Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Identification and evaluation of karst geomorphosites of Zanjan province using Nickolas and Fassoulas models

Fariba Esfandyari Darabad[1]✉, **Behrouz Nezafat Takleh**[2],

1. Corresponding Author, Professor of Geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: esfandyari@uma.ac.ir
2. Phd student of geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili. E-mail: behrouznezafat75@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 30 August 2025
Revised: 12 November 2025
Accepted: 11 December 2025
Published: 29 July 2026

Keywords:
Geosite,
Karst Geomorphosites,
Zanjan Province,
Fassoulas Model,
Nickolas Model.

ABSTRACT

Objective: Geomorphosites are defined as parts of the Earth that have special geological or geomorphological significance that have acquired scientific, cultural-historical, aesthetic, or socio-economic value due to human understanding or exploitation. The aim of the present study is to identify and evaluate karst geomorphosites in Zanjan province using the Nicholas and Facilus models.

Methods: The method of this study is descriptive-analytical-applied and to evaluate the study areas, the Nickolas model, which examines geomorphosites in three criteria: scientific and educational value, potential threats, and conservation needs and usability, and the Fassoulas model, which evaluates geosites using scientific, tourism, and conservation value criteria, were used.

Results: The results show that in the Nicholas model, the karst geomorphosite of Katalekhor Cave has the highest score and has the highest geotourism value with a total score of 5.67; the geosite of Panjeh Ali Mountain and Cheshmeh Karsof are in the next ranks with a score of 5.54 and 5.52, respectively. Also, according to the results of the Fassoulas model, Katalekhor Cave has the highest geotourism potential in the region with a score of 55.59, and Dodekesh Jen with a score of 27.52 is in the second rank and Cheshmeh Karsof is in the next rank with a score of 33.50.

Conclusions: Therefore, it is concluded that among the studied karst areas, the geomorphosites of Katalekhor Cave, Cheshmeh Karsef and Dodkash Jen and Mount Panjeh Ali are introduced as the top geomorphosites of the region with potential geotourism potential. Finally, it is suggested that future studies use artificial intelligence tools and modern geotourism models to identify the geotourism potential of regions and attract domestic and foreign tourists.

Cite this article: Esfandyari Darabad, F., & Nezafat Takleh, B. (2026). Identification and evaluation of karst geomorphosites of Zanjan province using Nickolas and Fassoulas models. *Journal of Geography and Planning*, 30(97), 339-359. http//doi.org/10.22034/gp.2025.68901.3447

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/gp.2025.68901.3447

Introduction

Geotourism is a type of nature-based tourism of landscapes and landforms that emphasizes the sustainable use of geosites, including geomorphosites (Tamang et al., 2023).Geomorphosite (geomorphic sites) is a relatively new concept in geotourism science that has a conceptual fit with geomorphological heritage. Geomorphological heritage is widespread on the Earth's surface and includes various dimensions of mechanisms of forms and processes; which other tourist attractions such as cultural, historical, religious, etc. in a complementary role, along with geological and biological diversity, can add to its capabilities and values. In this framework, geomorphosite is considered as a bridge between scientific research, cultural composition and integration, artistic features and signs. (Loughry et al., 2011). Among geomorphosite types, karst landscapes represent one of the most widespread landform types, covering approximately 2.13% of the Earth's surface area (Goldscheider et al., 2020). Zanjan province, as one of the provinces of Iran, despite having numerous geomorphological attractions, has very important karst areas, but it does not perform significantly in the field of tourism and geotourism attraction. The aim of the present study is to first identify the potential karst geomorphosites of Zanjan province and then, using the Nicholas and Facilus models, evaluate the geotourism capacities of the studied areas and analyze their impact on tourism attraction and sustainable tourism development.

Materials and Methods

The present study is applied in terms of purpose and the nature of the data is quantitative and qualitative. In this study, karst geomorphosites of the study areas were first identified and geosites that had high tourism potential were selected. In the next stage, two methods of evaluating the geotourism areas of Fassoulas and Nickolas were used to evaluate the study areas. According to the criteria of these models, a questionnaire was prepared and distributed among tourism industry experts and visitors to the region. The final results were collected and used in this study. In this study, 1:50,000 topographic maps and 1:10,000 geological maps were also used, and Arcgis, Google Earth, and Excel were used for data analysis.

Results

Results of the Nickolas Model

According to the results obtained, it can be said that the karst geomorphosite of Katalekhor Cave has the highest score in all three sub-indices of the Nicholas Model and has the highest geotourism value with a total score of 5.67. The geomorphosite of Mount Panjeh Ali is also in second place with a score of 5.54. The geomorphosite of Cheshmeh Karsef is also in third place with a score of 5.52. In contrast, the lowest geotourism value is related to the geomorphosite of Goljik Cave, which has received the lowest score in all sub-indices.

Results of the Fassoulas Model

According to the results obtained from the Fassoulas model, it can be said that the three geomorphosites of Katalekhor Cave, Dodaksh Jen, and Cheshmeh Karsef have the highest scores in most evaluation criteria and have a high value compared to other studied areas; therefore, they have a high potential to attract national and international tourists and contribute to the development of geotourism in the region.

Conclusion

Studies clearly show that Katalekhor Cave, ranked first among the karst areas of Zanjan Province, has extraordinary and unparalleled geotourism potential. Therefore, investing in infrastructure development and further introducing this geological masterpiece can turn Katalekhor Cave into one of the main sustainable tourism destinations at the national and international levels and play a significant role in promoting environmental and economic awareness in the region. Research also shows that Cheshmeh Karsof, ranked second among the karst areas of Zanjan Province, has significant geotourism and natural potential. Also, according to the results obtained, Panjeh Ali Mountain and Dodeksh Jen, ranked third among the karst areas of Zanjan Province, have significant geotourism potential. These two areas, each with their own unique characteristics, offer a treasure trove of natural and cultural attractions. For optimal exploitation and responsible protection of these natural assets, it is essential to implement the following strategies: 1. Management integration and the creation of geoparks, 2. Development of sustainable and smart infrastructure, 3. Comprehensive geological education and interpretation programs, 4. Science-based environmental monitoring and protection.

Keywords: Geosite, Karst Geomorphosites, Zanjan Province, Fassoulas Model, Nickolas Model.

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۸۰۷۸ شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۵۳۴
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی استان زنجان با استفاده از مدل‌های نیکولاس و فاسولاس[1]

فریبا اسفندیاری درآباد[1]✉، بهروز نظافت تکله[2]

۱. نویسنده مسئول، استاد ژئومورفولوژی ، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: esfandyari@uma.ac.ir
۲.دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: behrouznezafat75@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷

کلیدواژه‌ها:
ژئوسایت،
ژئومورفوسایت‌های کارستی،
استان زنجان،
مدل فاسولاس،
مدل نیکولاس.

چکیده

هدف: ژئومورفوسایت‌ها به‌عنوان بخش‌هایی از کره زمین تعریف می‌شوند که اهمیت ویژه‌ای از لحاظ زمین‌شناسی یا ژئومورفولوژیکی دارند که به دلیل درک یا بهره‌برداری انسان، ارزش علمی، فرهنگی_تاریخی، زیبایی‌شناختی و یا اجتماعی–اقتصادی کسب کرده‌اند. هدف از پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی استان زنجان با استفاده از مدل‌های نیکولاس و فاسولاس می‌باشد.

روش پژوهش: روش این پژوهش توصیفی–تحلیلی–کاربردی بوده و برای ارزیابی مناطق مود مطالعه از مدل نیکولاس که ژئومورفوسایت‌ها را در سه معیار ارزش علمی و آموزشی، تهدیدهای بالقوه و نیازهای حفاظتی و قابلیت استفاده مورد بررسی قرار می‌دهد؛ و همچنین مدل فاسولاس که ژئوسایت‌ها را با استفاده از معیارهای ارزش علمی، گردشگری و حفاظتی می‌سنجد؛ استفاده شده است.

نتایج: نتایج نشان می‌دهد که در مدل نیکولاس ژئومورفوسایت کارستی غار کتله خور، دارای بالاترین امتیاز بوده و با مجموع امتیاز ۶۷/۵ بیش‌ترین ارزش ژئوتوریسمی را به خود اختصاص داده است؛ ژئوسایت کوه پنجه علی و چشمه کرسف نیز به ترتیب با مقدار امتیاز ۵۴/۵ و ۵۲/۵ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین با توجه به نتایج مدل فاسولاس غار کتله خور با امتیاز ۵۹/۵۵ دارای رتبه برتر پتانسیل ژئوتوریستی در منطقه بوده و دودکش جن با امتیاز ۵۲/۲۷ در رتبه دوم و چشمه کرسف با امتیاز ۵۰/۳۳ در رتبه بعدی قرار دارد.

نتیجه‌گیری: بنابراین نتیجه گیری می‌گردد در بین مناطق کارستی موردمطالعه ژئوسایت‌های غار کتله خور، چشمه کرسف و دودکش جن و کوه پنجه علی به‌عنوان ژئومورفوسایت‌های برتر منطقه با پتانسیل‌های بالقوه ژئوتوریستی معرفی می‌گردند. درنهایت پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از ابزارهای هوش مصنوعی و مدل‌های ژئوتوریسمی نوین جهت شناساندن پتانسیل‌های ژئوتوریستی مناطق و جذب گردشگران داخلی و خارجی استفاده گردد.

استناد: اسفندیاری درآباد، فریبا و نظافت تکله، بهروز (۱۴۰۵). شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی استان زنجان با استفاده از مدل‌های نیکولاس و فاسولاس. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۳۰ (۹۷)، ۳۳۹-۳۵۹.
http//doi.org/10.22034/gp.2025.68901.3447

ناشر: دانشگاه تبریز.
© نویسندگان.

۱. مقاله مستخرج از طرح پژوهشی نوع یک است که با حمایت دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است.

مقدمه

ژئوتوریسم نوعی گردشگری مبتنی بر طبیعت از منظر و اشکال زمین است که بر استفاده پایدار از ژئوسایت‌ها، ازجمله ژئومورفوسایت‌ها، تأکید دارد (تامانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۳). اشکال زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی از دیدگاه انسانی دارای ارزش علمی، زیبایی‌شناختی، فرهنگی و اقتصادی هستند و به‌عنوان ژئومورفوسایت در نظر گرفته می‌شوند (فراندو[2] و همکاران، ۲۰۲۵). ژئومورفوسایت (مکان‌های ژئومورفیک) مفهومی نسبتاً جدید در دانش ژئوتوریسم محسوب می‌شود که به نوعی تناسب مفهومی با میراث ژئومورفولوژیکی دارد. میراث ژئومورفولوژیک در سطح زمین گسترده شده است و ابعاد متنوعی از مکانیزم فرم‌ها و فرایندها را دربرمی‌گیرد؛ که سایر جاذبه‌های گردشگری از قبیل فرهنگی، تاریخی، مذهبی و... در نقش مکمل، به همراه تنوع زمین‌شناختی و زیستی، می‌تواند بر توانمندی و ارزش‌های آن بیفزاید. دراین چارچوب، ژئومورفوسایت به‌عنوان پلی بین تحقیق علمی، ترکیب و یکپارچگی فرهنگی، ویژگی‌ها و نشانه‌های هنری محسوب می‌شود. (لوگری[3] و همکاران، ۲۰۱۱). ژئومورفوسایت‌ها، یعنی ژئوسایت‌هایی که از نظر ژئومورفولوژیکی مورد توجه هستند، تنوع مکانی زیادی دارند. میراث ژئومورفولوژیکی در تمام مقیاس‌ها قابل مشاهده است، بنابراین مساحت یک ژئومورفوسایت ممکن است شامل یک لندفرم واحد، گروه‌هایی از لندفرم‌ها، تا بخش‌های بزرگتری از یک چشم‌انداز باشد (فراندو و همکاران، ۲۰۲۵). به عبارت دیگر میراث ژئومورفولوژیکی شامل هرگونه لندفرم، سیستم‌های لندفرم و فرآیندهایی است که بخشی از ناهمواری‌های زمین هستند و دارای اهمیت طبیعی، زیبایی‌شناختی یا فرهنگی در نظر گرفته می‌شوند. این ویژگی‌ها میراثی محسوب می‌شوند که باید برای نسل‌های آینده محافظت و نگهداری شوند (سرانو[4] و همکاران، ۲۰۲۵). ژئومورفوسایت‌ها لندفرم‌های ژئومورفولوژی هستند که به واسطه آگاهی و بهره‌جویی انسان، یک ارزش علمی، تاریخی–فرهنگی، زیبایی شناختی و یا اجتماعی–اقتصادی پیداکرده‌اند. آن‌ها ممکن است به صورت منفرد و یا چشم‌اندازهای گسترده‌تر وجود داشته باشند و امکان دارد به واسطه اثرات فعالیت‌های انسانی تغییر یافته، آسیب دیده و یا حتی تخریب شوند (رینارد و همکاران، ۲۰۰۵). در میان انواع مختلف ژئوسایت‌ها، ژئومورفوسایت‌ها (یعنی ژئوسایت‌های مورد توجه ژئومورفولوژیکی) ویژگی‌های خاصی دارند که آن‌ها را از سایرین متمایز می‌کند (رینارد، ۲۰۰۹ ؛ کوراتزا و هوبلیا[5]، ۲۰۱۸). این ویژگی‌ها سه‌گانه هستند: ۱) بعد زیبایی‌شناختی، که به موجب آن ژئومورفوسایت‌ها علاوه بر ارزش علمی، ارزش زیبایی‌شناختی غالبی نیز دارند؛ ۲) بعد پویا، زیرا ژئومورفوسایت‌ها فرآیندهایی را نشان می‌دهند که در حال حاضر سطح زمین را شکل می‌دهند؛ ۳) همپوشانی مقیاس‌ها، زیرا میراث ژئومورفولوژیکی در مقیاس‌های مختلف، از یک لندفرم واحد تا کل چشم‌انداز، قابل مشاهده است (گراندگیرارد[6]، ۱۹۹۷؛ بوسارد[7] و رینارد، ۲۰۲۲). در مورد بُعد پویا، ژئومورفوسایت‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) ژئومورفوسایت‌های فعال، که در آن‌ها فرآیند فعال همان فرآیندی است که ژئومورفوسایت را تولید و مدل‌سازی کرده است، ۲) ژئومورفوسایت‌های غیرفعال، که در گذشته توسط فرآیندهایی ایجاد شده‌اند که دیگر فعال نیستند و در حال حاضر توسط فرآیندهای دیگر مدل‌سازی می‌شوند (رینارد، ۲۰۰۴؛ کوراتزا و هوبلیا، ۲۰۱۸). در مورد ژئومورفوسایت‌های فعال، اغلب توجه اصلی به خود فرآیند فعال است و نه لندفرم‌های مرتبط با آن. در مقابل، در ژئومورفوسایت‌های غیرفعال، توجه به لندفرم‌های باقی‌مانده است و فرآیندهای فعال فعلی در تخریب آن‌ها نقش دارند و عاملی برای تخریب محسوب می‌شوند (پلفینی و بولاتی[8]، ۲۰۱۴). فهرست‌برداری و ارزیابی ژئوسایت‌ها نقش بسیار مهمی در برجسته‌سازی پتانسیل‌های علمی، ژئوتوریستی و ژئوآموزشی و هم‌چنین توانایی شناسایی هرگونه بحران و آسیب‌پذیری میراث زمین‌شناسی یک قلمرو ایفا می‌کند. در یک ژئوپارک، این فعالیت‌های ارزیابی هم‌چنین برای توسعه استراتژی‌ها و سیاست‌های مدیریت زمین بسیار مهم هستند که نه‌تنها نیاز به حفاظت از

1. Tamang
2. Ferrando
3. Lugeri
4. Serrano
5. Coratza & Hobléa
6. Grandgirard
7. Bussard
8. Pelfini & Bollati

میراث زمین‌شناسی و طبیعی را برآورده می‌کنند، بلکه توسعه اقتصادی پایدار منطقه و جوامع محلی را نیز ارتقا می‌دهند (مارسکوتی[1] و همکاران، ۲۰۲۲). در میان انواع ژئومورفوسایت‌ها مناظر کارستی یکی از گسترده‌ترین انواع شکل‌های زمین را نشان می‌دهند که تقریباً ۱۳/۲ درصد از مساحت زمین را پوشش می‌دهند (گلدشیدر[2] و همکاران، ۲۰۲۰). این مناطق به‌عنوان مناطقی با ویژگی‌های جذاب زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی، بخش مهم و جدایی‌ناپذیری از میراث زمین‌شناسی هستند. آن‌ها پتانسیل گردشگری عظیمی دارند و می‌توانند برای توسعه ژئوتوریسم مورد استفاده قرار گیرند (الکساندر[3] و همکاران، ۲۰۱۹). مناطق کارستی به همان اندازه که زیبا هستند، پیچیده نیز هستند. معمولاً به خاطر سازندهای زیرزمینی و ساختارهای چشم‌انداز سطحی منحصر به فرد و نقش مهم آن‌ها به‌عنوان منابع آب پاک، ارزش اقتصادی و اهمیت باستان‌شناسی و دیرینه‌شناسی مرتبط شناخته می‌شوند (اوانگلیستا و تراواسوس[4]، ۲۰۱۹).

کشور ایران دارای ژئومورفوسایت‌های متنوع، جذاب و منحصر به فرد در مناطق کارستیک است؛ اما در زمینه‌ی ارزیابی قابلیت ژئومورفوسایت‌ها و جنبه‌های مدیریتی، حفاظت و پایداری آن، روند نظام‌واری وجود ندارد. بنابراین ارائه‌ی روش‌های جامع ارزیابی در توسعه‌ی ارزش‌های علمی، فرهنگی، آموزشی، اقتصادی، زیبایی‌شناسی و... مبتنی بر پایداری و حفاظت میراث و مناطق ژئومورفیک، فرایندی ضروری است. به عبارت دیگر چشم‌اندازهای کارستی به‌ویژه غارها دارای ارزش‌های متعددی هستند. در عین حال این نواحی همچون چشم‌اندازهای ساحلی، حساسیت بالایی دارند و مدیریت حفاظتی آن‌ها بسیار ضروری است (خوش رفتار، ۱۳۸۹). استان زنجان نیز به‌عنوان یکی از استان‌های کشور ایران از این قاعده مستثنی نبوده و علی رغم داشتن جاذبه‌های متعدد ژئومورفولوژیکی، دارای مناطق کارستی بسیار مهمی است اما در زمینه‌ی گردشگری و جذب ژئوتوریسم عملکرد قابل توجهی ندارد. هدف از پژوهش حاضر این است که ابتدا ژئومورفوسایت‌های کارستی بالقوه استان زنجان شناسایی گردد و سپس با استفاده از مدل‌های نیکولاس و فاسولاس، ظرفیت‌های ژئوتوریسمی مناطق موردمطالعه ارزیابی و تاثیر آن‌ها در جذب توریسم و هم‌چنین توسعه پایدار گردشگری مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت پتانسیل‌های ژئوتوریسمی به‌ویژه در مناطق کارستی، مطالعات متعددی پیرامون پژوهش حاضر در داخل و خارج از ایران صورت گرفته است که در ذیل به برخی از آن‌ها به طور مختصر اشاره می‌گردد.

۱. مطالعات داخلی

صالحی و همکاران (۱۳۹۵)، به ارزیابی ژئوسایت‌های گردشگری روستاهای بخش چهاردانگه شهرستان ساری با استفاده از روش فاسولاس و نیکولاس پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد از میان ژئوسایت‌ها، چشمه‌های باداب سورت بیش‌ترین امتیاز را کسب کرده است؛ و بخش چهاردانگه به شناسایی و سرمایه‌گذاری‌های عمرانی در توسعه پایدار گردشگری و برنامه‌ریزی جامع برای حفظ و نگهداری محوطه‌ها نیاز دارد و باید علاوه بر ارزش‌های علمی و زمین‌شناختی منطقه نیازهای حفاظتی و قابلیت‌های کاربردی هر ژئومورفوسایت مدنظر قرار گیرد. شایان و همکاران (۱۳۹۵)، به ارزیابی و مدیریت جامع ژئومورفوسایت‌های کارستیک با استفاده از تلفیق مدل‌های ارزیابی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر استعداد بالای ابعاد علمی و دانش ژئومورفولوژی با کسب مجموع امتیاز ۵۱/۵ (ازحداکثر۶۰) است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۷)، به شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی شهرستان پلدختر– استان لرستان با استفاده از مدل تلفیقی کوبالیکوا و کرچنر پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد غار کلماکره، غار کوگان و منطقه کول چپ بیش‌ترین امتیاز را کسب نموده و مهم‌ترین ژئومورفوسایت‌های کارستی شهرستان پلدختر محسوب می‌شوند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۸)، به شناسایی و ارزیابی پیش

1. Marescotti
2. Goldscheider
3. Aleksandar
4. Evangelista & Travassos

ژئوسایت‌های استان زنجان و ارزیابی تأثیر آن بر توسعه گردشگری پایدار با استفاده ار روش‌های زوروس و کوبالیکوا پرداختند. نتایج حاصل از پژهش آن‌ها بیانگر این است که غار کتله خور و کوه‌های رنگی آلاداغ لار در هر دو روش دارای بالاترین ارزش است. پروین (۱۳۹۸)، در پژوهشی تحت عنوان شناخت و ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها براساس روش‌های پارامتریک کمی و کیفیت علمی ژئومورسایت‌های انتخابی شهرستان گیلان‌غرب دارای توان مناسب در ژئوتوریسم است؛ به عبارتی، ژئومورفوسایت‌های منطقه از نظر کیفیت ذاتی دارای شرایط مطلوب هستند و تنها در برنامه‌های حفاظتی، تبلیغاتی و زیرساخت با کاستی روبرو می‌باشند. ویسی و احمدی (۱۳۹۹)، به بررسی مقایسه‌ای ژئومورفوسایت‌های کارستی استان کرمانشاه با استفاده از مدل‌های GAM و M-GAM پرداختند. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که گنجاندن نظر گردشگران در مدل اصلاح‌شده ژئومورفوسایت‌ها یک تصویر واقع‌بینانه و روشن‌تر به دست می‌دهد که می‌تواند در بهبود و برنامه‌ریزی فعالیت‌های گردشگری ژئوسایت‌های استان مفید واقع شود. نجفی و احمدی دهرشید (۱۴۰۲)، به ارزیابی پتانسیل گردشگری شهرستان دهگلان با تأکید بر جاذبه‌های ژئوتوریسمی، با استفاده از مدل‌های کوبالیکوا و کومانسکو پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که کوه سرمه‌لی و کوه شیدا در هر دو مدل دارای بالاترین امتیاز بوده است؛ بنابراین برای مقابله با ضعف و تهدیدهای آن، راهکارها و راهبردهایی ازجمله، ایجاد امکانات رفاهی–تفریحی و گسترش و توسعه حمل‌ونقل درون‌شهری؛ ایجاد مشوق‌هایی برای تشویق سرمایه‌گذاران دولتی و خصوصی به سرمایه‌گذاری در بخش گردشگری شهرستان توسط دولت پیشنهاد دادند. لقمان‌نیا و همکاران (۱۴۰۳)، به ارزیابی پتانسیل ژئوتوریسمی چشمه کارستی تاپ تاپان با استفاده از مقایسه روش‌های کوبالیکوا و سرانو گونزالز–تروبا پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شاخص زایش در روش سرانو گونزالز بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است و هم‌چنین شاخص چشم‌اندازها و زیبایی ظاهری هم در هر دو روش ارزش بالایی را به خود اختصاص دادند و هم‌چنین جنبه فرهنگی، علمی و آموزشی آن‌ها نیز از ارزش نسبتا خوبی برخوردار بود. فتحعلی‌زاده و همکاران (۱۴۰۳)، به ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی اشکال کارستی با استفاده از روش رینارد پرداختند. براساس نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها، از لحاظ توانمندی ژئوتوریستی پدیده‌های موردبررسی منطقه به ترتیب تراورتن‌ها، چشمه‌ها و غارها در سه معیار ارزیابی (ارزش علمی، ارزش افزوده، ترکیبی) بیش‌ترین توانمندی جذب گردشگر را دارند. هاشمی دیزج و همکاران (۱۴۰۳) به توان‌سنجی پتانسیل‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی شهرستان پارس‌آباد در جهت توسعه اقتصادی با استفاده از مدل دینامیکی، پاولووا و رینارد پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شهرستان پارس‌آباد در بخش‌هایی نظیر وجود مناطق تاریخی و فرهنگی و مکان‌های حفاظت شده دارای اهمیت و ارزش بالایی است و در مقابل به دلیل کسری بودجه در منطقه و کمبود زیرساخت‌های رفاهی برای گردشگران و هم‌چنین عدم مدیریت مناسب تا حدودی در جذب گردشگر به منطقه از شرایط مطلوبی برخوردار نمی‌باشد. نظافت‌تکله و همکاران (۱۴۰۳)، به توان‌سنجی قابلیت‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی در روستاهای گردشگرپذیر استان اردبیل با استفاده از مدل پاولووا، فیولت و کوبالیکوا پرداختند و به این نتیجه رسیدند روستای بیله‌درق از قابلیت‌ها و پتانسیل‌های بالایی ژئوتوریسمی برخوردار بوده و می‌تواند در رشد و گسترش صنعت توریسم در منطقه نقش بسزایی داشته باشد. هاشمی دیزج و همکاران (۱۴۰۳)، به ارزیابی قابلیت‌های ژئوتوریستی و مقاصد ژئومورفولوژیکی شهرستان هیر در جهت توسعه اقتصادی با استفاده از مدل‌های رینارد، فیولت و کوبالیکوا پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد پل معلق شیشه‌ای شهرستان هیر دارای پتانسیل‌ها و قابلیت‌های متنوع زمین‌گردشگری و ژئومورفولوژیکی در منطقه بوده و از لحاظ جذب توریست به منطقه و افزایش توان اقتصادی در رتبه برتر قرار دارد. کرمی و همکاران (۱۴۰۴)، به ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی مناطق کارستی جنوب غرب استان لرستان با استفاده از مدل کوبالیکوا و کرچنر پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد سراب تنگ سیاب با ۵/۱۱ امتیاز، بالاترین امتیاز را به دلایل ارزش علمی، آموزشی، اقتصادی و وضعیت دسترسی و زیرساخت‌های اولیه گردشگری، وجود ارزش‌های فرهنگی و زیست محیطی بدست آورد. کرمی و همکاران (۱۴۰۴)، به ارزیابی توان‌های ژئوتوریستی چشمه‌های آبگرم دامنه شمالی رشته‌کوه بزقوش با استفاده از روش GAM و M- GAM پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که چشمه‌های ـبگرم اسب فروشان و الله حق در هر دو مدل ارزیابی بالاترین امتیاز را به دست آوردند؛ این امتیاز بالا به علت بالابودن ویژگی‌های منظر/زیبایی و حفاظتی است که بیش‌تر مد نظر بازدیدکنندگان قرار گرفته است.

۲. مطالعات خارجی

الکساندر[1] و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهشی تحت عنوان پتانسیل میراث زمین‌شناسی کارست و ژئوتوریسم در حوضه پایین‌دست رودخانه پک (شرق صربستان) با استفاده از مدل (M-GAM)، چندین ژئوسایت را که نشان‌دهنده سازندهای میراث زمین‌شناسی کارستی قابل توجهی بودند تجزیه‌وتحلیل کرده و پتانسیل ژئوتوریسم این ژئوسایت‌ها را با استفاده از مدل ارزیابی ژئوسایت اصلاح کردند. سنا[2] و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی و ارزیابی پتانسیل ژئوتوریسم در ژئوسیستم‌های کارست پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌دهنده توزیع فضایی پتانسیل ژئوتوریسم مرتبط با شبکه مناطق حفاظت‌شده طبیعی و زیرساخت‌های حمل و نقل است که تجزیه‌وتحلیل نتایج این پژوهش می‌تواند از تصمیمات در این محدوده سرزمینی پشتیبانی کند و درنتیجه از عملکرد سالم ژئوسیستم کارست بدون از دست دادن امکان توسعه اقتصادی در منطقه محافظت کند. آنتیچ[3] و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی و ارزیابی ژئوتوریسم پایدار مبتنی بر کارست در کوه کالافات در جنوب شرقی صربستان با استفاده از روش M-GAM پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان دهنده ارزش‌های آشکار میراث زمین‌شناسی کارست و پتانسیل‌های ژئوتوریسم است که می‌تواند به شاخص‌های مهمی برای توسعه ژئوتوریسم و ژئوکانسرواسیون پایدار در این منطقه تبدیل شود. تامانگ[4] و همکاران (۲۰۲۳)، به شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت برای توسعه ژئوتوریسم با استفاده از مدل GAM، (مطالعه‌ای از یک زمین پروتروزوئیک در شرق هند) پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد پنج ژئومورفوسایت برتر (آجودیا، دالما، گار پانچاکوت، جویچاندی، سوسونیا) دارای پتانسیل ژئوتوریسم بالایی هستند؛ در حالی که دهنگیکوسوم و جارناکوچا پتانسیل پایینی دارند. سرانو و همکاران (۲۰۲۵)، به ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها و نقشه‌های ژئومورفولوژیکی به کار رفته در استفاده عمومی، گردشگری و مدیریت میراث طبیعی در پارک طبیعی ریو لوبوس (اسپانیا) پرداختند. ایشان نتیجه گرفتند ژئومورفوسایت‌ها می‌توانند برای گسترش طیف وسیعی از فعالیت‌های تفریحی، آموزشی و ژئوتوریستی و تنوع‌بخشی به مکان‌های مورد بازدید مورد استفاده قرار گیرند. کومانسکو[5] و همکاران (۲۰۲۵)، به ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها و توسعه ژئوتوریسم چشم‌اندازهای جغرافیایی کوه‌های سیوکاش با استفاده از روش کومانسکو پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند ژئومورفوسایت‌هایی که بالاترین ارزش‌ها را در ارزیابی‌ها کسب کردند هم‌چنین مورد توجه شناخته‌شده‌ترین گردشگران نیز هستند. در این راستا، نقشه ژئوتوریستی منطقه موردمطالعه را ایجاد کردند و سه مسیر ژئوتوریستی را از نظر کمی و کیفی توسعه داده و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. الکسوا[6] و همکاران (۲۰۲۵)، در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی اولیه ژئوسایت‌ها برای گردشگری مبتنی بر طبیعت در پارک‌های ملی ماوروو و شارپلانینا، مقدونیه شمالی با استفاده از روش سوات[7] به این نتیجه رسیدند که ژئوسایت‌های با امتیاز بالا دارای ارزش‌های علمی، آموزشی و توریستی قابل توجهی هستند که آن‌ها را به کاندیداهای اصلی برای حفاظت و توسعه تبدیل می‌کند. برعکس، برخی از سایت‌ها ارزش‌های متوسطی را نشان دادند. بنابراین در حالی که اکثر ژئوسایت‌ها با خطرات متوسط تا کم مواجه هستند، برخی آسیب‌پذیرتر هستند و نیاز به اقدامات حفاظتی پیشرفته‌تری دارند. الوالی[8] و همکاران (۲۰۲۵)، به ارزیابی کمی ژئوسایت‌ها و مکان‌های تنوع زمین‌شناسی منطقه تینگیر–دادس–ایمیلچیل (مراکش) پرداختند. آن‌ها ۱۵ ژئوسایت (سایت‌هایی با مقادیر SV بسیار بالا) و ۱۰ سایت تنوع زمین‌شناسی (سایت‌هایی با مقادیر PEU یا PTU بسیار بالا) را شناسایی کردند که پتانسیل‌های علمی، آموزشی و گردشگری بسیار قابل توجهی را نشان می‌دهند که باید مورد ارزش‌گذاری قرار گرفته و از تخریب محافظت شوند.

1. Aleksandar
2. Sena
3. Antić
4. Tamang
5. Comănescu
6. Aleksova
7. SWOT
8. El Ouali

روش پژوهش

ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها، و به طور کلی ژئوسایت‌ها، مدت‌هاست که در ادبیات مورد بحث قرار گرفته است و روش‌های زیادی، چه کیفی و چه کمی، از دهه ۱۹۹۰ در حال توسعه بوده‌اند (موکیوونا[1] و همکاران، ۲۰۱۹). پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی بوده و ماهیت داده‌ها نیز به صورت کمی و کیفی است. در این پژوهش ابتدا ژئومورفوسایت‌های کارستی مناطق موردمطالعه شناسایی شد و ژئوسایت‌هایی که از لحاظ گردشگری دارای پتانسیل بالایی بودند، انتخاب گردید. در مرحله بعد برای ارزیابی مناطق موردمطالعه از دو روش ارزیابی مناطق ژئوتوریستی فاسولاس و نیکولاس استفاده شد و با توجه به معیارهای این مدل‌ها پرسشنامه‌ای تهیه و در بین ۲۰ نفر از کارشناسان صنعت توریسم و ۳۵ نفر از بازدیدکنندگان منطقه قرار گرفت و نتایج نهایی گردآوری شده، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش هم‌چنین از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شده و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز نرم‌افزارهای کاربردی Arcgis, Google earth, excel مورد استفاده قرار گرفتند.

۱. روش نیکولاس

در این روش معیارهای خاصی برای تعیین هریک از جنبه‌های گردشگری در مکان‌های ژئومورفولوژیکی ازجمله علمی، آموزشی، تنوع زمین‌شناختی، اکولوژیکی، زیباشناختی، تهدیدهای بالقوه نیازهای حفاظتی و قابلیت استفاده مشخص شده است. در این روش برای امتیازدادن به هریک از ارزش‌های ذکرشده از نظر کارشناسان مرتبط استفاده و با امتیاز خاصی بیان و ارزش کلی منطقه مطالعه‌شده تعیین می‌شود (جدول شماره ۳).

جدول ۱. معیارها و زیرشاخص‌های ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها در مدل نیکولاس (نیکولاس و زوروس، ۲۰۰۷)

معیارها	ارزیابی		امتیازات
۱	**ارزش علمی وآموزشی**		۰-۴۰
۱-۱	**وضعیت مکان**	این شاخص به ساختار یا فرایند مکان ژئومورفولوژیکی و درجه‌های از سطح حفاظتی اعمال شده بستگی دارد.	۰-۵
۱-۲	**نادربودن**	این شاخص به صورت تعداد مکان‌های مشابه موجود در سطوح مختلف است (بین المللی، منطقه‌ای، ملی و محلی)	۰-۵
۱-۳	**شهرت**	درجه‌ای که یک مکان، نمونه بارز فرایند ژئومورفولوژیکی خاص باشد.	۰-۵
۱-٤	**نمونه**	به مفیدبودن مکان برای کمک به عموم مردم بستگی دارد که آنان ساختار و فرایند ژئومورفولوژیکی را درک کنند.	۰-۵
۲	**تنوع زمینی**	به تعداد اشکال ژئومورفولوژی و زمین‌شناختی جذاب و متنوع درهر مکان بستگی دارد.	۰-۱۰
۳	**ارزش اکولوژیکی و زیبایی شناختی**	تعیین ویژگی‌ها با استفاده از توصیف بین‌المللی یا با قوانین ملی یامنطقه‌ای (محوطه میراث طبیعی جهان یا ذخیره‌گاه زیست‌کره، پارک ملی یا بناهای تاریخی طبیعی، پارک طبیعی منطقه‌ای و مکان حفاظت‌شده محلی)	۰-۱۰
٤	**ارزش فرهنگی**	تعیین خصوصیات با استفاده از توصیف بین‌المللی یا با قوانین ملی یا منطقه‌ای (محوطه میراث طبیعی جهان، بناهای تاریخی- فرهنگی جهان، چشم‌اندازهای فرهنگی با چشم‌انداز چشمگیر بسیار زیبا، بنای تاریخی منطقه‌ای و بنای تاریخی محلی)	۰-۱۰
۵	**تهدیدهای بالقوه و نیازهای حفاظتی**		۰-۱۰
۵-۱	**حفاظت قانونی**	سطح حفاظت مکان ژئومورفولوژیکی (انتخاب بین‌المللی، پارک یا بنای تاریخی ملی، حفاظت به‌وسیله قوانین ملی، حفاظت منطقه‌ای، حفاظت ضعیف یا بدون حفاظت).	۰-۵
۵-۲	**آسیب پذیری**	میزان تهدیدهای بالقوه (تهدیدکنترل‌نشدنی، فشار قوی، تهدیدمتوسط، تهدیدکنترل‌شده، تهدید ضعیف یا بدون تهدید).	۰-۵
٦	**قابلیت استفاده**		۰-۲۰
٦-۱	**قابلیت تشخیص**	سطح تشخیص (بین‌المللی، ملی، منطقه‌ای، محلی، شناخته‌شده فقط به‌وسیله جامعه‌محلی یا ناشناخته)	۰-۵
٦-۲	**توزیع جغرافیایی**	درصد فضای اشغال‌شده توسط مکان ژئومورفولوژیک در ارتباط با سطح کلی منطقه	۰-۵
٦-۳	**قابلیت دسترسی**	سطح قابلیت دسترسی به‌وسیله جاده مهم منطقه‌ای یا ملی، محلی و خاکی یا با پای پیاده و تنها با اجازه یا دورازدسترس	۰-۵
٦-٤	**قابلیت استفاده**	تعداد بازدیدکنندگان هر سال (بیش‌تر از ۷۵۰۰۰، بیش‌تر از ۵۰۰۰۰ نفر، بیش‌تر از ۲۰۰۰۰، بیش‌تر از ۵۰۰۰ نفر، کمتر از ۵۰۰۰ نفر یا بدون بازدیدکننده	۰-۵

1. Mucivuna

۲. روش فاسولاس

در روش فاسولاس، معیارها و ارزش‌ها در شش گروه اصلی تعریف می‌شود: ارزش‌های علمی، اکولوژیکی و حفاظتی، فرهنگی، زیبایی‌شناختی، اقتصادی و قابلیت. هریک از این ارزش‌ها برای استفاده در کاربری‌های مختلف گردشگری چند زیرمعیار دارد و با سیستم امتیازدهی استاندارد، از یک تا ده برای هر گروه مشخص شده است (جدول شماره ۱).

جدول ۲. معیارها و زیرشاخص‌های ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها در روش فاسولاس (فاسولاس و همکاران، ۲۰۱۲)

شاخص	تعریف شاخص	۱	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
ارزش علمی						
۱/۱	تاریخ زمین‌شناسی	گویای تاریخ یک رخداد یا فرایند	گویای تاریخ بیش از دو رخداد یا فرایند	گویای تاریخ رخداد یا فرایند زیاد	اشکوب محلی	گویای کل اشکوب زمین‌شناسی منطقه
۱/۲	نمایانگر بودن	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
۱/۳	تنوع ژئومورفولوژیکی	بیش از ۵ درصد	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	بیش از ۷۵ درصد
۱/٤	کمیابی	بیش از ۷ نمونه	بیش‌تر از ۷ و کمتر از ۵	بیش از ۳ کمتر از ۴	۳ـ۱	منحصر به فرد
۱/۵	دست نخوردگی و یکپارچگی	نزدیک به تخریب کامل	شدیدا تخریب شده	تخریب متوسط	تخریب کم و جزئی	دست‌نخورده و سالم
ارزش اکولوژیکی						
۲/۱	تاثیر اکولوژیکی	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
۲/۲	وضعیت محافظت	حفاظتی وجود ندارد	محدودیت ایجاد شده	در نقاط خاصی وجود دارد	در بیشتر بخش‌ها	کاملا
ارزش فرهنگی						
۳/۱	آداب و رسوم و رفتار	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
۳/۲	تاریخی	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
۳/۳	مذهبی	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
۳/٤	هنر و فرهنگ	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
ارزش زیبایی						
٤/۱	تعداد نقاط دیدنی	نیست	۱ نقطه دید	۲ نقطه دید	۳نقطه دید	بیش از ۴ نقطه دید
٤/۲	اختلاف چشم‌انداز	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
ارزش اقتصادی						
۵/۱	تعداد تماشاگران	کمتر از ۵ هزار نفر	بیش از ۵ هزار نفر	بیش از ۲۰ هزار نفر	بیش از ۵۰ هزار نفر	بیش از ۷۵ هزار نفر
۵/۲	سطح جذابیت	نیست	محلی	منطقه ای	ناحیه ای	بین المللی
۵/۳	محافظت اداری	بین المللی	ایالتی	منطقه ای	محلی	نیست
ارزش پتانسیل استفاده						
٦/۱	شدت استفاده	خیلی شدید	شدید	متوسط	ضعیف	نیست
٦/۲	آسیب‌ها	خیلی بالا	بالا	متوسط	کم	نیست
٦/۳	درجه مقاومت	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا
٦/٤	دسترسی	نزدیک به مسیر پیاده رو	نزدیک به جاده	نزدیک به راه آسفالت محلی	نزدیک به جاده منطقه ای	نزدیک به بزرگراه و شهر
٦/۵	تغییرات پذیرفتنی	نیست	کم	متوسط	بالا	خیلی بالا

سیستم نمره‌دهی این دامنه تغییرات توسعه‌یافته از یک تا ده است؛ به‌طوریکه نتایج نهایی را می‌توان در همان مقیاس نشان داد. در رتبه‌بندی معیارهای خاص (مانند نمایندگی، زیست‌محیطی، فرهنگی، اختلاف چشم‌اندازها، شدت استفاده یا تغییرات

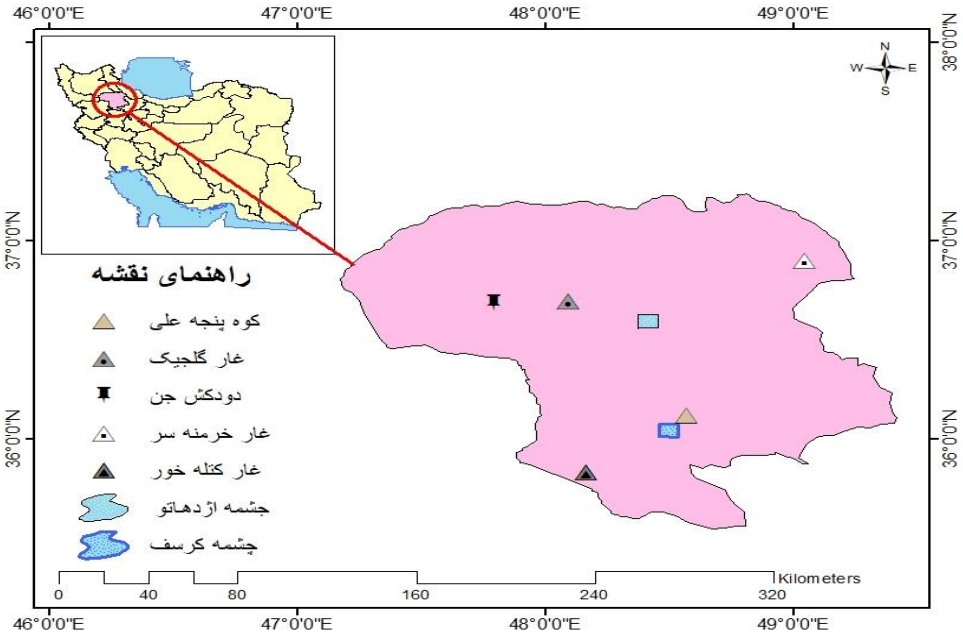
پذیرفته) مبنی‌بر رویکردهای بسیار کیفی است و به آزمودن ارزیابی‌ها بستگی دارد. پس از بررسی و امتیازدهی ژئومورفوسایت‌های منطقه از دیدگاه ارزش‌های ذکرشده در مرحله بعد، باید ارزش نهایی هر ژئومورفوسایت تعیین شود. این ارزش‌ها در سه قسمت علمی، حفاظتی و گردشگری محاسبه شود (جدول شماره ۲).

جدول ۳. نحوه محاسبه ارزش‌های علمی، گردشگری و حفاظتی در روش فاسولاس (فاسولاس و همکاران، ۲۰۱۲)

ارزش علمی	$vedu = 0.4\ Scientific + 0.2\ Cultural + 0.2\ Aesthetic + 0.2\ Ecological$ (اکولوژیکی ارزش * 0/2) + (شناختی زیبایی ارزش * 0/2) + (فرهنگی ارزش * 0/2) + (علمی ارزش * 0/4)
ارزش گردشگری	$Vtour = 0.4\ Aesthetic + 0.2\ cultural + 0.2\ Potential\ of\ Use + 0.2\ Economic$ (اقتصادی ارزش * 0/2) + (استفاده پتانسیل ارزش * 0/2) + (فرهنگی ارزش * 0/2) + (شناختی زیبایی ارزش * 0/4)
ارزش حفاظتی	(حفاظت وضعیت ضریب/اکولوژیکی تاثیر ضریب) = اکولوژیکی خطر ضریب $Vprpt = \{Scientific + Fecol + (11 - Integrity)\}/3$ ۳ /{ (نخوردگی دست و یکپارچگی ضریب − ۱۱) + اکولوژیکی خطر ضریب + علمی ارزش}

محدوده موردمطالعه

استان زنجان با وسعت ۲۲,۱۶۴ کیلومتر مربع، در شمال غرب کشور بین ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار دارد. این استان در مجموعه ای از ارتفاعات از طرف شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب قرار گرفته است و میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریاست. پست‌ترین نقطه داخلی استان مربوط به شهرستان ماهنشان بوده است. استان زنجان از شمال به استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل ، گیلان و از شرق به استان‌های قزوین، همدان و از غرب به استان‌های آذربایجان غربی و کردستان محدود است. براساس آخرین تقسیمات کشوری، استان زنجان ۷ شهرستان، ۱۶ بخش، ۴۶ دهستان و ۱۹ شهر دارد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان زنجان، ۱۳۹۵). به طور کلی چشم‌اندازها و لندفرم‌های کارست در استان زنجان را می‌توان به سه قسمت تقسیم کرد که عبارت‌اند از: الف–کارست آهکی در کوه‌های تالش جنوبی (مشرف به دره قزل‌اوزن در منطقه تارم) که معروف‌ترین ژئوسایت کارستی آن غار خرمنه سر است. ب– کارست آهکی و دولومیتی در رشته‌کوه‌های سلطانیه مشرف به دشت میانه–زنجان که غار کارستی گلجیک و چشمه اژدهاتو در این منطقه شکل گرفته‌اند. ج–کارست آهکی در کوه‌های پراکنده جنوب زنجان که شامل منطقه قیدار تا مرز استان زنجان با استان همدان است، غار کتله‌خور و کوه پنجه‌علی نیز در این بخش قرار می‌گیرند. وجود سازندهای زمین‌شناسی متفاوت مانند کنگلومرا، آهک، سازندهای قرمز فوقانی، مارن، ژیپس، نمک، توده‌های نفوذی، عملکرد گسل‌ها، شبکه آب‌ها، چشمه‌های کارستی متعدد و تراورتن ساز و هم‌چنین تحولات اقلیمی در کواترنر منجر به شکل‌گیری ژئوموفوسایت‌های کارستی شده است (خوش رفتار، ۱۳۹۷). در پژوهش حاضر مناطق غار خرمنه سر، غار گلجیک، چشمه اژدهاتو، غار کتله خور، کوه پنجه علی، چشمه کرسف، و دودکش جن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل ۱. نقشه محدوده موردمطالعه



شکل ۲. غار خرمنه سر، (۳): غار گلجیک، (٤): کوه پنجه علی، (٥): دودکش جن، (٦): چشکه کرسف، (۷): غار کتله خور

نتایج و بحث

۱. نتایج مدل نیکولاس

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از مدل نیکولاس، امتیازهای دریافت شده توسط هرکدام از مناطق، در جدول (۴) آورده شده است. این مناطق در سه زیرشاخص (ارزش علمی-آموزشی)، (تهدیدهای بالقوه و نیازهای خاص)، و درنهایت معیار (قابلیت استفاده) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که در بخش ارزش علمی و

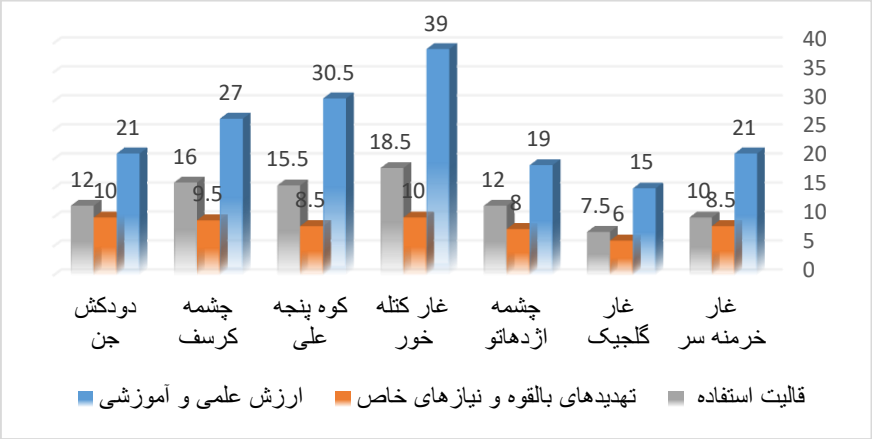
آموزشی و در زیرشاخص وضعیت مکان، غار کتله خور در بین مناطق موردمطالعه مقدار امتیاز ۴/۵ را به خود اختصاص داده است و غار گلجیک نیز با مقدار امتیاز ۱/۵ دارای کم‌ترین ارزش ژئوتوریسمی بوده است. هم‌چنین غار کتله خور در معیارهای (کمیابی) و (نمونه) امتیاز کامل را به دست آورده است که بیانگر ارزش بالای این غار در سطح محلی، ملی و منطقه‌ای است و این غار را در بین توریست‌های بین‌المللی نیز شناسانده است. هم‌چنین کم‌ترین امتیاز اختصاص یافته در این بخش مربوط به غار گلجیک با مقدار امتیاز ۰/۵ در معیار (نماینده) بوده است که بیانگر عدم وجود فرآیند ژئومورفولوژیکی خاص در این غار می‌باشد. در شاخص ارزیابی تنوع زمین شناختی نیز دریافت امتیازهای ۸ و ۷ به ترتیب در ژئومورفوسایت‌های کتله خور و کوه پنجه علی نشانگر ارزش بالای این مناطق و وجود اشکال زمین شناختی جذاب و متنوع در این بخش یوده است؛ اما غار گلجیک با دریافت پایین‌ترین امتیاز با مقدار ۲، از کم‌ترین تنوع اشکال ژئومورفولوژیک و کارستی برخوردار می‌باشد. هم‌چنین غار کتله خور و چشمه کرسف از لحاظ ارزش اکولوژیکی و زیبایی‌شناختی بیش‌ترین امتیاز را به ترتیب با مقادیر (۷) و (۷/۵) به خود اختصاص داده‌اند. از لحاظ ارزش فرهنگی نیز غارهای منطقه در بین سایر مناطق موردمطالعه با دریافت بالاترین امتیازها رتبه برتر را به خود اختصاص داده‌اند و دارای تاریخی کهن و بناهای تاریخی با قدمت چندین هزار ساله می‌باشند. در مجموع در بخش ارزش علمی و آموزشی غار کتله خور با امتیاز ۳۹ دارای رتبه برتر پتانسیل ژئوتوریسمی و غار گلجیک با امتیاز ۱۵ دارای رتبه پایین در بین مناطق موردمطالعه است. هم‌چنین نتایج به‌دست‌آمده و امتیازهای مربوط به بخش تهدیدهای بالقوه و نیازهای خاص که تفاوت خیلی زیادی با هم ندارند، بیانگر این است که تقریبا تمامی مناطق موردمطالعه از لحاظ حفاظت و آسیب‌پذیری در وضعیت مطلوب امنیتی منطقه‌ای و ملی قرار دارند و در بین مناطق موردمطالعه غار کتله خور و چشمه کرسف دارای بالاترین امتیاز با مقادیر ۱۰ و ۹/۵ هستند. در بخش قابلیت استفاده و زیرشاخص قابلیت تشخیص،ژئومورفوسایت غار کتله خور مقدار امتیاز ۵ و هم‌چنین ژئومورفوسایت‌های چشمه اژدهاتو، کوه پنجه علی و دودکش جن مقدار امتیاز ۴ را دریافت کرده‌اند؛ که دلیل ارزش بالای آن‌ها شناخته شدن این مناطق در سطح بین‌المللی و ملی می‌باشد و از این لحاظ دارای پتانسیل ژئوتوریستی بالا برای جذب توریست به منطقه هستند. در معیار ارزیابی توزیع جغرافیایی نیز ژئوسایت‌های کوه پنجه علی و غار کتله خور امتیاز کامل را به خود اختصاص دادند و اشکال زمین‌شناختی متعدد در این مناطق با اشغال فضای جغرافیایی وسیع سبب بازدید ژئوتوریست‌های متعدد از این ژئوسایت‌ها در سطح منطقه‌ای و ملی بوده‌اند. از لحاظ قابلیت دسترسی نیز، چشمه کرسف با داشتن جاده‌های آسفالته و هموار از طریق جاده قیدار–خدابنده بالاترین امتیاز را دریافت نموده و دارای رتبه برتر در بین مناطق موردمطالعه است. امتیازهای به‌دست‌آمده در معیار قابلیت استفاده توسط ژئوسایت‌های غار کتله خور و چشمه کرسف به ترتیب با مقادیر ۴/۵ و ۴ بیانگر تعداد بالای بازدیدکنندگان از این ژئوسایت‌ها بوده است که در توسعه صنعت ژئوتوریسم در منطقه عملکرد خوبی داشته‌اند.

درنهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که ژئومورفوسایت کارستی غار کتله خور در هر سه زیرشاخص مدل نیکولاس، دارای بالاترین امتیاز بوده و با مجموع امتیاز ۶۷/۵ بیش‌ترین ارزش ژئوتوریسمی را به خود اختصاص داده است. ژئوسایت کوه پنجه علی نیز با مقدار امتیاز ۵۴/۵ در رتبه دوم قرار دارد. هم‌چنین ژئومورفوسایت چشمه کرسف با دریافت امتیاز ۵۲/۵ رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. در مقابل کم‌ترین ارزش ژئوریسمی مربوط به ژئوسایت غار گلجیک بوده که در تمامی زیرشاخص‌ها پایین‌ترین امتیاز را دریافت نموده است.

جدول ٤. نتایج نهایی ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از مدل نیکولاس

مناطق موردمطالعه / شاخص‌ها	غار خرمنه سر	غار گلجیک	چشمه اژدهاتو	غار کتله خور	کوه پنجه علی	چشمه کرسف	دودکش جن
ارزش علمی و آموزشی							
وضعیت مکان	۱/۵	۱	۲/۵	۴/۵	۳	۳/۵	۲
کمیابی	۲	۱/۵	۲	۵	۳/۵	۴	۴
نمایندگی	۱	۰/۵	۳/۵	۳	۲/۵	۲	۲/۵
نمونه	۲	۱/۵	۳	۵	۳	۴	۲/۵

تنوع زمین‌شناختی	۳/۵	۲	۲/۵	۸	۷	۳/۵	۳/۵
ارزش اکولوژیکی و زیبایی شناختی	۵	۳	۳/۵	۷/۵	۶/۵	۷	۲/۵
ارزش فرهنگی	۶	۵/۵	۲	۶	۵	۳	۴
مجموع امتیازات	**۲۱**	**۱۵**	**۱۹**	**۳۹**	**۳۰/۵**	**۲۷**	**۲۱**
تهدیدهای بالقوه و نیازهای خاص							
حفاظت قانونی	۴/۵	۳	۴/۵	۵	۴	۴/۵	۳
آسیب پذیری	۴	۳	۳/۵	۵	۴/۵	۵	۴
مجموع امتیازات	**۸/۵**	**٦**	**۸**	**۱۰**	**۸/۵**	**۹/۵**	**۷**
قابلیت استفاده							
قابلیت تشخیص	۳	۲	۴	۵	۴	۳	۴
توزیع جغرافیایی	۴	۲/۵	۳	۵	۵	۴	۳
قابلیت دسترسی	۱	۲	۲	۴	۳/۵	۵	۳
قابلیت استفاده	۲	۱	۳	۴/۵	۳	۴	۲
مجموع امتیازات	**۱۰**	**۷/۵**	**۱۲**	**۱۸/۵**	**۱۵/۵**	**۱٦**	**۱۲**
مجموع	**۳۹/۵**	**۲۸/۵**	**۳۹**	**٦۷/۵**	**٥٤/٥**	**٥۲/٥**	**٤۰**



نمودار ۱. نتایج نهایی ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از روش نیکولاس

۲. نتایج مدل فاسولاس

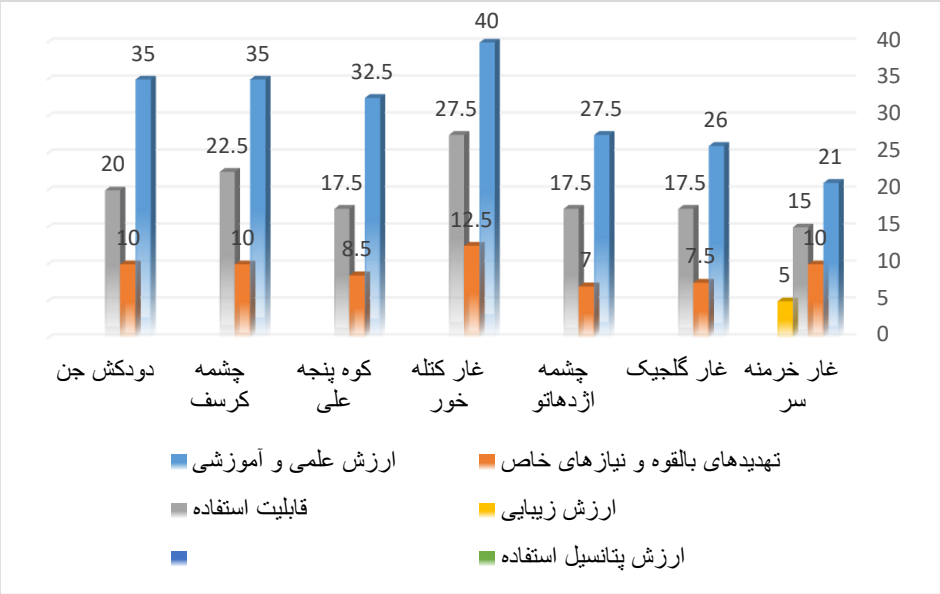
مناطق موردمطالعه با استفاده از مدل فاسولاس و در ۶ زیرشاخص ارزش علمی، اکولوژیکی، فرهنگی، زیبایی، اقتصادی و پتانسیل استفاده نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج نهایی در جدول (۵) آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از مدل فاسولاس، غار کتله خور در بخش ارزش علمی در ۳ شاخص ارزیابی، امتیاز کامل را به خود اختصاص داده است؛ این مورد بیانگر ارزش بالای ژئومورفوسایت غار کتله خور در زمینه جذب ژئوتوریست‌ها به این منطقه بوده است. کسب امتیاز بالا در شاخص تاریخ زمین‌شناسی توسط این ژئوسایت نشان می‌دهد از لحاظ تاریخی غنی بوده و چندین دوره زمین‌شناسی و فرآیندهای آن را را تجربه کرده است. هم‌چنین ژئوسایت کتله خور در شاخص نمایانگر بودن دارای امتیاز ۱۰ می‌باشد؛ زیرا در بین مناطق موردمطالعه سهم بیش‌تری در نمایش فرآیندهای کارستی منطقه داشته است. از لحاظ تنوع ژئومورفولوژیکی بیش‌ترین امتیاز اختصاص یافته مربوط به چشمه کرسف و دودکش جن با مقدار ۷/۵ و کم‌ترین امتیاز نیز مربوط به غارهای خرمنه سر و گلجیک با امتیاز ۱ بوده است. مناطق موردمطالعه از لحاظ کمیابی در منطقه در وضعیت مطلوبی قرار دارند و در این میان غار کتله خور و دودکش جن

جزو ژئوسایت‌های کارستی منحصر به فرد منطقه به محسوب می‌شوند زیرا مقدار امتیاز ۱۰را در بین مناطق موردمطالعه به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین امتیازهای دریافت شده توسط مناطق موردمطالعه در معیار دست نخوردگی و یکپارچگی، بیانگر آن است که ژئوسایت‌های انتخابی کم‌تر در معرض فرآیندهای تخریبی طبیعی و انسانی قرار گرفته‌اند و فقط در ژئوسایت‌های غار کتله خور و دودکش جن به دلیل بازدید حداکثری و فقدان برنامه‌ریزی‌های مناسب و حفاظت‌های اصولی، تخریب در حد جزئی در برخی از قسمت‌های این ژئوسایت‌ها مشاهده می‌گردد. در مجموع از لحاظ ارزش علمی ژئوسایت غار کتله خور در برترین رتبه با امتیاز ۴۰ و ژئوسایت غار خرمنه سر در آخرین رتبه با امتیاز ۲۱ در بین مناطق موردمطالعه قرار دارند. هم‌چنین در معیار تاثیر اکولوژیکی می‌توان گفت ژئوسایت‌های دودکش جن، غار کتله خور و کوه پنجه علی در مقایسه با سایر مناطق موردمطالعه سهم بیش‌تری در نمایش ویژگی‌های خاص منطقه همچون گونه‌های گیاهی و جانوری و شرایط زمین‌شناسی داشته‌اند و به همین دلیل دارای بالاترین امتیاز با مقدار ۷/۵ بوده‌اند. از لحاظ وضعیت حفاظت، بیش‌تر ژئوسایت‌ها در وضعیت متوسط قرار دارند و دارای امتیاز ۵ هستند؛ اما مقدار امتیاز اختصاص یافته به کوه پنجه علی با مقدار ۱، بیانگر عدم وجود محافظت مسئولین برای بازدید از منطقه برای عموم گردشگران می‌باشد. درنهایت در بخش ارزش اکولوژیکی نیز ژئوسایت کتله خور و چشمه کرسف و دودکش جن در برترین رتبه به ترتیب با امتیاز ۱۲/۵ و ۱۰ قرار دارند. در بخش ارزش فرهنگی و معیار آداب و رسوم و رفتار امتیاز تمامی مناطق موردمطالعه به یکدیگر نزدیک بوده و بالاترین امتیاز به ژئومورفوسایت‌های غار کتله خور و چشمه کرسف اختصاص یافته است. از لحاظ تاریخی نیز ژئوسایت کتله خور امتیاز کامل را به خود اختصاص داده است و شاهد بسیاری از رویدادهای تاریخی و بقایای زمین‌شناسی بوده است زیرا زمان تشکیل این غار به دوران ژوراسیک برمی‌گردد. هم‌چنین امتیازهای دریافت شده توسط مناطق در معیار مذهبی، بیانگر ارتباط ژئومورفوسایت‌ها با مسائل مذهبی می‌باشد که در این میان دودکش جن با امتیاز ۵ در رتبه برتر قرار دارد و بقیه ژئوسایت‌ها با دریافت امتیاز یکسان در این بخش از ارتباط کم‌تر با مسائل مذهبی برخوردار بوده‌اند. در معیار هنر و فرهنگ نیز ژئومورفوسایت غار کتله خور بیش‌ترین امتیاز را با مقدار ۷/۵ به خود اختصاص داده است. در بخش ارزش‌های زیبایی و معیار نقاط دیدنی، قابلیت دید ژئومورفوسایت‌های موردمطالعه از نقاط مختلف، در حد یک و دو نقطه برآورد شده است و به همین دلیل مناطق موردمطالعه در این بخش از ارزیابی دارای امتیاز کم می‌باشند. هم‌چنین در بخش اختلاف چشم‌انداز غار کتله خور و دودکش جن با دریافت امتیاز کامل، از تفاوت زیاد رنگ و شکل و مورفولوژی در بین عوارض منطقه برخوردار می‌باشند. هم‌چنین امتیازهای دریافت شده در بخش ارزش اقتصادی نشان می‌دهد که ژئومورفوسایت کتله خور از تعداد بازدیدکنندگان بیش‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار بوده و سطح جذابیت این منطقه بین‌المللی می‌باشد. هم‌چنین ژئومورفوسایت‌های موردمطالعه از لحاظ محافظت اداری، در سطح محلی و منطقه‌ای قراردارند و به همین دلیل امتیازهای دریافت شده توسط مناطق به هم نزدیک هستند. درنهایت در بخش ارزش پتانسیل استفاده نیز، مناطق موردمطالعه از لحاظ شدت استفاده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان در سطح متوسط قرار دارند و به همان نسبت میزان آسیب‌های واد شده به ژئوسایت‌ها نیز در حد کم برآورد شده است؛ فقط در ژئوسایت چشمه کرسف به دلیل استفاده نادرست از چشمه و زباله‌ریزی‌ها در منطقه کم‌ترین امتیاز را دریافت نموده است. هم‌چنین درجه مقاومت ژئومورفوسایت‌های موردمطالعه در رابطه با فرآیندهای طبیعی و انسانی در حد متوسط می‌باشد و فقط کوه پنجه علی با اختصاص امتیاز ۷/۵ به خود مقاومت بیش‌تری را نسبت به فرآیندهای تخریبی نشان می‌دهد. هم‌چنین دسترسی به مناطق موردمطالعه، بیش‌تر از طریق جاده و راه آسفالته محلی بوده و فقط در کوه پنجه علی دسترسی از طریق مسیر پیادروی می‌باشد. از لحاظ معیار تغییرات پذیرفتنی نیز، مناطق موردمطالعه حساسیت شبیه به یکدیگر دارند و در صورت بروز تغییرات، بدون تخریب عوارض فیزیکی یا تخریب در حد کم و متوسط، آن‌ها را خواهند پذیرفت.

درنهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل فاسولاس، می‌توان گفت سه ژئومورفوسایت غار کتله خور، دودکش جن و چشمه کرسف در بیش‌تر معیارهای ارزیابی دارای بالاترین امتیاز بوده و ارزش بالایی نسبت به سایر مناطق موردمطالعه داشته‌اند؛ از این جهت پتانسیل بالایی در جذب توریست‌های ملی و بین‌المللی داشته و سبب توسعه ژئوتوریسم در منطقه می‌باشند.

جدول ۵. نتایج ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از شاخص‌های روش فاسولاس

مناطق موردمطالعه / شاخص‌ها	غار خرمنه سر	غار گلجیک	چشمه اژدهاتو	غار کتله خور	کوه پنجه علی	چشمه کرسف	دودکش جن
ارزش علمی							
تاریخ زمین‌شناسی	۵	۷/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۷/۵	۵
شهرت	۲/۵	۲/۵	۵	۱۰	۵	۷/۵	۷/۵
تنوع ژئومورفولوژیکی	۱	۱	۲/۵	۵	۵	۷/۵	۷/۵
کمیابی	۵	۷/۵	۵	۱۰	۷/۵	۵	۱۰
بکریت	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۵	۷/۵	۷/۵	۵
مجموع امتیازات	**۲۱**	**۲۶**	**۲۷/۵**	**۴۰**	**۳۲/۵**	**۳۵**	**۳۵**
ارزش اکولوژیکی							
تاثیر اکولوژیکی	۵	۲/۵	۵	۷/۵	۷/۵	۵	۷/۵
وضعیت محافظت	۵	۵	۵	۵	۱	۵	۲/۵
مجموع امتیازات	**۱۰**	**۷/۵**	**۱۰**	**۱۲/۵**	**۸/۵**	**۱۰**	**۱۰**
ارزش فرهنگی							
آداب و رسوم و رفتار	۵	۵	۵	۷/۵	۵	۷/۵	۵
تاریخی	۵	۷/۵	۵	۱۰	۷/۵	۷/۵	۷/۵
مذهبی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۵
هنر و فرهنگ	۲/۵	۲/۵	۵	۷/۵	۲/۵	۵	۲/۵
مجموع امتیازات	**۱۵**	**۱۷/۵**	**۱۷/۵**	**۲۷/۵**	**۱۷/۵**	**۲۲/۵**	**۲۰**
ارزش زیبایی							
تعداد نقاط دیدنی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۵	۵	۵
اختلاف چشم‌انداز	۲/۵	۵	۲/۵	۱۰	۵	۵	۱۰
مجموع امتیازات	**۵**	**۷/۵**	**۵**	**۱۲/۵**	**۱۰**	**۱۰**	**۱۵**
ارزش اقتصادی							
تعداد تماشاگران	۱	۲/۵	۲/۵	۱۰	۵	۵	۷/۵
سطح جذابیت	۵	۷/۵	۵	۱۰	۵	۷/۵	۵
محافظت اداری	۷/۵	۵	۵	۵	۵	۷/۵	۷/۵
مجموع امتیازات	**۱۳/۵**	**۱۵**	**۱۲/۵**	**۲۵**	**۱۵**	**۲۰**	**۲۰**
ارزش پتانسیل استفاده							
شدت استفاده	۲/۵	۵	۵	۵	۲/۵	۵	۵
آسیب‌ها	۵	۷/۵	۵	۷/۵	۷/۵	۲/۵	۷/۵
درجه مقاومت	۵	۵	۵	۵	۷/۵	۵	۵
دسترسی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۵	۱	۵	۵
تغییرات پذیرفتنی	۵	۵	۵	۷/۵	۷/۵	۵	۵
مجموع امتیازات	**۲۰**	**۲۵**	**۲۲/۵**	**۳۰**	**۲۶**	**۲۲/۵**	**۲۷/۵**
مجموع	**۸۴/۵**	**۹۸/۵**	**۹۵**	**۱۴۷/۵**	**۱۰۹/۵**	**۱۲۰**	**۱۲۷/۵**



نمودار ۲. نتایج ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از شاخص‌های روش فاسولاس

درنهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی ژئومورفوسایت‌های موردمطالعه با استفاده از مدل فاسولاس، نتایج فوق با استفاده از فرمول‌های ذکر شده در جدول (۲)، محاسبه گردید و ارزش علمی، گردشگری و حفاظتی مناطق موردمطالعه نیز مشخص شده و در جدول (۶) آوده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت در بین مناطق موردمطالعه، سه ژئوسایت غار کتله خور، چشمه کرسف و دودکش جن در هر سه معیار ارزش علمی، گردشگری و حفاظتی بالاترین امتیاز را کسب نموده و از لحاظ پتانسیل ژئوتوریستی جزو مناطق برتر کارستی برای جذب ژئوتوریست هستند.

جدول ٦. نتایج نهایی ارزیابی مناطق موردمطالعه با استفاده از روش فاسولاس

مناطق موردمطالعه / شاخص‌ها	غار خرمنه سر	غار گلجیک	چشمه اژدهاتو	غار کتله خور	کوه پنجه علی	چشمه کرسف	دودکش جن
ارزش علمی	۱۴/۴	۱۶/۹	۱۷/۵	۲۶/۵	۲۰/۲	۲۲/۵	۲۳
ارزش گردشگری	۱۱/۷	۱۴/۵	۱۲/۵	۲۱/۵	۱۵/۷	۱۷	۱۹/۵
ارزش حفاظتی	۵/۸۳	۸/۱۶	۸/۳۳	۱۱/۵۵	۹/۷۱	۱۰/۸۳	۹/۷۷
مجموع	**۳۱/۹۳**	**۳۹/۵٦**	**۳۸/۳۳**	**۵۹/۵۵**	**٤٥/٦١**	**۵۰/۳۳**	**۵۲/۲۷**

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی استان زنجان با استفاده از مدل‌های نیکولاس و فاسولاس پرداخته است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل نیکولاس و مجموع امتیازات کسب‌شده توسط ژئومورفوسایت‌های موردمطالعه، سه ژئوسایت غار کتله خور، کوه پنجه علی و چشمه کرسف به ترتیب با دریافت مجموع امتیازات ۶۷/۵، ۵۴/۵ و ۵۲/۵ به‌عنوان ژئومورفوسایت‌های برتر منطقه شناخته شدند. هم‌چنین با توجه به نتایج حاصله از مدل فاسولاس، غار کتله خور با مجموع امتیاز ۵۹/۵۵ رتبه برتر ژئوتوریستی قرار دارد؛ و دودکش جن با امتیاز ۵۲/۲۷ و چشمه کرسف با امتیاز ۵۰/۳۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. با توجه به ماهیت پژوهش حاضر که مبتنی بر ارزیابی‌های میدانی و مدل‌های کمی (نیکولاس و فاسولاس) است، این پژوهش با محدودیت‌هایی شامل دسترسی فیزیکی محدود به برخی نقاط کارستی استان زنجان و درنتیجه محدودیت در تعداد و تنوع نمونه‌های مورد ارزیابی است که دامنه تعمیم نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، هرچند نتایج بر زیبایی‌های

عینی (مانند سازه‌های کتله‌خور) تأکید دارد، اما سوگیری احتمالی پرسش‌شوندگان در بخش‌های نظرسنجی و محدودیت‌های ذاتی مدل‌های ارزیابی در نظر گرفتن کامل پتانسیل‌های غیرملموس (مانند اهمیت اسطوره‌ای دودکش جن)، بر دقت نهایی امتیازدهی‌ها تأثیرگذار بوده است. درنهایت، تأثیر شرایط زمانی در زمان برداشت داده‌ها (مانند وضعیت آب‌وهوا یا امکانات موجود در زمان بازدید) و عدم بررسی کامل تمامی عوامل مؤثر اقتصادی–اجتماعی منطقه، از دیگر محدودیت‌های این مطالعه محسوب می‌شود. بررسی‌ها به‌وضوح نشان می‌دهد که با تلفیق نتایج حاصله از دو مدل فاسولاس و نیکولاس، غار کتله‌خور، با قرار گرفتن در رتبه نخست مناطق کارستی استان زنجان، دارای پتانسیل ژئوتوریستی فوق‌العاده و بی‌بدیلی است. این غار، با ساختارهای آهکی خیره‌کننده، قندیل‌های سحرآمیز (استالاکتیت و استالاگمیت) در اشکال و اندازه‌های گوناگون، و تالارهای وسیع و چندطبقه، نمونه‌ای برجسته از فرسایش کارستی در طول میلیون‌ها سال است. تنوع و زیبایی سازنده‌های آهکی، به همراه مسیرهای دسترسی مناسب و امکانات رفاهی موجود، کتله‌خور را به مقصدی ایده‌آل برای طیف وسیعی از گردشگران، ازجمله علاقه‌مندان به زمین‌شناسی، غارنوردان و خانواده‌ها تبدیل کرده است. بنابراین نتیجه‌گیری می‌گردد پتانسیل ژئوتوریستی غار کتله‌خور، فرصتی طلایی برای توسعه‌ی پایدار ژئوتوریسم در ایران به شمار می‌رود و سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی زیرساخت‌ها و معرفی هرچه بیش‌تر این شاهکار زمین‌شناسی، می‌تواند غار کتله‌خور را به یکی از مقاصد اصلی گردشگری پایدار در سطح ملی و بین‌المللی تبدیل کرده و نقش بسزایی در ارتقاء آگاهی زیست‌محیطی و اقتصادی منطقه ایفا کند. با توجه به اینکه غار کتله خور، در هر دو مدل ارزیابی بالاترین پتانسیل ژئوتوریسمی را به خود اختصاص داده است، اما با بزرگ‌ترین چالش حفاظتی در آسیب‌پذیری شدید سازه‌های آهکی نظیر قندیل‌ها و استالاکتیت‌ها روبه‌رو است. این سازه‌ها به شدت به پایداری شرایط اقلیمی درونی، به‌ویژه رطوبت و دما، وابسته هستند و حضور پرشمار بازدیدکنندگان می‌تواند منجر به تخریب اسن سازه‌ها گردد. از منظر مدیریتی، این سایت نیازمند اجرای دقیق و علمی مفهوم ظرفیت برد است تا بتواند جریان ترافیک بازدیدکنندگان را به گونه‌ای هدایت کند که تخریب درونی به حداقل رسیده و در عین حال، ایمنی گردشگران در مسیرهای پیچیده غار تضمین شود. نتایج پژوهش حاضر مشابهت فراوانی با نتایج احمدی و خوش‌رفتار (۱۳۹۰) دارد؛ زیرا آن‌ها به ارزیابی توان‌های زمین‌گردشگری غار کتله خور زنجان با استفاده از تکنیک SWOT پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به موقعیت و شرایط غارکتله خور، اتخاذ راهبرد توسعه‌ای ضروری است. بعلاوه لزوم سرمایه‌گذاری دولت و بخش خصوصی، ارتقای کیفی شبکه‌های ارتباطی، آموزش، استفاده از نیروهای متخصص و افزایش آگاهی گردشگران از دیگر اقداماتی است که در جهت بهره‌گیری از ظرفیت‌های غار بایستی صورت گیرد. هم‌چنین تحقیقات نشان می‌دهد که چشمه کرسف، با احراز رتبه دوم در میان مناطق کارستی استان زنجان، از پتانسیل ژئوتوریستی و طبیعی چشمگیری برخوردار است. این چشمه کارستی، که منبعی حیاتی برای اکوسیستم و جوامع محلی به شمار می‌رود، نه‌تنها نمایشی از فرآیندهای پیچیده آب‌شناسی و زمین‌شناسی در منطقه است، بلکه با آبدهی قابل‌توجه و تداوم جریان، زیستگاهی غنی برای پوشش گیاهی و جانوری اطراف خود فراهم آورده است. در ارتباط با این ژئومورفوسایت، چالش حفاظتی اصلی، تهدید مستقیم و مستمر ناشی از آلودگی‌های ورودی از بالادست، به‌ویژه آلودگی‌های کشاورزی و پساب‌های فاضلاب‌های خانگی است که کیفیت آب را تحت تأثیر قرار داده و بقای اکوسیستم وابسته به آن را به خطر می‌اندازد. راهکار مدیریتی در این حوزه هدایت فاضلاب‌ها و فضولات به خارج از حریم حساس چشمه است. هم‌چنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کوه پنجه علی و دودکش جن، با کسب رتبه سوم در میان مناطق کارستی استان زنجان، پتانسیل ژئوتوریستی قابل‌توجهی دارند. این دو منطقه، هر یک با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود، گنجینه‌ای از جذابیت‌های طبیعی و فرهنگی را ارائه می‌دهند. کوه پنجه علی با ساختارهای ژئومورفولوژیک خاص و چشم‌اندازهای بکر کوهستانی، و دودکش جن با پدیده‌های پری‌سنگ (هودو) شگفت‌انگیز و ارتباط عمیق با افسانه‌های محلی، نه‌تنها می‌توانند مقصدی برای طبیعت گردان و زمین‌شناسان باشند، بلکه پتانسیل بالایی برای توسعه گردشگری پایدار و آموزش محیط‌زیستی دارند. توسعه هدفمند زیرساخت‌ها، معرفی علمی و فرهنگی این مناطق، و حفاظت از اکوسیستم‌های شکننده آن‌ها، می‌تواند به رونق اقتصادی محلی، افزایش آگاهی عمومی از میراث طبیعی، و جایگاه بخشی زنجان به‌عنوان قطبی مهم در ژئوتوریسم ملی کمک شایانی کند. چالش حفاظتی اصلی در این مناطق، سرعت بالای فرسایش بادی و فیزیکی (هوازدگی) بر سازه‌های پری‌سنگ است که منجر به تغییر شکل و فرسایش سریع‌تر آن‌ها نسبت به سنگ‌های کارستی در محیط‌های بسته می‌شود. هم‌چنین، این مناطق به دلیل طبیعت باز، در

معرض خطر تخریب سازه‌های سنگی در اثر فعالیت‌های غیرمجاز انسانی یا ساخت‌وسازهای کنترل‌نشده در محدوده‌های اطراف هستند. توصیه می‌شود برای مدیریت این چالش به جای احداث زیرساخت‌های حجیم، بر ژئوتفسیر هوشمند از طریق ابزارهایی مانند کیوسک‌های تعاملی یا استفاده از کدهای دسترسی سریع تمرکز شود. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش مقصودی و همکاران (۱۳۹۷) نیز مشابهت دارد؛ زیرا آن‌ها به شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی با استفاده از مدل تلفیقی کوبالیکوا و کرچنر پرداختند و به این نتیجه رسیدند کلماکره، غار کوگان و منطقه کول چپ بیش‌ترین امتیاز را کسب نموده و مهم‌ترین ژئومورفوسایت‌های شهرستان پلدختر محسوب می‌شوند. در نهایت نتیجه گیری می‌گردد ژئومورفوسایت‌های غار کتله خور، چشمه کرسف، کوه پنجه علی و دودکش جن به عنوان ژئومورفوسایت‌های برتر استان زنجان انتخاب گردید.

برای بهره‌برداری بهینه و حفاظت مسئولانه از این سرمایه‌های طبیعی، اجرای راهبردهای ذیل ضروری است:

۱. یکپارچه‌سازی مدیریتی و ایجاد ژئوپارک: پیشنهاد می‌شود یک ژئوپارک با محوریت مناطق کارستی استان زنجان، باهدف حفاظت، آموزش و توسعه اقتصادی پایدار، تعریف و به ثبت برسد. این رویکرد، مدیریت یکپارچه این سایت‌ها را تسهیل نموده و زمینه را برای جذب حمایت‌های ملی و بین‌المللی فراهم می‌آورد.

۲. توسعه زیرساخت‌های پایدار و هوشمند

الف) دسترسی و ایمنی: ایجاد و بهسازی مسیرهای دسترسی ایمن با حداقل اثرات زیست‌محیطی، همراه با نصب علائم راهنمایی و ژئوتفسیری استاندارد و دوزبانه.

ب) امکانات خدماتی: احداث تأسیسات رفاهی و اقامتی (بوم‌گردی) با معماری بومی و دوستدار محیط‌زیست، مجهز به سیستم‌های تصفیه فاضلاب و مدیریت پسماند کارآمد.

ج) انرژی‌های تجدیدپذیر: استفاده از منابع انرژی خورشیدی و سایر انرژی‌های پاک برای تأمین نیازهای برق‌رسانی و روشنایی در مناطق

۳. برنامه‌های جامع آموزش و تفسیر زمین‌شناختی

الف) ژئوتفسیر حرفه‌ای: طراحی و استقرار مراکز تفسیری و پانل‌های اطلاعاتی علمی در هر سایت، به‌منظور تشریح فرآیندهای زمین‌شناختی، تاریخی و اهمیت اکولوژیکی مناطق.

ب) توانمندسازی محلی: تربیت و آموزش راهنمایان محلی متخصص در زمینه‌های زمین‌شناسی، بوم‌شناسی و فرهنگی، به‌منظور ارتقاء کیفیت خدمات و ایجاد اشتغال پایدار.

ج) آموزش همگانی: توسعه برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای اقشار• مختلف جامعه، از دانش‌آموزان تا گردشگران، به‌منظور افزایش آگاهی عمومی در مورد ارزش‌های زمین‌شناختی و لزوم حفاظت از آن‌ها.

٤. پایش و حفاظت محیط‌زیستی مبتنی بر علم

الف) پژوهش‌های بنیادین و کاربردی: حمایت از مطالعات علمی در حوزه‌های کارست‌شناسی، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و اکولوژی برای درک عمیق‌تر دینامیک این سیستم‌ها.

ب) نظارت مستمر: اجرای برنامه‌های پایش دوره‌ای کیفیت آب چشمه کرسف، بررسی پایداری سازنده‌های غار کتله‌خور و دینامیک فرسایش در کوه پنجه‌علی و دودکش جن.

ج) مدیریت بازدیدکنندگان: تعیین ظرفیت برد برای هر منطقه و اجرای پروتکل‌های بازدید برای جلوگیری از تخریب فیزیکی و آلودگی، به‌ویژه در اکوسیستم‌های حساس غارها

درنهایت، با تلفیق این رویکردهای مدیریتی، توسعه‌ای، آموزشی، حفاظتی، می‌توان پتانسیل‌های بی‌نظیر ژئوتوریستی استان زنجان را به فعلیت رساند. این امر نه‌تنها منجر به توسعه اقتصادی پایدار منطقه‌ای، ایجاد فرصت‌های شغلی و بهبود معیشت جوامع محلی خواهد شد، بلکه نقشی محوری در حفظ و ارتقاء آگاهی نسبت به ارزش‌های میراث زمین‌شناختی برای نسل‌های آینده ایفا خواهد کرد.

منابع

احمدی، منیژه؛ خوش‌رفتار، رضا (۱۳۹۰). ارزیابی توان‌های زمین‌گردشگری غار کتله خور زنجان با استفاده از تکنیک SWOT، *اندیشه جغرافیایی*، ۵(۹)، 202.https://geonot.znu.ac.ir/article_20761_0006bc607ecfe07bca65de91dc075-pdf

پروین، منصور (۱۳۹۸). شناخت و ارزیابی ژئومورفوسایت‌ها بر اساس روش‌های پارامتریک کمی و کیفیت علمی (مطالعه موردی: شهرستان گیلان غرب)، *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۹(۳)، ۸۱-۶۲. https://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-525-fa.html

خوش رفتار، رضا (۱۳۹۷). ژئومورفولوژی فرهنگی: نقش ژئوسایت‌های کارستی در باورها و فولکلور (مطالعه موردی، استان زنجان)، *پژوهش‌های دانش زمین*، ۹(۳۴)، ۱۴۴-۱۲. https://esrj.sbu.ac.ir/article_96655.html

خوش‌رفتار، رضا (۱۳۸۹). *حفاظت مناطق کارست و غارها*. رشت، انتشارات حق‌شناس.

شایان، سیاوش؛ عمونیا، حمید و رحیمی هرآبادی، سعید (۱۳۹۵). ارزیابی و مدیریت جامع ژئومورفوسایت‌های کارستیک با استفاده از تلفیق مدل‌های ارزیابی (مطالعه موردی: غار چال نخجیر در استان مرکزی)، *فصلنامه علمی-پژوهشی گردشگری و توسعه*، ۵(۹)، ۱۳۶-۱۱۸. https://www.itsairanj.ir/article_110391.html

صالحی، صادق؛ افلاکی، زینب؛ موسی‌زاده، حسین و زنگی‌آبادی، زینب (۱۳۹۵). ارزیابی ژئوسایت‌های گردشگری با روش فاسولاس و نیکولاس (مطالعه موردی: روستاهای بخش چهاردانگه شهرستان ساری)، *فصلنامه پژوهش‌های روستایی*، ۷(۲)، ۳۱۵-۳۰۰. https://jrur.ut.ac.ir/article_58976.html

فتحعلی‌زاده، بیوک؛ حسن‌زاد، نسرین و عابدینی، موسی (۱۴۰۳). ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی اشکال کارستی با استفاده از روش ریبارد (مطالعه موردی: شهرستان آذرشهر)، *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*، ۵(۳)، ۳۸۱-۴۰۰. https://www.srds.ir/article_221124.html?lang=fa

کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه و رنگرز فروغ، فاطمه (۱۴۰۴)، ارزیابی توان‌های ژئوتوریستی چشمه‌های آبگرم دامنه شمالی رشته‌کوه بزقوش، *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۹(۹۲)، ۶۵-۴۱. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_17766.html

کرمی، فریبا؛ مختاری، داوود؛ شرفی، سیامک و بازوند، علی (۱۴۰۴)، ارزیابی توانمندی‌های ژئوتوریستی مناطق کارستی جنوب غرب استان لرستان، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۱۴(۱). https://www.geomorphologyjournal.ir/article_216788.html-

لقمان‌نیا، کوثر.، حسین‌زاده، مریم.، کرمی، فریبا. (۱۴۰۳). ارزیابی پتانسیل ژئوتوریسمی چشمه کارستی تاپ تاپان با استفاده از مقایسه روش‌های کوبالیکوا و سرانو گونزالز-تروبا، *جغرافیا و روابط انسانی*، دوره ۷، شماره ۲، صص ۳۸۶-۳۶۸. https://www.gahr.ir/article_197911.html

مقصودی، مهران؛ گنجائیان، حمید؛ صفدری، المیرا و عبدالملکی، میلاد (۱۳۹۸). شناسایی و ارزیابی پیش ژئوسایت‌های استان زنجان و ارزیابی تأثیر آن بر توسعه گردشگری پایدار، *فصلنامه علمی مطالعات مدیریت گردشگری*، ۱۴(۴۸)، ۱۴۹-۱۷۸. https://tms.atu.ac.ir/article_10813.html

مقصودی، مهران؛ یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم؛ رضوانی، محمدرضا و بهاروند، مهدی (۱۳۹۷). شناسایی و ارزیابی ژئومورفوسایت‌های کارستی با استفاده از مدل تلفیقی کوبالیکوا و کرچنر (نمونه موردی: ژئومورفوسایت‌های کارستی شهرستان پلدختر-استان لرستان)، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۷(۱)، ۱-۱۲. https://www.geomorpholog-yjournal.ir/article_78114.html

نجفی، اسماعیل و احمدی دهرشید، پارسا (۱۴۰۲). ارزیابی پتانسیل گردشگری شهرستان دهگلان با تأکید بر جاذبه‌های ژئوتوریسمی، *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستان*، ۴(۱)، 70788. https://gsma.lu.ac.ir/article_707886.html

نظافت تکله، بهروز؛ اسفندیاری درآباد، فریبا؛ کرم، امیر و عبیدی حمل آباد، سایه (۱۴۰۳). توان‌سنجی قابلیت‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی در روستاهای گردشگرپذیر استان اردبیل. *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*، ۵ (۳)، ۱۷۲–۱۵۱. https://www.srds.ir/article_211308.html

ویسی، عبدالکریم و احمدی، عبدالمجید (۱۳۹۹). بررسی مقایسه‌ای ژئومورفوسایت‌های کارستی استان کرمانشاه با استفاده از مدل‌های GAM و M-GAM، *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستان*، ۱(۴)، ۳۳–۵۰. https://gsma.lu.ac.ir/article_707766.html

هاشمی دیزج، عبدالرحیم؛ نظافت تکله، بهروز و عبیدی حمل آباد، سایه (۱۴۰۳). توان‌سنجی پتانسیل‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی شهرستان پارس‌آباد در جهت توسعه اقتصادی. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۹ (۹۱)، ۱۵۹–۱۸. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_17811.html

هاشمی دیزج، عبدالرحیم؛ نظافت تکله، بهروز؛ عبیدی حمل آباد، سایه و شیرزادی، نگین (۱۴۰۳). ارزیابی قابلیت‌های ژئوتوریستی و مقاصد ژئومورفولوژیکی شهرستان هیر در جهت توسعه اقتصادی. *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*، ۵(۴)، ۲۴۵–۲۵۹. https://www.srds.ir/article_214946.html

Ahmadi, Manijeh., Khoshraftar, Reza. (2011). Evaluating the geotourism potential of Katalekhor Cave in Zanjan using SWOT, Geographical Thought, 5(9) https://geonot.znu.ac.ir/article_20761_000-6bc607ecfe07bca65de91dc075202.pdf

Aleksandar, Antić., Nemanja, Tomić., Slobodan, Marković. (2019). Karst geoheritage and geotourism potential in the Pek River lower basin (eastern Serbia) (naslov ne postoji na srpskom), Geographica Pannonica, 23(1), 32-46. https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-872419010-32A

Aleksova, Bojana., Milevski, Ivica., Lukić, Tin., Marković, Slobodan., Manevska, Ivana. (2025). Preliminary evaluation of Geosites for nature-based tourism in Mavrovo and Šar Planina National Parks, International Journal of Geoheritage and Parks. 13(3), 473-488. https://www.sciencedirect.-com/science/article/pii/S2577444125000358

Antić A, Marković SB, Marković RS, Cai B, Nešić D, Tomić N, Hao Q (2022). Towards sustainable karst-based geotourism of the mount Kalafat in southeastern Serbia. *Geoheritage*, 14(1), 1–20. https://link.springer.com/article/10.1007/s12371-022-00651-6

Arshadi,S. and Laumanns, M . (2004). *Speleological project Ghar Katalehkhor*. 19(17), 1617-8572 P. https://geology-moba.blogfa.com/post/11

Bussard, Jonathan., Reynard, Emmanuel. (2022) Heritage value and stakeholders' perception of four geomorphological landscapes in Southern Iceland, *Geoheritage*, 14, p 89. https://link.springer.-com/article/10.1007/s12371-022-00722-8

Comănescu, Laura., Nedelea, Alexandru.,Păunescu, Cosmin. (2025). Geolandscapes of the Ciucaș Mountains (Eastern Carpathians, Romania) - the assessment of geomorphosites and development of geotourism, *Geomorphology*, 480, 109753. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S01-69555X25001631

Coratza, Paola., Hobléa, Fabien. (2018). The Specificities of Geomorphological Heritage, Geoheritage Assessment, Protection, and Management, Pages 87-106. https://www.sciencedirect.com/science/-article/abs/pii/B9780128095317000058

Dowling, R.K., (2011). Geotourism's global growth, Geoheritage, 3(1), 1-13. https://link.springer.-com/article/10.1007/s12371-010-0024-7

Evangelista, Vania Kele., Travassos. Luiz Eduardo Panisset. (2019). Geografia, paisagem, literatura e geopatrimônio nas obras de Guimarães Rosa Ateliê Geográfico, *Ateliê Geográfico*, 13(3), 112–137 https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/58416

Fassoulas, C, Mouriki ., D., Dimitriou-Nikolakis. P., & Iliopouloss G . (2012). Quantitative assessment of geotopes as an effective tool for geoheritage management Geoheritage, *Geoheritage*, 4(3), 93-177. https://link.springer.com/article/10.1007/s12371-011-0046-9

Fathalizadeh, B., Hassanzad, N., & Abedini, M. (2024). Evaluating the Geotouristic Potentials of Karst Forms Using the Reynard Method (Case Study: Azarshahr County). Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies, 5(3), 381-400. https://www.srds.ir/article_221124.-html?lang=fa [in parsian]

Ferrando, Andrea., Faccini, Francesco., Coratza, Paola., Reynard, Emmanuel., (2025). The 'management perimeter': A proposal for effective conservation of geomorphosites, Geomorphology, Volume 472, 109591 . https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X25000017

Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A.S., Bakalowicz, M., Broda, S., Drew, D., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., Stevanovic, Z., Veni G. (2020). Global distribution of carbonate rocks and karst water resources, Hydrogeol. J., 28 (5), 1661-1677. https://link.springer.com/article/10.1007/-s10040-020-02139-5

Grandgirard, V. (1997). Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage, PhD thesis, Université de Fribourg, Switzerland. https://www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_2000_num_35_-1_2461_t1_0064_0000_2

Hashemi Dizaj, A. R., Nezafat Takaleh, B., & Abidi Hamalabad, S. (2025). Capacity Assessment of Geotouristic and Geomorphological Potentials in Parsabad County for Economic Development. *Geography and Planning*, 29(91), 18-159. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_17811.html [in parsian]

Hashemi Dizaj, A. R., Nezafat Takaleh, B., Abidi Hamalabad, S., & Shirzadi, N. (2025). Evaluation of Geotouristic Potentials and Geomorphological Destinations in Hir County for Economic Development. *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies*, 5(4), 245-259. https://www.srds.ir/article_214946.html [in parsian]

Karami, F., Mokhtari, D., Sharafi, S., & Bazvand, A. (2025). Evaluating the Geotouristic Potentials of Karstic Regions in Southwest Lorestan Province. *Quantitative Geomorphology Research*, 14(1). https://www.geomorphologyjournal.ir/article_216788.html[in parsian]

Karami, Fariba., Rajabi, masomeh., Rangraz Forog, Fateme. (2025). Assessment of the Geotourism Capabilities of Hot Springs in the Northern Slopes of Bozgoush Mountain Range, *Geography and Planning*, 29(92) 41-65. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_17766.html [in parsian]

Khoshraftar, R. (2010). *Conservation of Karst Areas and Caves*. Rasht: Hagh Shenas Publications.

Khoshraftar, R. (2018). Cultural Geomorphology: The Role of Karstic Geosites in Beliefs and Folklore (Case Study: Zanjan Province). *Earth Science Research*, 9(34), 12-144. https://esrj.sbu.ac.ir/article_96655.html [in parsian]

Loghmaninia, K., Hosseinzadeh, M., & Karami, F. (2024). Assessment of the Geotourism Potential of Tap Tapān Karstic Spring Using a Comparison of the Kováliková and Serrano González-Troya Methods. Geography and Human Relations, 7(2), 368-386. https://www.gahr.ir/article_197911.-html [in parsian]

Lugeri, Francesca Romana., Amadio, Vittorio., Cardillo, Alberto. (2011). Landscapes Geosites and Wine Production Areas: A Geomorphological Heritage, *Geoheritage*, 3, 221–232. https://www.researchgate.net/publication/225309865_Landscapes_and_Wine_Production_Areas_A_Geomorphological_Heritage

Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., Safdari, E., & Abdolmaleki, M. (2019). Identification and Evaluation of Proto-Geosites in Zanjan Province and Assessing Their Impact on Sustainable Tourism Development. *Scientific Journal of Tourism Management Studies*, 14(48), 149-178. https://tms.atu.ac.ir/article_10813.html [in parsian]

Maghsoudi, M., Yamani, M., Moghimi, E., Rezvani, M. R., & Baharvand, M. (2018). Identification and Evaluation of Karstic Geomorphosites Using the Integrated Kováliková and Kirchner Model (Case Study: Karstic Geomorphosites of Pol-e Dokhtar County – Lorestan Province). *Quantitative Geomorphology Research*, 7(1), 1-12. https://www.geomorphologyjournal.ir/article_78114.html [in parsian]

Najafi, E., & Ahmadi Dehreshid, P. (2024). Assessment of Tourism Potential in Dehgolan County with Emphasis on Geotouristic Attractions. Journal of Geographical Studies of Mountain Regions, 4(1), (e70788). https://gsma.lu.ac.ir/article_707886.html [in parsian]

Nezafat Takaleh, B., Esfandiari Darabad, F., Karam, A., & Abidi Hamalabad, S. (2025). Capacity Assessment of Geotouristic and Geomorphological Potentials in Tourist Villages of Ardabil Province. Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies, 5(3), 151-172. https://www.srds.ir/article_211308.html[in parsian]

Nickolas, C., Zouros, N. (2007). Geomorphosite assessment and management in procted areas of Greece. Case study of the Lesvos is land costal geomorphosites. Geographica Helvetica. 62(3), 80-169 .https://gh.copernicus.org/articles/62/169/2007/gh-62-169-2007.pdf

Parvin, M. (2019). Recognition and Evaluation of Geomorphosites Based on Quantitative Parametric and Scientific Quality Methods (Case Study: Gilangharb County). Research in Environmental Erosion, 9(3), 62-81. https://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-525-fa.html [in parsian]

Pelfini, M,. Bollati. I. (2014). *Landforms and geomorphosites ongoing changes: concepts and implications for geoheritage promotion Quaestiones Geographicae*, 33, 131-143. https://www.researchgate.net/publication/265719830_Landforms_and_geomorphosites_ongoing_changes_Concepts_and_implications_for_geoheritage_promotion

Reynard, Emmanuel., Coratza, Paola., Regolini-Bissig, G. (Eds.) (2009), Geomorphosites: definitions and characteristics, Geomorphosites, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich, *Germany*, pp. 9-20. https://www.researchgate.net/publication/288265820_Geomorphosites_Definitions_and_characteristics

Reynard, Emmanuel., Sadry, B.N., (Ed.) (2020), Geomorphosites: esthetic landscape features or earth history heritage?. The Geotourism Industry in the 21st Century, Apple Academic Press, 147-167. https://www.researchgate.net/publication/343706994_Geomorphosites_Esthetic_Landscape_Features_or_Earth_History_Heritage

Reynard. Emmanuel, Panizza. M. (2005) Geomorphosites: definition, assessment and mapping, I1, Quaternario, 18(1), Vol special, 286-312. https://www.researchgate.net/publication/30431073_-Geomorphosites_definition_assessment_and_mapping

Salehi, S., Aflaki, Z., Mousazadeh, H., & Zangiabadi, Z. (2016). Evaluation of Tourism Geosites Using Fasolus and Nicholas Methods (Case Study: Villages of Chahardangeh District, Sari County). *Journal of Rural Research*, 7(2), 300-315. https://jrur.ut.ac.ir/article_58976.html [in parsian]

Sena, Ítalo Sousa de., Ruchkys, Úrsula de Azevedo., Travassos, Luiz Eduardo Panisset. (2022). Geotourism Potential in Karst Geosystems: An example from the Lund Warming Ramsar Site, Minas Gerais, Brazil, *Catena*, 208, 105717. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/-S0341816221005750

Serrano, Enrique., González-Amuchastegui, María José., Ruiz-Pedrosa, Rosa María. (2025). Geomorphosites and geomorphological maps applied to public use, tourism and natural heritage management in the Rio Lobos Natural Park (Spain). *Geomorphology*, 471, 109573. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X24005257

Shayan, S., Amounia, H., & Rahimi Harabadi, S. (2017). Comprehensive Evaluation and Management of Karstic Geomorphosites Using Integrated Assessment Models (Case Study: Chal Nakhjir Cave in Markazi Province). *Scientific-Research Journal of Tourism and Development*, 5(9), 118-136. https://www.itsairanj.ir/article_110391.html [in parsian]

Tamang, Lakpa., Mandal, Uttam Kumar., Karmakar, Manas., Banerjee, Monali., Ghosh, Debasis. (2023). Geomorphosite evaluation for geotourism development using geosite assessment model (GAM): A study from a Proterozoic terrain in eastern India, nternational Journal of Geoheritage and Parks, 11(1), 82-99. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2577444122000855

Veysi, A., & Ahmadi, A. M. (2021). A Comparative Study of Karstic Geomorphosites in Kermanshah Province Using GAM and M-GAM Models. *Journal of Geographical Studies of Mountain Regions*, 1(4), 33-50. https://gsma.lu.ac.ir/article_707766.html [in parsian]