوط به ائوسن، الیگومیوسن، ژوراسیک و کرتاسه است. آثار انحلال در این سازندها به صورت اشکال مرفولوژی خاص خود را نمایان می سازند (احمدی پور، ۱:۱۳۷۸). جاذبه های زمین گردشگری کارستی پدیده ها و لندفرم های زمین شناختی جذابی هستند که در محیط های آهکی و انحلال پذیر شکل می گیرند. در لرستان و منطقه مطالعاتی جنوب غرب با توجه به ویژگی های زمین شناختی و جنس سنگ های آن، بخش زیادی از ساختارش، متشکل از جنس آهکی بوده و در نتیجه این ویژگی، لندفرم های کارستی متفاوتی در آن ایجاد شده است. با توجه به گستره مناسب لایه های آهکی در استان لرستان و محدوده مطالعاتی، بارندگی ها و وجود منابع آبی که در انحلال و ایجاد اشکال کارستی نقش بسزایی دارند، می توان گفت بخش عمده ای از جاذبه های گردشگری لرستان در محیط های کارستی شکل گرفته اند. با بررسی های بعمل آمده، مشخص می شود که تعداد زیادی از آبشارها، چشمه ها، رودها، غارها و بخش زیادی از جاذبه های طبیعی لرستان که مورد بازدید تعداد بیشماری از گردشگران قرار می گیرند، کارستی بوده و در این محیط ها شکل گرفته اند. لذا می توان به طور یقین گفت که اگر کارست و محیط های کربناته در این حجم و وسعت در لرستان قرار نداشتند، بخش مهمی از جاذبه های طبیعی لرستان بوجود نمی آمدند (جمشیدی، ۲:۱۴۰۱). سنگ های کربناتی موجود در زاگرس، متاثر از عوامل تکتونیکی،

1-Crisp
2-Ruban
3-Serrano and Flaño
4-Alyaqut and Anzah

5-Baran'coková
6-Hjort and Luoto
7-Brilha
8-Gordon
9-Guerini
10-Kienle

11-Fox
12-Rong
13-Pisano
14-Bátori

اقلیم سرد و بارش های طولانی باعث بلوغ و تکامل کارست شده است (مقیمی، ۱۳۹۱: ۱۴). نتایج بررسی عوامل موثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست در کوه گاماسیاب با تاکید بر تحول لاپیه (جنوب نیاوند) نشان داد که سنگ های کربناته و آهک ضخیم لایه از عمده ترین سنگ های تشکیل دهنده منطقه هستند که مربوط به دوران ژوراسیک تا کرتاسه پائین می باشند و عمدتاً در واحد ژئومورفولوژیک کوهستان قرار گرفته اند. وجود قشر وسیعی از سازندهای سنگ های کربناته و آهک ضخیم لایه، که در حدود ۹۰ درصد لیتولوژی منطقه را به خود اختصاص داده با پتانسیل انحلال پذیری زیاد به همراه شرایط مناسب اقلیمی، لزوم مطالعه ژئومورفولوژی کارست منطقه را که باعث تشکیل اشکال کارستی متنوعی شده به خوبی بیان می کند. از جمله این اشکال می توان به چشمه کارستیک گاماسیاب، غار گاماسیاب و بالاخص لاپیه ها اشاره داشت. نتایج حاصل از مطالعات فوق نشان داد که لاپیه ها بیشتر در بالاترین طبقه شیب، ۱۳۰-۵۴ درصد و در طبقه ارتفاعی ۳۴۰-۳۰۰ متر در جهت جنوب غربی با غلبه سازند زمین شناسی آهک کربناته و در همدمای ۱- درجه با طبقه همبارش ۷۷۳-۶۹۹ میلی متر بارش قرا گرفته است (کاظمی، ۱۳۹۱). نتایج تحلیل مقایسه ای ژئودایورسیتی (تنوع زمین شناختی) در حوضه های شمال غربی استان فارس بر اساس شاخص های پنجگانه ژئودایورسیتی نشان داد که در فاکتور زمین شناسی حوضه فهلیان به دلیل تنوع و توسعه سازند بیشترین ارزش را در شاخص ها به خود اختصاص داده، اما در فاکتورهای مورفومتریکی و لایه نهایی بالاترین ارزش مربوط به حوضه نورآباد است که به دلیل داشتن بالاترین میزان شیب، ارتفاع، زبری و درجه انحناء و همچنین وجود اقلیمی مرطوب در قسمت های جنوبی آن سبب توسعه اشکال متنوع در منطقه شده است (گلی مختاری و همکاران ۱۳۹۷). ارزیابی توسعه کارست براساس ویژگی های لیتولوژیکی، مورفولوژیکی و ساختاری در منطقه حسن آباد قلعه بزی مبارکه اصفهان نشان داد که واحدهای کربناته در ناحیه مورد مطالعه، گسترش زیادی دارد و متعلق به کرتاسه می باشد. ساختارهای تکتونیکی (درزه ها، شکستگی ها و گسل ها) فراوان و پدیده های ژئومورفولوژیکی کارست نظیر حفرات و شیاریهای انحلالی و کارن در منطقه مشاهده شده است. با مطالعه مقاطع نازک سنگ، سنگ های منطقه از نوع آهک های میکرایتی متبلور و دولومیت می باشد. به منظور ارزیابی خصوصیات فیزیکی جمعا ۷ نمونه تهیه شد که وزن واحد حجم سنگ های کربناته ۵۵/۲ گرم بر سانتی متر مکعب و تخلخل آنها ۵۷/۲ درصد اندازه گیری شده است. با توجه به نتایج آزمایش کلسیمتری میزان کربنات کلسیم ۳/۹۱ درصد می باشد. انجام شده ترکیب مناسب سنگ براساس تحقیق شناسی، ناپیوستگی های فراوان در منطقه، شرایط آب و هوایی، نوع اقلیم (نیمه خشک شدید) ناحیه و فراوانی پدیده های ژئومورفولوژیکی بر توسعه کارست در منطقه دلالت دارد (قبادی و همکاران ۱۳۹۷). نتایج ارزیابی کمی ژئودایورسیتی کوه فروشگاه گورا (شمال صربستان) با استفاده از روش سرانو - فلانو، تنوع زمینی و حفاظت منطقه نشان داد که مقادیر شاخص تنوع زمین شناسی (Gd) بالاترین مکان های تنوع زمین شناسی در قسمت شمال، شمال شرقی و جنوب غربی کوه مورد مطالعه، در دره های شیب دار، امتداد صخره های هورست و لس رو به رودخانه دانوب یافت می شوند. نتایج به دست آمده با شبکه موقعیت مکانی ژئوسایت های موجود که قبلاً شناخته شده اند، مقایسه می شوند. این رویکرد می تواند در منطقه مورد نظر برای حفاظت، نگهداری و ارتقاء میراث زمین شناسی در سطوح مختلف (از سطح محلی تا ملی) اعمال شود (مسیچ پانچگر^۱ و همکاران ۲۰۲۱). نتایج ارزیابی ژئودایورسیتی در حوضه لار شمال ایران بر اساس پهنه بندی ارتفاعی برای نقشه برداری انرژی شکل زمین و قطعه بندی شکل زمین که بر اساس معیار همگنی طیفی است، نشان داد که وجود تنوع زمین شناسی بالا و پایین در منطقه کوهستانی و زمین های پست مانند کف دره رودخانه کاملاً آشکار است و این امر نشان دهنده رابطه مستقیم بین ارتفاع و انرژی لندفرم ها است. همچنین، بیشتر پراکندگی لندفرم ها در حوضه لار و سازندهای زمین شناسی در مناطقی با آندزیت، شیل و توف سبز قرار دارد. به طور کلی، ارتفاعات مرکز حوضه در اطراف کوه های دماوند قرار دارد و شمال غربی حوضه لار دارای مناطق تنوع زمین شناسی بالایی است (قهرودی تالی^۲ و همکاران ۲۰۲۲). بررسی تنوع ژئودایورسیتی در محدوده کوه های بینالود با استفاده از شاخص های پنجگانه ژئودایورسیتی که بصورت توصیفی-تحلیلی و از روش های کمی و آماری و سنجش از دور انجام گرفت، بر مبنای یافته های تحقیق می توان عنوان کرد که اختلاف شاخص ها در دو دامنه بسیار ناچیز است، اما به دلیل وضعیت ساختمانی و چینه شناسی و تأثیر عوامل ثانویه دامنه های جنوبی کوه های بینالود دارای ژئودایورسیتی بالاتری نسبت به دامنه های شمالی آن است. لذا

نتایج نشان داد که در دامنه های شمالی و جنوبی کوه های بینالود، سهم عوامل زمین شناسی بیشتر از عوامل مورفومتری و اقلیمی بوده است (گلی مختاری و همکاران ۱۴۰۲). ارزیابی ژئودایورسیتی و حفاظت از زمین حوضه آبریز تالاب بین المللی ارژن با استفاده از نرم افزار GIS و Fragstates نشان داد که به دلیل دارا بودن اشکال متنوع کارستی از قبیل چشمه، دولین، لاپیه، پونور، هامس، آبشار، تنگ و دره از نظر توریستی بکر و حائز اهمیت است. در این پژوهش از شاخص های ژئودایورسیتی در محیط نرم افزار Arc map و Fragstats استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که در بخش جنوبی پولیه ارژن شاخص ژئودایورسیتی برابر با $11/04$ می باشد که بواسطه شرایط توپوگرافی کوهستانی و ارتفاع بیشتر، بارش فراوان تر و دمای کمتر و از طرف دیگر وجود سازند آهک آسماری اشکال زیاد و متنوعی از کارست در این بخش توسعه یافته است. هم چنین میزان شاخص های SIEI، SHEI، SHDI، SIDI، MSIDI، MSIEI به ترتیب برابر است با $1/56$ ، $0/87$ ، $0/77$ ، $0/92$ ، $1/47$ ، $0/82$ می باشد که سبب گسترش و تنوع ژئودایورسیتی در منطقه شده است (اسدی زنگنه و همکاران ۱۴۰۳). تاثیر فعالیت های تکتونو-کارست در شکل گیری دره های عرضی زاگرس در محدوده آوز تا کرموستج استان فارس با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱، مدل رقومی ارتفاعی $12/5$ متر SRTM، ArcGIS و GMT مطالعه دیگری است که با توجه به اهداف مورد نظر در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول با استفاده از روش سری زمانی SBAS به ارزیابی وضعیت تکتونیکی منطقه و در مرحله دوم با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی AHP به پتانسیل سنجی مناطق مستعد توسعه فرایندهای کارستیک پرداخته شده است. نتایج حاصله از نتایج سری زمانی SBAS نشان داده که برخی از دره های عرضی منطقه نسبت به مناطق پائین دست خود در حال فرونشینی هستند. همین مسئله سبب کاهش اختلاف ارتفاع، کاهش سرعت رواناب، ایجاد فرصت لازم برای فرسایش و انحلال و در نتیجه توسعه عرضی این دره ها شده است. همچنین بر اساس نتایج حاصله، تمامی دره های عرضی در طبقه با پتانسیل زیاد یا خیلی زیاد توسعه فرایندهای کارستیک قرار دارند، این موضوع بیانگر نقش فرایندهای کارستیک در شکل گیری دره های عرضی منطقه است. مجموع نتایج حاصله از این تحقیق نشان داده که شکل گیری و توسعه دره های عرضی در منطقه مورد مطالعه متأثر از عوامل تکتونو-کارست بوده است (مختاری و همکاران، ۱۴۰۳). نقش لندفرمها و لیتولوژی در میزان فرسایش خاک حوضه آبریز زونوچای، پژوهشی علمی دیگری هست که با توجه به برآورد میزان فرسایش خاک از مدل جهانی اصلاح شده هدررفت خاک (RUSLE)، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) استفاده شد. برای اجرای مدل عوامل فرسایندهایی باران (R)، فرسایش پذیری خاک (K)، توپوگرافی (LS)، حفاظت خاک (P) و مدیریت پوشش گیاهی (C) در محیط Arc GIS محاسبه و سپس نقشه فرسایش خاک در ۵ کلاس خطر (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) ترسیم شد. برای طبقه بندی و ترسیم نقشه لندفرمها نیز از شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) استفاده شد. سپس نقش لندفرمها و واحدهای لیتولوژی مختلف در ارتباط با نرخ فرسایش خاک و با تلفیق نقشه های مربوطه بررسی شدند. نتایج اجرای مدل نشان داد که متوسط فرسایش خاک $1/71$ تن در هکتار در سال است. نتایج نقشه فرسایش نشان داد که بخش عمده ای از حوضه ($67/07$ درصد) جزء طبقه فرسایشی خیلی کم و $2/37$ درصد آن در طبقه فرسایشی خیلی زیاد و زیاد قرار دارند. با تلفیق نقشه لندفرمها و فرسایش خاک معلوم شد که بیشترین فرسایش در مجموع به دره ها و بریدگی های واقع بر ارتفاعات و دامنه ها و سپس ستیغ های مرتفع و قله کوه ها اختصاص دارد. در حوضه زونوچای، فرسایش خاک بیشتر بر روی نهشته های تیپ فلیش، کنگلومرای قرمز و خاکستری با میان لایه های مارنی و پادگانه های آبرفتی می باشد. ضریب همبستگی بین عوامل مدل (RUSLE) و فرسایش خاک نشان داد عامل توپوگرافی (LS) بیشترین اثرگذاری را در محاسبه میزان فرسایش حوضه زونوچای دارد (کرمی و همکاران، ۱۴۰۲). جنوب غرب استان لرستان از مناطق بارز کارستی- ژئوتوریستی استان لرستان محسوب شده و سالیانه گردشگران زیادی به این نواحی وارد می شوند، لیکن به دلایل گوناگون هنوز به جایگاه مناسب و واقعی خود در سطح ملی و بین المللی نرسیده است. عدم برنامه ریزی و تبلیغات به منظور جذب توریست به منطقه (با توجه به ژئودایورسیتی و تخصصی بودن ژئومورفوسایت ها) از مشکلات عمده در این محدوده جغرافیایی می باشد. بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش شناسایی و طبقه بندی مولفه های ژئودایورسیتی (زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، خاک، پوشش گیاهی، و عوامل ارتفاعی)، تعیین پراکنش فضایی اشکال کارستی و بررسی نقش آنها در غنای ژئودایورسیتی منطقه، ارزیابی کمی و کیفی شاخص های ژئودایورسیتی، تبیین رابطه بین تنوع زمین و

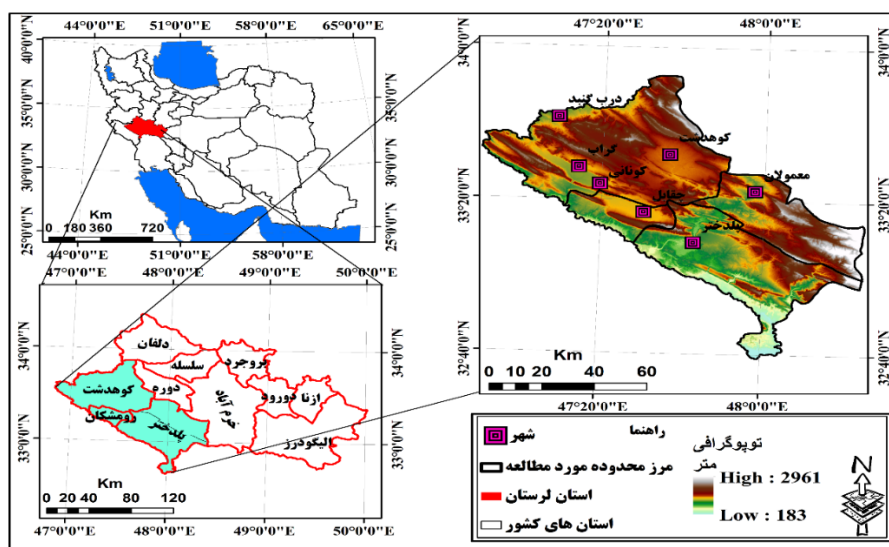
قابلیت های حفاظتی، زیست محیطی و توریسم پایدار در منطقه است. پژوهش حاضر با مطالعات پیشین چند تفاوت اساسی دارد: ۱- تمرکز مکانی: بسیاری از مطالعات پیشین در ایران و خارج از کشور بر روی ژئودایورسیتی در مقیاس ملی یا حوضه های بزرگ انجام شده است، اما این تحقیق با تمرکز بر جنوب غرب لرستان و جزئیات محلی، دقت بالاتری ارائه می دهد. ۲- تاکید بر اشکال کارست و اهمیت فرایندها و اشکال کارستی به طور ویژه و مستقل تحلیل شده است. ۳- پیوند با مدیریت سرزمین: این پژوهش علاوه بر بعد علمی می کوشد نتایج را در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی، حفاظت از ژئوسایت ها و توسعه ژئوتوریسم منطقه بکار گیرد. پیشینه پژوهش حاضر نشان می دهد که مدل بنیتو کالوو^۱ (۲۰۰۹) دارای نقاط قوت و ضعف مشخصی می باشد، لذا نقاط قوت این روش شامل، توانایی کمی سازی تنوع بالای اشکال کارستی متناسب با محیط کارست، امکان مقایسه فضایی بین سلول ها و حوضه ها (روش شبکه بندی)، مناسب برای مناطقی مانند جنوب غرب لرستان، قابلیت اجرا در محیط GIS با داده ای موجود و روش های استاندارد (سادگی محاسباتی)، ارائه معیاری عینی برای شمارش و غنای اشکال ژئومورفیک (شاخص های کمی تنوع)، ایجاد امکان مقایسه با دیگر مناطق کارستی در جهان (مطالعات تطبیقی با کاربرد پژوهشی)، داده های پایه (Dem) نقشه های زمین شناسی و لندفرم برای اجرا کافی است. این مدل همچنین دارای نقاط ضعف و محدودیت هایی از قبیل، تمایز ضعیف بین اهمیت نسبی اشکال (همه پدیده ها تقریباً ارزش مساوی می گیرند)، حساسیت شدید به اندازه سلول شبکه (تغییر اندازه سلول نتایج را به شدت تغییر می دهد)، خطر ساده سازی بیش از حد فرایندها و نادیده گرفتن پیچیده گی های تکتونیکی و هیدرولوژیکی، نادیده گرفتن کیفیت، کارکرد و ارزش های علمی - زیباشناختی هر شکل، عدم انعطاف برای وزن دهی به معیارهای بومی (مثل نقش چشمه ها در معیشت محلی یا ارزش گردشگری غارها)، و نیاز به تکمیل با داده های محلی دقیق تر (ژئوسایت ها، داده های هیدرولوژی) جهت نتیجه گیری معتبر. جنبه نوآوری در پژوهش حاضر ارزیابی، تحلیل ژئودایورسیتی با تاکید بر روی اشکال کارستی در جنوب غرب لرستان در حوضه های آبریز دو رودخانه کشکان و سیمره می باشد.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

۲-۱ موقعیت جغرافیایی، مساحت، ناهمواریها، زمین شناسی، اقلیم، بارش، هیدرولوژی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی

جنوب غرب استان لرستان شامل شهرستان های کوهدشت، رومشکان و پلدختر و معمولان می باشد و جزیی از زاگرس چین خورده محسوب می شود و بین طول های جغرافیایی $34^{\circ} 20' 0''$ و $47^{\circ} 20' 0''$ و عرض های جغرافیایی $32^{\circ} 40' 0''$ و $33^{\circ} 20' 0''$ در جنوب غرب ایران واقع شده اند. مساحت کل منطقه مطالعاتی $7777/31$ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۱). بطور کلی ناهمواری های جنوب غرب لرستان به سه دسته، کوه ها، کوهپایه ها، و دشت ها تقسیم شده اند. پیکره اصلی کوه های این محدوده مطالعاتی آهکی و بعلت جوان بودن شکل اولیه خود را حفظ نموده اند. وسعت دشت های این منطقه کم بوده و بعلت چین خوردگی های ناودیسسی بوجود آمده اند (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۳). رشته کوه زاگرس بزرگترین واحد ساختمانی ایران است که با روند شمال غرب - جنوب شرق کشیده است و پهنه مطالعاتی جنوب غرب لرستان جزیی از این ناهمواری بزرگ در ایران است. پهنه مطالعاتی در زاگرس تا دوره تریاس بخشی از پلاتفرم ایران - عربستان بوده و پس از آن بصورت یک حوضه رسوبی عمیق در آمده است. این حالت تا میوسن پایانی ادامه داشته و فازهای کوهزایی در این فاصله به صورت حرکات خشکی زایی ضعیف در این حوضه اثر کرده و سبب تغییر رخساره در سنگها شده است. تنها در اثر فاز پیرنه (اواخر ائوسن - اوایل الیگوسن) قسمتهایی از آن از آب بیرون آمده است و سبب یک ناهماهنگی فرسایشی شده است. به طوری که قبلاً اشاره شده است چین خوردن زاگرس در حرکات پایانی میوسن شروع شده و با فاز پاسادنین در پلیو - کوآترنر تکمیل شده است (جداری عیوضی، ۱۳۷۴). بیشترین وسعت سازند زمین شناسی جنوب غرب لرستان به ترتیب مربوط به

سازندهای کواترنری شامل نهشته های آبرفتی و تراس دره پائین (۱۷۲۶/۹۵)، آسماری و شهبازان (۱۷۰۵/۷۵)، سنگ آهک-انیدریت-نمک-مارن خاکستری و قرمز (۱۵۰۳/۰۱) و کمترین سازند مربوط به چینه های گنگلومرا و ماسه سنگ (۱۷/۸۱) کیلومتر مربع را شامل می شوند (شکل ۴). جنوب غرب استان لرستان دارای دو اقلیم معتدل و گرم جنوبی است. شهرستان های کوهدشت، رومشکان و معمولان دارای آب و هوای معتدل بوده و شهرستان پلدختر دارای آب و هوای گرم جنوبی می باشد. این ناحیه از لرستان در فصول سرد سال تحت تاثیر اقلیم مدیترانه ای قرار دارد و در فصل گرم سال تحت تاثیر پرفشار جنب حاره ای قرار دارد (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۳). میانگین بارش سالانه حداقل و حداکثر در منطقه مطالعاتی از ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلیمتر متغیر است. میانگین دمای سالانه حداقل و حداکثر در محدوده مطالعاتی هم از حدود ۱۸ تا ۲۳ درجه سانتیگراد متغیر است که پلدختر با میانگین سالیانه ۹-۱۰ درجه سلسیوس و کوهدشت با دمای متوسط ۱۱ تا ۱۱/۵ درجه سلسیوس به ترتیب بالاترین و کمترین مقدار را دارا می باشند. جنوب غرب استان لرستان به دلیل شرایط آب و هوایی و وضعیت ناهمواری ها، از نظر داشتن شبکه های آبراهه ی و چشمه ها و هم چنین منابع آب سطحی توسط دو رودخانه مهم کشکان و سیمره گذرگاه اصلی حوضه آبریز کرخه محسوب می شوند عواملی از قبیل: بارش زیاد، کوهستانی بودن منطقه، پوشش گیاهی مناسب، رسوبات آبرفتی و تشکیلات آهکی شرایط را برای تشکیل منابع آب زیرزمینی در نواحی مختلف جنوب غرب استان به بوجود آورده است. منابع آب زیرزمینی را می توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- منابع آب رسوبات آبرفتی ۲- منابع آب مخازن آهکی (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۳). پویایی و تغییرات پوشش / کاربری اراضی نشان داده اند که در چند دهه اخیر الگوهای کاربری اراضی در لرستان (از جمله جنوب غرب و شهرستان پلدختر) دچار تغییر شده و تغییرات در پوشش گیاهی و اراضی زراعی بر اقلیم محلی و شرایط هیدرولوژیک تاثیرگذار بوده است (سارلی و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس بررسی های انجام شده در طرح کالبد ملی، حدود ۷۰ درصد از وسعت جنوب غرب استان لرستان، پوشش جنگل ها و مراتع دارد. بیشتر جنگل های جنوب غرب لرستان از نوع بلوط است (باراحمدی و همکاران، ۱۳۹۳).



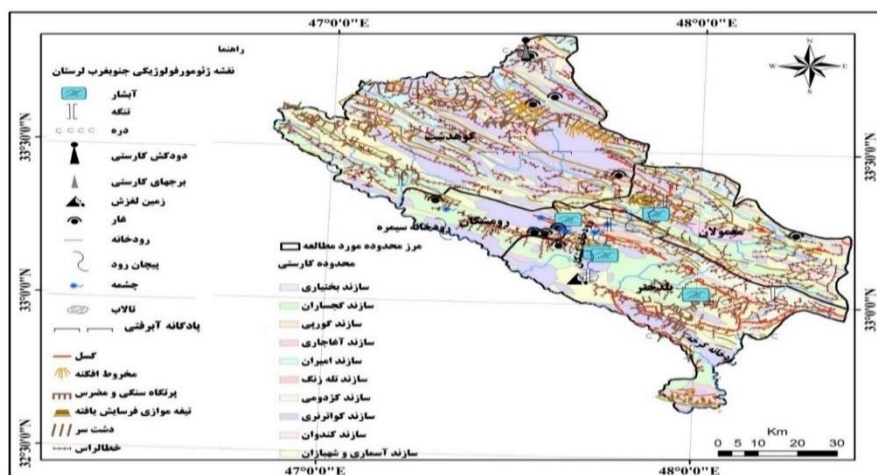
شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی جنوب غرب استان لرستان

Figure (1) Location of the study area in Southwestern Lorestan

۲-۲ ژئومورفولوژی منطقه جنوب غرب لرستان

استان لرستان و منطقه مطالعاتی جزء رشته کوه های چین خورده زاگرس محسوب شده و از یک سری چین های نامتقارن تشکیل یافته است که طول آنها فوق العاده متغیر است. شدت چین خوردگی و تغییر شکل عموماً از جنوب غرب به طرف شمال شرق بیشتر می شود. محور چین ها شمال غرب-جنوب شرق بوده و بموازات امتداد کلی کمربند چین خورده است. به عبارت دیگر در این واحد جهت محورهای

مورفولوژیکی همان محور ساختمانی است که روند آن را گسل زاگرس تعیین کرده است. اختلاف شکل عمده در طول آن در بعضی جاه ها مربوط به اختلاف جنس سنگها و در بعضی نقاط مربوط به میزان فشردگی چین هاست. اختلاف شکل نوع اول ناشی از حرکات خشکی زایی در فازهای مختلف کوهزایی است که سبب تحول در شرایط رسوبگذاری شده و اختلاف شکل دوم مربوط به شکل لبه پلاتفرم عربی است که هر جا بصورت دماغه ای پیش آمده سبب فشردگی بیشتر شده است (جداری عیوضی، ۱۳۷۴) بزرگترین سازند های کارستی در محدوده مطالعاتی به ترتیب سازند های کوآترنری (نهشته های آبرفتی و تراس دره پائین (۱۷۲۶/۹۵)، و سازند آسماری-شهبازان (۱۷۰۵/۷۵) کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده اند (شکل ۲ و جدول ۳). سازندهای نمونه اشکال ناهمواری در محدوده مطالعاتی حاصل فرسایش آب، انحلال، و لغزش لایه های زمین می باشد. اشکال حاصل از فرسایش آب شامل تنگ ها و دره ها می باشد. به عقیده نبوی (۱۳۷۵) چگونگی ایجاد تنگ ها در زاگرس به سه عامل تکتونیک، لیتولوژی، و توان انحلالی و سایش آب بستگی دارد. و از نمونه های آن تنگ پلدختر است که بعلت جنس سنگها و ضخامت عموماً از سنگهای آهک ضخیم سنومانین بوده و توسط رودخانه کشکان شکافته شده است. فراوان ترین دره ها در سیستم زاگرس و منطقه مطالعاتی دره هایی هستند که در جهت شیب طبقات روی پهلوی طاقدیس ها ایجاد شده اند، و بر این اساس در قلمرو زاگرس مرطوب و در محل برونزد سنگ های آهکی (آسماری و سنومانین) و گاهی تا آن اندازه عمیق شده اند که شکل یک کانیون واقعی به خود گرفته اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۸). لذا در نقشه ژئومورفولوژی ترسیم شده شکل (۲) دره های تخت چان و شیرز و دره خزینه از مصادیق بارز آن محسوب می شوند. اشکال انحلالی (کارستی) در سراسر زاگرس و منطقه مطالعاتی نشان دهنده حاکمیت این نوع فرسایش در سطح وسیعی در دوره های سرد و مرطوب پلیستوسن می باشد. از نظر ویژگیهای سنگ شناسی در زاگرس چین خورده، نخست آهک آسماری و سپس آهک گروه بنگستان از نظر ایجاد رخساره های کارستی نقش بیشتری دارند (علایی طالقانی، ۱۳۸۸). از مصادیق آن آبشارهای افرینه، تاف، چشمه های گریساب، گلستانه، سیدسهل الدین، کهریز، طولکش و سراب تنگ سیاب، و غارهای کلماکره، درونشیر، ویزنه، کوگان، بتخانه، میرملاس، هومیان و تالاب های شهرستان پلدختر، و اشکال کارستی از قبیل برجهای کارستی و دودکش کارستی واقع در دره شیرز، و هم چنین اشکال متفاوت مانند تیغه های موازی فرسایش یافته و خط الراس ها قابل درک و شناسایی هستند (شکل ۲). اشکال دیگر ناهمواری حاصل از پدیده لغزش که در رسوب های ریزدانه، سست و شکل پذیر مانند رس، مارن اتفاق می افتد مصادیق بارز آن در پهنه ای از جغرافیای جنوبی لرستان در حوضه شهرستان پلدختر و در مسیر رودخانه سیمره که بعنوان بزرگترین پدیده لغزش یکپارچه لایه های زمین شناسی دنیا معروف است به وقوع پیوسته است، و علت ایجاد آن وجود لایه های آهک آسماری به ضخامت ۳۰۰ متر و قرار گیری بر روی لایه های مارن به همین ضخامت بوده است (علایی طالقانی، ۱۳۸۸). تشکیل دریاچه های متعدد مانند دریاچه جایدرد و قوس های جالب مئاندری رودخانه سیمره و پادگانه های آبرفتی، دریاچه ای-رودخانه ای را می توان به وضوح دید (شکل ۲).



شکل (۲) نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

Figure (2) Geomorphological map of the study area

۳- مواد و روش ها

۳-۱ داده های تحقیق

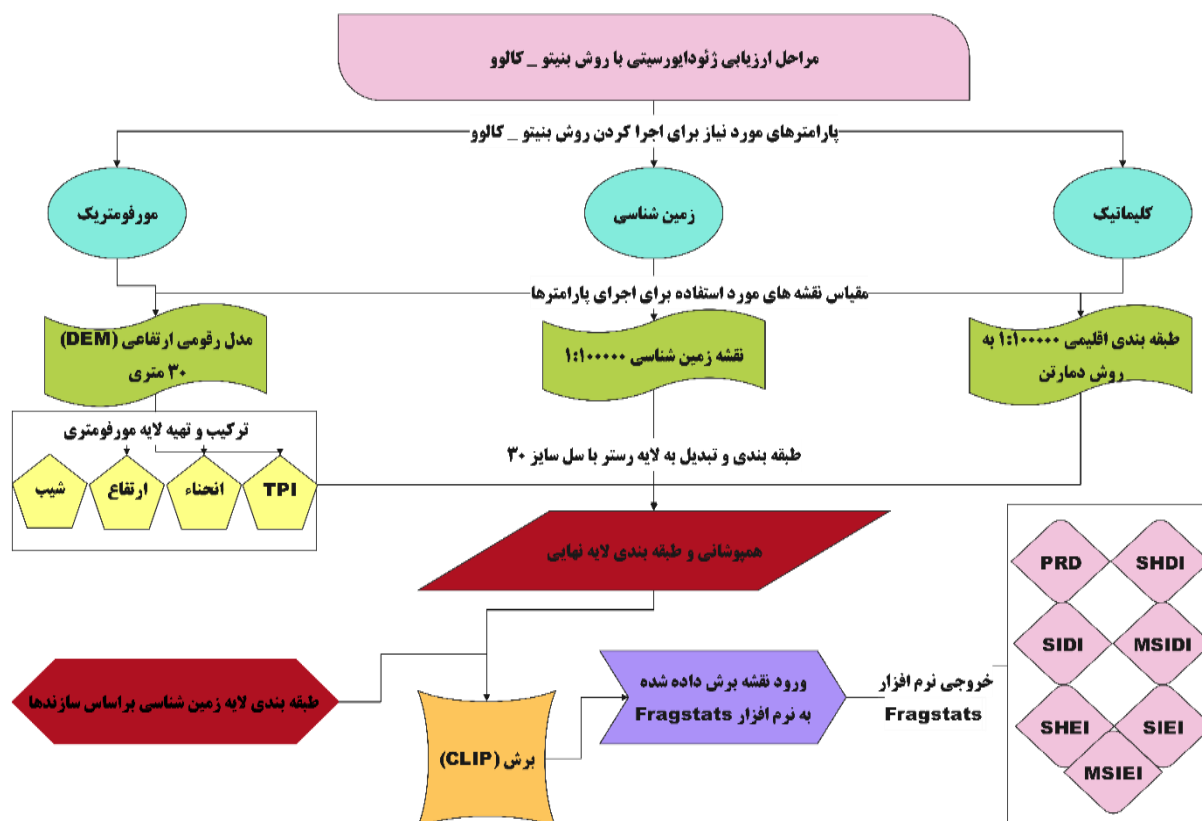
در این پژوهش داده های مورد نیاز بصورت تفکیکی به چهار دسته ذیل تقسیم بندی شده اند که عبارتند از: الف) منابع کتابخانه ای: برای جمع آوری اطلاعات از منابع کتابخانه ایی یا اسنادی همچون؛ کتب، مقالات، نشریات، پایان نامه ها، طرح های تحقیقاتی، نقشه های جغرافیایی مختلف وغیره جهت دریافت اطلاعات و داده های مورد نیاز استفاده ب) داده های آماری: آمار هواشناسی (دما و بارش) حاصل از ایستگاه های مناطق مورد مطالعه به منظور بررسی، شناخت و تحلیل اقلیم منطقه. ج) داده های تصویری: DEM^۱ ۳۰ متری از سنجنده ASTER برای تهیه لایه های گوناگون از قبیل لایه TPI^۲، زبری ناهمواری، لایه شیب، لایه جهت شیب و غیره - تصاویر گوگل ارث و سایر تصاویر مورد نیاز. د) روش گردآوری داده های میدانی: با توجه به اینکه این تحقیق نیاز به مطالعات میدانی وسیعی دارد، بنابراین تحقیقات میدانی به منظور شناسایی و کسب دید کلی از منطقه مورد مطالعه، شناسایی و اندازه گیری ارتفاع و موقعیت عوارض و لندفرم های ژئومورفولوژیکی و کارستی به منظور تحلیل مقایسه ای انجام شد. لذا برای شناسایی عوارض، تطبیق نقشه ها و تصاویر با واقعیت زمینی، ثبت اطلاعات مکانی با GPS^۳، تهیه عکس و فیلم از عوارض و بازدید میدانی و عملیات صحرایی صورت می گیرد.

۳-۲ ابزارهای تحقیق

در این پژوهش ابزارهای تحقیق بطور کلی به سه دسته تقسیم بندی و به شرح ذیل ارائه می شوند: ۱- ابزار فیزیکی: - نقشه توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ خرم آباد- پلدختر، در شیت ها به شماره های (۵۴۵۷۳، ۵۵۵۶۴، ۵۵۵۶۳، ۵۴۵۷۳، ۵۴۵۷۲، ۵۴۵۶۴، ۵۴۵۶۱) برای تهیه مدل ارتفاع رقومی و لایه هایی همچون ارتفاع، شیب، جهت شیب وغیره در محدوده مطالعاتی - نقشه زمین شناسی پایه ایران با مقیاس ۱:۲۵۰/۰۰۰ از سازمان زمین شناسی کشور برای بررسی ویژگی های لیتولوژی منطقه مورد مطالعه، سن سازندها و نهشته ها، و ساختمان زمین شناسی جنوب غرب لرستان ۲- ابزار تصویر برداری و اندازه گیری: GPS برای برداشت موقعیت لندفرم های کارستی، ۳- ابزار مفهومی: استفاده از نرم افزارهای ARC MAP و ARC CENC در محیط ARC GIS برای تجزیه و تحلیل داده ها انجام می شود- برنامه FRAGSTATES - نرم افزار ARC HYDRO برای لایه آبراهه و تراکم زهکشی - نرم افزارهای Arc GIS ، Google Earth و نرم افزارهای مشابه برای تشکیل بانک داده، کار با تصاویر ماهواره ای، تحلیل های مکانی و مقایسه ای و ترسیم نقشه ها.

۳-۳ مدل بنیتو کالوو (۲۰۰۹)

در مدل بنیتو کالوو (۲۰۰۹) ابتدا لایه های طبقه بندی شده مورفومتریک، مورفوکلیماتیک و زمین شناسی تهیه شد. لایه زمین شناسی از نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰، لایه مورفوکلیماتیک از لایه طبقه بندی اقلیمی ایران و لایه مورفومتریک با استفاده از لایه ارتفاعی و با بکارگیری شاخص (TPI) تهیه شد.



شکل (۳) روند جریانی پژوهش
Figure (3) Flowchart of Research

۳-۴ برنامه Fragstatse و شاخص های پنجگانه

در این مرحله با استفاده از برنامه FRAGSTATSE در محیط ARC GIS شاخص های پنجگانه ژئودایورسیتی که شامل تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)^۱، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)^۲، ضریب ناهمواری شانون (SHEI)^۳، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)^۴، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)^۵ محاسبه می شوند (جدول ۱). این برنامه شامل تجزیه تحلیل الگوی فضایی برای کمی کردن ساختار (برای مثال ترکیب و توزیع) سیمای سرزمین است (صالحی پورمیلانی و همکاران، ۱۴۰۲؛ مک گاریگال^۶، ۲۰۱۴) و به سادگی ناهمگونی سیمای سرزمین را کمی می کند. همچنین پیکربندی هندسی و فضایی چشم انداز را اندازه گیری می کند. طبقه بندی، در سه سطح اطلاعات عمل می کند: (منطقه فردی یک واحد نقشه)، کلاس (یک واحد نقشه) و چشم انداز (نقشه یا موزایک): $A =$ مساحت محدوده مورد مطالعه، m تعداد طبقات، p نسبت منظره اشغال شده توسط قطعه i .

1- Patch Richness Density
2-simpsons Evenness index

3-Shannon's Evenness Index
4- Shannon's Diversity Inde

5- Simpson's Diversity Index
6- McGarigal. K

جدول ۱- شاخص های ژئودایورسیتی (بینتو کالوو و همکاران : ۲۰۰۹)

Table (1) Geodiversity indices (Binto Calvo et al., 2009)

شاخص	محدوده	فرمول	واحد
میزان تراکم ناهمواری (PRD)	$PRD > 0$	$PRD = \frac{m}{A} * (10^4)(10^2)$	تعداد درصد هکتار
شاخص دایورسیتی شانون (SHDI)	$SHDI > 0$	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$	-
شاخص همواری شانون (SHEI)	$0 \leq SHEI \leq 1$	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P) / \ln m$	-
شاخص دایورسیتی (SIDI)	$0 \leq SIDI \leq 1$	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$	-
شاخص همواری سیمپسون (SIEI)	$0 \leq SIEI \leq 1$	$SIEI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$	-

۵-۳ شاخص موقعیت توپوگرافی TPI

مفهوم کلی و کاربرد شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) به این است که صورت دقیق و غیر توصیفی مرز لندفرم‌هایی مانند: ارتفاعات، شیب تند، مناطق مسطح، دره و غیره را با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) به صورت اتوماتیک و سریع، تعریف و تعیین نماید (جدول ۲). به عبارت دیگر مدل TPI راهکار نوینی جهت تعیین کمی لندفرم‌ها است. اما وابستگی و تابعیت مستقیمی با رزولوشن و شعاع پیکسل‌های همسایه دارد. در تحقیق حاضر نیز با توجه به رزولوشن موجود و مساحت مورد واکاوی، آزمون واقع گرایان‌های نسبت به طبقه بندی صورت پذیرفت. برای جداسازی واحدهای منطقه از (مدل رقومی ارتفاع) با رزولوشن ۳۰ متر استفاده شد (مکرم و همکاران، ۱۳۹۳)، به این منظور در نرم افزار، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعداد انواع لندفرم براساس TPI یا شاخص موقعیت توپوگرافی شناسایی شد (وایز^۱ ، ۲۰۰۱). برای محاسبه TPI طبق معادله وایز ارتفاع هر سلول در یک مدل رقومی با میانگین ارتفاع سلول‌های همسایه بررسی می شود در نهایت ارتفاع میانگین از مقدار ارتفاع مرکز کم می شود.

جدول (۲) : روابط پیشنهادی توسط محققین برای محاسبه شاخص موقعیت توپوگرافی

Table (2): Relationships proposed by researchers for calculating the topographic location index

تعریف طبقات	رابطه پیشنهادی	محققان
دره	$TPI \leq [A]$	جنز ^۲ و همکاران (۲۰۱۱)
شیب	$[A] \leq TPI \leq [B]$	
ستیغ	$TPI > [B]$	
دره	$TPI \leq -8$	دیکسون و بیر ^۳ (۲۰۰۶)
شیب کم	$-8 \leq TPI \leq 8 \text{ Slop} < 6$	
شیب تند	$-8 \leq TPI \leq 8 \text{ Slop} > 6$	
ستیغ	$TPI \geq 8$	
دره	$TPI \leq -1SD$	وایز (۲۰۰۱)
شیب کم	$-1SD < TPI \leq -0/55D$	
شیب مسطح	$-0/55D < TPI \leq -0/55D > \text{Slop} \leq 5$	
شیب متوسط	$-0/55D < TPI \leq -0/55D > \text{Slop} > 5$	
شیب تند	$-0/55D < TPI \leq -1SD$	
ستیغ	$TPI > 1SD$	

1- Weiss, A

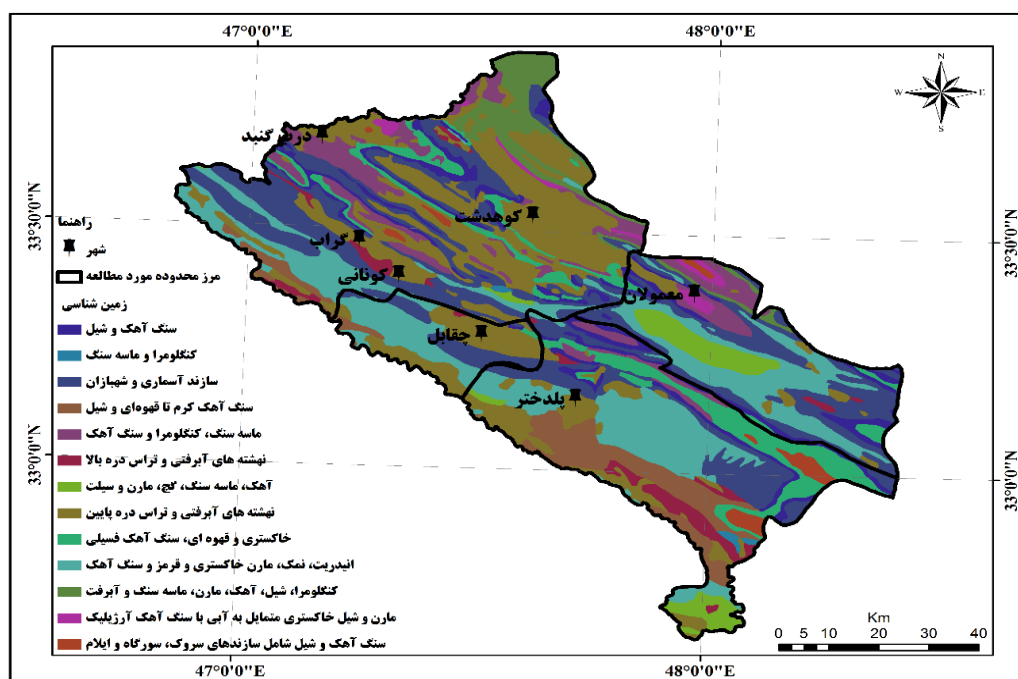
2- Jenness, Jeff

3- Dickson, B. and P. Beier

۴-۱ ارزیابی شاخص های پنجگانه ژئودایورسیتی

۴-۱-۱ زمین شناسی

سازندهای کارستی مهمترین عامل ایجاد لندفرم های کارستی در منطقه مورد مطالعه بوده است و عوامل زمین شناسی، اقلیمی، و مورفومتری به ترتیب زمینه ساز نقش انواع لندفرم ها به حساب می آیند. ارزیابی و تحلیل یافته ها گویای این حقیقت است که به منظور طبقه بندی زمین شناسی در محدوده مطالعاتی جنوبغرب استان لرستان فاکتورهای جنس لایه ها به ترتیب شامل ۱- نهشته های آبرفتی و تراس دره پایین ۲- سازند آسماری و شهبازان ۳- انیدریت، نمک، مارن خاکستری و قرمز و سنگ آهک می باشد، که در شکل گیری لندفرم های محدوده مورد مطالعه نقش موثری داشته اند. همان گونه که در نقشه زمین شناسی (شکل ۴) و جدول (۳) توصیفی محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است، مشاهده می شود که گوناگونی و گسترش سازندها در حوضه شهرستان پلدختر بیشتر می باشد.



شکل (۴) زمین شناسی محدوده مطالعاتی

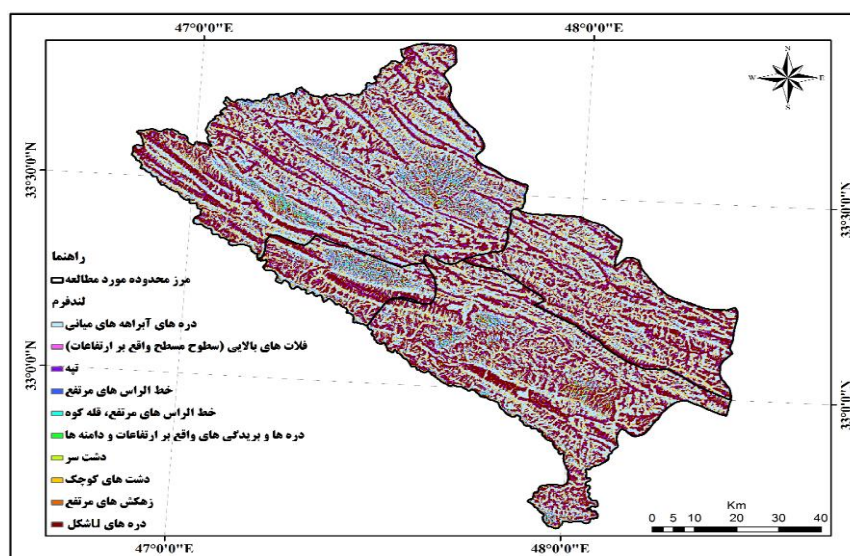
Figure (4) Geology of the study area

جدول (۳): مساحت زمین شناسی محدوده مطالعاتی به کیلومترمربع
Table (3): Geological area of the study area in square kilometers

لیتولوژی	کوهدشت	معمولان	پلدختر	رومشکان	کل محدوده
انیدریت، نمک، مارن خاکستری و قرمز و سنگ آهک	۳۳۲/۴۶	۳۹۴/۱	۵۷۷/۱۱	۱۹۹/۳۴	۱۵۰۳/۰۱
آهک، ماسه سنگ، گچ، مارن و سیلت	۱۲/۷۷	۱۴۶/۰۵	۹۱/۸۶	-	۲۵۰/۶۸
خاکستری و قهوه ای، سنگ آهک فسیلی	۱۹۶/۰۹	۳۹/۲	۳۱۲/۸۹	۴/۴۹	۵۵۲/۶۷
سازند آسماری و شهبازان	۷۹۸/۳۶	۴۴۳/۴۱	۳۴۹/۹۵	۱۱۴/۰۳	۱۷۰۵/۷۵
سنگ آهک کرم تا قهوه‌ای و شیل	۶۰/۹۵	-	۲۸۶/۸۱	۱۹/۱۹	۳۶۶/۹۵
سنگ آهک و شیل	۲۴۷/۳	۱۶۱/۵	۱۴۶/۷۱	۲/۲۹	۵۵۷/۸
سنگ آهک و شیل شامل سازندهای سروک، سورگاه و ایلام	۱۵/۹۳	۹/۳۹	۶۷/۵۵	-	۹۲/۸۷
کنگلومرا و ماسه سنگ	۴/۹	-	۱۲/۹۱	-	۱۷/۸۱
کنگلومرا، شیل، آهک، مارن، ماسه سنگ و آبرفت	۴۲/۶۴	-	-	-	۴۲/۶۴
مارن و شیل خاکستری متمایل به آبی با سنگ آهک آرزیلی	۱۲۴/۹	۳۹/۳۲	-	-	۱۶۴/۲۲
ماسه سنگ، کنگلومرا و سنگ آهک	۴۱۰/۱۳	۱۲۱/۰۲	۷۲/۹۷	-	۶۰۴/۱۲
نهشته های آبرفتی و تراس دره بالا	۶۱/۵۶	۱۰/۶۸	۱۱۵/۹۱	۳/۶۹	۱۹۱/۸۴
نهشته های آبرفتی و تراس دره پایین	۱۱۶۲/۷۴	۶۶/۱۹	۲۷۶/۱۲	۲۲۱/۹	۱۷۲۶/۹۵

۴-۱-۲ - مورفومتری

لایه مربوط به مورفومتری که براساس فاکتور TPI تهیه شد در (شکل ۵ و جدول ۴) نشان داده شده است. در بررسی فاکتور مورفومتری و همچنین بازدید های میدانی از منطقه نشان داد که منطقه پلدختر میزان تراکم اشکال ژئومورفولوژی در هر قطعه بسیار بیشتر می باشد به عنوان مثال تراکم دره ها، غارها، چشمه های معدنی، آبشارها و غیره به مراتب افزایش داشته اما در محدوده کوهدشت شاخص PRD به نسبت کاهش و در مناطق معمولان و رومشکان به ترتیب نسبت به این دو حوضه بسیار کمتر می باشد که این خود یک عامل تعیین کننده در میزان شاخص تراکم ناهمواری می باشد. در فاکتور مورفومتری محدوده مورد مطالعه شاخص های تنوع شانون و سیمپسون به ترتیب در محدوده کوهدشت و پلدختر بیشترین میزان را دارا می باشند که ناشی از لایه زبری ناهمواری، زبری و خشونت و فرم تیغه ای کوهها در این محدوده می باشد که بستگی به نوع سازند دارد. این شاخص ها در سازندهای آهکی- آسماری نمود شایانی دارند.



(۵) مورفومتری (لندفرم) محدوده مورد مطالعه

Figure (5) Morphometry (landform) of the study area

جدول (۴): مساحت مورفومتری (لندفرم‌ها) محدوده مطالعاتی به کیلومتر مربع

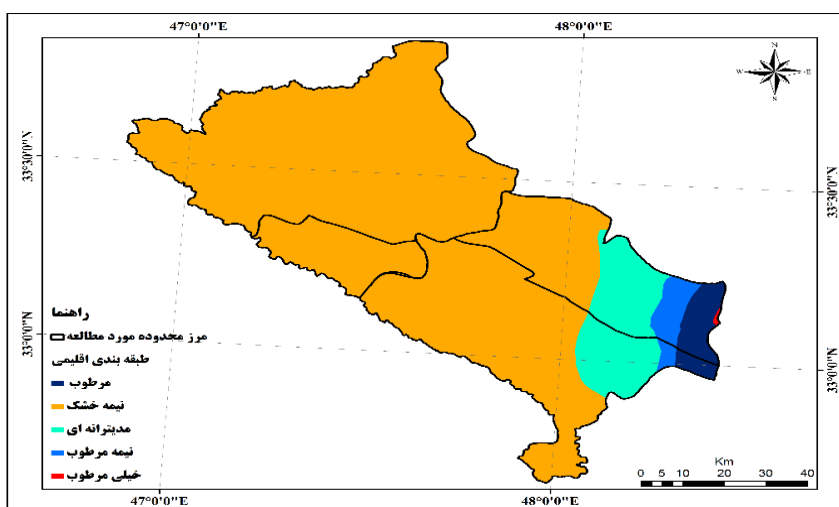
Table (4): Morphometric area (landforms) of the study area in square kilometers

طبقات	نوع لندفرم	کوهدشت	معمولان	پلدختر	رومیشان	کل محدوده
۱	دره های آبراهه های میانی	۱۶۴۴/۹۶	۶۵۴/۲۳	۱۰۲۷/۳۱	۲۳۸/۴۹	۳۵۶۴/۹۹
۲	فلات های بالایی (سطوح مسطح واقع بر ارتفاعات)	۳۷/۱۴	۱۱/۱	۲۳/۸۸	۶/۶۵	۷۸/۷۷
۳	تپه	۱۷۶/۶۸	۸۳/۳۳	۱۲۳/۱۵	۲۶/۸۵	۴۱۰/۰۱
۴	خط الراس های مرتفع	۱۶۸/۹۱	۳۰/۳۸	۶۲/۳۷	۲۸/۱۸	۲۸۹/۸۴
۵	خط الراس های مرتفع، قله کوه	۴۲/۲۵	۰/۶۸	۱۱/۷۴	۱۳/۵۱	۶۸/۱۸
۶	دره ها و بریدگی های واقع بر ارتفاعات و دامنه ها	۳/۲۱	۱/۳۹	۳/۴۶	۰/۴۸	۸/۵۴
۷	دشت سر	۵۷/۵۱	۱۷/۸۷	۴۴/۶۷	۱۰/۴۱	۱۳۰/۴۶
۸	دشت های کوچک	۲۲۹/۷۹	۹۷/۲۶	۱۴۲/۷۵	۳۰/۱۵	۴۹۹/۹۵
۹	زهکش های مرتفع	۶۱/۴۷	۱۵/۳۶	۳۰/۴۸	۱۲/۳۵	۱۱۹/۶۶
۱۰	دره های U شکل	۱۰۴۸/۹	۵۱۸/۷۹	۸۴۰/۷۵	۱۹۷/۰۹	۲۶۰۵/۵۳

۴-۱-۳ مورفوکلیما

اقلیم منطقه جنوب غرب لرستان بطور کلی جزء ناحیه نیمه خشک ایران محسوب می شود. در واقع اقلیم منطقه هم گویای این است که نوع آب و هوا توانسته است بر تنوع سازند و اشکال متفاوت کارستی اثر بگذارد. مقایسه نوع اقلیم در هر دو حوضه رودخانه های کشکان و سیمره گویای آن است که در حوضه رودخانه کشکان تنوع اقلیمی بیشتر و در حوضه رودخانه سیمره کاهش می یابد (شکل ۶).

وجود طبقه اقلیم مرطوب و نیمه مرطوب در منتهی الیه بخش جنوبی شهرستان های پلدختر و معمولان یک عامل اثر گذار در بالا بردن وضعیت شاخص های ژئودایورسیتی در محدوده مطالعاتی به شمار می رود (جدول ۵).



شکل (۶) طبقه بندی اقلیمی محدوده مورد مطالعه به روش دمارتن

Figure (6) Climatic classification of the study area using the Demartin method

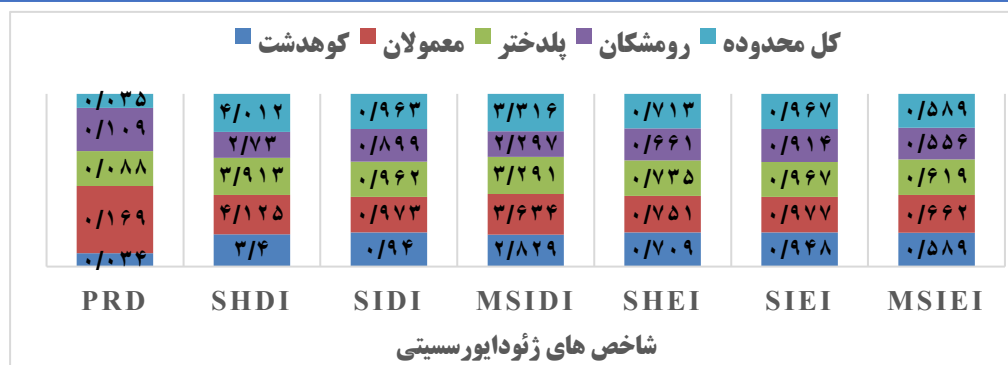
جدول (۵): مساحت طبقه بندی اقلیمی محدوده مطالعاتی به کیلومتر مربع

Table (5): Area of climatic classification of the study area in square kilometers

کل محدوده	رومشکان	پلدختر	معمولان	کوهدشت	طبقه بندی اقلیمی
۶۶۰۰/۲۸	۵۶۴/۹۳	۱۸۵۸/۳۵	۷۰۶/۲۸	۳۴۷۰/۷۲	نیمه خشک
۷۶۷/۵۵	-	۳۶۸/۵۶	۳۹۸/۹۹	-	مدیترانه ای
۱۷۲/۴۸	-	۳۱/۲۹	۱۴۱/۱۹	-	نیمه مرطوب
۲۳۱/۸۹	-	۵۲/۷۲	۱۷۹/۱۷	-	مرطوب
۵/۲۳	-	-	۵/۲۳	-	خیلی مرطوب

۴-۱-۴ شاخص های ژئودایورسیتی

(نشان داد که بالاترین میزان تراکم ناهمواری در فاکتور زمین شناسی مربوط به حوضه شهرستان PRD شاخص تراکم ناهمواری (پلدختر (۰/۰۰۵۲) و رتبه دوم شهرستان کوهدشت (۰/۰۰۳۷) است. در این حوضه ها تراکم سازندهای زمین شناسی نسبت به دو حوضه دیگر بیشتر است. با بررسی وضعیت زمین شناسی و نوع سازند در چهار شهرستان مورد مطالعه با توجه به اینکه در تنوع سازند در پلدختر ۱۰ نوع، در کوهدشت ۸ نوع، در معمولان ۶ نوع و در رومشکان هم ۶ نوع می باشد. این خود به نوعی تعیین کننده امتیاز بالای شاخص های تنوع و ناهمواری شان و سیمسون در حوضه پلدختر می باشد. چون در حوضه پلدختر فاکتور زمین شناسی به لحاظ جنس متنوع لایه های زمین شناسی از سایر حوضه ها دارای قدمت بیشتری می باشد (شکل ۷ و جدول ۶). در زمینه های فاکتور مورفوکلیما و مورفومتری به ترتیب حوضه های معمولان و رومشکان در شاخص های پنجگانه تلفیقی رتبه نخست را از سایر حوضه ها دارا می باشند (جدول ۶).



شکل (۷): نمودار شاخص های ژئودایورسیتی با استفاده از ترکیب سه شاخص مطالعاتی (زمین شناسی، اقلیماتولوژی، شاخص موقعیت توپوگرافی)
Figure (7): Diagram of geodiversity indicators using a combination of three study indicators (geology, climatology, topographic location index)

جدول (۶): شاخص های ژئودایورسیتی، شاخص ها و محدوده مطالعاتی

Table (6): Geodiversity indicators, indicators and study area

MSIEI	SIEI	SHEI	MSIDI	SIDI	SHDI	PRD	شاخص های مطالعاتی	محدوده های مطالعاتی
۰/۶۶۲	۰/۸۸۵	۰/۷۶۸	۱/۶۹۹	۰/۸۱۷	۱/۹۷۱	۰/۰۰۳۷	زمین شناسی	کوهدشت
-	-	-	-	-	-	-	کلیماتولوژی	
۰/۴۸۶	۰/۷۴۸	۰/۶۲۶	۱/۱۱۹	۰/۶۷۳	۱/۴۴۱	۰/۰۰۲۹	TPI	
۰/۵۸۹	۰/۹۴۸	۰/۷۰۹	۲/۸۲۹	۰/۹۴۰	۳/۴۰۰	۰/۰۰۳۴	ترکیب	معمولان
۰/۶۵۸	۰/۸۷۳	۰/۷۶۱	۱/۵۷۹	۰/۷۹۴	۱/۸۲۵	۰/۰۰۰۷	زمین شناسی	
۰/۶۵۸	۰/۸۱۶	۰/۷۵۴	۱/۰۵۹	۰/۶۵۳	۱/۱۲۱	۰/۰۰۳۵	کلیماتولوژی	
۰/۴۵۶	۰/۷۲۲	۰/۵۶۷	۱/۰۵۱	۰/۶۵۰	۱/۳۰۷	۰/۰۰۰۷	TPI	پلدختر
۰/۶۶۲	۰/۹۷۷	۰/۷۵۱	۳/۶۳۴	۰/۹۷۳	۴/۱۲۵	۰/۱۶۹	ترکیب	
۰/۷۹۵	۰/۹۳۹	۰/۸۷۳	۱/۹۷۵	۰/۸۶۱	۲/۱۶۹	۰/۰۰۵۲	زمین شناسی	
۰/۲۸۵	۰/۴۳۵	۰/۴۴۰	۰/۳۹۵	۰/۳۲۶	۰/۶۱۱	۰/۰۰۱۷	کلیماتولوژی	رومشکان
۰/۴۷۰	۰/۷۳۴	۰/۵۹۴	۱/۰۸۲	۰/۶۶۱	۱/۳۶۹	۰/۰۰۴۳	TPI	
۰/۶۱۹	۰/۹۶۷	۰/۷۳۵	۳/۲۹۱	۰/۹۶۲	۳/۹۱۳	۰/۰۰۸۸	ترکیب	
۰/۵۸۴	۰/۷۹۲	۰/۶۵۰	۱/۱۳۷	۰/۶۷۹	۱/۲۶۶	۰/۰۰۱۲	زمین شناسی	کل محدوده
-	-	-	-	-	-	-	کلیماتولوژی	
۰/۵۰۹	۰/۷۶۷	۰/۶۴۷	۱/۱۷۳	۰/۶۹۰	۱/۷۸۹	۰/۰۰۱۷	TPI	
۰/۵۵۶	۰/۹۱۴	۰/۶۶۱	۲/۲۹۷	۰/۸۹۹	۲/۷۳۰	۰/۰۰۱۰	ترکیب	کل محدوده
۰/۷۲۴	۰/۹۱۷	۰/۸۲۱	۱/۹۱۱	۰/۸۵۲	۲/۱۶۹	۰/۰۰۰۶	زمین شناسی	
۰/۱۹۴	۰/۳۳۵	۰/۳۴۸	۰/۳۱۲	۰/۲۶۸	۰/۵۶۱	۰/۰۰۰۶	کلیماتولوژی	
۰/۴۷۸	۰/۷۴۲	۰/۶۱۰	۱/۱۰۲	۰/۶۶۷	۱/۴۰۶	۰/۰۰۱۳	TPI	کل محدوده
۰/۵۸۹	۰/۹۶۷	۰/۷۱۳	۳/۳۱۶	۰/۹۶۳	۴/۰۱۲	۰/۰۰۳۵	ترکیب	

در مرحله پایان و ترکیب سه فاکتور زمین شناسی، مورفومتری و مورفوکلیماتیک شاخص های ناهمواری و تنوع سیمپسون و شانون به ترتیب در شهرستان های معمولان و پلدختر (حوضه رودخانه کشکان) دارای بالاترین میزان و ارزش و در شهرستان های کوهدشت و رومشکان (حوضه رودخانه سیمره) به نسبت کمتر است (جدول ۷). از طرفی دیگر به علت اینکه که شهرستان های معمولان و پلدختر (حوضه کشکان) از اقلیمی مرطوب برخوردار هستند و این مناطق از لحاظ میزان بارندگی بیشترین بارش را دارا می باشد. میزان دماهای میانگین سالانه آنها به مراتب کمتر از دو منطقه دیگر است که به نوعی باعث توسعه و گسترش تنوع مورفومتری و تنوع ناهمواری در سطح حوضه رودخانه کشکان شده است. این امر باعث شکل گیری دیواره های بسیار بلند، چشمه های متعدد، آبشارها،

دره ها و تنگه های بسیار وسیع در بخش های جنوبی محدوده شده است و همچنین منابع آبی در این سازندها به مراتب بیشتر بوده که سبب گسترش و توسعه باغات و جنگل های بسیار وسیع شده است (جدول ۶).

۴-۱-۵ شاخص های ژئودایورسیتی با استفاده از ترکیب سه شاخص مطالعاتی در جنوب غرب لرستان

ترکیب شاخص های ژئودایورسیتی؛ از ترکیب سه شاخص مطالعاتی؛ زمین شناسی، کلیماتولوژی، و توپوگرافی (TPI) بدست می آید، بدینصورت که برای هر شاخص بطور جداگانه میزان تراکم ناهمواری (PRD)، شاخص دایورسیتی شانون (SHDI)، شاخص دایورسیتی سیمپسون (SIDI)، مجموع شاخص دایورسیتی سیمپسون (MSIDI)، شاخص ناهمواری شانون (SHEI)، و شاخص ناهمواری سیمپسون (SIEI)، و مجموع شاخص ناهمواری سیمپسون محاسبه می گردد (جدول ۷).

جدول (۷) شاخص های ژئودایورسیتی با استفاده از ترکیب سه شاخص مطالعاتی در جنوب غرب لرستان

Table (7) Geodiversity indices using a combination of three study indices in southwestern Lorestan

شاخص های مطالعاتی	کوهدشت	معمولان	پلدختر	رومشکان	کل محدوده
PRD	۰/۰۳۴	۰/۱۶۹	۰/۰۸۸	۰/۱۰۹	۰/۰۳۵
SHDI	۳/۴	۴/۱۲۵	۳/۹۱۳	۲/۷۳	۴/۰۱۲
SIDI	۰/۹۴	۰/۹۷۳	۰/۹۶۲	۰/۸۹۹	۰/۹۶۳
MSIDI	۲/۸۲۹	۳/۶۳۴	۳/۲۹۱	۲/۲۹۷	۳/۳۱۶
SHEI	۰/۷۰۹	۰/۷۵۱	۰/۷۳۵	۰/۶۶۱	۰/۷۱۳
SIEI	۰/۹۴۸	۰/۹۷۷	۰/۹۶۷	۰/۹۱۴	۰/۹۶۷
MSIEI	۰/۵۸۹	۰/۶۶۲	۰/۶۱۹	۰/۵۵۶	۰/۵۸۹

۵- نتیجه گیری

مطالعه کمی ژئودایورسیتی درک تنوع را در هر واحد بالا می برد و تشخیص نقش عوامل مختلف و درجه اهمیت آن ها را امکان پذیر می سازد، از آنجایی که زمین شناسان در طول سالهای متمادی در پی شناخت بیشتر زمین و دسترسی به اطلاعات و رفع ابهامات آن بوده اند، از ژئودایورسیتی غافل بوده و ارزش چندانی برای بررسی گوناگونی زمین شناختی قائل نبودند. با بررسی جهان از منظر گوناگونی زمین شناختی می توان به درک بهتری از منابع طبیعی زمین رسید. در این پژوهش به بررسی چهار زیر حوضه شهرستانهای کوهدشت و رومشکان، پلدختر و معمولان بر اساس معیارهای زمین شناسی، مورفومتریک، و اقلیمی اقدام گردید و شاخص های ژئودایورسیتی (بنیتو کالوو ۲۰۰۹) با تاکید بر کارست برای هر کدام از آنها محاسبه شد. نتایج حاصل از شاخص های اعمال شده در هر چهار حوضه نشان داده که با بررسی وضعیت زمین شناسی و نوع سازند در چهار حوضه مورد مطالعه با توجه به اینکه تنوع سازند در حوضه های، پلدختر ۱۰ نوع، کوهدشت ۸ نوع، معمولان ۶ نوع، و در رومشکان هم ۶ نوع می باشد این خود به نوعی تعیین کننده امتیاز بالای شاخص های

تنوع و ناهمواری شانون و سیمسون در حوضه پلدختر می باشد چون در حوضه پلدختر فاکتور زمین شناسی به لحاظ قدمت و جنس متنوع لایه های زمین شناسی از سایر حوضه ها بیشتر می باشد. در فاکتور مورفومتریکی و لایه نهایی ژئودایورسیتی بالاترین ارزش مربوط به حوضه معمولان می باشد. در این حوضه که میزان شاخص های ناهمواری سیمپسون و شانون برای تیپ های ژئومورفیک به ترتیب ۰/۹۷۷ و ۰/۷۵۱ تعیین شد. تحلیل اعداد نشان می دهد که هتروژنی توپوگرافیک خیلی بالا و ترکیب کلاس های ناهمواری از قبیل شیب، ارتفاع، و غیره هم زیادند و هم تقریباً یکنواخت توزیع شده اند. میزان دایورسیتی سیمپسون و شانون برای تیپ های ژئومورفیک به ترتیب ۰/۹۷۳ و ۴/۱۲۵ مشخص گردید که در این تفسیر از دید سیمپسون، غلبه یک تیپ خاص نداریم و تنوع بالاست. عدد موثر شانون با تنوع زیاد ولی معقول تر سازگار است. مقایسه این پژوهش با مطالعات پیشین نشان داد که شاخص های دایورسیتی شانون و سیمپسون در جنوبغرب لرستان نسبت به مقادیر گزارش شده در پژوهش های گلی مختاری و همکاران (۱۴۰۲) و اسدی زنگنه و همکاران (۱۴۰۳) بطور معنی داری بالاتر است و بیانگر غنای بیشتر اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه می باشد. در مقابل شاخص های ناهمواری شانون و سیمپسون در این پژوهش در مقایسه با مقاله گلی مختاری و همکاران (۱۴۰۲) تفاوت چندانی نداشته، اما نسبت به اسدی زنگنه پائین تر است. همخوانی نتایج این مطالعه با گزارش قهرودی تالی و همکاران (۲۰۲۲) جایگاه منطقه را در محدوده تنوع بالای ژئودایورسیتی تأیید می کند. اختلاف مشاهده شده می تواند ناشی از تفاوت در مقیاس مکانی و روش های طبقه بندی اشکال زمین باشد. با این حال می توان گفت که با بررسی جهان از منظر گوناگونی زمین شناختی می توان به درک بهتری از منابع طبیعی زمین رسید. به رغم اهمیت تنوع زمین شناختی در ابعاد مختلف، این پدیده متأثر از فعالیتهای انسانی در معرض تهدید است. بنابراین نیاز به حفاظت از گوناگونی زمین شناختی احساس می شود و این مهم خود برای توسعه ژئوتوریسم ضروری است اهداف و شیوه های حفاظتی باید عناصر مختلف تنوع زمین شناختی را در نظر داشته باشد و متناسب با نوع ژئوسایت ها برنامه ریزی مناسب انجام شود. مدیریت در ژئوتوریسم و فعالیتهای تفریحی مرتبط و همچنین ژئوپارکها نیز اغلب به نوع گوناگونی زمین شناختی بستگی دارد.

References

- Ahmadipour, M. R. (1999). Groundwater in Lorestan Karst, First Iranian Conference on Engineering Geology and Environment, P.1. (In Persian).
- Alai Taleghani, M. (2012). Geomorphology of Iran. Qoms Publishing, National Bibliography No. 1795255, 7th edition. pp. 155-165. (In Persian).
- Asadi Zanganeh, M. A., Shafiei, N., Zandi, R. (2024). Geodiversity Assessment and Land Protection of Arjan International Wetland Watershed Using GIS and Fragstates Softward. Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences, 11(4), 105-125. (In Persian).
- Barancokova, M., Hutarova, D., Nikolaj, M. (2023). Quantitative Assessment of Geodiversity for Conservation Purposes in Slovenské rudohorie Mountains (Slovakia). 12, 1650. doi.org/10.3390.land12091650.
- Bátori, Z., Vojtkó, A., Keppel, G., Tölgyesi, C., Carni, A., Zorn, M., Farkas, T., Erdos, L., Kiss, P.J., Módra, G. (2020). Anthropogenic disturbances alter the conservation value of karst dolines. Biodiversity and Conservation, 29, 503–525. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01896-4>.
- Bazgir, F., Aliyari, H., Shahrokhondi, S. M., Behnampour, H., Basati, Q., Esmail Zadeh, H., Naqdi Chegini, A. (2014). provincial Geology of Lorestan. Third Edition. (In Persian).
- Benito Calvo, A., Pérez-González, A., Magriand, O., Meza, P. (2009). Assessing regional geodiversity the Iberian Peninsula. Earth Surface Processes and Landforms, 34, 1433-1445.
- Brilha, J., Gray, M., Pereira, D.I., & Pereira, P. (2018). Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. Environmental Science and Policy, 86, 19–28. [doi: 10.1016/j.envsci.2018.05.001](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001).

- Crisp, J.R.A., Ellison, J.C., Fischer, A. (2021). Current trends and future directions in quantitative geodiversity assessment Prog. Phys. Geogr., 45, 514-540, doi:10.1177.0309133320967219.
- Dickson, B., and P, Beier. (2006). Quantifying the influence of topographic position on cougar (Puma concolor) movement in Southern California, USA, The Zoological Society of London. Journal of Zoology, doi: 10.1111.j.1469-7998.2006.00215.
- Esmaili, R. Khoshkho, P. (2023). Geodiversity Sensitivity Assessment in Babolrood Watershed, Mazandaran Province, Quantitative Geomorphology Research, 12, (3), 201-185. (In Persian).
- Fox, n., Graham, L., Eigenbrod, F., Bullock, J., Parks, K. (2022). Geodiversity Supports Cultural Ecosystem Services: An Assessment Using Social Media. Geoheritage, pp. 14-27. doi:10.1007.s.12371-022-00665-0.
- Ghahroudi Talia, M., Heidary, M. (2022). Investigation of geodiversity in Lar basin, northern Iran; Journal of Sustainable Earth Review 2(1).
- Ghahrudi Tali, M., Ali Nouri, D., Farjadi Nia, S. (2022). Application of geodiversity in environmental management (case study: Karaj Dam upstream basin) Quantitative Geomorphology Research, 10, (4), 1-17.
- Ghobadi, M. H., Amiri, M. (2018). Evaluation of karst development based on lithological, morphological and structural characteristics in the Hassan Abad area of Qale Bozi Mobarakeh, Isfahan. 11th National Conference, Specialized in Geology, Payam Noor University, Qom. (In Persian).
- Goli Mokhtari, L., AmirAhmadi, A., Zandi, R., Ganjinia, M. (2023). Analysis of terrestrial diversity (geodiversity) in the Binalood Mountains, 14, (52), 41-24. (In Persian).
- Goli Mokhtari, L., Negahban, S., Shafiei, N. (2018). Comparative analysis of geodiversity (geological diversity) in the northwestern basins of Fars province, Quantitative Geomorphology Research, 7, (3), 163-151. (In Persian).
- Gordon, J.E., Tormey, D., Wignall, R., Brazier, V., Crofts, R. (2022). Climate change will challenge the management of geoheritage in protected and conserved areas Park. Steward. Forum, 38, 10.5070.P538156119.
- Guerini, M., Mantovani, A., Bux Khoso, R., Giardino, M.(2024). Exploring the Correlation between Geoheritage and Geodiversity through Comprehensive Mapping: A Study within the Sesia Val Grande UNESCO Global Geopark (NW Italy), Geomorphology, 416(15).
- Hjort, J., Luoto, M. (2012) Can geodiversity be predicted from space? Geomorphology, its geomorphic constraints: A case study in Kuwait, International Journal of Geoheritage and Parks, 13(1),17-30. doi.org.10.1016.j.ijgeop.2025.01.002.
- Iranian Land Affairs Organization (2025). Land Affairs of Lorestan Province. (In Persian).
- Jadari Eyvazi, J. (1995). Geomorphology of Iran. Textbook Publication Series: Payam Noor University Publications, First Edition.(In Persian).
- Jamshidi, A. (2022). Positive and negative consequences of the karst phenomenon in Lorestan province, 41st National Conference of Earth Sciences. Tehran. (In Persian).
- Jenness, J. (2011). Topographic position index. Version 1.3a. (accessed November 2009) Jenness Enterprises. Web Site: <http://www.jennessent.com>.
- Karami, F., Mokhtari, D., Ahmadi, F (2023) The role of landforms and lithology in the rate of soil erosion in the Zenozchay watershed. Journal of Hydrogeomorphology. 10, (37), 1-24. (In Persian).
- Kazemi. M. (2012). Investigation of factors affecting the evolution of karst geomorphology in Mount Gamasyab with emphasis on the Lapieh evolution (south of Nahavand). Geographic Quarterly of the Land, 9, (33), 91. (In Persian).
- Kienle, D., Walentowitz, A., Sungur, L., Chiarucci, A., Irl, S., Jentsch, A., Vetaas, O., Field, R., and Beierkuhnlein, C. (2021). Geodiversity and Biodiversity on a Volcanic Island: The Role of Scattered Phonolites for Plant Diversity and Reproductive Fitness, Biogeosciences Journal, doi: 10.1111.j.1469-7998.2006.00215, p.1691.
- Luca, P., Veronica, Z., Mariangela, P., Serena, L., Mario, P.(2022). Assessing Karst Landscape Degradation: A Case Study in Southern Italy,p.2. <https://doi.org.10.3390/land11101842>.

- Maghsoudi, M., Sharafi, S., Kamrani, P. (2022). Geodiversity Sensitivity Assessment at Regional Scale (Case Study: Lorestan Province), *Geomorphic Environments, Heritages and Terrestrial Diversity*; 9th National Conference of the Iranian Society of Geomorphology, University of Tehran. (In Persian).
- Makram, M., Negahban, S. (2014). Classification of landforms using the Topographic Position Index (TPI) (Case study: Southern region of Darab County) *Quarterly Journal of Geographic Information Research*, Sepehr, 23(92), 57-65. (In Persian).
- Maqsoudi, M., Mohammad Khan, S., Sharafi, S., Kamrani, P. (2023). Geodiversity assessment using qualitative-quantitative index (GI) (Case study: Lorestan province) *Quantitative Geomorphology Research*, 12(2), 1-2. (In Persian).
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., and Ene, E. (2002). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. *Land*, 11(10), 1842. doi.org/10.3390/land11101842.
- Meteorological Organization of the Islamic Republic of Iran. (2025) General Meteorological Department of Lorestan Province. (In Persian).
- 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>.
- Moghim, E., Rahimi Harabadi, S., Hodai Arani, M., Alizadeh, M., Aroji, H. (2012). Geomorphotourism and the feasibility of road geomorphosites using the Perry-Yara method; Case study: Qom-Kashan Freeway. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 12 (27), 14. (In Persian).
- Mokhtari, D., Rezaei Moghadam, M. H., Dartaj, D. (2024). Analysis of the impact of tectono-karst activities on the formation of transverse valleys of Zagros: in the area of Avuz to Kermestaj, Fars Province. *Hydrogeomorphology*, 11, (38), 97-8. (In Persian).
- Nabavi, M. H (1996). A Preface to the Geology of Iran. Tehran, Publications of the Geological Organization of Iran, 14-31. (In Persian).
- Pisano, L., Zumpano, V., Pepe, M., Serena, L., I. Parise, M. (2022). Assessing Karst Landscape Degradation: A Case Study in Southern Italy. *Land*, 11, (1842), 2- 18. <https://doi.org/10.3390/land11101842>.
- Rong, Tianyu., Shuting, Xu., Yayan, Lu., Yanjun, Tong., Zhaoping, Yang. (2023). Quantitative Assessment of Spatial Pattern of Geodiversity in the Tibetan Plateau. *Sustainability*, 15, 299. <https://doi.org/10.3390/su15010299>, p.1.
- Ruban, D. (2017). Geodiversity as a precious national resource: A note on the role of geoparks, *Resources Policy*, 53, 103-108.
- Salehi Pourmilani, A., Rafiei, R., Sadouq, S. H. (2023). Application of landscape metrics in the assessment of geomorphological diversity of desert areas, case study: Playa Masileh. *Journal of Geographical Spatial Planning*, 13, (4), 85-102. (In Persian).
- Sarli, R., Mousavi, M., Khodadad, M. (2018). Detecting changes in land use and vegetation cover in Pol-e Dokhtar County using Landsat satellite images. *Environmental Studies Journal*, 26. (In Persian).
- Weiss, A. (2001). Topographic Position and Landforms Analysis. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, C.
- YarAhmadi, D., Beiranvand, H. (2014) *Physical Geography of Lorestan*, Khorramabad- Lorestan University, 246 pages, (In Persian).