



Zoning the Geotourism Potential of the Northern Slopes of the Bozqush Mountain Range

Fatemeh Rangraz Forough¹ , Fariba Karami² , Masoumeh Rajabi³

1. PhD Student in Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Email: fatemeh.rangraz@tabrizu.ac.ir

2. (Corresponding Author) Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Email: fkarami@tabrizu.ac.ir

3. Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. **Email:** mrjabi@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article Type:

Research Article

Article History:

Received:

16 Sep 2025

Received in revised form:

12 Nov 2025

Accepted:

3 Feb 2026

pp.1-30

Keywords:

Geotourism

PGA Model

MACBETH Model

SAW Model

The northern slopes of the Bozqush Mountain Range

ABSTRACT

Geotourism has emerged as a key form of tourism with significant economic, environmental, cultural, and infrastructural benefits. This study evaluates and zones the geotourism potential of the northern slopes of the Bozqush Mountain Range, an area characterized by pristine nature and active geological and geomorphological features. A descriptive-analytical and applied methodology was employed, utilizing the Preliminary Geosite Assessment (PGA) and MACBETH models for criteria weighting. Evaluated criteria included both natural and human factors such as slope, aspect, lithology, land use, elevation, climate, vegetation, and proximity to protected areas, water resources, faults, settlements, services, and tourist attractions. Findings indicate that elevation, proximity to attractions, and accessibility are the most influential factors. Mountaineering and hydrotherapy are prioritized activities. Zoning results show that 33.21% of the area is highly suitable, 58.37% suitable, 7.41% relatively suitable, 1.01% relatively unsuitable, and 0.006% unsuitable for geotourism. Hot spring prioritization using the SAW model identified Asbforoushan, Allah Haq, Ardaha, Shalqoun, and Jaldeh Bakhan as top-ranked sites. Furthermore, high-value geosites identified via the PGA model align well with the zoning outputs, confirming the region's strong geotourism potential.

Cite this article, Rangraz Forough ,F., karami, F. and Rajabi, M (2026) Zoning the Geotourism Potential of the Northern Slopes of the Bozqush Mountain Range, *Quantitative Geomorphological Research*, , 14(4). 1-30.

Doi: [10.22034/gmpj.2025.482427.1525](https://doi.org/10.22034/gmpj.2025.482427.1525)

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, geotourism has been recognized as one of the most significant types of tourism worldwide, with positive impacts on local economies, environmental conservation, cultural and historical promotion, improvement of tourism infrastructure, and job creation. The northern slopes of the Bozqush Mountain Range, due to their pristine nature and dynamic geological and geomorphological conditions, possess high potential for geotourism development. This research aims to assess and zone the geotourism capabilities of the northern slopes of Bozqush. The research method is descriptive-analytical and applied in nature. For data analysis, the Preliminary Geosite Assessment (PGA) method and the MACBETH model were employed for weighting the criteria. Natural and human criteria, including slope, aspect, lithology, land use, elevation, temperature, precipitation, vegetation cover, distance from protected areas, rivers, faults, cities and villages, accommodation and service centers, and tourist attractions, were examined. The results indicated that the highlands of Bozqush, distance from tourist attractions, and communication routes have the greatest influence on the geotourism potentials of the region. Furthermore, mountaineering and hydrotherapy activities are prioritized. The zoning results revealed that 33.21% of the area falls within the very suitable zone, 58.37% within the suitable zone, 7.41% within the relatively suitable zone, 1.01% within the relatively unsuitable zone, and 0.006% within the unsuitable zone. The hot springs were also prioritized using the SAW model, with the springs of Asbforoushan, Allah Haq, Ardaha, Shalqoun, and Jaldeh Bakhan ranking highest. Moreover, the high-value geosites identified through the PGA model are consistent with the geotourism-prone zones derived from the zoning process in this region.

Methodology

The research methodology employed in this study is a mixed-method approach, combining both quantitative and qualitative analyses with an applied objective. Accordingly, the geosites of the northern slopes of the Bozqush Mountain Range were initially identified through field observations and semi-structured interviews. Subsequently, the geosites were evaluated using the Preliminary Geosite Assessment (PGA) model. The statistical population for this phase of the study consisted of 15 experts from the Tourism and Cultural Heritage Administration of East Azerbaijan Province and the Cultural Heritage Administration of Sarab County. To assess the geotourism capabilities of the northern slopes of Bozqush, a questionnaire was designed for weighting the criteria based on the MACBETH model. In this regard, expert opinions were solicited from 15 professors from the Departments of Geomorphology and Geology at the University of Tabriz, as well as specialists from the Water Administration of Sarab County. In this questionnaire, respondents were asked to perform pairwise comparisons of the criteria and assign importance coefficients on a scale from 0 to 6. In the third stage, the hot springs were prioritized using the SAW model through a separate questionnaire. In this phase, expert opinions were collected from 15 specialists from the Water Resources Administration of Sarab County, the Cultural Heritage Administration of Sarab County, and the Regional Water Administration of East Azerbaijan Province. Respondents were asked to rate the criteria based on their proximity to the actual conditions of the hot springs, using a Likert scale ranging from 1 to 5.

Results and discussion

For widely used multi-criteria decision-making methods, the existence of various criteria is essential. In this process, in order to zone the geotourism capabilities of the northern slopes of the Bozqush Mountain Range, 15 natural and human criteria have been employed. These criteria include elevation, distance from tourist attractions, accessibility to communication routes, availability of **accommodation and service**

centers, distance from cities and villages, distance from rivers, temperature, precipitation, slope, protected areas, vegetation cover, land use, lithology, distance from faults, and aspect.

Conclusion

Geotourism, as a strategic approach in tourism, pursues ecological sustainability, economic viability, and minimal disturbance to natural systems. The northern slopes of the Bozqush Mountain Range in East Azerbaijan Province, due to their unique geomorphological and geological features, hold significant potential for geotourism development. This study evaluates and zones this potential using multi-criteria decision-making models (MACBETH, PGA, and SAW). Fifteen natural and human criteria, including elevation, slope, lithology, land use, climate factors, and proximity to faults, rivers, protected areas, settlements, services, and attractions, were analyzed in GIS. Elevation was identified as the most influential factor. Zoning results showed that 33.21% of the area is very suitable, 58.37% suitable, and 7.41% relatively suitable for geotourism. Suitable zones are mainly near hot springs, with Asbforoushan, Allah Haq, and Ardaha ranked highest by the SAW model. Despite high potential, tourist awareness of the springs' therapeutic benefits remains limited, although the region's location along the Tabriz-Ardabil route and near health tourism hubs offers development opportunities. Proposed strategies include infrastructure development, safety measures, sustainable tourism education, and health tourism planning. Future research should apply AI and machine learning for validation and assess climate change impacts on geotourism potential.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

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

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

پهنه بندی توانمندی های ژئوتوریستی دامنه های شمالی رشته کوه بزقوش

فاطمه رنگرز فروغ^۱، فریبا کرمی^۲، معصومه رجیبی^۳۱- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: Fatemeh.rangraz@tabrizu.ac.ir۲- نویسنده مسئول، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: fkarami@tabrizu.ac.ir۳- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mrjabi@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در دهه‌های اخیر، ژئوتوریسم به عنوان یکی از مهم‌ترین انواع گردشگری در جهان شناخته شده است و تأثیرات مثبتی بر اقتصاد محلی، حفاظت از محیط زیست، ارتقای فرهنگ و تاریخ، بهبود زیرساخت‌های گردشگری و ایجاد فرصت‌های شغلی دارد. دامنه‌های شمالی رشته کوه بزقوش به دلیل طبیعت بکر و وضعیت زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی پویا، پتانسیل بالایی برای توسعه ژئوتوریسم دارند این پژوهش با هدف توان‌سنجی و پهنه‌بندی ژئوتوریستی دامنه‌های شمالی بزقوش انجام شده است. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و از نوع کاربردی بوده و برای تحلیل داده‌ها از روش ارزیابی اولیه میراث زمین (PGA) و مدل MACBETH برای وزن‌دهی به معیارها استفاده شده است. معیارهای طبیعی و انسانی شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، ارتفاع، دما، بارش، پوشش گیاهی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، رودخانه‌ها، گسل‌ها، شهرها و روستاها، مراکز اقامتی و خدماتی، و جاذبه‌های گردشگری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ارتفاعات بزقوش، فاصله از جاذبه‌های گردشگری و راه‌های ارتباطی بیشترین تأثیر را در توان‌های ژئوتوریستی منطقه دارند. همچنین، فعالیت‌های کوهنوردی و آب‌درمانی در اولویت قرار دارند. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که ۳۳/۲۱٪ از مساحت منطقه در پهنه بسیار مناسب، ۵۸/۳۷٪ در پهنه مناسب، ۷/۴۱٪ در پهنه نسبتاً مناسب، ۱/۰۱٪ در پهنه نسبتاً نامناسب و ۰/۰۰۶٪ در پهنه نامناسب قرار دارند. چشمه‌های آبگرم نیز با استفاده از مدل SAW اولویت‌بندی شدند و چشمه‌های اسب‌فروشان، الله حق، اردها، شالقون و جلده باخان در صدر قرار گرفتند. از طرفی، ژئوسایت‌های با ارزش بالا در مدل PGA با پهنه‌های مستعد ژئوتوریستی حاصل از پهنه‌بندی در این منطقه منطبق هستند.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۶/۲۵

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱۱/۱۴

صص. ۳۰-۱

واژگان کلیدی:

ژئوتوریسم مدل PGA،

مدل MACBETH

مدل SAW

دامنه های شمالی رشته کوه بزقوش .

استناد: رنگرز فروغ، فاطمه کرمی، فریبا و رجیبی، معصومه. (۱۴۰۵). پهنه بندی توانمندی های ژئوتوریستی دامنه های شمالی رشته کوه بزقوش. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱۴(۴)، ۱-۳۰.

Doi: 10.22034/gmpj.2025.482427.1525

مقدمه

گردشگری یکی از عناصر اصلی توسعه یک منطقه است (جینتینگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). ژئوتوریسم، به عنوان یکی از شاخه‌های گردشگری پایدار، بر مشاهده و مطالعه پدیده‌های زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی تمرکز دارد. این رویکرد، علاوه بر توجه به جاذبه‌های طبیعی، ملاحظات زیست محیطی، فرهنگی و اجتماعی را نیز در نظر می‌گیرد. از اهداف اصلی ژئوتوریسم، می‌توان به حفاظت از میراث زمین‌شناختی، احترام به فرهنگ جوامع محلی و تأمین منافع اقتصادی برای ساکنان بومی اشاره کرد. این نوع گردشگری، با تلفیق اصول پایداری و مسئولیت‌پذیری، به عنوان ابزاری مؤثر در جهت توسعه متوازن و حفظ منابع طبیعی و فرهنگی عمل می‌کند. (داولینگ و نیوسام^۲، ۲۰۰۶) در دهه‌های اخیر ژئوتوریسم یکی از مهم‌ترین انواع گردشگری در جهان به شمار می‌رود چرا که کاربردهای متعددی دارد. از جمله کاربردهای ژئوتوریسم می‌توان به تأثیر مثبت آن بر اقتصاد محلی، حفظ و حراست از محیط زیست، ارتقای فرهنگ و تاریخ مکان‌ها، ارتقای زیرساخت‌های گردشگری و ایجاد فرصت‌های شغلی اشاره کرد (مک میلان^۳، ۲۰۱۹). با توجه به اینکه کشور ایران با پیشینه زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی دارای چشم‌اندازهای بی‌کرانی از رشته کوه‌های عظیم، جنگل‌های پهناور، مناطق بیابانی و کویری، دشت‌های حاصل خیز، تالاب‌های بزرگ و کوچک، رودخانه‌ها و آبشارهای متعددی است. وجود چنین پتانسیل‌های بالقوه‌ای در این سرزمین تلاش بیشتری را برای شناخت و معرفی و ترویج این صنعت روبه رشد ضروری می‌نماید (دادگر، ۱۴۰۱). کوهستان‌ها در پیکره بندی جغرافیایی ایران یکی از تیپ‌های اصلی ناهمواری هستند. سراسر نواحی شمال و شمال غرب ایران و بخش‌هایی از شرق و نواحی مرکزی اراضی کوهستانی است. این اراضی ظرفیت‌های کانساری، آب معدنی و گردشگری و فراغتی زیادی دارند که متناسب با توان‌های محیط کوهستان با روش‌های شناخته شده‌ای کاربرد دارند. ارزش‌ها و جاذبه‌های گردشگری یکی از کاربردهای جدید مناطق کوهستانی است (علی اکبری، ۱۳۹۷). در استان آذربایجان شرقی، دامنه‌های شمالی رشته کوه بزقوش به عنوان منطقه‌ای مستعد جهت توسعه ژئوتوریسم شناخته می‌شود. ویژگی‌های زمین‌شناسی خاص، آب و هوای مناسب و جاذبه‌های طبیعی مانند قله‌های بلند و چشمه‌های آبگرم، این منطقه را به مقصدی مناسب برای انواع فعالیت‌های گردشگری تبدیل کرده است. ساختار فعال زمین‌شناسی، تنوع آب و هوا، ویژگی‌های لیتولوژی، توپوگرافی و هیدرولوژی منطقه سبب شده‌اند که در دامنه شمالی بزقوش پدیده‌های ژئومورفولوژی تنوع چشمگیری داشته باشند (کرمی، ۱۳۸۱). پدیده‌هایی مانند پرتگاه‌های گسلی، مخروط افکنه‌های چند نسلی، دره‌های خطی، آبشارها، چشمه‌های آب گرم و آب سرد، از جمله شواهد مورفوتکتونیک هستند که به وفور در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش دیده می‌شوند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۲). ساختار زمین‌شناسی، لیتولوژی و آب و هوا عواملی هستند که توپوگرافی ناهمگنی را در این منطقه به وجود آورده‌اند این توپوگرافی نه تنها نسبت به کیفیت و پتانسیل خود، عوامل مورفونیک را به فعالیت و داشته بلکه خود نیز تحت تأثیر آنها قرار گرفته و تغییر شکل یافته است. به این ترتیب دامنه شمالی رشته کوه بزقوش به لحاظ توپوگرافی به واحدهای کوهستان، دامنه‌های پایکوهی، دشت و فلات تفکیک شده است. این منطقه بخشی از حوضه ابریز آجی چای محسوب می‌شود. تسلط سیستم مورفونز پرگلگیر در دوره‌های یخچالی و گسترش محدوده آن در ارتفاعات بالای توده کوهستانی بزقوش همچنین اثرات مورفونیک سیستم‌های فرسایشی به شکل دره‌های انباشتی، تراس‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های وسیع برجامانده‌اند. وجود تعداد زیاد آبشارها و چشمه‌های آبگرم به ویژه در ارتفاعات بالا، به عنوان شواهدی

¹ Ginting

² Dowling and new some

³ Millan

از مورفوتکتونیک، حکایت از این دارد که تکتونیک به عنوان یک عامل، نقش به سزایی در پیدایش و تکوین دامنه شمالی بزقوش دارد. مخروط افکنه ها و تراس ها به عنوان نهشته های سطحی در پایکوه های شمالی بزقوش منطقه وسیعی را در بر گرفته اند. تحول مورفولوژیک این اشکال آبرفتی، به زمین شناسی سنگ بستر، ویژگی های مکانیکی سنگ های حوضه بالادست آنها، وضعیت تکتونیک، شرایط آب و هوایی و مشخصات توپوگرافی منطقه بستگی دارد. به علت فعالیت عوامل مورفونیز و در اثر فرایندهای فرسایشی، حمل و رسوب، مواد درسیستم های آبرفتی از نواحی کوهستانی برداشته شده و در پایکوه ها و کناره های دره ها انباشته می شوند و نهشته های سطحی را در این منطقه به وجود می آورند (کرمی، ۱۳۸۱).

ارزیابی و پهنه بندی توان های ژئوتوریستی در تحقیقات مختلفی در عرصه داخلی و بین المللی در دستور کار قرار گرفته اند برای مثال یاری و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی "پتانسیل های گردشگری کوهستان پرآو در شهر کرمانشاه" را با استفاده از مدل SWOT بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد میانگین رتبه ای برای مجموع عوامل داخلی (قوت) $1/3$ و وزن نهایی آن $1/15$ است. میانگین رتبه ای مجموع عوامل داخلی (ضعف) $1/37$ و وزن نهایی $0/634$ می باشد. این بیانگر بالا بودن تاثیر نقاط قوت در توسعه پتانسیل های گردشگری کوهستان شهر کرمانشاه است. میانگین رتبه ای مجموع عوامل داخلی (فرصت) برابر با $1/46$ و وزن نهایی $0/54$ است. میانگین رتبه ای مجموع عوامل خارجی (تهدید) $1/34$ و وزن نهایی $0/824$ می باشد. رسولی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی "قابلیت ها و توسعه ژئوتوریسم منطقه خطیر کوه" را با استفاده از مدل های ANP، SWOT و QSPM بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که مجموع امتیازات وزن دار نقاط قوت (S) و ضعف (w) به ترتیب $2/88$ و $2/55$ و مجموع امتیازات وزن دار فرصت ها (o) و تهدید ها (T) نیز به ترتیب $2/92$ و $2/39$ به دست آمد. بر اساس نتایج روش برنامه ریزی راهبردی کمی QSPM اولویت بندی این راهبرد ها با مجموع امتیازهای $29/283$ ، $28/350$ ، $27/744$ ، $26/877$ و $26/534$ به ترتیب شامل راهبردهای SO ، SO_1 ، ST_6 ، WO_1 و WO_2 هستند. همچنین با توجه به این که مجموع امتیازات SO بیش تر از wt بوده است، راهبرد مناسب برای تدوین برنامه ریزی توسعه ژئوتوریسم در منطقه، راهبرد تهاجمی خواهد بود. طبق تحلیل ANP اولویت نهایی راهبردهایی مثل بهره گیری و جذب سرمایه گذاری بخش خصوصی، جلب همکاری نهادهای دولتی در تخصیص منابع مالی برای توسعه زیرساخت های گردشگری منطقه، سرمایه گذاری در بخش های زیر بنایی، ایجاد مشاغل جدید برای مردم بومی، سرمایه گذاری مناسب در بخش های فرهنگی و آموزش مردم بومی برای ارتباط برقرار کردن با گردشگران بوده است. میری و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی "قابلیت های ژئوتوریستی حوضه تجنود و کویر همت آباد" را با استفاده از مدل AHP، GAM، فاسیلوس، کامنسکو ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد ۳۶ درصد منطقه در پهنه قابلیت ژئوتوریستی زیاد قرار دارد که بر لندفرم های ژئومورفولوژی منطبق بوده و دارای دسترسی مناسب، چشم انداز بلند و نقاط دید بالاست. ۵۱ درصد منطقه به دلیل نمایانگر بودن، تنوع ژئومورفولوژیکی، کمیابی، دست نخوردگی و یکپارچگی در ژئوسایت ها در پهنه قابلیت ژئوتوریستی خیلی زیاد قرار گرفت. کرمی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی "پتانسیل های ژئوتوریستی شهرستان طارم" را با استفاده از مدل کامنسکو و مدل ANP-Fuzzy ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که ژئوسایت های شهرستان طارم دارای ارزش ژئوتوریستی بالایی هستند، به طوری که ژئوسایت رودخانه ولیدر- شیت دارای بالاترین ارزش بوده و ژئوسایت رودخانه قزل اوزن در رتبه دوم و رودخانه نوکیان در رتبه سوم قرار دارد. همچنین بررسی توانمندی

معیارهای ژئوتوریستی این شهرستان نشان می‌دهد که ۴۹/۴۶ درصد از مساحت محدوده مورد نظر جهت توسعه ژئوتوریسم مناسب است و ژئوسایت‌های با ارزش بالا در مدل کومانسکو با پهنه‌بندی مستعد ژئوتوریستی حاصل از پهنه‌بندی در شهرستان طارم منطبق هستند. اسدی و سامی (۱۴۰۳) در پژوهشی "ارزش‌ها و توانمندی‌های اقتصادی در مناطق ژئوتوریستی شهرستان طارم" را با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی و مدل ویکور و کمانسکو بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد از ۱۷ ژئوسایت مورد بررسی، تنها ۵ ژئوسایت رودخانه‌های ولیدرشت، قزل اوزن، نوکیان، کوه‌های مسیر تهم-چورزق و چشمه پلنگه به ترتیب با امتیاز ۵/۱۸، ۵/۱۷، ۲۵/۱۷، ۱۷، ۵/۱۶ و ۵/۱۵ از منظر ارزش‌ها و توانمندی‌های اقتصادی در وضعیت مطلوبی قرار دارند. نتایج مدل ویکور نیز تاییدی از نتایج کمانسکو بود و تنها تفاوت آن تغییر وضعیت چشمه پلنگه از مطلوبیت متوسط و رودخانه زاجکان از متوسط به مطلوب می‌باشد. روحانی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی "ظرفیت‌های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی شهرستان سبزوار (مطالعه موردی: رود آب، ریوند و طبس)" را با استفاده از مدل‌های ژئوتوریستی هادزیک، کوبالیکو و فیولت ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد بر اساس مدل هادزیک و بررسی ارزش‌های علمی و مازاد توان ژئوتوریستی منطقه طبس با مقدار ۶۸/۹۱ بیش‌ترین امتیاز و منطقه ریوند با مقدار ۴۱/۲۵ کم‌ترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده از مدل کوبالیکو منطقه طبس با مقدار ۸/۷۶ بیش‌ترین امتیاز و منطقه ریوند با مقدار ۶/۴۹ کم‌ترین امتیاز را در مجموع ارزش‌های علمی، آموزشی، اقتصادی، حفاظتی و فرهنگی داراست. نتایج حاصل از ارزیابی از طریق مدل فیولت و بررسی ارزش‌های مدیریتی و گردشگری نیز نشان دهنده آن است که منطقه طبس با مقدار ۷/۸۶ بیش‌ترین امتیاز و منطقه ریوند با مقدار ۶/۳۶ کم‌ترین امتیاز را در مجموع ارزش‌های ارزیابی کسب کردند. در نتیجه منطقه طبس در شهرستان سبزوار دارای توان ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی بیشتری است. آب^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی "بهینه‌سازی منطقه چشمه‌های آبگرم پنکونگ در منطقه گووا در سولاسی جنوبی، اندونزی" را با استفاده از مدل SWOT بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که چشمه آبگرم روستای پنکونگ دارای چشم‌انداز طبیعی است و این دهکده منبع خوبی هست که دارای دسترسی، امنیت مناسب، امکانات و زیرساخت‌های کافی، تنوع جاذبه‌های گردشگری پشتیبانی شده مانند سنت محلی، چشم‌انداز و ... است. عوامل بازدارنده شامل بودجه محدود، کمبود منابع انسانی حرفه‌ای، عدم ارتقاء، دسترسی ضعیف و عدم توسعه و شبکه‌های مخابراتی است. کریون^۲ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی "موزه کانی شناسی به عنوان یک جاذبه ژئوتوریسم، (مطالعه موردی: منطقه معدنی Zaruma-Portovelo در کشور اکوادور)" را با استفاده از مدل SWOT و تکنیک دلفی، مدل بریل‌ها و GAM بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد ارزیابی نیمه کمی ژئوسایت با روش بریل‌ها نشان دهنده جذابیت علمی (۴۰۰/۳۳۰)، آموزشی (۴۰۰/۳۸۰) و گردشگری (۴۰۰/۳۶۵) است. روش کاربردی GAM موزه را به عنوان یک ژئوسایت با ارزش اصلی و اضافی نشان می‌دهد و آن را در زمینه Z33 ماتریس ارزش گذاری جهانی قرار می‌دهد. علاوه بر این، ارزیابی نیمه کمی و کیفی امکان تشریح اهمیت موزه و مجموعه‌های آن در توسعه منطقه را فراهم کرد. مطالعه انجام شده موزه را به عنوان یک سایت معدنی با ارزش گذاری مناسب، نمونه‌ای از حفاظت از میراث زمین‌شناسی در محل و مبنایی برای توسعه ژئوتوریسم

¹ Ab et al² Carrión et al

معرفی کرد. مدایی^۱ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی "عوامل موثر بر تقاضای گردشگری در چشمه های آب گرم ژاپن" را با استفاده از مدل رگرسیون OLS و GLMM برای تخمین اثر متغیرها بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که عوامل مهم در اکثر مدل ها کیفیت اقامتگاه ها و میزان وابستگی به تقاضای ورودی است. علاوه بر این، تعداد زبان های غیرژاپنی پشتیبانی شده در وبسایت استراحتگاه های چشمه های آب گرم تأثیر قابل توجهی بر تقاضای ورودی دارد. از آنجایی که نتایج مطالعه حاضر بیش از ۸۰ سایت چشمه آب گرم را پوشش می دهد، نتایج عوامل مهم مشترک را برای تفرجگاه های چشمه آب گرم نشان می دهد. گو^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی "جاذبیت مقصد گردشگری مبتنی بر طبیعت چین با رویکرد فازی-AHP" بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد رویکرد فازی-AHP روشی مطمئن تر و جامع تر برای ارزیابی جاذبیت مقصد نسبت به رویکردهای قبلی است. علاوه بر مشارکت های نظری مربوط به ادغام رویکردهای مختلف برای ارزیابی جاذبیت مقصد و توسعه ابزاری خاص برای مقاصد گردشگری مبتنی بر طبیعت، این کار برای تصمیم گیرندگانی که به دنبال ابزارهای مؤثرتری برای برنامه ریزی، بازاریابی و توسعه هستند، مورد توجه خواهد بود. آچاریا و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی تحلیل مکانی تناسب سایت ژئو-اکوتوریسم در بنگال غربی را با استفاده از مدل AHP بررسی کردند. ژانگ^۳ (۲۰۲۲) در پژوهشی به "ارزیابی کمی برای بهره برداری از منابع چشمه آب گرم چیچنگ، چین" با استفاده از مدل AHP پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که سه دسته وزن در لایه فرعی سیستم ارزیابی جامع چشمه آبگرم از عوامل مهم هستند که عبارتند از کیفیت منابع چشم انداز، شرایط محیطی و شرایط بهره برداری و ساخت و ساز منابع. احمدی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی "ژئودایورسیتی و ژئوکانزرویشن در شمالی غربی رشته کوه زاگرس، ایران" را با استفاده از روش ANP ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که ۷۳ درصد از این منطقه با شاخص ژنتیکی متوسط تا بالا، عمدتاً در شمال و جنوب منطقه، دارای ویژگی های ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی و زیبایی شناسی، با خاک های غنی، منابع معدنی، پوشش گیاهی بی نظیر و آب و هوای معتدل می باشد. همچنین مطالعه نقشه خطر نشان می دهد که اکثر مناطق با شاخص ژئودایورسیتی دارای خطر نیز هست که نشان از حساسیت منابع و عدم مدیریت مناسب منطقه است. اکثریت این منطقه که در بخش های مرکزی و جنوب شرقی متمرکز هستند در معرض خطرات طبیعی و انسانی قرار می گیرند. زورلو^۴ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی "برای توسعه ژئوتوریسم با رویکرد یکپارچه در ترکیه" را با استفاده از مدل های SWARA-COBRA فازی ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد تفاوت های معناداری بین رویکردهای سنتی ارزیابی ژئوسایت و رویکرد پیشنهادی در این مطالعه، هم در وزن دهی به معیارها و هم در رتبه بندی ژئوسایت ها، مشاهده شد. این نتایج نشان می دهد که رویکرد روش شناختی پیشنهادی می تواند ابزاری مفید در کاهش مشکل عینیت گرایی باشد که اغلب در ارزیابی ژئوسایت ها با آن مواجه می شویم. در این زمینه، انتظار می رود روش پیشنهادی به سطح دانش نظری که اساس ژئوسایت ها را تشکیل می دهد، کمک کند. زورلو و دده^۵ (۲۰۲۳) در پژوهشی "میراث جغرافیایی یخبندان کوه های یالنیزچام، شمال شرقی

¹ Medai et al

² Gu

³ Zhang

⁴ Zorlu

⁵ Zorlu and Dede

ترکیه" را با استفاده از مدل های SWARA فازی و EDAS و روش PGA بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد لندفرم های یخچالی و مجاور یخچالی ارزیابی شده شواهد زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی هستند و پتانسیل استفاده در فعالیت های علمی، آموزشی و گردشگری دارند. در نتیجه دریاچه های یخچالی، سیرک ها و دره های یخچالی از مهم ترین عناصر هستند. بیلگیچ^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی "ارزیابی دسترسی پذیری به ژئوسایت در ترکیه" را با استفاده از مدل AHP بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که مهم ترین پارامتر برای دسترسی به ژئوسایت ها، خود دسترسی است که ۵۰ درصد از اهمیت را تشکیل می دهد. پارامترهای دیگر به ترتیب اهمیت زیر بر دسترسی به ژئوسایت ها تاثیر گذاشته اند: ۲۵ درصد زمین، ۱۵ درصد اهمیت علمی و ۱۰ درصد خدمات و جذابیت هستند. در نتیجه مناطقی که دسترسی به ژئوسایت ها در ترکیه در آنها راحت تر است، مناطقی هستند که بیشترین تراکم جاده را دارند. ایسلام^۲ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی "تناسب سایت ژئوتوریسم با استفاده از یک روش در منطقه دوارس شرقی (کوهپایه هیمالیا) بنگال غربی، هند" را با استفاده از مدل AHP فازی ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که بخش های شمالی، شمال شرقی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه که شامل مناطق کالچینی، ماداریهات-بیرپارا و کومارگرام می شود، برای ژئوتوریسم مناسب ترین هستند. معیارهای انتخاب شده و لایه های توسعه یافته برای مطالعه می توانند به سیاست گذاران کمک کنند تا مکان های ایده آل برای توسعه زیرساخت های مختلف را تعیین کرده و بر اساس آن برنامه ریزی کنند. لی^۳ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی ژئوسایت ها در ژئوپارک جهانی چانگبایشان چین را با استفاده از مدل AHP فازی و TOPSIS ارزیابی کردند. نتایج پژوهش نشان داد از بین ۲۰ ژئوسایت در ژئوپارک جهانی چانگبایشان، ۵ ژئوسایت اهمیت جهانی، ۵ ژئوسایت اهمیت ملی، ۷ ژئوسایت اهمیت استانی و ۳ ژئوسایت اهمیت محلی دارند. در مقایسه با روش سنتی ارزیابی ژئوسایت، روش مورد استفاده در این مطالعه بیشتر بر معیارهای ارزیابی تمرکز دارد و می تواند اهمیت ژئوسایت را به طور واضح تر و عینی تر محاسبه کند. نتایج این مطالعه نشان دهنده سطح اهمیت هر ژئوسایت است و به تصمیم گیرندگان در برنامه ریزی مدیریت حفاظت از میراث زمین شناسی کمک می کند. علاوه بر این، توصیه های حفاظتی برای افزایش حفاظت زمین شناسی، ژئوتوریسم و توسعه پایدار ژئوپارک جهانی چانگبایشان ارائه شده است.

با تحلیل پیشینه پژوهش های انجام شده در حوزه ارزیابی و پهنه بندی پتانسیل های ژئوتوریستی مشاهده می شود که تمرکز غالب مطالعات بر به کارگیری روش های چندمعیاره کلاسیک (مانند AHP، ANP) و مدل های کیفی (مانند کومانسکو، هادزیک و فیولت) است. اگرچه این روش ها از نظر ساختار تحلیلی و در نظرگیری معیارهای متنوع، قابلیت های ارزشمندی دارند، اما عمدتاً مبتنی بر نظرات ذهنی کارشناسی هستند که می تواند منجر به بروز عدم قطعیت و کاهش عینیت در نتایج شود. همچنین، با وجود توسعه چشمگیر روش های مبتنی بر یادگیری ماشینی در علوم زمین، شکاف قابل توجهی در ادغام این روش های پیشرفته با ارزیابی های ژئوتوریستی و تحلیل های فضایی پیچیده مشاهده می شود. بنابراین پژوهش حاضر با به کارگیری مدل MACBETH و روش PGA، در پی پر کردن این شکاف و دستیابی به هدف اصلی خود که پهنه بندی دامنه های شمالی بزقوش از نظر توان های ژئوتوریستی با استفاده از مدل MACBETH و همچنین تعیین ارزش ژئوسایت ها بر اساس مدل PGA است، می باشد است. نوآوری اصلی این تحقیق در تلفیق منحصربه فرد روش شناسی

¹ Bilgiç² Islam³ Li

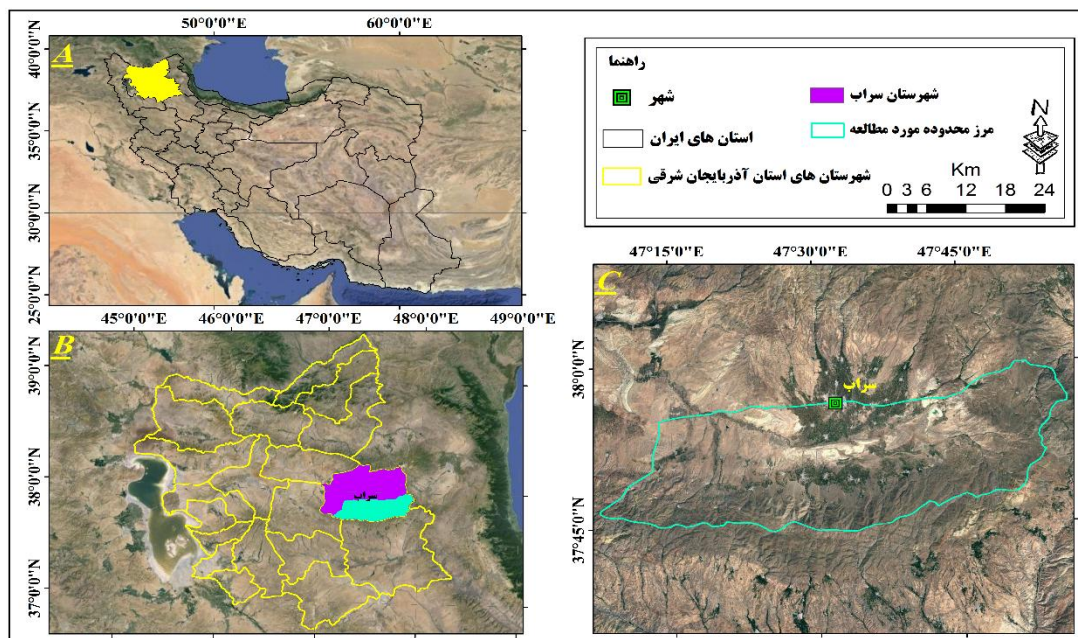
کمی سیستماتیک (PGA) با چارچوب تحلیلی ساختاریافته (MACBETH) برای کاهش سوگیری های ذهنی و افزایش عینیت در ارزیابی پتانسیل های ژئومورفولوژیکی نهفته است.

مواد و روش ها

رشته کوه بزقوش با مختصات $37^{\circ}50' - 37^{\circ}00'$ طول شرقی و $37^{\circ}55' - 37^{\circ}30'$ عرض شمالی در جنوب توده آتش فشانی سبلان قرار دارد (شکل ۱). روند این رشته کوه شرقی - غربی است و انتهای آن به وسیله رودخانه اوجان چای از توده آتش فشانی سهند جدا می شود. این رشته کوه دارای قله متعددی است و مرتفع ترین آن ۳۳۰۶ متر است (عسگری و همکاران، ۱۳۹۲). ساختمان رشنه کوه بزقوش از توده نفوذی (باتولیت) و جنس سنگ های آن گرانودیوریت و سینیت می باشد. وجود دو گسل در دامنه های شمالی و جنوبی آن نشان دهنده بالا آمدن این توده به صورت یک قطعه بالا آمده (هورست) در بین دو فرورفتگی است. فرورفتگی شمالی آن آجی چای نام دارد و دامنه های بزقوش در این بخش با شیب خیلی تند به سمت این فرورفتگی پایین می آید. فرورفتگی جنوبی آن نیز فرانقوچای است که جزء سیستم زهکش قزل اوزن می باشد. رطوبت کوه های بزقوش به علت دوری از منابع رطوبت زا چندان زیاد نیست در نتیجه قله های آن فقط در زمستان در برف مستور می شوند. ذخیره برف نیز با شروع فصل گرم به سرعت ذوب شده و در نهایت چهره کوهستان در تابستان کاملاً خشک است. از ارتفاع رشته کوه بزقوش به سمت مغرب به تدریج کاسته می شود تا اینکه در اطراف بستان آباد به صورت یک سری تپه های مدور پهلوی به پهلوی در می آیند. این تپه ها که از سنگ های تخریبی نئوژن ساخته شده اند و عموماً بین ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متر ارتفاع دارند، در واقع رابط بین رشته کوه بزقوش و توده سهند محسوب می گردند. گردنه شبلی در روی این تپه ها واقع شده که از عوارض مهم محور ارتباطی تبریز - تهران می باشد. دره اوجان، این تپه ها و در نتیجه رشته کوه بزقوش را از توده سهند جدا می سازد (علایی طالقانی، ۱۳۸۸). همچنین فعالیت های شدید تکتونیک در این بخش از کمربند آلپ، علاوه بر ایجاد چین خوردگی و گسل های فراوان، باعث خروج چشمه های آبگرم متعدد در امتداد گسل ها شده که نشان دهنده پتانسیل انرژی زمین گرمایی منطقه است (عسگری، ۱۳۹۲).

از ژئوسایتها منطقه آبگرم الله حق است که در جنوب غربی روستای الله حق، شهرستان سراب استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این چشمه در دل دره ای با امتداد شمالی جنوبی شکل گرفته که در آن جریان آب به سمت شمال حرکت می کند. موقعیت آن به گونه ای است که از دامنه شرقی دره، دو نقطه جوشش آب گرم با فاصله ای اندک از زمین بیرون می زند. در شرق روستای اسب فروشان تپه ای معروف به کول تپه (تپه خاکستر) وجود دارد که به آتشکده های باستانی آذربایجان منسوب است و اشیاء قدیمی زیادی در آن یافت شده است. ظاهراً هسته اولیه روستا بر روی آن تپه و در کنار آتشکده استقرار یافته بود که در دوره های بعدی و به دلایل نامعلومی از بین رفته است. آبگرم معدنی اسبفروشان در فاصله ۴ کیلومتری جنوب روستای اسبفروشان واقع شده و جاده آن تا شهر سراب آسفالت است. شیب های بالاتر از آبگرم، برای کوهنوردی بسیار مناسب می باشد. دو آبشار زیبا که از ارتفاعات ۳۳۰۲ متری کوهستان بزقوش سرچشمه می گیرند فضای دلپذیری برای کوهنوردان به وجود آورده اند. محل آبگرم دارای خدمات فروشگاهی و رستوران است و در حال حاضر هتل نسبتاً بزرگی در چهار طبقه و ۱۶ سوئیت در حال احداث است. پایین تر از آبگرم و در حاشیه دره، حوضچه پرورش ماهی قزل آلا قرار دارد که برای گردشگران محل مناسب تفرجگاهی و تهیه ماهی و پخت کباب ماهی است. منطقه گردشگری اردها، در سه کیلومتری روستای اردها و ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی سراب در دامنه بهشت گونه

بزقوش و در یک منطقه سرسبز و با آب و هوای مطبوع قرار گرفته است. در این منطقه چشمه آبگرمی واقع شده و در کنار چشمه، رودخانه نسبتاً پر آبی نیز از ارتفاعات بزقوش سرچشمه می‌گیرد، در جریان است. در شکل (۲) تصویر برخی از جاذبه‌های گردشگری منطقه ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (دامنه شمالی بزقوش)

(الف)



(ب)



(ج)



(د)



شکل (۲): برخی جاذبه های گردشگری منطقه مورد مطالعه الف) چشمه آبگرم الله حق، ب) کول تپه اسبفروشان، ج) آبگرم اسبفروشان، د) منطقه گردشگری اردها

روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش، آمیخته‌ای از تحلیل کمی و کیفی با هدف کاربردی است. بدین صورت، در ابتدا ژئوسایت‌های دامنه‌های شمالی کوهستان بزقوش با استفاده از مصاحبه و مشاهده میدانی شناسایی گردید سپس با روش PGA ارزش ژئوسایت‌های منطقه ارزیابی گردید. جامعه آماری این بخش از پژوهش با نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان اداره گردشگری و میراث فرهنگی استان آذربایجان شرقی و اداره میراث فرهنگی شهرستان سراب انجام گرفت. برای ارزیابی توان‌های ژئوتوریستی دامنه شمالی بزقوش پرسشنامه‌ای برای وزن دهی معیارها بر اساس مدل MACBETH طراحی شد. در این زمینه از نظرات کارشناسان ۱۵ نفر از اساتید گروه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی دانشگاه تبریز و کارشناسان اداره آب شهرستان سراب استفاده گردید. در این پرسشنامه خواسته شد که نسبت به مقایسه دودویی معیارها و ضریب اهمیت از (۰ تا ۶) امتیاز دهند. در مرحله سوم، با استفاده از پرسشنامه مدل SAW چشمه‌های آبگرم اولویت‌بندی شدند. در این پرسشنامه از نظرات کارشناسان ۱۵ نفر از کارشناسان اداره منابع آب شهرستان سراب، اداره میراث فرهنگی شهرستان سراب و اداره آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی خواسته شد تا بر اساس نزدیکی معیارها به واقعیت چشمه‌های آبگرم طبق طیف لیکرت (از ۱ تا ۵) امتیاز دهند.

داده‌ها و ابزارهای مورد نیاز

با توجه به اهداف این پژوهش، داده‌های متنوعی گردآوری و مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های پایه شامل نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه بودند. برای تحلیل‌های مکانی دقیق‌تر، از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با تفکیک ۳۰ متری سنجنده ASTER و همچنین تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ با وضوح ۱۰ متر برای تهیه نقشه کاربری اراضی و محاسبه شاخص NDVI استفاده شد. شبکه آبراهه‌های منطقه از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید. داده‌های فاصله از مراکز جمعیتی شامل شهرها و روستاها از لایه‌های OpenStreetMap (OSM) و تصاویر Google Earth به دست آمد. تصاویر Google Earth نیز به‌طور گسترده برای تفسیرهای بصری و اعتبارسنجی میدانی مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های اقلیمی، شامل دما و بارش، به ترتیب از ماهواره‌های ERA5-Land با وضوح ۹ کیلومتر و GPM با وضوح ۱۱ کیلومتر استخراج شدند. علاوه بر این، اطلاعات مربوط به چشمه‌های آبگرم منطقه از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی دریافت گردید. برای پردازش این داده‌ها و دستیابی به اهداف تحقیق، از نرم‌افزار ArcGIS 10.8 برای تهیه کلیه نقشه‌ها، نرم‌افزار Excel برای محاسبات مدل SAW و روش PGA، و نرم‌افزار M-MACBETH برای انجام تحلیل‌های چندمعیاره ساختاریافته بهره‌گیری شد. گردآوری داده‌های کیفی نیز از طریق پرسشنامه صورت پذیرفت.

روش (PGA^۱) ارزیابی اولیه میراث زمین

بر اساس پژوهش‌های پروسر و همکاران (۲۰۰۶)، رینارد و بریلیا (۲۰۱۸) و وولنیویچ (۲۰۲۱)، اصول اصلی تحقیقات میراث زمینی شامل فهرست‌برداری و ارزیابی ژئوسایت‌ها (مکان‌های با ویژگی‌های زمین‌شناسی منحصر به فرد) می‌شود. در این پژوهش، ارزیابی نیمه کمی مبتنی بر سیستم عینی معیارها و امتیازات (جدول ۱) با بهره‌گیری از نرم‌افزار اکسل انجام گرفت. محاسبات کمی و تحلیل‌های آماری مربوط به امتیازات معیارهای ارزیابی در محیط اکسل صورت پذیرفت که دقت و صحت مقایسه‌های بین ژئوسایت‌ها را تضمین می‌نماید. این ارزیابی بر سه اصل استوار است: ارزش‌گذاری مبتنی بر دوگانگی منحصر به فرد بودن ذاتی و کاربردهای عملی، ارزیابی عینی ویژگی‌های ذاتی هر ژئوسایت، و توجه به کلیه ژئوسایت‌ها - حتی موارد با ارزش پایین - به منظور حفظ تنوع سرزمینی و توسعه روش‌شناسی آینده (روبان^۲ و همکاران،

^۱ Preliminary geoheritage evaluation

^۲ Ruban

۲۰۲۱). در نهایت، اجرای ارزیابی بر اساس تکنیک PGA و از طریق محاسبه نه معیار اصلی با درجات و امتیازات کمی محقق شد (زورلو و دده^۱، ۲۰۲۳).

جدول ۱. معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی ژئوسایت ها (روبان و همکاران، ۲۰۲۱)

امتیازات	زیر مجموعه ها	معیارها
ارزیابی اولیه		
+۵۰۰	منحصر به فرد بودن در سطح جهانی	منحصر به فرد بودن
+۲۵۰	منحصر به فرد بودن در سطح ملی	
+۱۰۰	منحصر به فرد بودن در سطح منطقه ای	
+۵۰	منحصر به فرد بودن در سطح محلی	
اصلاحات بسته به ویژگی های فنی		
+۵۰	> ۱۰	تعداد انواع میراث زمین
+۲۵	۴-۱۰	
+۱۰	۲-۳	
۰	۱	
+۲۵	آسان در منطقه پر جمعیت	دسترسی پذیری
۰	آسان در منطقه دور افتاده	
-۲۵	دشوار	
+۲۵	بدون خطر	آسیب پذیری
۰	در معرض خطر(بالقوه)	
-۲۵	تا حدی آسیب دیده	
-۵۰	کاملا تخریب شده	
+۲۵	دانش خاصی لازم نیست	نیاز مندی به تفسیر
۰	دانش اولیه زمین شناسی مورد نیاز است	
-۱۰	دانش زمین شناسی حرفه ای نیاز است	

¹ Zorlu & Dede

	نیاز به تحلیل علمی دارد	-۲۵
اهمیت علمی	پتانسیل برای تحقیقات بین المللی	+۲۵
	پتانسیل برای تحقیقات محلی	۰
اهمیت آموزشی	پتانسیل برای برنامه های آموزشی در سطح جهانی	+۲۵
	پتانسیل برای برنامه های آموزشی محلی و دانشگاهی	۰
اهمیت گردشگری	پتانسیل تبدیل شدن به جاذبه توریستی بین المللی	+۲۵
	پتانسیل تبدیل شدن به جاذبه توریستی محلی	۰
جذابیت زیبایی شناختی	بالا	+۵۰
	متوسط	+۲۵
	کم	۰
مجموع امتیازات		
رتبه نهایی قابل قبول: جهانی (>۴۹۹) ، ملی (۲۵۰-۴۹۹) ، منطقه‌ای (۱۰۰-۲۴۹) - ، محلی (<۱۰۰)		

جدول ۲. امتیازدهی به ژئوسایت‌های دامنه های شمالی بزقوش

معیارها	ژئوسایت ها											
	ارتفاع بزقوش	آبگرم اسفروشان	آبگرم الله حق	آبگرم اردها	آبگرم شاقون	آبگرم زمینی	آبگرم جلدہ باخان	کول تپه	آبشار شاقون	دره الله حق	آبشار اسفروشان	منطقه گردشگری اردها
منحصر بفرد بودن	+۲۵۰	+۲۵۰	+۲۵۰	+۲۵۰	+۲۵۰	+۲۵۰	+۲۵۰	+۱۰۰	+۱۰۰	+۲۵۰	+۱۰۰	+۲۵۰
تعداد انواع میراث زمین	+۵۰	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۱۰	+۱۰	+۱۰	+۱۰	+۱۰	+۲۵	+۱۰	+۲۵
دسترس پذیری	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	۰	۰	۰	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵
آسیب پذیری	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	۰	+۲۵	+۲۵

نیاز مندی به تفسیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵
اهمیت علمی	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اهمیت آموزشی	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اهمیت گردشگری	+۲۵	+۲۵	+۲۵	+۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۲۵
جاذبیت و زیبایی شناختی	+۵۰	+۵۰	+۵۰	+۵۰	+۲۵	۰	۰	۰	+۲۵	+۵۰	+۵۰	+۵۰	+۵۰
جمع امتیازات	۴۷۵	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۳۱۰	۲۸۵	۲۸۵	۲۱۰	۲۳۵	۲۵۰	۲۳۵	۲۰۰	۲۰۰

بر اساس نتایج به دست آمده از مجموع امتیازات، ژئوسایت های این منطقه با کسب بالاترین امتیاز (۴۷۵) و پایین ترین امتیاز (۲۰۰) در سطح ملی و منطقه ای قرار دارند.

جدول ۳. توزیع انواع میراث زمین در منطقه مورد مطالعه

نوع میراث زمین	ارتفاعات برفوش	آبگرم اسفروشان	آبگرم الله حق	آبگرم اردها	آبگرم شالقون	آبگرم نرمیق	آبگرم جلده باخان	کول تپه	آبشار شالقون	دره الله حق	آبشار اسفروشان	منطقه گردشگری اردها
چینه شناسی	*											
باستان شناسی								*				
دیرینه شناسی												
تکتونیک	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
کیهان زایی												
آذرین	*											
رسوبی		*	*	*	*	*	*					
دگرگونی												
زمین گرمایی	*	*	*	*	*	*	*					

کانی شناسی	*												
ژئوشیمیایی	*	*	*	*	*	*	*	*					
ژئومورفولوژی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
مهندسی	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
ژئوکریولوژی													
پدولوژی													
هیدرولوژی		*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
اقتصادی		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
زمین تاریخی								*					
کل	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۴	۵	۵	۵	۴	

پهنه بندی دامنه های شمالی رشته کوه بزقوش

مدل MACBETH^۱

مدل MACBETH یا اندازه گیری جذابیت توسط یک تکنیک ارزیابی مبتنی بر طبقه بندی یک رویکرد تحلیل تصمیم گیری چند معیاره است که توسط بانا کاستا و همکاران در دهه ۱۹۹۰ ارائه شده است. مدل MACBETH مدلی تعاملی است که از قضاوت های طبقه بندی شده درباره روابط جبری بین پدیده ها استفاده می کند و مهم ترین امتیاز آن توانایی ایجاد مقیاس های عددی بر اساس مقایسه کیفی است که از تفاوت در جذابیت های گزینه ها به دست می آید. این روش مبتنی بر مقایسات زوجی بوده و از مقیاس فاصله ای استفاده می کند. مراحل انجام این مدل به صورت زیر می باشد:

گام اول: تعیین معیارها و گزینه های ارزیابی و ایجاد درخت ارزش^۲. مدل MACBETH مسئله را به صورت یک درخت یا یک سلسله مراتب ارائه می دهد.

گام دوم: قرار گرفتن گزینه ها و معیارها در ماتریس ارزیابی طبق اهمیت شان. در این مرحله ماتریس ارزیابی تشکیل شده و مقایسه زوجی معیارها و گزینه ها طبق مقیاس های معنایی و عددی جدول (۴) انجام می گیرد.

جدول ۴. مقیاس معنایی مدل MACBETH و اهمیت شان

میزان اهمیت	مقیاس عددی	مقیاس معنایی
عدم تفاوت بین گزینه ها	۰	هیچ
یک گزینه جذابیت خیلی ضعیفی نسبت به دیگری دارد	۱	بسیار ضعیف
یک گزینه دارای جذابیت ضعیفی نسبت به دیگری است	۲	ضعیف
یک گزینه دارای جذابیت متوسطی نسبت به دیگری است	۳	متوسط
یک گزینه دارای جذابیت قوی نسبت به دیگری است	۴	قوی
یک گزینه دارای جذابیت خیلی قوی نسبت به دیگری است	۵	بسیار قوی
یک گزینه نسبت به دیگری کاملاً جذاب تر است	۶	بی نهایت

^۱ Measuring Attractiveness through a Categorical Based Evaluation Technique

^۲ Value tree

گام سوم: در این مرحله قضاوت های کارشناسی که از مقایسه زوجی حاصل شده است وارد مقیاس MACBETH می‌شود و مدل برنامه ریزی خطی با استفاده از رابطه های زیر اجرا می‌شود. در این مدل $V(X)$ امتیاز اختصاص داده شده به گزینه X ؛ X^+ حداقل به اندازه گزینه دیگر X جذاب است و X^- به همان اندازه برای هر گزینه دیگری از X جذابیت دارد.

رابطه (۱) $\text{Min}[v(x^+) - v(x^-)]$

$V(x^-) = 0$ (Arbitrary assignment)

رابطه (۲) $\forall (x, y) \in C_0: v(x) - v(y) = 0$

رابطه (۳) $\forall (x, y) \in C_i \cup C_s \text{ with } i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ and } i \leq s: v(x) - v(y) \geq i$

رابطه (۴) $\forall (x, y) \in C_i \cup C_s \text{ and } i, s \forall (W, Z) \in i, s \in C_i \cup \dots \cup C_s$

With $i, s, i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

$i \leq s, i \leq s \text{ and } i > s: V(X) - V(Y) \geq V(W) - V(Z) + i - s$

در صورتی که برنامه خطی اجرا نشود قضاوت ها ناسازگار خواهند بود. اگر اجرا شود نشان دهنده سازگاری قضاوت ها می‌باشد. در این موارد میانگین شان به عنوان مقیاس MACBETH در نظر گرفته می‌شود.

گام چهارم: تعیین امتیاز کلی گزینه ها با استفاده از روابط ۵ و ۶:

رابطه (۵) $V(A_i) = \sum_{j=1}^n W_j(V_j)$

رابطه (۶) $\sum_{j=1}^n w_j = 1. W_j > 0 \text{ and } \begin{cases} V_j(A_i \text{ upper reference level}) = 100 \\ V_j(A_i \text{ lower reference level}) = 0 \end{cases}$

که در آن W_i نشان دهنده وزن معیار i^{th} می‌باشد. در نهایت گزینه ها طبق مقادیر $V(A_i)$ به ترتیب نزولی، رتبه بندی می‌شوند که در آن مرجع بالا ۱۰۰ و مرجع پایین صفر می‌باشد. (رضایی مقدم و رحیم پور، ۱۳۹۹).

استاندارد سازی

باتوجه به اینکه نقشه های مربوط به معیارها در دامنه های متفاوتی قرار داشته و دارای مقیاس واحدی نیستند لذا باید با استفاده از قواعد تصمیم گیری به مقیاسی تبدیل شوند که امکان تلفیق آنها با همدیگر وجود داشته باشد. برای این منظور در پژوهش حاضر از منطق فازی استفاده شده است. منطق فازی روش های مختلفی برای ارزیابی ابهام و عدم قطعیت پیشنهاد میکند و در واقع فازی بودن طیفی بین درجات سیاه و سفید یا همان خاکستری بودن است که امکان مدل سازی را برای وضعیتهای غیرقطعی فراگیر دنیای واقعی فراهم می‌کند. به بیانی دیگر می‌توان گفت که هر کدام از اعضای مجموعه های فازی دارای یک درجه عضویت خواص در آن مجموعه هستند که این درجه عضویت بین ۰ تا ۱ متغیر است و درجه عضویت بالاتر یا یک دارای بیشترین ارزش و درجه عضویت پایین تر یا صفر دارای کمترین ارزش است. درواقع تعریف میزان

عضویت فازی، همان استاندارد سازی معیارها بوده که یکی از مراحل مهم روش های تصمیم گیری چندمعیاره است (قاسمی زاد گنبد، ۱۳۹۸).

مدل SAW^۱

اگر در یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره n معیار و m گزینه داشته باشیم، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش وزن دهی ساده است. ۲. تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم این روش شامل جدولی است که ستون های آن را معیار ها یا زیر معیار ها و سطر های آن را گزینه های تشکیل می دهند. ۳. بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: برای بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روس ساو اگر معیارها مثبت باشند، طبق رابطه ۷، تک تک اعداد آن ستون را بر بزرگترین عدد تقسیم می کنیم و اگر معیار منفی باشد، طبق رابطه ۸، مینیمم آن ستون تقسیم بر تک تک اعداد می شود: (صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۸):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j \max} \quad \text{رابطه ۷}$$

$$r_{ij} = \frac{x_j \min}{x_{ij}} \quad \text{رابطه ۸}$$

تشکیل ماتریس وزن دار: در این گام با توجه به وزن های محاسبه شده از روش های دیگر، ماتریس وزن دار بر اساس رابطه ۹ به دست می آید.

$$r_{ij} \times w_j = \sum_{j=1}^n w_j \quad \text{رابطه ۹}$$

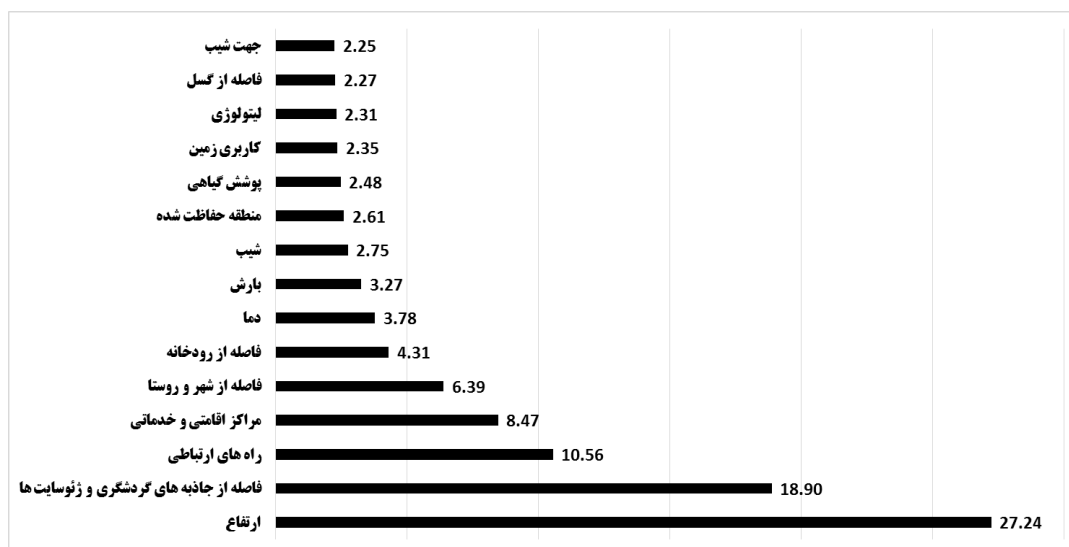
۵. انتخاب گزینه برتر: با جمع سطری ماتریس وزن ها امتیاز هر گزینه محاسبه و بر اساس رابطه ۱۰ رتبه بندی شد.

$$A_i \max \frac{\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}}{\sum w_j} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

بحث و یافته‌ها

برای روش های پر کاربرد تصمیم گیری چند معیاره، وجود معیارهای مختلف ضروری است. در این فرایند به منظور انجام پهنه بندی توان های ژئوتوریستی در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش، از معیارهای طبیعی و انسانی مورد نیاز و تاثیر گذار در قالب ۱۵ معیار استفاده شده است. این معیارها شامل ارتفاع، فاصله از جاذبه های گردشگری، دسترسی به راه های ارتباطی، وجود مراکز اقامتی و خدماتی، فاصله از شهرها و روستاها، فاصله از رودخانه ها، دما، بارش، شیب، مناطق حفاظت شده، پوشش گیاهی، کاربری زمین، لیتولوژی، فاصله از گسل ها و جهت شیب می باشند. نتایج به دست آمده از تحلیل این معیارها در منطقه در شکل ۳ و جدول ۵ ارائه شده است.

¹ Simple Additive Weithting Methode (SAW)



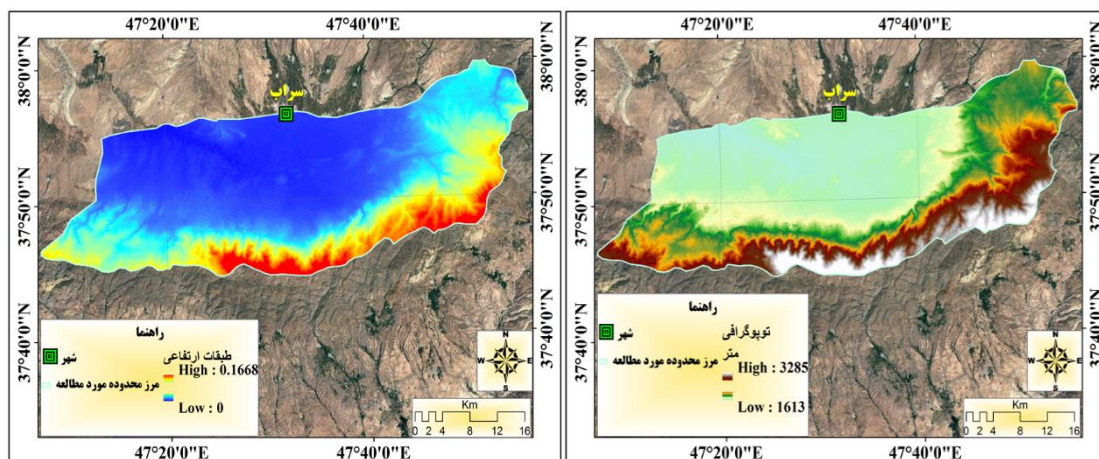
شکل ۳. اولویت بندی معیارهای موثر در پهنه بندی دامنه شمالی بزقوش براساس مدل *Macbeth*

جدول ۵. درجه عضویت و نوع رابطه معیارها با توانمندی های ژئوتوریستی دامنه شمالی بزقوش

ردیف	معیار	درجه عضویت فازی
۱	ارتفاع	خطی - افزایشی
۲	فاصله از گسل	خطی - کاهش
۳	منطقه حفاظت شده	خطی - کاهش
۴	بارش	خطی - افزایشی
۵	فاصله از شهر و روستا	خطی - کاهش
۶	راه های ارتباطی	خطی - کاهش
۷	شیب	خطی - کاهش
۸	پوشش گیاهی	خطی - افزایشی
۹	فاصله از رودخانه	خطی - کاهش
۱۰	دما	خطی - افزایشی
۱۱	مراکز اقامتی و خدماتی	خطی - کاهش
۱۲	ژئوسایت ها و جاذبه های گردشگری	خطی - کاهش
۱۳	کاربری اراضی	خطی - افزایشی
۱۴	جهت شیب	خطی - افزایشی
۱۵	لیتولوژی	خطی - افزایشی

طبقات ارتفاعی

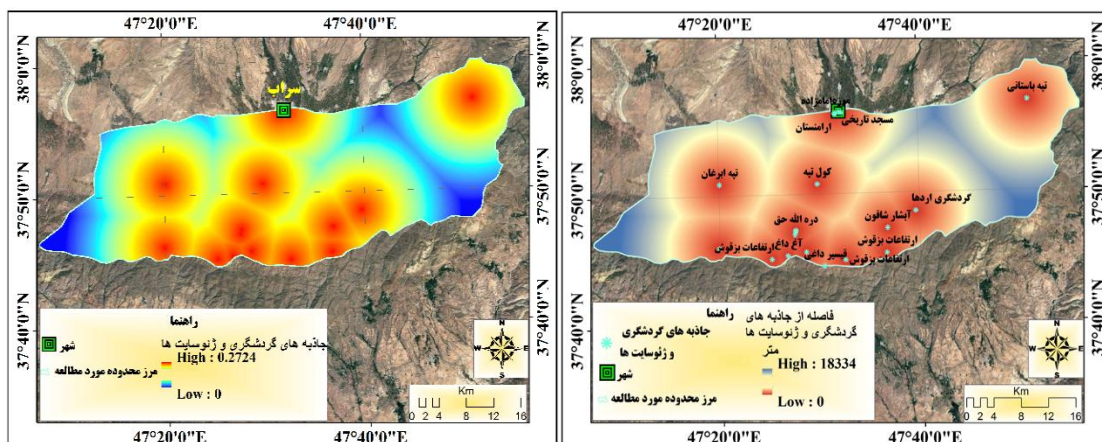
ارتفاع از جمله معیارهایی است که در پهنه بندی فعالیت های ژئوتوریستی تاثیر قابل توجهی دارد. همانطور که از ضریب اهمیت به دست آمده در پژوهش حاضر نیز مشخص است که این معیار به ویژه در کوهنوردی و اسکی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این زمینه دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با حداث ارتفاع ۳۲۸۵ متر و حداقل ارتفاع ۱۶۱۳ متر به عنوان یک نکته کلیدی برای تحلیل های ژئوتوریستی شناخته می‌شود. برای استانداردسازی معیار طبقات ارتفاعی از منطق فازی با درجه عضویت خطی کاهشی استفاده شده است. خروجی نقشه فازی در دامنه ای بین ۰ تا ۱ متغیر می‌باشد که عدد ۰ بیانگر پتانسیل کم و عدد ۱ بیانگر پتانسیل زیاد برای توان های ژئوتوریستی می‌باشد. براساس نقشه وزن‌دهی شده نیمه جنوبی محدوده مورد مطالعه دارای پتانسیل بالایی برای توان‌های ژئوتوریستی منطقه می‌باشد. (شکل ۴ سمت راست). براساس نقشه مورد نظر پهنه‌های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه‌های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می‌باشد.



شکل ۴. نقشه طبقات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه

فاصله از جاذبه های گردشگری و ژئوسایت ها

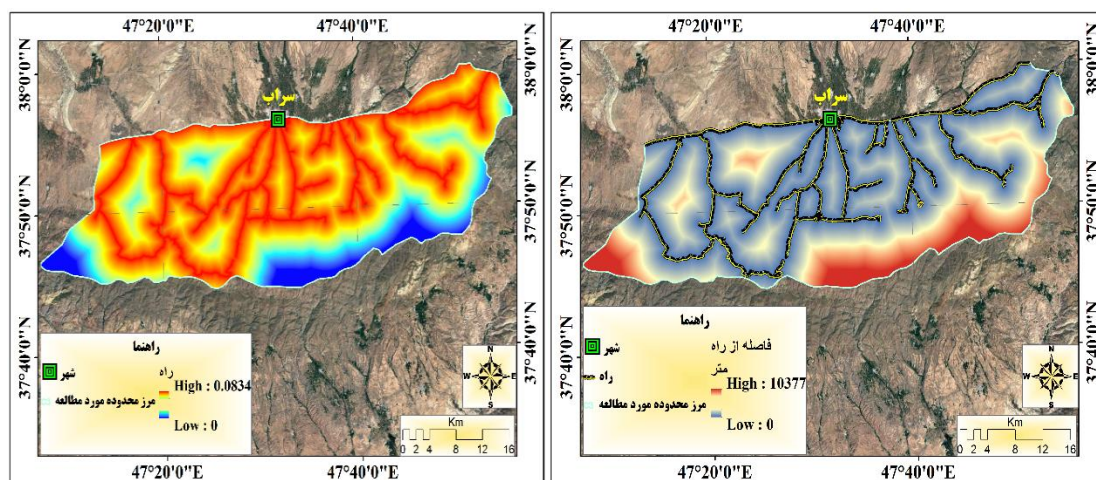
در شکل ۵ ژئوسایت‌های دامنه‌های شمالی رشته کوه بزقوش مشخص شده است. ژئوسایت‌های دامنه‌های شمالی بزقوش عبارتند از ارتفاعات بزقوش، آبشار اسب فروشان، آبشار شالقون، کول تپه، چشمه های آبگرم اسب فروشان، الله حق، شالقون، جلده باخان، اردها، دره الله حق و منطقه گردشگری اردها. حداکثر فاصله از جاذبه‌های گردشگری با مرز محدوده مورد مطالعه حدود ۲۰۳۳۲ متر می‌باشد. برای استانداردسازی معیار جاذبه‌های گردشگری از درجه عضویت فازی خطی-کاهشی استفاده گردید. نقشه سمت چپ نشان می‌دهد که پهنه‌های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه‌های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می‌باشند.



شکل ۵. نقشه فاصله از جاذبه های گردشگری و ژئوسایت ها

فاصله از راه های ارتباطی

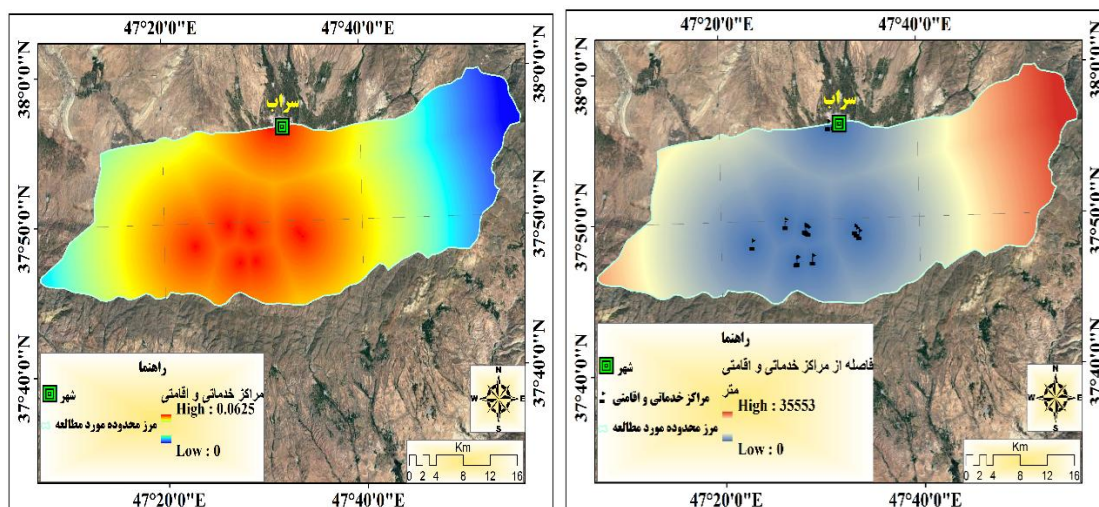
توسعه راه های ارتباطی و ساماندهی سیستم حمل و نقل در کیفیت سفر اثر می گذارد. حداکثر فاصله راه با مرز محدوده مورد مطالعه حدود ۱۰۳۷۷ متر می باشد. (شکل ۶ سمت چپ) پهنه های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می باشد.



شکل ۶. نقشه فاصله از راه های ارتباطی

فاصله از مراکز خدماتی و اقامتی

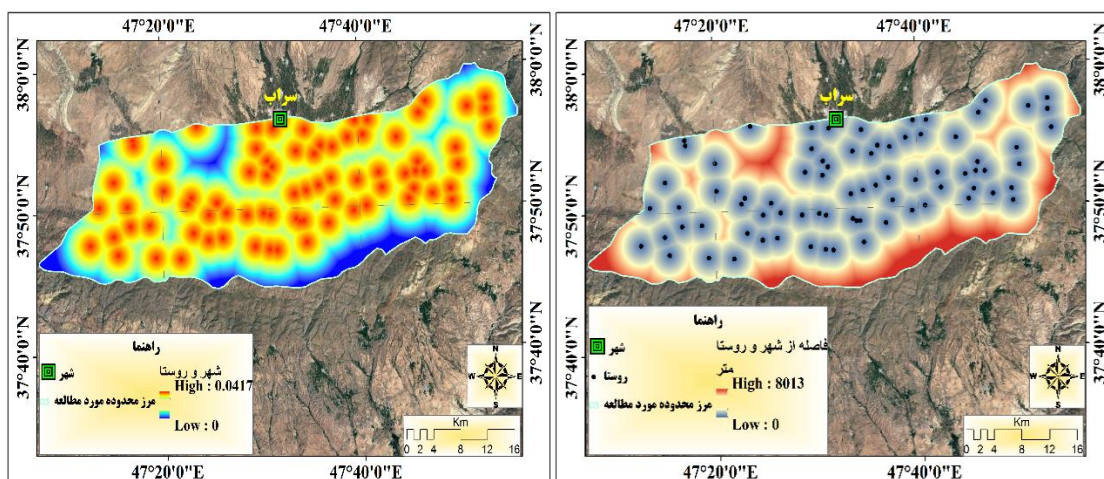
میزان اهمیت و امنیت محوطه های ژئوتوریستی بستگی به فاصله آنها از مراکز خدماتی و اقامتی دارد. (شکل ۶) حداکثر فاصله از مراکز اقامتی و خدماتی با مرز محدوده مورد مطالعه حدود ۳۵۵۵۳ متر می باشد که نشان می دهد بخش مرکزی و شمالی منطقه جزو پهنه های کاملاً مناسب و مناسب هستند. (شکل ۷ سمت چپ) نشان می دهد که پهنه های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می باشند.



شکل ۷. نقشه فاصله از مراکز خدماتی و اقامتی محدوده مورد مطالعه

فاصله از شهر و روستا

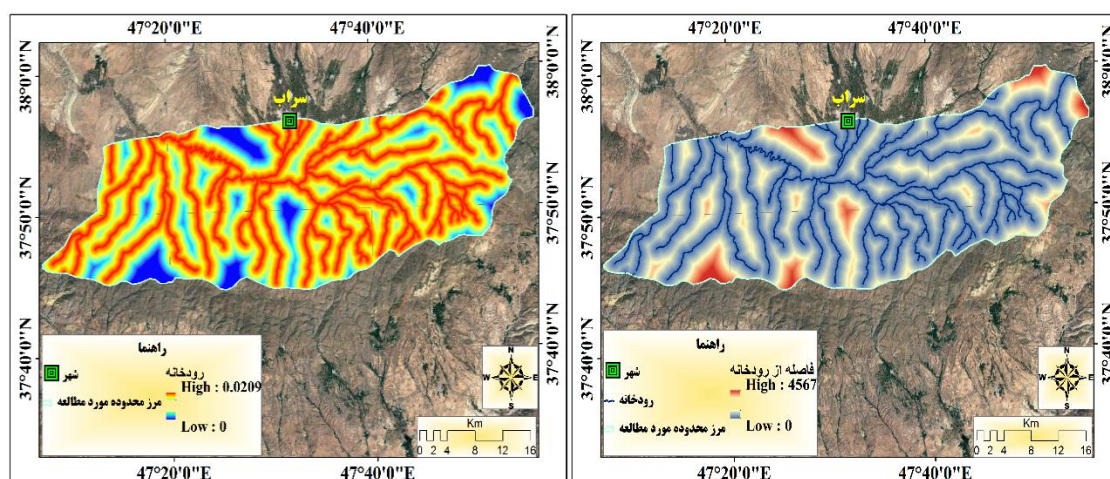
فاصله از شهر و روستا به عنوان یکی از عوامل کلیدی در توسعه گردشگری و ژئوتوریسم محسوب می‌شود. برخی از روستاها به دلیل برخورداری از امکانات و زیر ساخت‌های بهداشتی و درمانی، اقامتی، پذیرایی و فروشگاه‌ها و غیره نقش بسزایی در اجرای فعالیت‌های ژئوتوریستی ایفا می‌کنند. نزدیکی این فعالیت‌ها به شهر و روستاها می‌تواند حس امنیت و آرامش خاطر را در گردشگران افزایش دهد. به علاوه دسترسی آسان به خدمات و امکانات ضروری تجربه مثبت گردشگران را بهبود می‌بخشد. حداکثر فاصله از شهر و روستا با مرز محدوده مورد مطالعه حدود ۸۰۱۳ متر می‌باشد. برای استاندارد سازی این معیار از درجه عضویت فازی خطی- کاهشی استفاده گردید. در شکل (۸ سمت چپ) نشان داده شده است که پهنه‌های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه‌های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می‌باشند.



شکل ۸. نقشه فاصله از شهر و روستاهای محدوده مورد مطالعه

فاصله از رودخانه

منابع آبی علاوه بر تامین آب مورد نیاز جوامع، به خلق مناظر طبیعی زیبا در مناطق مختلف کمک می کنند و از این رو اهمیت دارند. رودخانه ها و چشمه ها خود به عنوان یکی از جاذبه های گردشگری طبیعی، نقش مهمی در جذب گردشگران ایفا می کنند. دسترسی و پراکنش مناسب منابع آب در اطراف مناطق جاذبه ای جهت رفاه حال گردشگران از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار است. دامنه شمالی رشته کوه بزقوش بخشی از محدوده جنوبی حوضه آجی چای محسوب می شود و از نقطه نظر هیدرولوژی، واحدهای وابق چای و ابرغان چای را در بر می گیرد. وابق چای به عنوان شرقی ترین واحد جنوب رودخانه آجی چای، آبراهه اصلی منطقه را تشکیل می دهد که در دشت سراب در امتداد شرقی- غربی و به موازات رشته کوه بزقوش جریان دارد (کرمی، ۱۳۸۱). حداکثر فاصله از رودخانه با مرز محدوده مورد مطالعه حدود ۴۵۶۷ متر می باشد. استانداردسازی این معیار از درجه عضویت فازی خطی- کاهشی استفاده گردیده است. پهنه های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می باشد.



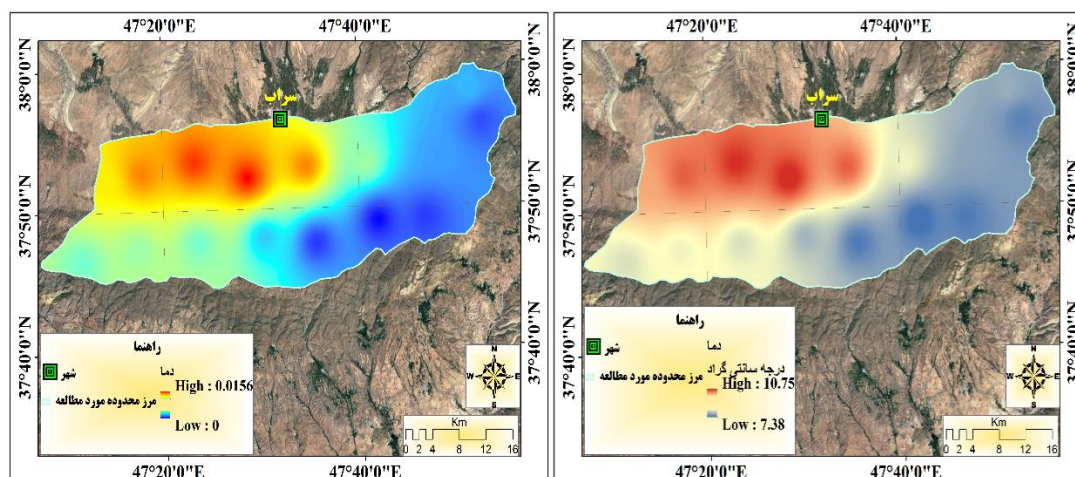
شکل ۹. نقشه فاصله از رودخانه محدوده مورد مطالعه

دما و بارندگی

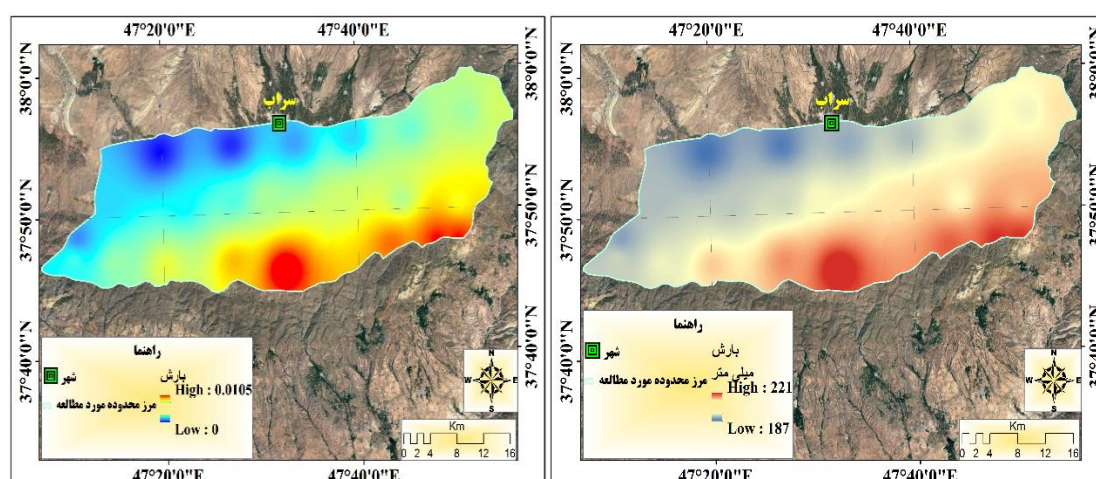
گردشگری به عنوان یکی از مهم ترین بخش های اقتصادی در سطح جهانی، به شدت تحت تاثیر عوامل جوی و آب و هوایی قرار دارد. این صنعت با حساسیت بالا به تغییرات آب و هوایی واکنش نشان می دهد و شرایط جوی می تواند تاثیر عمیقی بر جذب گردشگران و انتخاب قاصد سفر داشته باشد. بنابراین درک و تحلیل آب و هوا بر صنعت گردشگری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای تهیه نقشه دمای محدوده مورد مطالعه از تصاویر ماهواره ERA5_LAND استفاده شد. طبق نقشه مورد نظر حداقل و حداکثر دما در محدوده مورد نظر برابر با ۷/۳۸ تا ۱۰/۵ درجه سانتی گراد بوده که بیشترین آن در نیمه غربی و کمترین آن در نیمه شرقی محدوده مورد مطالعه می باشد. برای استانداردسازی معیار دما از درجه عضویت خطی- افزایشی استفاده شده است. در شکل (۱۰ سمت چپ) می توان مشاهده کرد که پهنه های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می باشد.

در این پژوهش برای تهیه نقشه ی بارندگی حوضه آبریز از ایستگاه های سینوپتیک اطراف حوضه استفاده شده است. زیرا در داخل حوضه ایستگاهی وجود نداشت. براساس نقشه مورد نظر حداقل و حداکثر بارندگی به ترتیب برابر با ۱۸۷ و

۲۲۱ میلی متر بوده است که نیمه شمالی دارای بارش کمتر و نیمه جنوبی دارای بارش بیشتر می‌باشد برای استانداردسازی این معیار از درجه عضویت فازی خطی کاهشی استفاده گردید. طبق شکل (۱۰) پهنه‌های قرمز دارای پتانسیل زیاد و و پهنه‌های آبی دارای پتانسیل کم می‌باشند.



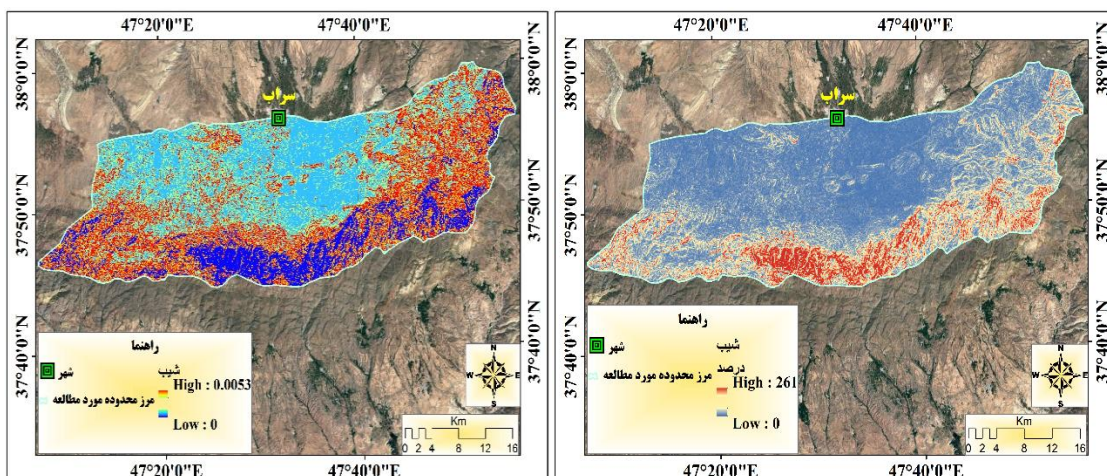
شکل ۱۰. نقشه دمای محدوده مورد مطالعه



شکل ۱۱. نقشه بارندگی محدوده مورد مطالعه

شیب

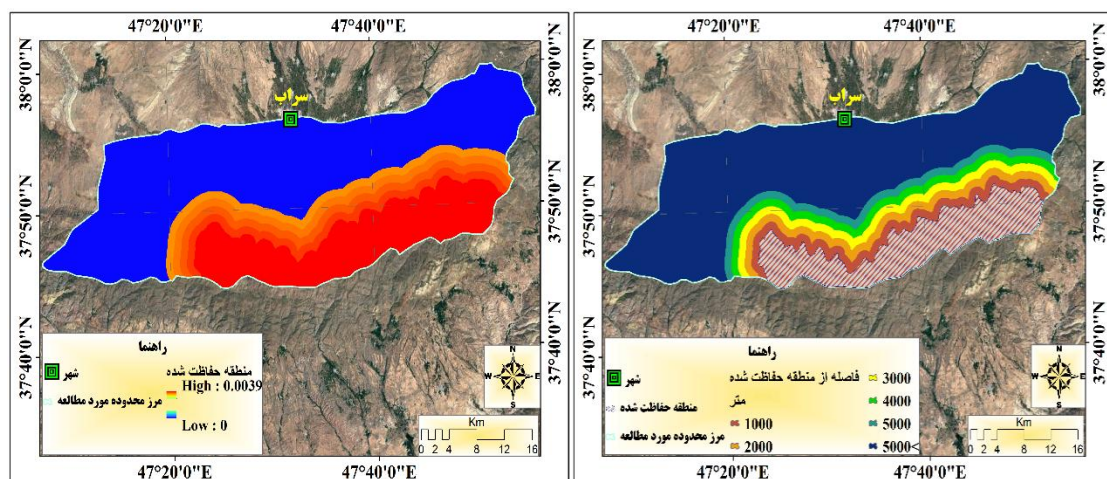
شیب به عنوان یکی از عوامل کلیدی توپوگرافی، نقش بسزایی در توان سنجی یک منطقه جهت تفرج و گردشگری ایفا می‌کند. برخی از فعالیت‌های ژئوتوریستی مانند ورزش‌های کوهستانی، اسکی، دامنه نوردی و کوهنوردی نیازمند سطوح شیب دار مناسب هستند. به همین دلیل شیب به عنوان یکی از عوامل موثر در مکان‌یابی و شناسایی پهنه‌های ژئوتوریستی شناخته می‌شود. شکل (۱۲) نقشه شیب و نقشه وزن‌دهی شده محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که نیمه جنوبی این دامنه دارای شیب بیشتری نسبت به نیمه شمالی است. به منظور استاندارد سازی نقشه شیب نیز از منطق فازی با درجه عضویت خطی کاهشی استفاده شده است، در این مدل شیب‌های کمتر از عدد ۱ (پهنه مناسب) و شیب‌های بیشتر (پهنه نامناسب) می‌باشد. براساس نقشه استاندارد سازی شده نواحی قرمز رنگ نشان دهنده اهمیت بیشتر و نواحی آبی نمایانگر اهمیت کمتر در زمینه فعالیت‌های ژئوتوریستی هستند.



شکل ۱۲. نقشه شیب و شیب فازی شده محدوده مورد مطالعه

فاصله از منطقه حفاظت شده

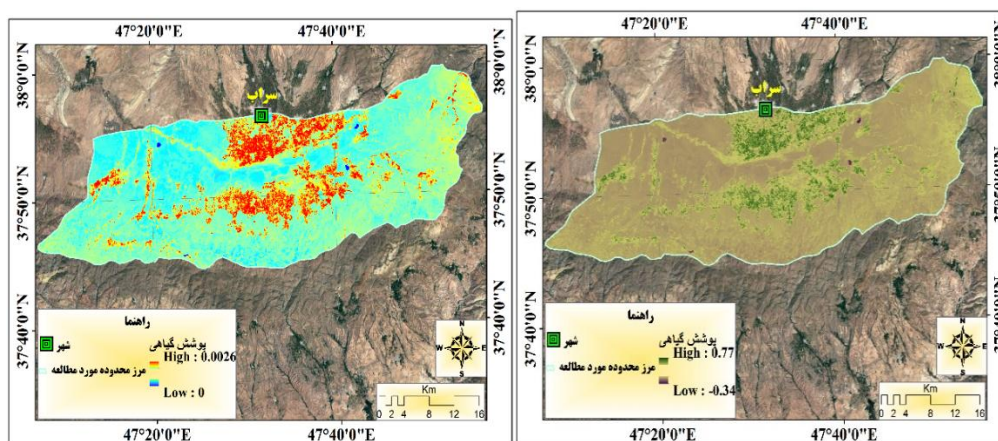
فاصله از مناطق حفاظت شده یکی از معیارهای مهم در فعالیت های ژئوتوریستی به شمار می آید. این مناطق به دلیل تنوع زیستی بالا و ویژگی های طبیعی منحصر به فرد خود جاذبه های قابل توجهی برای گردشگران فراهم می آورند. فاصله مناسب از مناطق حفاظت شده می تواند به حفظ اکوسیستم های طبیعی کمک کند و بایستی فعالیت های ژئوتوریستی به گونه ای طراحی شوند که کمترین آسیب را به محیط وارد کنند. طبق شکل (۱۳) نقشه فاصله ۱۰۰۰ متری از محدوده مورد نظر دارای اهمیت بیشتری است. برای استانداردسازی معیار منطقه حفاظت شده از درجه عضویت فازی خطی- کاهشی استفاده گردید. در شکل (۱۳) نشان داده شده است که پهنه های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می باشد.



شکل ۱۳. نقشه فاصله از منطقه حفاظت شده

پوشش گیاهی

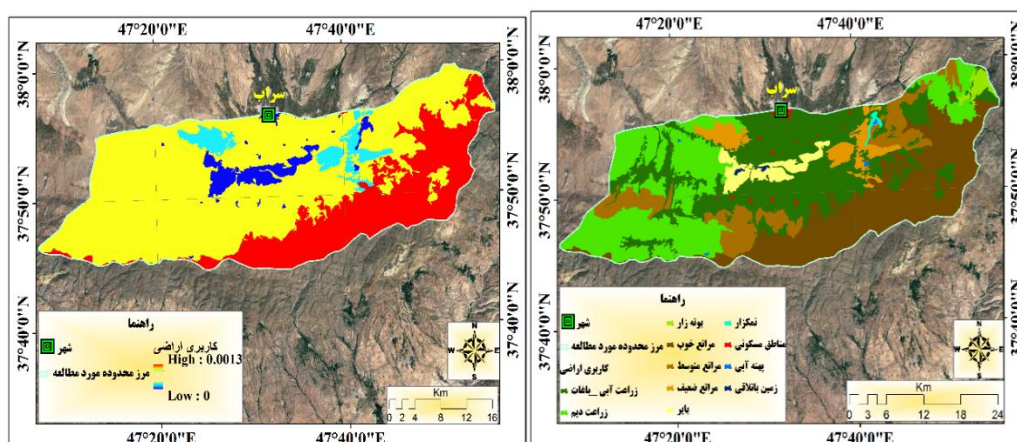
شاخص NDVI به عنوان بهترین شاخص برای ارزیابی رشد و تراکم پوشش گیاهی محسوب می‌شود. نتیجه این شاخص مورد نظر بین ۱- تا ۱+ متغیر است که هر چه عدد به سمت ۱+ متغیر باشد تراکم بودن پوشش گیاهی و هر چه به ۱- متغیر باشد، شامل پهنه‌های آبی می‌شود. باید به این نکته اشاره کرد که برای تهیه نقشه این شاخص از ماهواره سنتینل ۲ استفاده شده است. مطابق نقشه (شکل ۱۴) می‌توان گفت که دامنه شاخص NDVI در محدوده مورد مطالعه بین ۰/۳۴- تا ۰/۷۷+ می‌باشد که تراکم پهنه‌های آبی در این منطقه بیشتر می‌باشد. برای استانداردسازی این معیار از درجه عضویت فازی خطی افزایشی استفاده گردید.



شکل ۱۴. نقشه پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه

کاربری اراضی

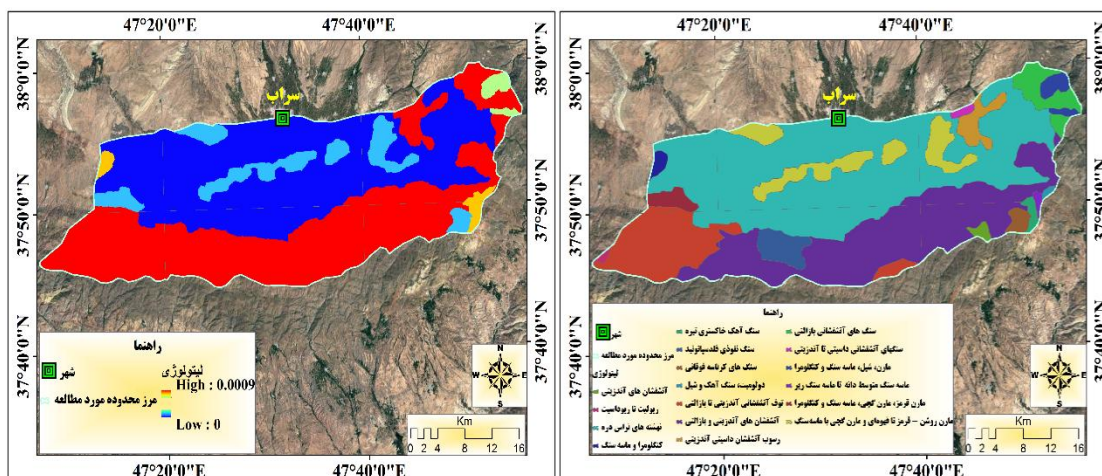
در مکان یابی پهنه‌های ژئوتوریسم کاربری فعلی زمین از شاخص‌های حائز اهمیت است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ استفاده شده است. براساس شکل (۱۵) محدوده مورد مطالعه دارای ۱۱ نوع کاربری می‌باشد که از میان آنها مساحت کاربری زراعت آبی - باغات و زراعت دیم و بوته زار از همه بیش تر است. با استفاده از درجه عضویت فازی خطی - افزایشی استانداردسازی گردید. طبق نقشه مورد نظر رنگ‌های قرمز و رنگ‌های آبی به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را دارا می‌باشد.



شکل ۱۵. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

لیتولوژی

لیتولوژی نیز یکی دیگر از معیارهای مهم در پهنه بندی یک منطقه به شمار می‌رود. زیرا بررسی نوع و جنس اجزاء تشکیل دهنده زمین برای ایجاد امکانات و تسهیلات لازم و ضروری است. نقشه لیتولوژی محدوده مورد نظر از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی رقومی گردیده است (شکل ۱۶). برای شناخت ماهیت لیتولوژی سنگ های منطقه مورد مطالعه و تاثیر متفاوت نیروهای تکتونیکی و فرسایش بر روی آنها، واحدهای سنگی منطقه برحسب ویژگی مقاوم، نیمه مقاوم و سست نامقاوم مورد بررسی قرار گرفته اند. منظور از مقاومت یک سنگ، مجموعه سختی و مقاومت کانی های تشکیل دهنده سنگ است و بر این اساس در واحدهای لیتولوژی منطقه، انواع متفاوت سنگ ها شناسایی شده است. با توجه به شکل ۱۶ در بخش جنوب شرقی منطقه به علت تاثیر گسل ها و شکستگی های متعدد سنگ ها با سن و جنس مختلف در سطح زمین برونزد یافته اند، که هر کدام می‌تواند مقاومتی را نشان دهد ولی در بخش غربی منطقه تنوع زیادی از نظر سنگ شناسی دیده نمی‌شود. طبق نقشه مورد نظر رنگ‌های قرمز و رنگ‌های آبی به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را دارا می‌باشند.

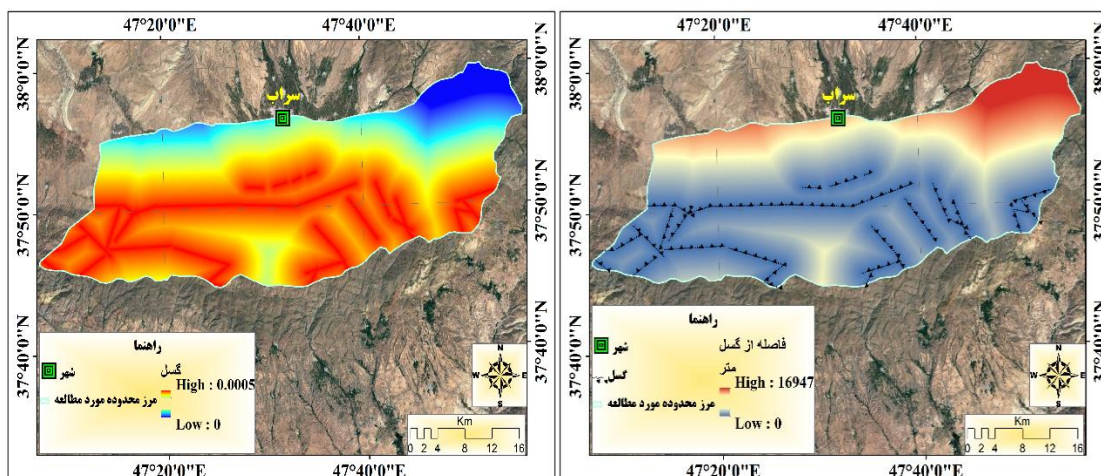


شکل ۱۶. نقشه لیتولوژی محدوده مورد مطالعه

فاصله از گسل

گسل ها به عنوان ویژگی های زمین شناسی، نه تنها تاثیرات قابل توجهی بر روی محیط زیست و اکوسیستم دارند، بلکه می‌توانند جاذبه‌های منحصر به فردی برای گردشگران فراهم کنند. مثلاً بسیاری از گردشگران به دنبال تجربه‌های ماجراجویانه و هیجان انگیز هستند. فاصله نزدیک به گسل‌ها می‌تواند به عنوان یک جاذبه برای این نوع گردشگران عمل کند و فرصت هایی برای فعالیت هایی مانند کوهنوردی، بازید از مناطق خاص زمین شناسی فراهم آورد. قطعه جنوب شرقی گسل شمال تبریز از دامنه های شمالی و جنوبی رشته کوه بزقوش عبور می‌کند. در این قطعه، راستای گسل ها شرقی ° غربی ° و شمال غربی ° جنوب شرقی ° هستند که مهم ترین آنها گسل های دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه هستند. این گسل ها موجب پایین رفتگی دو طرف این رشته کوه (دشت سراب در شمال و دشت میانه در جنوب) و بالآمدگی بخش مرکزی آن شده است. ساز و کار حاکم بر این گسل امتداد لغز راستگرد با مولفه شیب لغز معکوس تعیین شده است. برای استانداردسازی معیار فاصله از گسل از منطق فازی با درجه عضویت خطی کاهشی استفاده شده

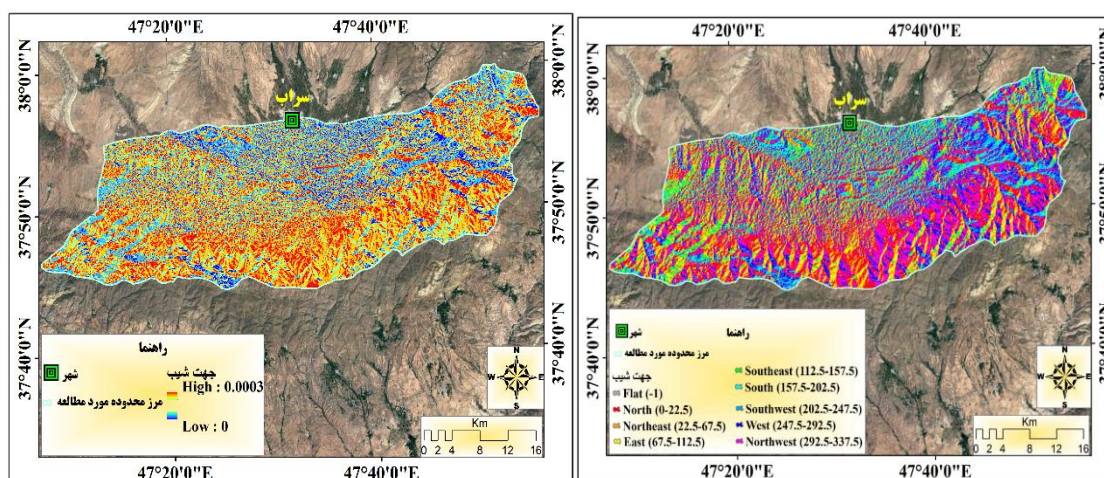
است. خروجی نقشه فازی بین ۰ تا ۱ می‌باشد که عدد ۰ دارای پتانسیل کم و عدد ۱ دارای پتانسیل زیاد برای توان‌های ژئوتوریستی می‌باشد براساس شکل (۱۶) پهنه‌های با رنگ قرمز دارای اهمیت بیشتر و پهنه‌های با رنگ آبی دارای اهمیت کمتر می‌باشد.



شکل ۱۷. نقشه فاصله از گسل محدوده مورد مطالعه

جهت شیب

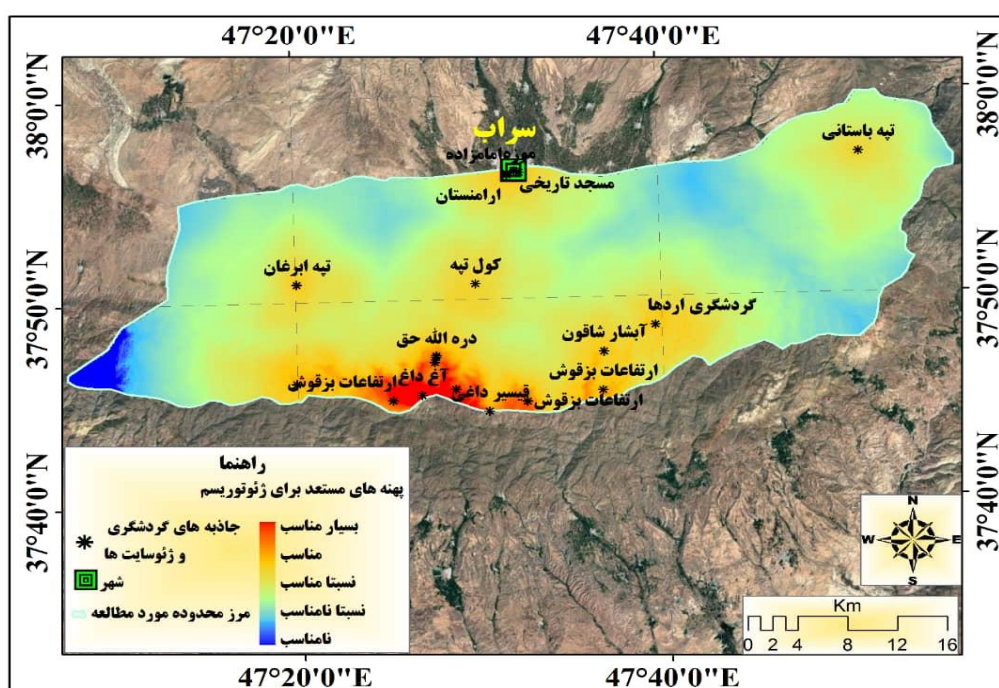
یکی از عوامل موثر بر نوع اقلیم یک منطقه، جهت شیب آن می‌باشد. این عامل نیز در فرآیند مکان‌یابی پهنه‌های ژئوتوریستی از اهمیت بالایی برخوردار است. بارش و میزان تابش آفتاب به طور قابل توجهی تحت تاثیر جهت شیب قرار دارد، به طوری که این ارتباط می‌تواند منجر به شکل‌گیری پوشش گیاهی متنوع و سرسبز در نواحی مختلف می‌گردد. شکل (۱۸) شیب منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با استفاده از درجه عضویت فازی خطی-افزایشی استانداردسازی گردید. به طوری که نقشه جهت شیب در ۱۰ کلاس طبقه‌بندی گردید که در آن عدد ۱ کمترین اهمیت و عدد ۱۰ بیشترین اهمیت را دارا می‌باشد. طبق نقشه مورد نظر رنگ‌های قرمز و رنگ‌های آبی به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را دارا می‌باشد.



شکل ۱۸. نقشه جهت شیب محدوده مورد مطالعه

روپهم‌گذاری یا همپوشانی معیارها با اپراتورهای SUM فازی

براساس نتایج حاصل از اپراتور sum فازی، تقریباً ۳۳/۲۱ درصد از کل مساحت محدوده مورد مطالعه در پهنه بسیار مناسب و ۵۸/۳۷ درصد در پهنه مناسب قرار گرفته است. ۷/۴۱ و ۱/۰۱ درصد از مساحت محدوده به ترتیب به پهنه‌های نسبتاً مناسب و نسبتاً نامناسب را شامل می‌شود. در نهایت حدود ۰/۰۰۰۶ درصد از مساحت محدوده نیز به پهنه‌ی نامناسب تعلق گرفته است (جدول ۶). طبق شکل (۱۹) قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه که شامل ارتفاعات بزقوش می‌شود دارای پهنه‌های بسیار مناسب و مناسب می‌باشد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹. نقشه پهنه های مستعد برای توسعه ژئوتوریسم دامنه شمالی بزقوش

جدول ۶. مساحت و درصد مساحت پهنه‌بندی دامنه شمالی بزقوش با اپراتور SUM فازی محدوده مورد مطالعه

Sum		
درصد مساحت	مساحت Km ²	پهنه های مستعد ژئوسایت
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۸	نامناسب
۱/۰۱	۱۲/۴۴۰	نسبتاً نامناسب
۷/۴۱	۹۰/۹۹۷	نسبتاً مناسب
۵۸/۳۷	۷۱۶/۹۷۳	مناسب
۳۱/۲۱	۴۰۷/۹۸۱	بسیار مناسب
	۱۲۲۸/۳۹۸	

اولویت بندی چشمه های آبگرم با استفاده از مدل SAW

در این مرحله از پژوهش، با توجه به اینکه چشمه‌های آبگرم اولویت بالاتری در توان‌های ژئوتورستی منطقه دارند، با استفاده از مدل SAW چشمه‌های آبگرم اولویت بندی می‌شوند. بدین منظور، پس از بررسی نظرات کارشناسان و حصول نتایج حاصل از پرسشنامه‌هایی که بر اساس طیف لیکرت از ۱ تا ۵ (اهمیت کم تا اهمیت بسیار زیاد) وزن دهی شده بودند. چشمه‌های آبگرم در مقابل معیارها ارزیابی و رتبه‌بندی شدند. جدول (۷) رتبه‌بندی چشمه‌های آبگرم دامنه شمالی بزقوش را نشان می‌دهد

جدول ۷. اولویت بندی چشمه های آبگرم بر اساس مدل SAW

رتبه بندی	اولویت بندی	چشمه های آبگرم
۱	۰/۷۲۷	اسب فروشان
۲	۰/۶۴۶	الله حق
۳	۰/۵۵۰	اردها
۴	۰/۴۳۲	شالقون
۵	۰/۳۹۴	جلده باخان
۶	۰/۳۹۴	نرمیق

نتیجه گیری

ژئوتورسیسم به‌عنوان رویکردی راهبردی در گردشگری، اهداف پایداری اکولوژیک، توجیه اقتصادی و حداقل‌سازی تغییرات در سامانه‌های طبیعی را دنبال می‌کند. دامنه‌های شمالی رشته‌کوه بزقوش در استان آذربایجان شرقی، به‌دلیل ویژگی‌های زمین‌ریختی و زمین‌شناختی منحصربه‌فرد، پتانسیل بالایی برای توسعه ژئوتورسیسم دارد. این پژوهش با هدف تحلیل توانمندی‌های ژئوتورستی و پهنه‌بندی پتانسیل‌های منطقه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (SAW، MACBETH و PGA) انجام شده است.

مرور پیشینه نشان می‌دهد که با وجود پژوهش‌های متعدد، شکاف قابل‌توجهی در کاربرد روش‌های پیشرفته و کاهش سوگیری‌های ذهنی وجود دارد. یافته‌های این تحقیق با مطالعات پیشین در زمینه معیارهای مؤثر (توپوگرافی، دسترسی، حفاظت و لیتولوژی) همسو است. پانزده معیار طبیعی و انسانی در محیط GIS تحلیل شد و ارتفاع به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل شناسایی گردید. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که ۲۱/۳۳٪ منطقه در طبقه بسیار مناسب، ۳۷/۵۸٪ در طبقه مناسب و ۴۱/۷٪ در طبقه نسبتاً مناسب قرار دارد. پهنه‌های مستعد عمده‌تاً در مجاورت چشمه‌های آبگرم واقع شده‌اند و اولویت‌بندی با مدل SAW نشان داد که چشمه‌های اسب‌فروشان، الله‌حق و اردها بالاترین پتانسیل را دارند. با وجود ظرفیت بالا، آگاهی گردشگران از خواص درمانی چشمه‌ها محدود است؛ درحالی‌که منطقه با قرارگیری در مسیر تبریز-اردبیل و مجاورت با قطب‌های گردشگری سلامت، پتانسیل توسعه قابل‌توجهی دارد.

راهبردهای پیشنهادی شامل توسعه زیرساخت‌ها، تأمین ایمنی، آموزش گردشگری پایدار و برنامه‌ریزی برای گردشگری سلامت است. برای مطالعات آینده، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای اعتبارسنجی نقشه‌های پهنه‌بندی و بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پتانسیل‌های ژئوتورستی منطقه پیشنهاد می‌شود.

منابع

- اسدی، الف و سامی، الف (۱۴۰۳). تحلیلی بر ارزش ها و توانمندی های اقتصادی در مناطق ژئوتوریستی (مطالعه موردی: ژئوسایت های شهرستان طارم)، پژوهش های جغرافیای اقتصادی، سال ۵، شماره ۱۷، صص ۱-۱۲
- دادگر، ک (۱۴۰۱). ارزیابی و پهنه بندی توانمندی های ژئوتوریستی شهرستان طارم، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
- رسولی، ع؛ وهاب زاده کبریا، ق؛ موسوی، س. ر و روشن، س. ح (۱۴۰۲). ارزیابی قابلیت ها و توسعه ژئوتوریسم منطقه خطیرکوه با استفاده از تحلیل ANP-SWOT و QWPM، مهندسی و مدیریت آب، سال ۱۵، شماره ۲، صص ۲۴۲-۲۶۳
- روحانی، م؛ نعمتی، ونظافت تکل، ب (۱۴۰۳). واکاوی ظرفیت های ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی شهرستان سبزوار با استفاده از مدل های ژئوتوریستی (مطالعه موردی: رودآب، ریوند، طبس)، جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۹، شماره ۹۳، صص ۲۱۳-۲۳۵.
- علی اکبری، ا (۱۳۹۷). جغرافیای گردشگری ایران، تهران: سمت
- علایی طالقانی، م (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی ایران، تهران: قومس
- کریمی، ف؛ مختاری، د؛ دادگر، ک و اسدی، ا (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه بندی توانمندی های شهرستان طارم، مطالعات مدیریت گردشگری، سال ۱۸، شماره ۴، صص ۳۳-۶۰.
- میری، ا؛ امیر احمدی، ا و اکبری، ا (۱۴۰۲). ارائه مدل تلفیقی تصمیم گیری بر اساس سنجش از دور و GIS برای شناسایی قابلیت های ژئومورفوتوریستی حوضه تجنود و کویر همت آباد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۸، شماره ۳، صص ۴۱۱-۴۲۲
- یاری، ا؛ عزمی، آ و امیری پریان، سمیه (۱۴۰۰). بررسی پتانسیل های گردشگری کوهستان پراو در شهر کرمانشاه، مهندسی جغرافیایی سرزمین، سال ۶، شماره ۲، صص ۳۸۳-۳۹۶
- Ahmadi, M., Derafshi, K. H., Mokhtari, D., Khodadadi, M., Najaf, E. (2022). Geodiversity Assessments and Geoconservation in the Northwest of Zagros Mountain Range, Iran: Grid and Fuzzy Method Analysis. *Geoheritage* 14, 132. <https://doi.org/10.568652-5-853-2005>
- Ab, A., Hasbi, A., Ridwan, M., Eppang, B and khalid, I. (2020). Optimization of Pencong Hot Springs Area in Gowa Regency of South Sulawesi, Indonesia, Proceedings of 8th ISTA Biennial Conference. <https://doi.org/2058965/nhess-5-853-2005>
- Acharya, A., Mondal, B., Bhadra, T., Abdeirahman, K., Mishra, P., Tiwari, A., Das, R. (2022). Geospatial Analysis of Geo-Ecotourism Site Suitability Using AHP and GIS for Sustainable and Resilient Tourism Planning in West Bengal, India, 14(4), PP 25-48.
- Bilgiç, S., Karadeniz, E., ER, S. (2024). Enhancing Geosite Accessibility Assessment: A New Mcdm Model, *geoheritage*, 16(2), pp.1-14. <https://doi.org/10.5194pidmhess-5-853-225>
- Carrion, M., Mero, P., Salamea, I., Carballo, F., Aguilar, M., Ruiz, K. and Berrezueta, E. (2021). A Mineralogical Museum as a Geotourism Attraction: A Case Study, *Minerals*
- Dowling, R. K. & Newsome, D. (2006). *Geotourism*, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Gu, X., Hunt, C., Jia, X. and Niu, L. (2022). Evaluating Nature – Based Tourism Destination Attractiveness with a Fuzzy- AHP Approach, Sustainability. <https://doi.org/255194/nklis-5-853-2025>
- Ginting, N., Vinky Rahman, N., Sembiring, G. (2017), "Tourism Development Based on Geopark in Bakkara Caldera", *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 180 012086. pp1-10. <https://doi.org/10.10789/k:101;8993404324>

- Islam, N., Paul, I., Sarkar, B (2025). Geotourism site suitability assessment by a novel GIS-based MCDM method in the Eastern Duars region (Himalayan foothill) of West Bengal, India, *Environment, Development and Sustainability*, 6(10), 921. <https://doi.org/10.1007/s10706-022-082691-y>
- Li, J., He, J., Lu, P. *et al.* Evaluation of Geosites in Changbaishan Global Geopark based on Fuzzy AHP and TOPSIS. *Geoheritage* 17, 43. <https://doi.org/15.1056/j.jrmge.2022.67.599>
- Medai ,N., Okamoto, N., Ogasawara ,Y. and Hihara,K.(2022).Factors Contributing to Tourism Demand at Major Japanese Hot Springs. <https://doi.org/10.15698/j.jrmge.2022.07.11>
- Ruban, DA. (2021). On the duality of marine geoheritage: Evidence from the Abrau area of the Russian Black Sea coast. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(9), PP. 921.900. DOI:[10.1897/12665-257-62368-9](https://doi.org/10.1897/12665-257-62368-9)
- Zhang , y.(2022). A Model and its Application of Quantitative Evaluation for Exploitable Value of Hot Spring Landscape Resources ,Hindawi , *Mathematical problems in Engineering*. [10.1007/s126688-017-6368-1](https://doi.org/10.1007/s126688-017-6368-1)
- Zorlu, k & dede, v. (2023). Assessment of glacial geoheritage by multi-criteria decision making (MCDM) methods in the Yalnızçam Mountains, Northeastern Türkiye. *International Journal of Geoheritage and Parks* 11(1):100-117. <https://doi.org/10.1080/19423705.2016.1148955>
- Zorlu, K., Tuncer, M. & Yılmaz, A. Assessment of Resources for Geotourism Development: Integrated SWARA-COBRA Approach Under Spherical Fuzzy Environments. *Geoheritage* 16, 89. <https://doi.org/10.1022/gj.4693>