

Assessing the ecological potential of nature-based tourism development and analyzing ecological function in the Qalikuh Protected Area

Parvaneh Sobhani ^{*1}

Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9878-3768>

Zeinab Heydari

Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5568-8556>

Abstract

The development of nature-based tourism in protected areas, in the case of non-compliance with environmental capacities, can increase the pressure on natural resources and reduce the continuity and ecological function of the landscape. Therefore, identification of potential areas for tourism by taking into account the natural capacities and the state of ecological performance plays an important role in the planning and sustainable management of these areas. The current research was carried out with the aim of an integrated assessment of the potential of nature-oriented tourism development and the analysis of the ecological performance of the landscape in Qalikuh protected area. For this purpose, firstly, the criteria and indicators affecting the ability of tourism development in the form of physical, biological, landscape and socio-economic dimensions were identified and weighted and standardized using the multi-criteria decision-making approach and fuzzy logic. Then, the areas prone to tourism development were identified in two broad and concentrated tourism zones and classified into five power classes from very low to very high based on fuzzy inference rules. Also, in order to evaluate the process of changes in ecological function, the basic indices of ecological function of the landscape (ECI), ecological functional zones (EFA) and barrier effect index (BEI) were calculated and compared in the years 2010 and 2025. The results showed that in both tourism zones, the aspect of the land has the

^{*1} Corresponding Author: sobhani.pa@lu.ac.ir

highest weight, and the landscapes and natural attractions are the most important determinants of tourism potential. In the wide zone, about 88% and in the concentrated zone about 94% of the area of the region is in very low, low and medium power classes. Also, ECI has decreased from 77.82% in 2010 to 65.21% in 2025 and EFA from 87.36 to 80.32%, while BEI shows an increase from 11.50 to 14.05%. The findings indicate the decrease in the continuity and ecological function of the landscape, along with the limited areas with high potential for tourism. Based on this, the development of tourism in the protected area of Qalikuh should be based on ecological capacity, control the intensity of exploitation, protect ecological corridors and direct tourism activities to areas with the least conflict with conservation goals.

Introduction

The development of nature-based tourism in Protected Areas (PAs), in the case of non-compliance with environmental capacities, can increase the pressure on natural resources and reduce the continuity and ecological function of the landscape. Therefore, identification of potential areas for tourism by taking into account the natural capacities and the state of ecological function plays an important role in the planning and sustainable management of these areas. While tourism development in PAs offers benefits and income for local residents, a lack of integrated planning and management can lead to the degradation of natural resources. Clearly, as tourist activity increases alongside the expansion of infrastructure and facilities, tourism can pose a threat to the natural environment and its components. Given the growing human need for nature and tourism coupled with the adverse environmental impacts of excessive use it is essential to examine and assess the ecological capacity for tourism development in protected areas. The current research was carried out with the aim of an integrated assessment of the potential of nature-oriented tourism development and the analysis of the ecological performance of the landscape in Qalikuh protected area.

Materials and Methods

For this purpose, firstly, the criteria and indicators affecting the ability of tourism development in the form of physical, biological, landscape and socio-economic dimensions were identified and weighted and standardized using the multi-criteria decision-making approach and fuzzy logic. Then, the areas prone to tourism development were identified in two broad and concentrated tourism zones and classified into five power classes from very low to very high based on fuzzy inference rules. Also, in order to evaluate the process of changes in ecological function, the basic indices of ecological function of the landscape (ECI), ecological functional zones (EFA) and barrier effect index (BEI) were calculated and compared in the years 2010 and 2025.

Discussion and Results

The results showed that in both tourism zones, the aspect of the land has the highest weight, and the landscapes and natural attractions are the most important determinants of tourism potential. In the wide zone, about 88% and in the concentrated zone about 94% of the area of the region is in very low, low and medium power classes. Also, ECI has decreased from 77.82% in 2010 to 65.21% in 2025 and EFA from 87.36 to 80.32%, while BEI shows an increase from 11.50 to 14.05%. The findings indicate the decrease in the continuity and ecological function of the landscape, along with the limited areas with high potential for tourism. Based on this, the development of tourism in the protected area of Qalikuh should be based on ecological capacity, control the intensity of exploitation, protect ecological corridors and direct tourism activities to areas with the least conflict with conservation goals.

Conclusions

Overall, the findings indicate that the Qalikuh Protected Area possesses significant natural and scenic potential for nature-based tourism; however, the majority of the area has low to moderate suitability for tourism development, while landscape trends simultaneously reveal a decline in ecological connectivity and functionality. Consequently, tourism development strategies must shift from an "attraction-based" model to one based on "ecological capacity." Areas with high or very high suitability should be prioritized for development only if they do not conflict with sensitive habitats or key ecological connectivity corridors. Conversely, areas with moderate tourism suitability that are nonetheless critical for ecological connectivity are best managed through a conservation-oriented approach emphasizing low-impact tourism. Such an approach allows for the utilization of tourism potential while preventing unbalanced development and the exacerbation of ecological fragmentation.

Keywords: Nature-based tourism, Ecological potential, Multi-criteria decision-making methods, Landscape ecology, Qalikuh protected area

ارزیابی توان اکولوژیک توسعه گردشگری طبیعت محور و تحلیل عملکرد بوم‌شناختی در منطقه حفاظت شده قالیکوه

پروانه سبحانی*^۱

گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران

زینب حیدری

گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران

چکیده

توسعه گردشگری طبیعت محور در مناطق حفاظت شده، در صورت عدم انطباق با ظرفیت‌های محیطی، می‌تواند موجب افزایش فشار بر منابع طبیعی و کاهش پیوستگی و عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین شود. از این رو، شناسایی پهنه‌های مستعد گردشگری با در نظر گرفتن هم‌زمان ظرفیت‌های طبیعی و وضعیت عملکرد اکولوژیک، نقش مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار این مناطق دارد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی یکپارچه توان توسعه گردشگری طبیعت محور و تحلیل عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین در منطقه حفاظت شده قالیکوه انجام شد. بدین منظور، ابتدا معیارها و شاخص‌های مؤثر بر توان توسعه گردشگری در قالب ابعاد فیزیکی، زیستی، سیمای سرزمین و اجتماعی-اقتصادی شناسایی و با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره و منطق فازی، وزن‌دهی و استانداردسازی شدند. سپس پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در دو زون گردشگری گسترده و متمرکز شناسایی و بر اساس قواعد اشتیاق فازی در پنج طبقه توان بسیار کم تا بسیار زیاد طبقه‌بندی شدند. همچنین، به منظور ارزیابی روند تغییرات عملکرد بوم‌شناختی، شاخص‌های پایه عملکرد اکولوژیک سیمای سرزمین (ECI)، پهنه‌های عملکردی بوم‌شناختی (EFA) و شاخص اثر موانع (BEI) در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۵ محاسبه و مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در هر دو زون گردشگری، بعد سیمای سرزمین بالاترین وزن را به خود اختصاص داده است و چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی نیز مهم‌ترین شاخص تعیین‌کننده در توان گردشگری بوده‌اند. در زون گسترده، حدود ۸۸ درصد و در زون متمرکز حدود ۹۴ درصد از مساحت منطقه در طبقات توان خیلی کم، کم و متوسط قرار گرفته است. همچنین، ECI از ۷۷/۸۲ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۶۵/۲۱ درصد در سال ۲۰۲۵ و EFA از ۸۷/۳۶ به ۸۰/۳۲ درصد کاهش یافته است، در حالی که BEI از ۱۱/۵۰ به ۱۴/۰۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. یافته‌ها بیانگر کاهش پیوستگی و عملکرد

*نویسنده مسئول: sobhani.pa@lu.ac.ir

بوم‌شناختی سیمای سرزمین در کنار محدود بودن پهنه‌های دارای توان بالای گردشگری است. بر این اساس، توسعه گردشگری در منطقه حفاظت شده قالیکوه باید بر پایه ظرفیت اکولوژیک، کنترل شدت بهره‌برداری، حفاظت از کریدورهای بوم‌شناختی و هدایت فعالیت‌های گردشگری به پهنه‌های دارای کمترین تعارض با اهداف حفاظتی انجام شود.

کلیدواژه‌ها: گردشگری طبیعت محور، توان اکولوژیک، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، بوم‌شناسی سیمای سرزمین، منطقه حفاظت شده قالیکوه

آماده انتشار

مقدمه

امروزه گردشگری به عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در تحقق توسعه پایدار در مقیاس‌های ملی و منطقه‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Yang et al., 2025). در این میان، گردشگری طبیعت محور به عنوان الگویی از فعالیت‌های گردشگری متکی بر جاذبه‌ها و ظرفیت‌های محیط‌های طبیعی، طی دهه‌های اخیر توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است (Jia et al., 2025). این نوع گردشگری طیف متنوعی از فعالیت‌ها و انگیزه‌های گردشگران برای حضور و تعامل با محیط‌های طبیعی را دربر می‌گیرد (Sawu & Adikampana, 2025; Gupta et al., 2026). اکوتوریسم و طبیعت‌گردی، علاوه بر پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای تجربه محیط‌های طبیعی، می‌تواند به عنوان ابزاری مدیریتی در جهت حفاظت از منابع طبیعی و تنوع زیستی نیز مورد استفاده قرار گیرد؛ مشروط بر آنکه توسعه آن‌ها بر مبنای ظرفیت‌های اکولوژیک و اصول پایداری صورت گیرد (Satrya et al., 2023; Samal & Dash, 2023).

مناطق حفاظت شده به منظور حفظ و حراست از گونه‌های گیاهی و جانوری نادر که در معرض انقراض قرار دارند، تعریف و ایجاد شده‌اند، که در کشور ایران به چهار دسته از جمله پارک ملی، پناهگاه حیات وحش، اثر طبیعی ملی و منطقه حفاظت شده طبقه‌بندی می‌شوند (Sobhani et al., 2026). همچنین این مناطق از قابلیت‌های گردشگری فراوانی برخوردار می‌باشند و محل سکونت اجتماعی انسان و به ویژه روستاییان، نیز به شمار می‌روند. عرصه‌های تحت حفاظت در بسیاری از کشورهای جهان، پشتوانه اصلی رشد و توسعه اقتصادی محسوب می‌شوند و از آن‌ها به عنوان بزرگترین سرمایه‌های ملی و عرصه‌های گردشگری یاد می‌شود (Zhang et al., 2025a). امروزه مناطق تحت حفاظت به عنوان یکی از مقصدهای مورد علاقه گردشگران مطرح شده است (Widawski et al., 2020; Pérez-Calderón et al., 2024). این مناطق کانونی جهت اجرای فعالیت‌های گردشگری به شمار می‌روند، که بازدید از این مناطق به شکل‌های تفرج، گردشگری و گردشگری طبیعت محور یکی از محسوس‌ترین و سودمندترین کاربردهای این مناطق می‌باشد (Mmbaga et al., 2024). توسعه گردشگری در این مناطق با وجود مزیت‌ها و درآمدهای حاصله برای ساکنین محلی، در صورت نداشتن برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه می‌تواند تخریب منابع طبیعی را در پی داشته باشد (Hosseini et al., 2025). بدیهی است با افزایش استفاده گردشگران به همراه توسعه زیرساخت‌ها و امکانات گردشگری در این مناطق، گردشگری می‌تواند محیط زیست طبیعی و عناصر آن را تهدید کند. با توجه به نیاز روزافزون انسان به طبیعت و گردشگری، و همچنین اثرات نامطلوب استفاده بی‌رویه بر محیط زیست، لازم است که به بررسی و ارزیابی توان اکولوژیک توسعه گردشگری در مناطق حفاظت شده پرداخته شود (Zhang et al., 2025b).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

توسعه گردشگری به عنوان ابزاری نه تنها برای پایداری گردشگری، بلکه در جهت توسعه پایدار جهانی یک وظیفه و مسئولیت دشوار است، که متأسفانه اغلب به درستی جهت دهی نشده است. عدم موفقیت توسعه گردشگری به دلایل مختلفی ایجاد شده است، که مهمترین آن‌ها فقدان برنامه‌ریزی‌های عملیاتی و راهبردی یا ضعف مدیریتی است (Stojanović, 2024; Silva et al., 2023). از این رو، ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین و تعیین ظرفیت محیطی برای پذیرش فعالیت‌های گردشگری، به‌ویژه در مناطق حفاظت شده، از الزامات اساسی در برنامه‌ریزی پایدار گردشگری محسوب می‌شود. در این زمینه، مطالعات مختلفی با هدف ارزیابی توان اکولوژیک و پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در مناطق حفاظت شده انجام شده است، به عنوان نمونه سالمی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به تعیین توان و ظرفیت برد اجتماعی و فرهنگی توسعه کاربری گردشگری طبیعت در منطقه حفاظت شده کرخه پرداختند. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد از سطح منطقه از توان اکولوژیک و ظرفیت برد بالا، ۳۳ درصد از توان متوسط و ۱۷ درصد از توان پایین برای توسعه فعالیت‌های مورد بررسی برخوردار است. انصاری (۱۴۰۱) نیز توان اکولوژیک منطقه حفاظت شده هفتاد قله در استان مرکزی را ارزیابی کرد. بر اساس نتایج، حدود ۴ درصد از سطح منطقه دارای توان اکولوژیک برای توسعه طبیعت گردی گسترده و حدود ۰/۲۷ درصد دارای توان مناسب برای گردشگری متمرکز بوده است. در مطالعات بین‌المللی نیز ارزیابی ظرفیت اکولوژیک گردشگری در مناطق حفاظت شده مورد توجه قرار گرفته است، به عنوان نمونه Tuan و همکاران (2025) توان اکولوژیک گردشگری در پارک ملی شوان توی در ویتنام را با تأکید بر توسعه پایدار مناطق حفاظت شده بررسی کردند. نتایج نشان داد که عوامل داخلی، از جمله پایداری منابع طبیعی، سیاست‌های گردشگری محلی و ویژگی منحصر به فرد چشم‌انداز طبیعی، در مقایسه با عوامل خارجی نظیر زیرساخت‌ها، تقاضای بازار و دسترسی، نقش بیشتری در تعیین توان اکولوژیک گردشگری دارند. در این میان، پایداری منابع طبیعی به عنوان مؤثرترین معیار شناسایی شد که اهمیت یکپارچگی و سلامت اکولوژیک را در برنامه‌ریزی گردشگری نشان می‌دهد. همچنین، Sobhani و همکاران (2024) با ارزیابی توان سرزمین برای توسعه اکوتوریسم و بررسی بوم‌شناسی سیمای سرزمین در مناطق تحت حفاظت ایران، نشان دادند که محدوده‌های مورد مطالعه، شامل پارک ملی لار و پناهگاه حیات وحش کاوده، از توان اکولوژیک متوسط تا بالا برای توسعه گردشگری و تفرج برخوردارند.

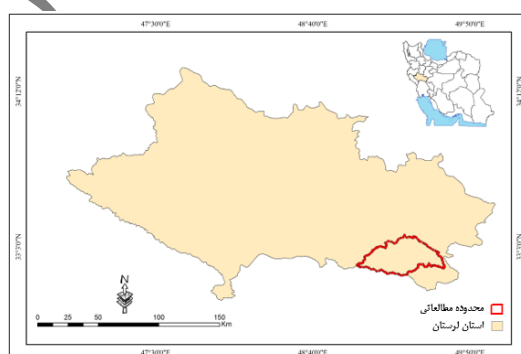
مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اگرچه ارزیابی توان اکولوژیک گردشگری در برخی مناطق حفاظت شده ایران و سایر کشورها مورد توجه قرار گرفته است، اما بخش قابل توجهی از مطالعات بر تعیین پهنه‌های مناسب گردشگری متمرکز بوده و کمتر به ارتباط هم‌زمان میان توان اکولوژیک گردشگری، تغییرات ساختار و عملکرد سیمای سرزمین و ظرفیت برد زیستی پرداخته‌اند. از سوی دیگر، شرایط اکولوژیک هر منطقه حفاظت شده، از جمله ویژگی‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی، تنوع زیستی، حساسیت زیستگاه‌ها و الگوی استقرار کاربری‌ها، می‌تواند ظرفیت متفاوتی برای پذیرش فعالیت‌های گردشگری ایجاد کند. بنابراین، تعمیم نتایج مطالعات سایر مناطق بدون توجه به ویژگی‌های بوم‌شناختی منطقه مورد مطالعه می‌تواند به برنامه‌ریزی نامتناسب و افزایش فشار بر منابع طبیعی منجر شود.

منطقه حفاظت شده قالیکوه از جمله عرصه‌های ارزشمند طبیعی استان لرستان است که به دلیل برخورداری از ارتفاعات کوهستانی، تنوع شرایط توپوگرافی و اقلیمی، زیستگاه‌های متنوع و پوشش گیاهی و جانوری غنی، دارای اهمیت ویژه‌ای در حفاظت از تنوع زیستی منطقه می‌باشد. تنوع زیستگاهی و وجود گونه‌های گیاهی و جانوری با ارزش حفاظتی، در کنار چشم‌اندازهای طبیعی و قابلیت‌های تفرجی منطقه، ظرفیت قابل توجهی برای توسعه گردشگری طبیعت محور ایجاد کرده است. با این حال، همین ویژگی‌های اکولوژیک و حساسیت زیستگاه‌های منطقه ضرورت برنامه‌ریزی مبتنی بر ظرفیت محیطی و جلوگیری از توسعه نامتناسب فعالیت‌های گردشگری را دوچندان می‌کند. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی توان اکولوژیک منطقه حفاظت شده قالیکوه برای توسعه گردشگری و تفرج انجام شد. افزون بر تعیین توان اکولوژیک گردشگری، به‌منظور ارائه ارزیابی جامع‌تر از وضعیت محیطی منطقه، تغییرات بوم‌شناختی سیمای سرزمین، عملکرد اکولوژیک و ظرفیت برد زیستی نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. از این منظر، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در ترکیب ارزیابی توان اکولوژیک توسعه گردشگری با تحلیل تغییرات سیمای سرزمین، عملکرد اکولوژیک و ظرفیت برد زیستی در یک منطقه حفاظت شده است؛ رویکردی که امکان شناسایی هم‌زمان ظرفیت‌های گردشگری و محدودیت‌ها و حساسیت‌های اکولوژیک منطقه را فراهم می‌سازد. نتایج این مطالعه می‌تواند مبنایی برای هدایت فضایی فعالیت‌های گردشگری، تعیین پهنه‌های مناسب و حساس، کاهش تعارض میان حفاظت و بهره‌برداری و پشتیبانی از تصمیم‌گیری و مدیریت پایدار در منطقه حفاظت شده قالیکوه را فراهم آورد. در این راستا عمده‌ترین سوالات پژوهش عبارتند از: ۱) در بین ابعاد، متغیرها و شاخص‌های

مؤثر در ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در منطقه حفاظت شده قالیکوه، کدامیک از وزن و اولویت بالاتری برخوردار است؟ (۲) بر اساس قواعد استنتاج فازی، بیشترین تعداد یگان‌های موجود در منطقه حفاظت شده قالیکوه در کدام یک از طبقات توان گردشگری در پهنه‌های گردشگری گسترده و متمرکز قرار گرفته است؟ (۳) ساختار بوم‌شناختی سیمای سرزمین، عملکرد اکولوژیک و ظرفیت برد زیستی منطقه حفاظت شده قالیکوه از چه وضعیت و روندی برخوردار است؟

محدوده مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده قالیکوه با وسعت ۱۱۲،۰۱۹ هکتار در استان لرستان و در غرب ایران قرار دارد و به دلیل ویژگی‌های توپوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و تنوع زیستی، از مناطق ارزشمند طبیعی استان محسوب می‌شود. این منطقه عمدتاً کوهستانی بوده و دارای اختلاف ارتفاع قابل توجه، دره‌های عمیق، دامنه‌های پرشیب و ارتفاعاتی تا حدود ۴۰۲۸ متر است که موجب شکل‌گیری زیستگاه‌های متنوع شده‌اند. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً متعلق به زاگرس بوده و گونه‌هایی مانند بلوط ایرانی، ارس، بنه، کیکم، بادام کوهی، زالزالک، گلابی وحشی و لاله واژگون در آن مشاهده می‌شود. همچنین گونه‌های ارزشمند جانوری از جمله پلنگ ایرانی، خرس قهوه‌ای، کل و بز، گراز، گرگ، روباه و گربه وحشی در منطقه زیست می‌کنند (سازمان حفاظت محیط زیست استان لرستان، ۱۴۰۳). وجود چشم‌اندازهای کوهستانی، پوشش گیاهی متنوع، منابع آب و آبشارها، ظرفیت بالایی برای طبیعت‌گردی، کوه‌پیمایی، کوهنوردی و تفرج ایجاد کرده است. با این حال، به دلیل حساسیت زیستگاه‌ها، توسعه گردشگری باید متناسب با توان و ظرفیت اکولوژیک منطقه صورت گیرد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

روش

ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری

در پژوهش حاضر به منظور شناسایی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری، به ارزیابی توان اکولوژیک گردشگری در منطقه حفاظت شده قالیکوه پرداخته شد. بدین منظور در اولین گام به تهیه لیستی از ابعاد، متغیرها و شاخص‌ها بر اساس سوابق مطالعاتی، پیشینه تحقیق و همچنین نظرات متخصصان و کارشناسان (مطابق با جدول ۱) اقدام گردید. بر این اساس ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در ۴ بعد (فیزیکی، زیستی، سیمای سرزمین و اجتماعی - اقتصادی)، با ۹ متغیر (شکل زمین، زمین‌شناسی عمومی و خاک‌شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، رستنی‌ها، حیات وحش، سیمای طبیعی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی) و ۱۸ شاخص (ارتفاع، شیب، جهت، زمین‌شناسی عمومی، بافت خاک، پوشش/کاربری اراضی، خطوط همبارش، خطوط همدمای، منابع آبی، فاصله از منابع آبی، تراکم پوشش گیاهی، زیستگاه‌ها و پراکندگی گونه‌های شاخص جانوری، چشم اندازها و جاذبه‌های طبیعی، فاصله از مراکز گردشگری، فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق مسکونی، جمعیت ساکن) مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز پژوهش با بهره‌گیری از منابع مختلف شامل مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی، مصاحبه با کارشناسان و محیط‌بانان منطقه و اطلاعات و مستندات سازمان حفاظت محیط‌زیست گردآوری شد. پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها، پردازش و تحلیل اطلاعات مکانی، تهیه لایه‌های اطلاعاتی و تولید نقشه‌های مورد نیاز پژوهش نیز در محیط ArcGIS 10.8 صورت گرفت.

جدول ۱. لیستی از ابعاد، متغیرها و شاخص‌ها در ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در محدوده مورد مطالعه

ابعاد	متغیرها	شاخص‌ها	منابع
فیزیکی	شکل زمین	- ارتفاع - شیب - جهت	Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017; Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Esmailpoor & Tekyekhah, 2013; Karami, 2010; Jozi & Moradi, 2011. اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰؛ پارساجو و ناصحی، ۱۳۹۷؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶؛ جمعه پور و یعقوبی فاز، ۱۳۹۷؛ فکری زاد و وثوقی، ۱۳۹۶.
زمین‌شناسی و خاک‌شناسی	- زمین‌شناسی عمومی - بافت خاک	- زمین‌شناسی عمومی - بافت خاک	Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017. اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰؛ پارساجو و ناصحی، ۱۳۹۷؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶؛ جمعه پور و یعقوبی فاز، ۱۳۹۷.
پوشش/کاربری اراضی	- پوشش/کاربری اراضی	- پوشش/کاربری اراضی	اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰؛ پارساجو و ناصحی، ۱۳۹۷؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶؛ جمعه پور و یعقوبی فاز، ۱۳۹۷.

اقلیم	- خطوط هم بارش	Jeong et al., 2014; Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017; Bali et al., 2015; Bunruamkaew & Murayama, 2012.
	- خطوط هم دما	جمعه پور و یعقوبی فاز، ۱۳۹۷، فکری زاد و وثوقی، ۱۳۹۶، اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰، پارساجو و ناصحی، ۱۳۹۷.
هیدرولوژی	- منابع آبی	Gigovic, 2016; Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017; Mahdavi & Niknejad, 2014; Kheikhah-Zarkesh et al., 2011.
	- فاصله از منابع آبی	بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶، اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰.
زیستی	رستنی‌ها	Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017; Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Gigovic, 2016.
	- تراکم پوشش گیاهی	اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰، پارساجو و ناصحی، ۱۳۹۷؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶.
حیات وحش	- زیستگاه‌ها و پراکندگی گونه‌های شاخص جانوری	Bunruamkaew & Murayama, 2012; Canteiroa et al., 2018; Nino et al., 2017; Gigovic, 2016; Danekar & Haddadinia, 2009.
		بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶، اسراری و مسعودی، ۱۳۹۵؛ مخدوم، ۱۳۹۰.
سیمای سرزمین	سیماهای طبیعی	Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Bunruamkaew & Murayama, 2012.
	- چشم اندازها و جانفیه‌های طبیعی	مخدوم، ۱۳۹۰؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶؛ فکری زاد و وثوقی، ۱۳۹۶.
اجتماعی-اقتصادی	وضعیت اجتماعی	Bali et al., 2015; Boyd et al., 1995; Nino et al., 2017; Danekar & Haddadinia, 2009; Mahmoudi, 2007; Bunruamkaew & Murayama, 2012; Mahdavi & Niknejad, 2014; Kheikhah-Zarkesh et al., 2011; Mobaraki et al., 2014; Dhami et al., 2014; Jeong et al., 2014; Gigovic, 2016.
	وضعیت اقتصادی	مخدوم، ۱۳۹۰؛ بزم آرا بلشتی، ۱۳۹۶؛ فکری زاد و وثوقی، ۱۳۹۶.

چارچوب کلی ارزیابی

در پژوهش حاضر، به منظور شناسایی پهنه‌های مناسب و دارای ظرفیت بالقوه برای توسعه گردشگری، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) و رویکرد نظریه مجموعه‌های فازی استفاده شد. در مرحله نخست، به منظور تعیین اهمیت نسبی شاخص‌های مؤثر در ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری، از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) بهره گرفته شد. در این مرحله، وزن نسبی هر یک از شاخص‌ها بر اساس نظرات خبرگان و متخصصان تعیین گردید (۱۰ نفر از کارشناسان سازمانی و متخصصان دانشگاهی که آشنا به منطقه بوده و حداقل ۵ سال سابقه پژوهش و مطالعه تخصصی در زمینه گردشگری و مناطق حفاظت شده داشتند).

ابتدا شاخص‌های مورد استفاده با بهره‌گیری از روش تبدیل مقیاس خطی بی‌مقیاس‌سازی و در دامنه صفر تا یک (۰-۱) استاندارد شدند (رابطه‌های ۱ و ۲). در این فرآیند، به مقادیر دارای بیشترین مطلوبیت، ارزش ۱ و به مقادیر دارای کمترین مطلوبیت، ارزش ۰ اختصاص یافت و سایر مقادیر متناسب با میزان مطلوبیت خود، مقادیری بین صفر و یک دریافت کردند. در ادامه، هر شاخص بر اساس مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) مورد وزن‌دهی قرار گرفت.

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{Min}}{x_j^{Max} - x_j^{Min}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$x_{ij} = \frac{x_j^{Max} - x_{ij}}{x_j^{Max} - x_j^{Min}} \quad \text{رابطه ۲}$$

دامنه ارزش بیشینه و کمینه شاخص‌های مورد نظر، x_j^{Max} : ارزش بیشینه تخصیص یافته برای صفت زام، ارزش کمینه تخصیص یافته برای صفت زام، ارزش تخصیص یافته برای صفت زام و گزینه آم.

مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرآیند تحلیل شبکه‌ای شامل سلسله مراتب کنترلی و ارتباط شبکه‌ای می‌باشد که سلسله مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و شاخص‌ها را مشخص می‌نماید و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار می‌باشد، در حالی که ارتباط شبکه‌ای وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌گردد. از این رو قابلیت مدل ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم آورده و در نتیجه نگرش دقیقی، به مسائل پیچیده را فراهم می‌سازد. بر این اساس فرآیند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان در چهار مرحله به شرح زیر بیان نمود:

۱) ساخت مدل و تبدیل مسئله به یک ساختار شبکه‌ای: مسئله باید به طور آشکار و روشن به یک سیستم منطقی، و به یک شبکه تبدیل گردد. این ساختار شبکه‌ای از طریق روش دلفی بدست می‌آید. در این مرحله مسئله مورد نظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح هستند، تبدیل می‌شود.

۲) **تشکیل ماتریس مقایسات زوجی (دودویی) و تعیین بردارهای اولویت:** در این بخش، عناصر تصمیم در هر یک از خوشه‌ها، بر اساس میزان اهمیت آن‌ها در ارتباط با ابعاد کنترلی دو به دو باید مورد مقایسه قرار گیرند. از این رو اهمیت نسبی عناصر بر اساس جدول ۲ سنجیده می‌شود. علاوه بر این بردار اهمیت داخلی، نشانگر اهمیت نسبی عناصر یا خوشه‌ها می‌باشد که از طریق رابطه ۳ به دست می‌آید. در این رابطه A: ماتریس مقایسات زوجی (دودویی) شاخص‌ها؛ W: بردار ویژه (ضریب اهمیت) و K: بزرگترین مقدار عددی می‌باشد.

$$AW = KW \quad \text{رابطه ۳}$$

جدول ۲- مقادیر اهمیت نسبی برای مقایسات زوجی (منبع: قدسی پور، ۱۳۸۵)

محاسبه وزن (اصول ارزش دهی به متغیرها)		
مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	ترجیحات (قضاوت کتبی)
۹	Extremely preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر
۷	Very strongly preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Moderately preferred	کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر
۱	Equally preferred	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲,۴,۶,۸	-	ترجیحات بین فواصل قوی

۳) **تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد:** برای دستیابی به اولویت‌های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل، بردارهای اولویت داخلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند. در نتیجه یک سوپر ماتریس به دست می‌آید که هر بخش از آن ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد. در این سوپر ماتریس، W_{23} برداری است که اثرات معیارها بر روی شاخص‌ها و W_{31} اثرات شاخص‌ها بر روی ابعاد را نشان می‌دهد و I ماتریس واحد می‌باشد، و تأثیرات متقابل ابعاد بر یکدیگر از طریق وارد کردن ماتریس W_{11} در سوپر ماتریس W_n امکان‌پذیر می‌باشد.

$$W_n = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{شاخص‌ها} & \text{معیارها} & \text{ابعاد} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{ابعاد} \\ \text{معیارها} \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{11} & 0 & 0 \\ 0 & W_{22} & W_{23} \\ W_{31} & W_{32} & I \end{bmatrix} \end{matrix}$$

این نوع ماتریس را سوپر ماتریس اولیه می‌نامند که با جایگزینی نمودن بردارهای اولویت (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون به دست می‌آید. در مرحله بعد، سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب مقادیر سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه می‌شود. سپس از طریق نرمالیزه کردن سوپر ماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون تا زمانی که واگرایی حاصل شود، یا به عبارتی دیگر تمامی عناصر سوپر ماتریس همانند هم شوند، محاسبه می‌شوند.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (w)^k$$

۴) انتخاب گزینه برتر: چنانچه سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله سوم، کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی گزینه‌ها نیز در سوپر ماتریس لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمالیزه شده قابل حصول خواهد بود.

در نهایت، پس از تعیین وزن شاخص‌ها، لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) تلفیق شدند. بدین منظور، مقدار استاندارد شده هر شاخص در وزن متناظر آن ضرب، و مقادیر حاصل از شاخص‌های مختلف با یکدیگر تلفیق شدند. بدین ترتیب، امتیاز اولیه تناسب هر پهنه برای توسعه گردشگری از طریق ترکیب وزن‌دار لایه‌های اطلاعاتی محاسبه شد. در مرحله بعد، محدودیت‌های محیطی به عنوان عوامل بازدارنده توسعه گردشگری در فرآیند ارزیابی اعمال شدند. بدین ترتیب با تلفیق نقشه تناسب حاصل از مجموع لایه‌های وزن‌دهی شده با لایه محدودیت‌ها، نقشه نهایی تناسب اکولوژیک منطقه برای توسعه گردشگری تهیه شد (رابطه ۴).

رابطه ۴)

$$S = \sum W_i X_i PC_i$$

در رابطه فوق، S : شاخص مطلوبیت، W_i : وزن هر لایه، X_i : ارزش هر لایه، C_i : امتیاز معیار محدودیت، π : نمایه حاصل ضرب می‌باشد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸).

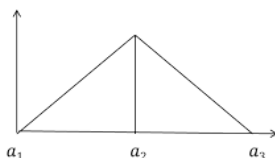
تعریف قواعد استنتاج فازی

به منظور تعیین درجه عضویت (درجه تعلق) برای هر یک از وزن‌های حاصل شده از تلفیق شاخص‌ها (روش خطی- وزنی)، از توابع فازی با استفاده از رابطه ۵ در نرم افزار Matlab به شرح زیر استفاده شد (Liu & Chen, 2007). در این چارچوب، طبقات زبانی شامل «بسیار زیاد»، «زیاد»، «متوسط»، «کم» و «بسیار کم» به مقادیر عددی متناظر تبدیل شدند و درجه عضویت فازی هر پهنه برای توسعه گردشگری محاسبه گردید. بدین ترتیب در نرم افزار Matlab حد آستانه وزن‌های حاصل شده در هر یک از پهنه‌های گردشگری گسترده و متمرکز مشخص شده و سپس برای هر یک توابع مثلثاتی تعریف گردید. در رابطه زیر، X وزن موجود در بازه عددی a_1, a_2, a_3 در محل تقاطع رئوس مثلث با محور افقی، در شکل ۲ می‌باشد.

رابطه ۵)

$$(a_1, a_2, a_3) = \max(\min(X - a_1/a_2 - a_1), (a_3 - X/a_3 - a_2), 0)$$

$$\begin{cases} 0 & (a_1 > X) \\ (X - a_1/a_2 - a_1) & a_1 \leq X \leq a_2 \\ 0 & (a_3 > X) \\ (a_3 - X/a_3 - a_2) & a_2 \leq X \leq a_3 \end{cases}$$



شکل ۲. توابع مثلثاتی در منطق فازی

(Liu & Chen, 2007)

الگوها و فرایندهای سیمای سرزمین

در این پژوهش، به منظور بررسی الگوهای سیمای سرزمین و فرایندهای اکولوژیک، به تحلیل فضاهای سبز و آبی پرداخته شد (Marull & Mallarach, 2005). در این چارچوب، الگوهای سیمای سرزمین بر اساس مجموعه‌ای از پهنه‌های دارای عملکرد اکولوژیک (EFA)^۱ تعریف شدند. این پهنه‌ها شامل انواع عرصه‌های سبز و طبیعی می‌باشند که بر اساس حداقل اندازه لکه در هر طبقه شناسایی شدند. حداقل اندازه لکه‌ها به ترتیب بیش از ۵، ۱۰ و ۲۵ هکتار در نظر گرفته شد؛ به گونه‌ای که حداقل ۳۰ درصد از پلیگون‌های هر طبقه در تحلیل لحاظ شدند. این پهنه‌ها به عنوان لکه‌های زیستگاهی و واحدهای هدف برای بررسی ارتباط و پیوستگی اکولوژیک در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، به منظور ارزیابی میزان ارتباط فضایی میان پهنه‌های عملکردی اکولوژیک، از مدل فاصله-هزینه^۲ استفاده شد. این مدل بر اساس یک ماتریس مقاومت یا امیدانس متناسب با ویژگی‌های منطقه طراحی شد و در آن، اثر موانع انسان ساخت بر ارتباط میان لکه‌های زیستگاهی مورد توجه قرار گرفت. همچنین، برای طبقات مختلف زیرساخت‌های گردشگری، ماتریس همبستگی یا مجاورت^۳ در نظر گرفته شد. در این مطالعه، شاخص اثر مانع (BEI)^۴ با توجه به تأثیر عناصر انسان ساخت و زیرساخت‌های گردشگری بر ساختار و عملکرد سیمای سرزمین تعیین شد. عناصری نظیر تأسیسات گردشگری، جاده‌ها، پهنه‌های آبی و عرصه‌های تفریحی به عنوان موانع بالقوه در نظر گرفته شدند؛ زیرا این عناصر می‌توانند با ایجاد گسستگی در سیمای سرزمین، جریان انرژی، ماده و اطلاعات را در میان اجزای اکوسیستم مختل کرده و بر پیوستگی و ارتباط اکولوژیک لکه‌های زیستگاهی تأثیر بگذارند (Marull & Mallarach, 2005). در نهایت، برای هر طبقه از پهنه‌های برخوردار از عملکرد اکولوژیک، یک شاخص پایه عملکرد اکولوژیک سیمای سرزمین (ECIb) تعریف شد. این شاخص در یک مقیاس استاندارد شده از ۱ تا ۹ محاسبه گردید؛ به طوری که عدد ۱ بیانگر وضعیت «بسیار کم» و عدد ۹ نشان دهنده وضعیت «بسیار زیاد» است. شاخص ECIb، وضعیت فرایندهای اکولوژیک سیمای سرزمین را در ارتباط با پهنه‌های عملکردی اکولوژیک توصیف می‌کند و بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود. در این رابطه $\sum x_i$ بیشترین ارزش فاصله-هزینه تعدیل

^۱ . Ecological Functional Areas

^۲ . Cost-Distance

^۳ . Affinity Matrix

^۴ . Barrier Effect Index

شده و ECIB شاخص پیوستگی پایه می‌باشد، که بعد از محاسبه آن می‌توان ECIA شاخص مطلق را با استفاده از رابطه ۷ محاسبه نمود و نتایج کمی آن را در مقیاس ۱ تا ۱۰ و به صورت اعداد صحیح نمایش داد. از این رو می‌توان از آن برای مقایسه مناطق مختلف یا حتی یک منطقه در طول یک دوره زمانی استفاده نمود و به عبارت دیگر این شاخص، مجموع شاخص‌های محاسبه شده پایه برای نواحی عملکردی می‌باشد.

$$ECI_b = 10 - 9 \left[\frac{\ln(1 + x_i)}{\ln(1 + x_t)} \right]^3 \quad \text{رابطه ۶}$$

$$ECI_a = \sum_{m=1}^{m=n} \frac{ECI_b}{m} \quad \text{رابطه ۷}$$

در رابطه ۷، m تعداد نواحی دارای عملکرد بوم‌شناختی است که ارزش‌های این شاخص، هدفمند بوده و در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، به ویژه برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی در مقیاس سیمای سرزمین قابل استفاده است (Marull et al., 2018). در مطالعه حاضر، به منظور تحلیل پویایی‌های ساختاری سیمای سرزمین (شناسایی عملکردها و موانع اکولوژیک) و ارزیابی تغییرات الگوی فضایی کلاس‌های پوشش/کاربری اراضی، از نقشه‌های طبقه‌بندی و استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ (بر اساس تصاویر موجود تا زمان نگارش مقاله) در محیط گوگل ارث انجین (GEE)^۱ استفاده شد (L5-TM: سال ۲۰۱۰ و OLI/TIRS: ۲۰۲۵ با اندازه پیکسل ۳۰ متر). بدین ترتیب پوشش‌های سبز اعم از اراضی جنگلی و مراتع به عنوان پهنه‌های دارای عملکرد اکولوژیک (EFA) و جاده‌ها، رودخانه‌ها و جاذبه‌های گردشگری نیز به عنوان شاخص اثر مانع (BEI) در نظر گرفته شدند. برای طبقه‌بندی تصاویر، روش الگوریتم جنگل تصادفی به کار گرفته شد و نقاط نمونه‌برداری نیز، در سامانه تحت وب GEE به صورت بصری و به تعداد مورد نظر و تصادفی انتخاب شدند. در واقع حداکثر ۱۵۰۰ نمونه انتخاب شد که از این مجموع، ۸۰۰ نمونه برای آموزش الگوریتم و ۷۰۰ نمونه برای آزمایش طبقه‌بندی انتخاب بودند. در این مطالعه، علاوه بر بررسی ماتریس خطا دقت طبقه‌بندی بر اساس شاخص کاپا و صحت کلی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

^۱ -Google Earth Engine

یافته‌ها

به منظور وزن دهی شاخص‌ها در ارزیابی پهنه‌های گردشگری، ابتدا هر یک از شاخص‌های شناسایی شده با استفاده از تابع خطی کاهنده یا افزایشده در بازه ۰-۱ استاندارد شدند (جدول ۳). همانطور که نتایج نشان می‌دهد دامنه عددی یک نمایش دهنده بیشترین ارزش و عدد صفر نمایانگر کمترین ارزش هر شاخص می‌باشد، به طوری که هر چه میزان درجه اهمیت هر شاخص به صورت خطی افزایش یابد، درجه اهمیت آن نیز به سمت عدد یک افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج حاصل از اولویت‌بندی وزن شاخص‌ها در پهنه‌های گردشگری گسترده (جدول ۳)، بیشترین ضریب وزنی در سطح ابعاد به بعد سیمای سرزمین با وزن $0/60$ اختصاص یافته است؛ در حالی که بعد اجتماعی و اقتصادی با وزن $0/08$ کمترین ضریب وزنی را به خود اختصاص داده است. در سطح متغیرها نیز، بیشترین وزن مربوط به متغیر سیمای طبیعی با ضریب $0/85$ و کمترین وزن مربوط به متغیر زمین‌شناسی و خاک‌شناسی با ضریب $0/09$ بوده است. همچنین، در سطح شاخص‌ها، شاخص چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی با وزن ۱ بالاترین اولویت را داشته، در حالی که شاخص پوشش/کاربری اراضی با وزن $0/05$ کمترین ضریب وزنی را به خود اختصاص داده است. در پهنه‌های گردشگری متمرکز نیز نتایج نشان می‌دهد که بیشترین ضریب وزنی در سطح ابعاد به بعد سیمای سرزمین با وزن $0/54$ و کمترین ضریب به بعد اجتماعی و اقتصادی با وزن $0/05$ اختصاص دارد. در سطح متغیرها، سیمای طبیعی با وزن $0/76$ بیشترین اهمیت را داشته و زمین‌شناسی و خاک‌شناسی با وزن $0/04$ در پایین‌ترین اولویت قرار گرفته است. دو سطح شاخص‌ها نیز، همانند پهنه‌های گردشگری گسترده، چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی با وزن ۱ بیشترین ضریب وزنی را به خود اختصاص داده است؛ در مقابل، پوشش/کاربری اراضی با وزن $0/09$ کمترین وزن را داشته است (جدول ۴).

در مجموع، غلبه وزن بعد سیمای سرزمین و به ویژه اهمیت بالای چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی در هر دو نوع پهنه گردشگری نشان می‌دهد که مؤلفه‌های طبیعی و کیفیت بصری سرزمین، نقش تعیین‌کننده‌ای در اولویت‌بندی و ارزیابی ظرفیت گردشگری منطقه دارند. در مقابل، وزن پایین‌تر ابعاد اجتماعی و اقتصادی و همچنین شاخص‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و پوشش/کاربری اراضی بیانگر آن است که این مؤلفه‌ها، در مقایسه با ویژگی‌های طبیعی و منظر در منطقه، نقش محدودتری در تعیین اولویت پهنه‌های گردشگری دارد. در شکل‌های ۳ تا ۱۹ نقشه‌های تهیه شده

از شاخص‌های مورد ارزیابی در پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در منطقه حفاظت شده قالیکوه نمایش داده شده است.

جدول ۳. طبقات استانداردسازی شاخص‌های ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در محدوده مورد مطالعه

ردیف	شاخص	تعداد طبقات	طبقات هر شاخص	نوع تابع	ارزش استاندارد شده هر شاخص
۱	ارتفاع	۱	۳۰۰-۹۰۰	کاهنده	۱
		۲	۹۰۱-۱۵۰۰	خطی	۰/۸۷
		۳	۱۵۰۱-۲۱۰۰		۰/۷۵
		۴	۲۱۰۰-۲۷۰۰		۰/۶۲
		۵	۲۷۰۱-۳۳۰۰		۰/۵
		۶	۳۳۰۱-۳۹۰۰		۰/۳۷
		۷	۴۰۰۰<		۰
		۱	۰-۲	کاهنده	۱
		۲	۲-۵	خطی	۰/۸۷
		۳	۵-۸		۰/۷۵
		۴	۸-۱۲		۰/۶۲
		۵	۱۲-۱۵		۰/۵
		۶	۱۵-۲۰		۰/۳۷
		۷	۲۰-۳۰		۰/۲۵
	جهت	۸	۳۰-۶۵		۰/۱۲
		۹	> ۶۵		۰
		۱	شرقی	کاهنده	۱
		۲	جنوبی	خطی	۰/۸۷
		۳	شمالی		۰/۷۵
		۴	غربی		۰/۶۲
		۵	جنوب غربی		۰/۵
		۶	شمال شرقی		۰/۳۷
		۷	جنوب شرقی		۰/۲۵
		۸	شمال غربی		۰/۱۲
		۹	مسطح		۰
		۱	رسوبات منفصل-تراس	کاهنده	۱
		۲	سنگ تبخیری	خطی	۰/۸
		۳	سنگ رسوبی-آهک		۰/۶
	زمین‌شناسی عمومی	۴	سنگ رسوبی-دولومیت		۰/۴
		۵	سنگ رسوبی-شیل		۰/۲
		۶	سنگ رسوبی-کنگلومرا		۰
		۱	Rock outcrops/ Entisols		۱
	بافت خاک				

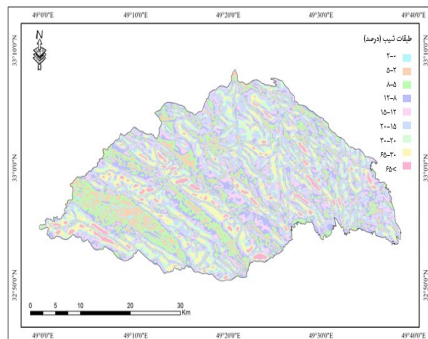
		(انتهی سولها)			
۰/۶۶	کاهنده	خطی	Rock outcrops/ Inceptisols	۲	
			(اینسیتی سولها)		
۰/۳۳			Lands	۳	
۰			Bad Lands	۴	
۱	کاهنده		اراضی جنگلی	۱	پوشش/کاربری اراضی
۰/۵	خطی		مراع	۲	
۰			اراضی کشاورزی	۳	
۰	افزاینده		۷۰۰۰-۱۰۰۰	۱	خطوط هم بارش
۰/۳۳	خطی		۱۰۰۰<	۲	
۰	افزاینده		کمتر از ۵	۱	خطوط هم دما
۰/۳۳	خطی		۵-۱۰	۲	
۰/۶۶			۱۰-۱۵	۳	
۱			۱۵-۲۰	۴	
۱	منطق بولین		۰	۱	منابع آبی
			۱	۲	
۱	کاهنده		۰-۳۰۰ متر	۱	فاصله از منابع آبی
۰/۶۶	خطی		۳۰۰-۶۰۰ متر	۲	
۰/۳۳			۶۰۰-۱۲۰۰ متر	۳	
۰			>۱۲۰۰ متر	۴	
۱	کاهنده		۵۱-۷۵	۱	تراکم پوشش گیاهی
	خطی				
۰/۵			۶-۱۵	۲	
۰			۱-۵	۳	
۱	منطق بولین		۰	۱	زیستگاه ها و پراکندگی
			۱	۲	گونه های شاخص
					جانوری
۱	کاهنده		زیاد	۱	چشم اندازها و
۰/۵	خطی		کم	۲	جاذبه های طبیعی
۱	کاهنده		۰-۳ کیلومتر	۱	فاصله از مراکز
۰/۶۶	خطی		۳-۶ کیلومتر	۲	گردشگری
۰/۳۳			۶-۹ کیلومتر	۳	
۰			<۹ کیلومتر	۴	
۱	کاهنده		۰-۳ کیلومتر	۱	فاصله از جاده ها
۰	خطی		۳-۶ کیلومتر	۲	
۱	کاهنده		۰-۳ کیلومتر	۱	فاصله از مناطق
۰/۵	خطی		۳-۶ کیلومتر	۲	مسکونی
۰			۶-۹ کیلومتر	۳	
۰	افزاینده		زن: ۶۶'۹۵۵	۱	جمعیت ساکن
۱	خطی		مرد: ۷۰'۵۷۹	۲	

جدول ۴. ضریب وزنی ابعاد، متغیرها و شاخص‌های ارزیابی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در محدوده مورد مطالعه

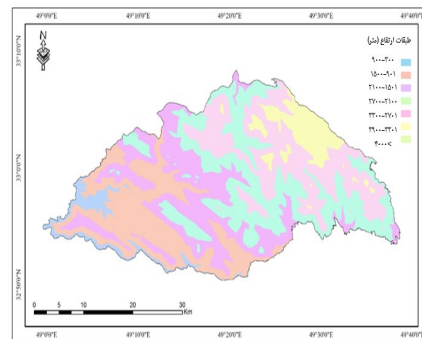
پهنه‌های گردشگری گسترده					
ابعاد	ضریب وزنی	متغیرها	ضریب وزنی	شاخص‌ها	ضریب وزنی
فیزیکی	۰/۱۱	شکل زمین	۰/۵۱	ارتفاع	۰/۴۷
				شیب	۰/۴۵
				جهت	۰/۰۸
		زمین‌شناسی و خاک‌شناسی	۰/۰۹	زمین‌شناسی عمومی	۰/۳۵
				بافت خاک	۰/۶۰
				پوشش/کاربری اراضی	۰/۰۵
		اقلیم	۰/۲۲	خطوط هم بارش	۰/۵
				خطوط هم دما	۰/۵
				منابع آبی	۰/۵
		هیدرولوژی	۰/۱۸	فاصله از منابع آبی	۰/۴۰
				تراکم پوشش گیاهی	۰/۵۲
				پراکنندگی گونه‌های شاخص جانوری	۰/۶۵
زیستی	۰/۲۰	رستنی‌ها حیات وحش	۰/۳۳ ۰/۶۷	زیستگاه‌های حیات وحش	۰/۳۵
				چشم اندازها و جاذبه‌های طبیعی	۰/۸۵
				جمعیت ساکن	۰/۳۹
سیمای سرزمین	۰/۶۰	سیماهای طبیعی	۰/۸۵	چشم اندازها و جاذبه‌های طبیعی	۱
اجتماعی و اقتصادی	۰/۰۸	وضعیت اجتماعی	۰/۳۹	جمعیت ساکن	۰/۶۵
		وضعیت اقتصادی	۰/۶۱	فاصله از مراکز گردشگری	۰/۳۵
				فاصله از جاده‌ها	۰/۴۲
				فاصله از مناطق مسکونی	۰/۲۳

پهنه‌های گردشگری متمرکز					
ابعاد	ضریب وزنی	متغیرها	ضریب وزنی	شاخص‌ها	ضریب وزنی
فیزیکی	۰/۳۱	شکل زمین	۰/۲۶	ارتفاع	۰/۳۶
				شیب	۰/۵۲
				جهت	۰/۱۲
		زمین‌شناسی و خاک‌شناسی	۰/۰۴	زمین‌شناسی عمومی	۰/۳۳
				بافت خاک	۰/۵۸

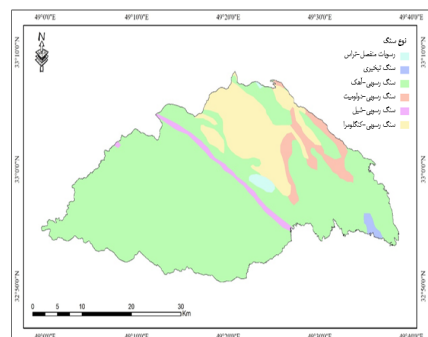
۰/۰۹	پوشش/کاربری			
	اراضی			
۰/۵	خطوط هم	۰/۲۰	اقلیم	
	بارش			
۰/۵	خطوط هم دما			
۰/۵	منابع آبی	۰/۵۰	هیدرولوژی	
۰/۴۰	فاصله از منابع			
	آبی			
۰/۴۳	تراکم پوشش	۰/۳۰	رستنی‌ها	۰/۱۰ زیستی
	گیاهی			
۰/۶۵	پراکنندگی	۰/۷۰	حیات وحش	
	گونه‌های			
	شاخص			
	جانوری			
۰/۳۵	زیستگاه‌های			
	حیات وحش			
۱	چشم اندازها و	۰/۷۶	سیمای طبیعی	۰/۵۴ سیمای سرزمین
	جاذبه‌های			
	طبیعی			
۰/۷۵	جمعیت ساکن	۰/۴۲	وضعیت اجتماعی	۰/۰۵ اجتماعی و اقتصادی
			وضعیت اقتصادی	
۰/۳۸	فاصله از مراکز گردشگری	۰/۵۸		
۰/۴۳	فاصله از جاده‌ها			
۰/۱۹	فاصله از مناطق مسکونی			



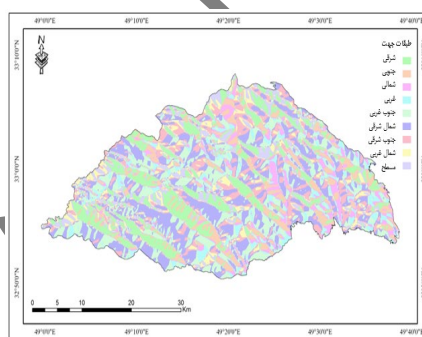
شکل ۴. نقشه طبقات شیب



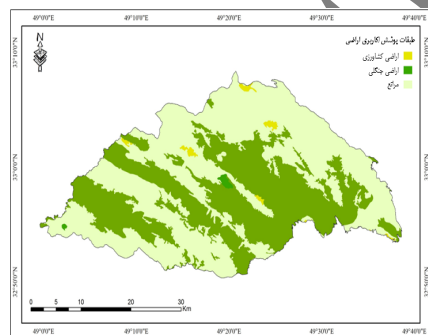
شکل ۳. نقشه طبقات ارتفاع



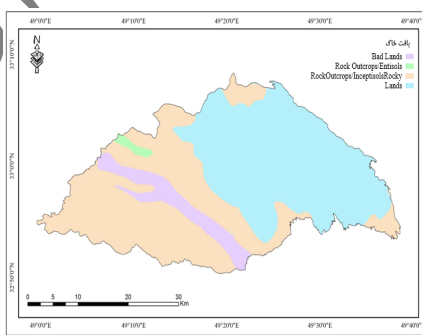
شکل ۶. نقشه زمین شناسی



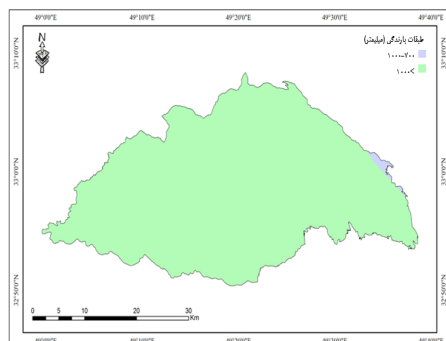
شکل ۵. نقشه طبقات جهت



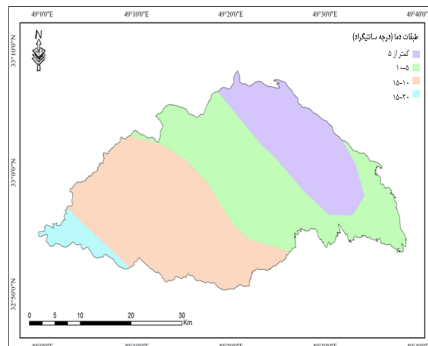
شکل ۸. نقشه پوشش/کاربری اراضی



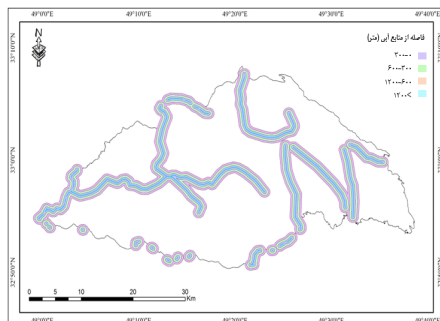
شکل ۷. نقشه خاک شناسی



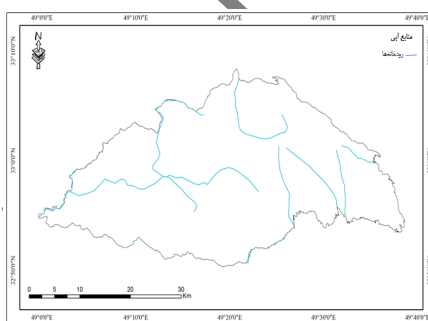
شکل ۱۰. نقشه خطوط همبارش



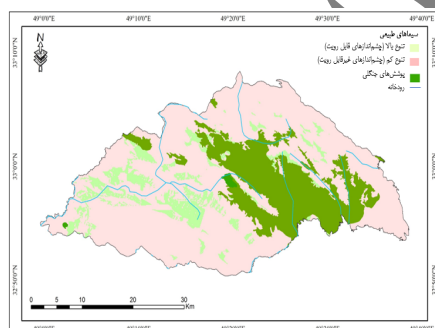
شکل ۹. نقشه خطوط همدمای



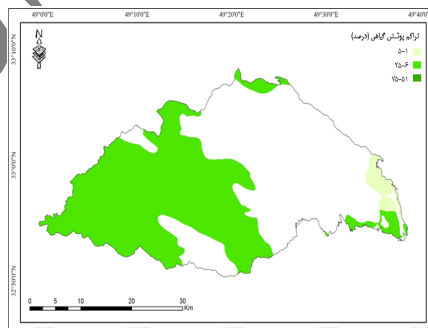
شکل ۱۲. نقشه فاصله از منابع آبی



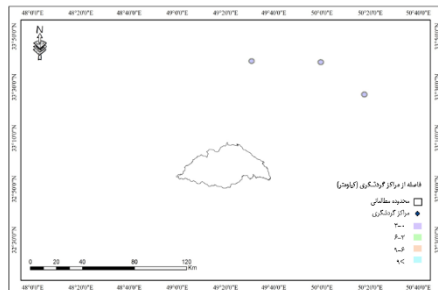
شکل ۱۱. نقشه منابع آبی



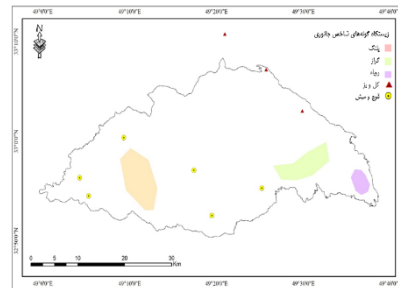
شکل ۱۴. نقشه چشم اندازها و جاذبه های طبیعی



شکل ۱۳. نقشه تراکم پوشش گیاهی

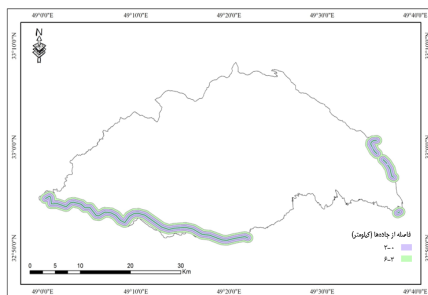


شکل ۱۶. نقشه فاصله از مراکز گردشگری

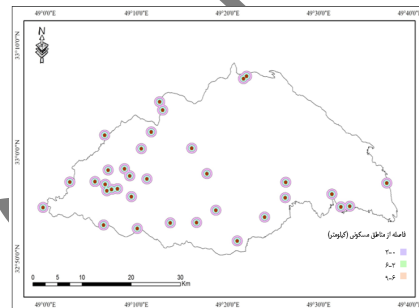


شکل ۱۵. نقشه زیستگاه‌ها و پراکنندگی گونه‌های

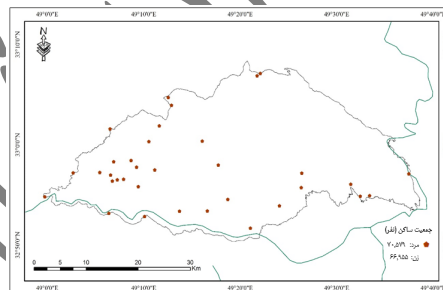
شاخص جانوری



شکل ۱۸. نقشه فاصله از جاده‌ها



شکل ۱۷. نقشه فاصله از مناطق مسکونی



شکل ۱۹. نقشه جمعیت ساکن در منطقه

اولویت‌بندی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در محدوده مورد مطالعه

پس از تعیین درجه عضویت برای هر یک از پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در ۵ طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم به اولویت‌بندی این پهنه‌ها به شرح زیر اقدام گردید. همانطور که در جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد، اولویت‌بندی پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در زون گردشگری گسترده به ترتیب شامل ۱۶۴۵۶/۸۲ هکتار (۲۲ درصد) توان خیلی کم، ۲۰۶۲۶/۹۲ هکتار (۲۷/۵۷ درصد) توان کم، ۲۸۷۲۵/۴۹ هکتار (۳۸/۳۹ درصد) توان متوسط، ۸۰۱۷/۵۶ هکتار (۱۰/۷۱ درصد) توان زیاد و ۹۸۴/۴۰۸ هکتار (۱/۳۱ درصد)

توان خیلی زیاد است. همچنین در این منطقه پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در زون متمرکز شامل ۱۷۸۷۳/۴۲ هکتار (۲۳/۸۹ درصد) توان خیلی کم، ۲۲۰۱۱/۵۹ هکتار (۲۹/۴۲ درصد) توان کم، ۳۰۱۴۲/۰۲ هکتار (۴۰/۲۹ درصد) توان متوسط، ۴۵۷۷/۵۴ هکتار (۶/۱۱ درصد) توان زیاد و ۲۰۶/۴۳ هکتار (۰/۲۷ درصد) توان خیلی زیاد می‌باشد.

جدول ۵. مساحت و درصد پهنه‌های مستعد توسعه گردشگری در محدوده مورد مطالعه

پهنه‌های گردشگری گسترده			
ردیف	طبقه توان	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
۱	خیلی کم (Very low)	۱۶۴۵۶/۸۲	۲۲
۲	کم (Low)	۲۰۶۲۶/۹۲	۲۷/۵۷
۳	متوسط (Medium)	۲۸۷۲۵/۴۹	۳۸/۳۹
۴	زیاد (Very high)	۸۰۱۷/۵۶	۱۰/۷۱
۵	خیلی زیاد (Very high)	۹۸۴/۴۰۸	۱/۳۱
جمع کل		۷۴۸۱۱	۱۰۰
پهنه‌های گردشگری متمرکز			
۱	خیلی کم (Very low)	۱۷۸۷۳/۴۲	۲۳/۸۹
۲	کم (Low)	۲۲۰۱۱/۵۹	۲۹/۴۲
۳	متوسط (Medium)	۳۰۱۴۲/۰۲	۴۰/۲۹
۴	زیاد (Very high)	۴۵۷۷/۵۴	۶/۱۱
۵	خیلی زیاد (Very high)	۲۰۶/۴۳	۰/۲۷
جمع کل		۷۴۸۱۱	۱۰۰

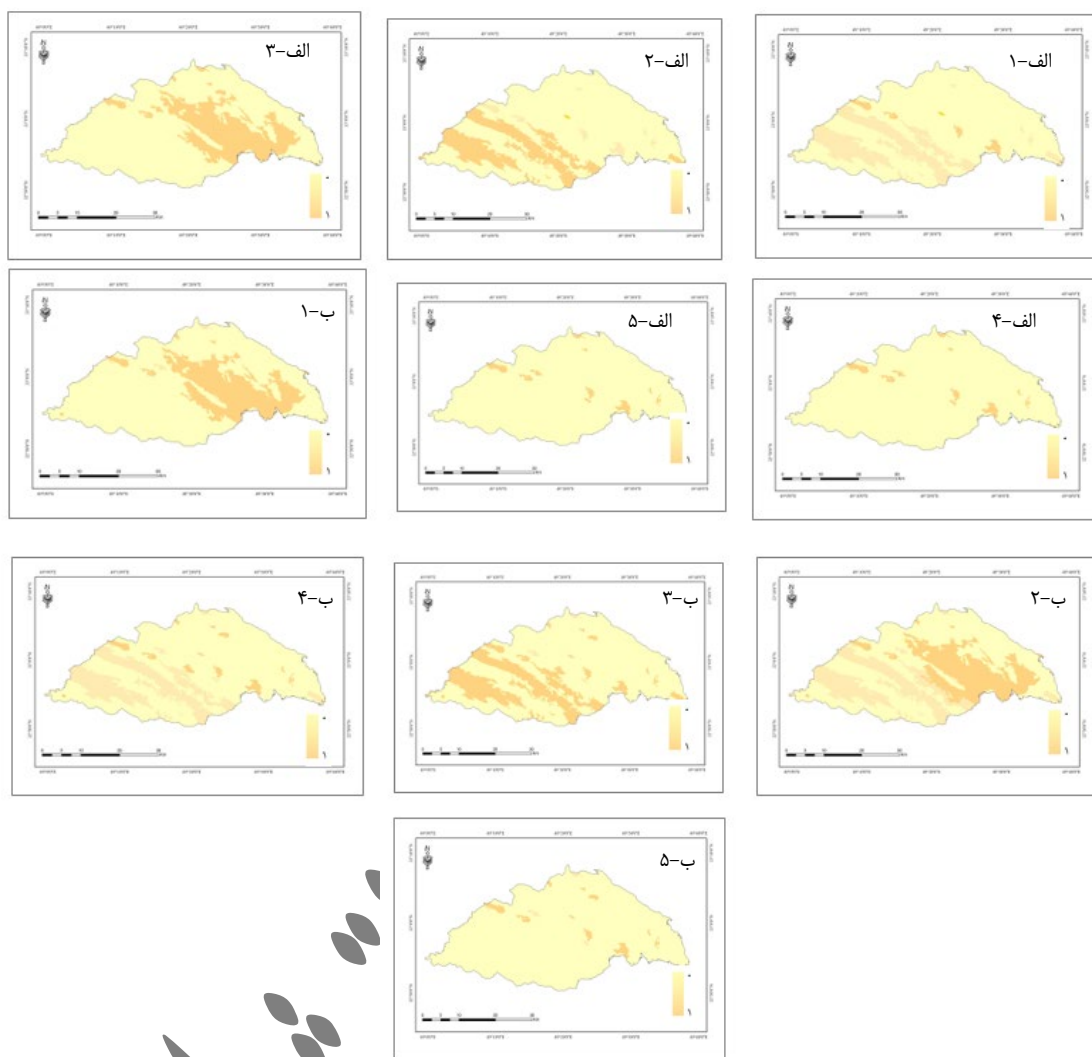
تحلیل قواعد استنتاج فازی

همانطور که در جدول ۶ نمایش داده شده است از منطق فازی جهت تبدیل متغیرهای کلامی (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) به اعداد خشک ریاضی و همچنین تعیین درجه عضویت (تعلق) برای هر یک از وزن‌های حاصل شده استفاده گردید. در این مرحله، مقدار شاخص نهایی حاصل از تلفیق خطی-وزنی، به پنج طبقه زبانی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد» و «خیلی زیاد» تبدیل شد. این طبقات به صورت مجموعه‌های فازی تعریف شدند؛ به گونه‌ای که هر مقدار از شاخص می‌تواند با درجات متفاوتی به دو طبقه مجاور تعلق داشته باشد. برای هر طبقه، تابع عضویت مثلثی به صورت $A=(a_1, a_2, a_3)$ تعریف شد که در آن (a_1) حد پایین، (a_2) مقدار مرکزی با بیشترین درجه عضویت و (a_3) حد بالای طبقه است (مطابق رابطه ۵ در بخش روش‌شناسی). بدین ترتیب، مقدار مرکزی هر طبقه دارای درجه عضویت برابر با یک و مقادیر خارج از دامنه تعریف شده دارای درجه عضویت صفر هستند. همپوشانی بین توابع عضویت مجاور نیز باعث می‌شود تغییر یک یگان مکانی از یک طبقه به طبقه دیگر به صورت تدریجی و بدون اعمال مرزهای کاملاً قطعی انجام

گیرد. در تعیین نقاط مرکزی و حدود توابع عضویت، اصل همپوشانی طبقات مجاور رعایت شد؛ به گونه‌ای که مقادیر نزدیک به مرز دو طبقه، همزمان دارای درجه عضویت در هر دو طبقه باشند. این رویه از ایجاد تغییرات ناگهانی در طبقه‌بندی یگان‌های مکانی جلوگیری کرده و امکان نمایش تدریجی میزان توان گردشگری را فراهم می‌کند. پارامترهای نهایی توابع عضویت و مقادیر متناظر آن‌ها برای دو زون گردشگری گسترده و متمرکز در جدول ۶ ارائه شده است. پس از تعیین توابع عضویت، مقدار شاخص هر یگان مکانی در هر پنج تابع عضویت وارد شد و درجه عضویت آن یگان نسبت به طبقات «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد» و «خیلی زیاد» محاسبه گردید. طبقه نهایی هر یگان بر اساس بیشترین درجه عضویت تعیین شد و سپس مساحت و درصد هر طبقه برای دو زون گردشگری محاسبه گردید. مطابق نتایج به‌دست آمده، در منطقه حفاظت شده قالیکوه بیشترین تعداد یگان‌های موجود در پهنه‌های گردشگری گسترده با ۳۷ درصد مربوط به "طبقه کم" و کمترین تعداد یگان‌ها با ۱۲ درصد مربوط به "طبقه متوسط" می‌باشد. همچنین بیشترین تعداد یگان‌ها در پهنه‌های گردشگری متمرکز با ۳۸ درصد مربوط به "طبقه متوسط" و کمترین تعداد یگان‌ها در این منطقه با ۸ درصد به "طبقه خیلی زیاد" اختصاص یافته است.

جدول ۶. توابع عضویت مثلثاتی فازی برای پهنه‌های گردشگری گسترده و متمرکز در محدوده مورد مطالعه

پهنه‌های گردشگری گسترده					
طبقه	مقادیر زبانی	ارزش عددی	اعداد فازی	درصد تعداد یگان‌های موجود در هر طبقه	اولویت‌بندی مقادیر زبانی
۱	خیلی کم (Very low)	۰/۳۷ - ۰/۴۷	(۰/۳۷ - ۰/۳۹ - ۰/۴۷)	۱۵	۳
۲	کم (Low)	۰/۴۲ - ۰/۵۴	(۰/۴۲ - ۰/۴۶ - ۰/۵۴)	۲۰	۲
۳	متوسط (Medium)	۰/۴۸ - ۰/۷۱	(۰/۴۸ - ۰/۶۳ - ۰/۷۱)	۴۲	۱
۴	زیاد (Very high)	۰/۶۸ - ۰/۸۵	(۰/۶۸ - ۰/۷۴ - ۰/۸۵)	۱۳	۴
۵	خیلی زیاد (Very high)	۰/۸۹ - ۰/۹۱	(۰/۸۹ - ۰/۷۹ - ۰/۹۱)	۱۰	۵
پهنه‌های گردشگری متمرکز					
طبقه	مقادیر زبانی	ارزش عددی	اعداد فازی	درصد تعداد یگان‌های موجود در هر طبقه	اولویت‌بندی مقادیر زبانی
۱	خیلی کم (Very low)	۰/۴۰ - ۰/۴۹	(۰/۴۰ - ۰/۴۴ - ۰/۴۹)	۱۶	۳
۲	کم (Low)	۰/۴۷ - ۰/۵۹	(۰/۴۷ - ۰/۵۲ - ۰/۵۹)	۲۵	۲
۳	متوسط (Medium)	۰/۵۶ - ۰/۶۸	(۰/۵۶ - ۰/۶۴ - ۰/۶۸)	۳۸	۱
۴	زیاد (Very high)	۰/۶۴ - ۰/۷۶	(۰/۶۴ - ۰/۶۸ - ۰/۷۶)	۱۳	۴
۵	خیلی زیاد (Very high)	۰/۷۲ - ۰/۸۸	(۰/۷۲ - ۰/۸۳ - ۰/۸۸)	۸	۵



شکل ۲۰. طبقات توابع عضویت فازی برای توسعه پهنه‌های گردشگری در محدوده مورد مطالعه:

الف) پهنه‌های گردشگری گسترده؛ ب) پهنه‌های گردشگری متمرکز

(۱: خیلی کم، ۲: کم، ۳: متوسط، ۴: زیاد، ۵: خیلی زیاد)

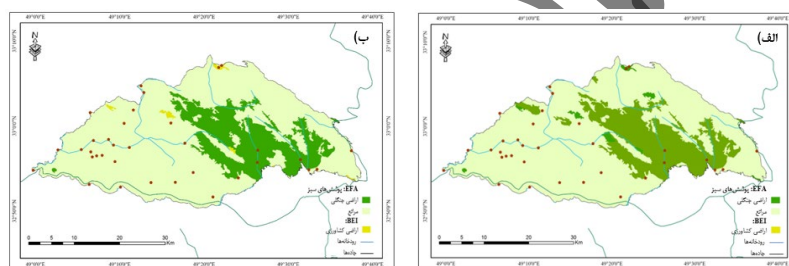
ارزیابی تغییرات بوم‌شناسی سیمای سرزمین

نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که مقادیر شاخص‌های دقت از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار بوده و صحت نقشه‌های تولید شده برای تحلیل تغییرات پوشش/کاربری اراضی در سطح قابل قبولی قرار دارد (L5-TM (۲۰۰۰): صحت کلی ۰/۹۰ درصد و ضریب کاپا: ۰/۸۶؛ L8 OLI/TIRS (۲۰۲۵): صحت کلی ۰/۹۸ درصد و ضریب کاپا: ۰/۹۳). مطابق نتایج، ECI بیشترین کاهش را از ۷۷/۸۲٪ در سال ۲۰۱۰ به ۶۵/۲۱٪ در سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهد. EFA نیز

از ۸۷/۳۶٪ در سال ۲۰۱۰ به ۸۰/۳۲٪ در سال ۲۰۲۵ کاهش یافته است، در حالی که BEI از ۱۱/۵۰٪ در سال ۲۰۱۰ به ۱۴/۰۵٪ در سال ۲۰۲۵ افزایش یافته است (جدول ۷). در شکل‌های ۲۱ و ۲۲ نیز به ترتیب نقشه تغییرات EFA و BEI و نقشه تغییرات ECI در محدوده مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۵ نمایش داده شده است.

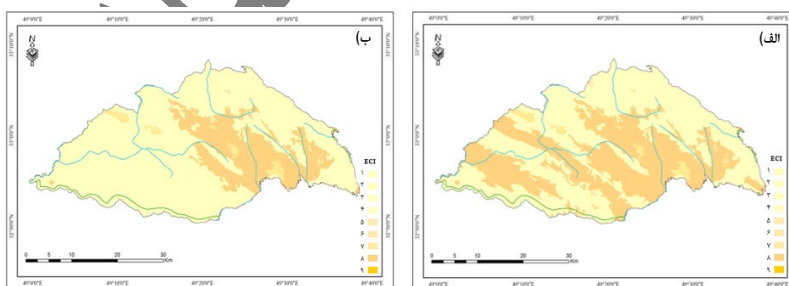
جدول ۷. درصد روند تغییرات بوم‌شناسی سیمای سرزمین طی سال‌های ۲۰۱۰ - ۲۰۲۵

شاخص‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین (درصد)	۲۰۱۰	۲۰۲۵	اختلاف روند تغییرات (۲۰۱۰-۲۰۲۵)
EFA	۸۷/۳۶	۸۰/۳۲	-۷/۰۴
BEI	۱۱/۵۰	۱۴/۰۵	+۲/۵۵
ECI	۷۷/۸۲	۶۵/۲۱	-۱۲/۶۱



شکل ۲۱. نقشه تغییرات EFA و BEI در محدوده مورد مطالعه طی سال‌های:

الف) ۲۰۱۰ و ب) ۲۰۲۵



شکل ۲۲. نقشه تغییرات ECI در محدوده مورد مطالعه طی سال‌های:

الف) ۲۰۱۰ و ب) ۲۰۲۵

بحث و نتیجه‌گیری

گردشگری و طبیعت‌گردی در مناطق حفاظت‌شده باید در پهنه‌هایی توسعه یابد که از ظرفیت و توان اکولوژیک لازم برخوردار باشند؛ به گونه‌ای که بهره‌گیری از ظرفیت‌های اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی، موجب افزایش فشار بر منابع طبیعی و کاهش کیفیت زیست‌بوم نشود. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و نظریه مجموعه‌های فازی، امکان ارزیابی هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی مؤثر بر توسعه گردشگری و لحاظ کردن عدم قطعیت موجود در فرآیند تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند (Sobhani et al., 2024; Abdurakhmanova & Ahrorov, 2025). در مطالعه حاضر نیز با استفاده از این رویکرد، پهنه‌های مناسب توسعه گردشگری در منطقه حفاظت‌شده قالیکوه شناسایی شد و در ادامه، به منظور ارزیابی جامع‌تر وضعیت محیطی منطقه، تغییرات سیمای سرزمین، عملکرد اکولوژیک و ظرفیت برد زیستی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج اولویت‌بندی معیارها نشان داد که در هر دو زون گردشگری گسترده و متمرکز، سیمای سرزمین مهم‌ترین بعد مؤثر بر تعیین ظرفیت گردشگری منطقه حفاظت‌شده قالیکوه بوده است؛ به طوری که وزن آن در زون گسترده ۰/۶۰ و در زون متمرکز ۰/۵۴ به دست آمد. در سطح متغیرها نیز «سیماهای طبیعی» و در سطح شاخص‌ها، «چشم‌اندازها و جاذبه‌های طبیعی» بالاترین اولویت را داشتند. این یافته نشان می‌دهد که قابلیت اولیه گردشگری قالیکوه بیش از هر چیز به کیفیت، تنوع و جذابیت عناصر طبیعی و ساختار سیمای سرزمین وابسته است. چنین الگویی با ماهیت گردشگری طبیعت‌محور در مناطق حفاظت‌شده سازگار است؛ زیرا چشم‌اندازهای طبیعی، ویژگی‌های منحصربه‌فرد محیطی و کیفیت زیستگاهی از مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده جذابیت این مقاصد هستند. این یافته با نتایج Kaymaz و همکاران (2021) در منطقه Uzundere ترکیه همخوانی دارد. آنان با استفاده از GIS-Fuzzy DEMATEL-MCDA نشان دادند که ارزیابی ظرفیت گردشگری طبیعت‌محور باید بر مجموعه‌ای از معیارهای طبیعی، محیط‌زیستی، توپوگرافی و اجتماعی-اقتصادی استوار باشد و تلفیق این معیارها می‌تواند مبنای مناسبی برای شناسایی پهنه‌های مناسب گردشگری فراهم کند. همچنین، Omarzadeh و همکاران (2022) در ارزیابی ظرفیت گردشگری طبیعت‌محور استان آذربایجان غربی، با استفاده از ۲۸ شاخص مکانی، بر نقش تعیین‌کننده ویژگی‌های محیطی و مکانی در شناسایی مناطق مستعد توسعه گردشگری تأکید کردند. بنابراین، غلبه مؤلفه‌های طبیعی در قالیکوه را می‌توان بازتابی از ماهیت طبیعت‌محور این منطقه دانست. در عین حال، وزن پایین‌تر مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی به معنای بی‌اهمیت بودن آن‌ها نیست؛ بلکه نشان می‌دهد که در مرحله

تعیین قابلیت اولیه، ویژگی‌های طبیعی و منظری نقش غالب‌تری دارند، در حالی که عوامل اقتصادی، اجتماعی، مدیریتی و زیرساختی در مراحل برنامه‌ریزی، اجرا و مدیریت گردشگری اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند.

نتایج پهنه‌بندی نشان داد که بخش عمده منطقه در هر دو زون گردشگری گسترده و متمرکز در طبقات خیلی کم، کم و متوسط قرار دارد. در زون گردشگری گسترده، مجموع این سه طبقه حدود ۸۸ درصد و در زون گردشگری متمرکز حدود ۹۴ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود. در مقابل، پهنه‌های دارای توان زیاد و خیلی زیاد در زون گسترده حدود ۱۲ درصد و در زون متمرکز حدود ۴/۶ درصد از مساحت را تشکیل می‌دهند. این الگو بیانگر آن است که ظرفیت گردشگری در قالیکوه عمدتاً به صورت گسترده و با شدت متوسط یا پایین توزیع شده و پهنه‌های دارای شرایط بسیار مطلوب محدود و پراکنده‌اند. بنابراین، توسعه گردشگری نباید بر اساس مساحت کل منطقه، بلکه بر مبنای شناسایی لکه‌های دارای بالاترین قابلیت و ظرفیت زیست‌محیطی انجام شود. غلبه طبقات کم و متوسط با نتایج مطالعات انجام‌شده در مناطق کوهستانی نیز قابل مقایسه است. Hajizadeh و همکاران (2020) با استفاده از WLC و FUZZY-OWA بر ضرورت تلفیق معیارهای مختلف و استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری برای مواجهه با پیچیدگی و عدم قطعیت ارزیابی توان گردشگری تأکید کردند. همچنین، مطالعات انجام‌شده در چشم‌اندازهای کوهستانی ایران نشان داده‌اند که اگرچه حضور جاذبه‌های طبیعی و حیات‌وحش می‌تواند قابلیت گردشگری را افزایش دهد، شکنندگی محیط موجب می‌شود توسعه گردشگری با شدت بالا و توسعه گسترده زیرساختی همواره مطلوب نباشد. از این منظر، یافته‌های قالیکوه نیز نشان می‌دهد که بالا بودن جذابیت طبیعی الزاماً به معنای مناسب بودن منطقه برای توسعه گسترده گردشگری نیست و ظرفیت اکولوژیک باید محدودیت اصلی توسعه باشد.

نتایج قواعد استنتاج فازی نیز این الگو را تأیید کرد. در زون گردشگری گسترده، بیشترین تعداد یگان‌ها در طبقه «کم» و در زون گردشگری متمرکز، بیشترین تعداد یگان‌ها در طبقه «متوسط» قرار گرفتند؛ در حالی که سهم طبقه «خیلی زیاد» در زون متمرکز تنها ۸ درصد بود. این تفاوت را می‌توان ناشی از تفاوت در ماهیت فضایی دو نوع گردشگری دانست. گردشگری گسترده معمولاً به سطح وسیع‌تری از سرزمین وابسته است و امکان انجام فعالیت‌های کم‌تراکم و طبیعت‌محور را در پهنه‌های دارای توان کم تا متوسط فراهم می‌کند؛ در مقابل، گردشگری متمرکز به شرایط مناسب‌تر، دسترسی بهتر و تمرکز جاذبه‌ها نیاز دارد. از این رو، استفاده از منطق فازی در مطالعه حاضر امکان‌ناپذیر

تدریجی قابلیت واحدهای مکانی را فراهم کرده و نسبت به طبقه‌بندی‌های کاملاً قطعی، تصویر واقع‌بینانه‌تری از تغییرات مکانی توان گردشگری ارائه می‌دهد.

یکی دیگر از یافته‌های مهم مطالعه، کاهش قابل توجه شاخص اتصال بوم‌شناختی (ECI) از ۷۷/۸۲ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۶۵/۲۱ درصد در سال ۲۰۲۵ بود. این کاهش بیانگر تضعیف پیوستگی عملکردی سیمای سرزمین و افزایش محدودیت در جابه‌جایی جریان‌های بوم‌شناختی است. هم‌زمان، کاهش EFA از ۸۷/۳۶ به ۸۰/۳۲ درصد نشان‌دهنده کاهش سهم یا گستره پهنه‌های دارای عملکرد اکولوژیک مناسب است. در مقابل، افزایش BEI از ۱۱/۵۰ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۱۴/۰۵ درصد در سال ۲۰۲۵، افزایش اثر موانع و فشارهای انسانی و در نتیجه افزایش مقاومت سیمای سرزمین در برابر جریان‌های اکولوژیک را نشان می‌دهد. بنابراین، روند هم‌زمان کاهش ECI و EFA و افزایش BEI را می‌توان نشانه‌ای از تضعیف تدریجی عملکرد و پیوستگی اکولوژیک سیمای سرزمین قالیکوه دانست. این مسئله در برنامه‌ریزی گردشگری اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا توسعه فعالیت‌ها در پهنه‌های دارای نقش کلیدی در اتصال زیستگاه‌ها می‌تواند فشار مضاعفی بر عملکرد اکولوژیک منطقه وارد کند.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که منطقه حفاظت‌شده قالیکوه از ظرفیت‌های طبیعی و منظری قابل توجهی برای گردشگری طبیعت‌محور برخوردار است، اما بخش عمده منطقه از توان کم تا متوسط برای توسعه گردشگری برخوردار بوده و هم‌زمان روند‌های سیمای سرزمین نیز کاهش اتصال و عملکرد اکولوژیک را نشان می‌دهند. از این رو، توسعه گردشگری باید از الگوی «توسعه مبتنی بر جاذبه» به سمت «توسعه مبتنی بر ظرفیت اکولوژیک» حرکت کند. پهنه‌های دارای توان زیاد و خیلی زیاد تنها در صورت نبود تعارض با زیستگاه‌های حساس و مسیرهای اصلی اتصال اکولوژیک باید در اولویت توسعه قرار گیرند. در مقابل، پهنه‌هایی که توان گردشگری متوسط دارند اما از نظر اتصال اکولوژیک اهمیت بالایی دارند، بهتر است با رویکرد حفاظتی و گردشگری کم‌تأثیر مدیریت شوند. چنین رویکردی می‌تواند ضمن بهره‌گیری از ظرفیت‌های گردشگری، از توسعه نامتوازن و تشدید گسست اکولوژیک جلوگیری کند.

با وجود مزیت‌های رویکرد تلفیقی به کار رفته، تفسیر نتایج باید با توجه به برخی محدودیت‌های روش‌شناختی انجام شود. نخست، کیفیت، دقت مکانی و زمانی تصاویر مورد استفاده می‌تواند بر استخراج کاربری‌ها، شناسایی لکه‌های طبیعی و محاسبه شاخص‌های سیمای سرزمین اثرگذار باشد. دوم، تعداد محدود خبرگان و وابستگی فرآیند وزن‌دهی معیارها به قضاوت کارشناسی می‌تواند بر

نتایج اولویت‌بندی اثر بگذارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالاتر، تعداد بیشتری از خبرگان با تخصص‌های متنوع، و تحلیل حساسیت و عدم قطعیت برای بررسی پایداری نتایج مدل استفاده شود. علاوه بر این، تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی مدیریتی سه‌گانه شامل مناطق حفاظت مطلق، گردشگری پایدار و گردشگری محدود از طریق تلفیق توان گردشگری، حساسیت اکولوژیک و اتصال زیستگاهی، می‌تواند گام بعدی برای تبدیل نتایج این پژوهش به ابزار اجرایی مدیریت منطقه حفاظت‌شده قالیکوه باشد.

ORCID

Parvaneh Sobhani

Zeinab Heydari

 <https://orcid.org/0000-0001-9878-3768>

 <https://orcid.org/0009-0005-5568-8556>

منابع

- انصاری، امیر. (۱۴۰۱). ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله به منظور ارتقاء سطح حفاظتی به پارک ملی و ذخیره گاه زیستکره. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۲ (۳)، ۷۵-۸۷.
<https://10.22111/JNEH.2019.28320.1487>
- سازمان حفاظت محیط زیست استان لرستان. (۱۴۰۳). گزارش سالانه منطقه حفاظت‌شده قالیکوه. <https://www.doe.ir/>
- سالمی، مهدی، جوزی، سید علی، ملماسی، سعید، رضایان، سحر. (۱۴۰۱). تعیین توان و ظرفیت برد اجتماعی و فرهنگی با هدف استقرار توسعه کاربری گردشگری طبیعت (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده کرخه، ایران). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۶۷)، ۳۳۳-۳۱۸.
<https://doi.org/10.3390/su16093723>
- سلمان ماهینی، عبدالرسول، ریاضی، برهان، نعیمی، بابک، بابایی کفاکی، ساسان، جوادی لاریجانی، عطیه. (۱۳۸۸). ارزیابی توان طبیعت گردی شهرستان بهشهر بر مبنای روش ارزیابی چند معیاره با استفاده از GIS. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱ (۱)، ۱۹۸-۱۸۷.
<https://doi.org/10.3390/w14193153>

References

- Abdurakhmanova, A., & Ahrorov, F. (2025). The economic and social impacts of ecotourism on local employment and income: A case study of rural Samarkand, Uzbekistan. *Regional Science Policy & Practice*, 17(3), 100180.
<https://sid.ir/paper/1059459/en>
- Gupta, P., Lim, W. M., Singh, N., & Galgotia, D. (2026). Nature tourism: intrinsic and extrinsic motivations, travel and life satisfaction, and willingness to revisit.

- Tourism Recreation Research*, 51(3), 999-1024.
<https://doi.org/10.22059/JTCP.2025.399801.670515>
- Hajizadeh, F., Poshidehro, M., & Yousefi, E. (2020). Scenario-based capability evaluation of ecotourism development—an integrated approach based on WLC, and FUZZY–OWA methods. *Asia pacific journal of tourism research*, 25(6), 637-650. <https://doi.org/10.22067/GEOEH.2023.82599.1372>
- Hosseini, S. A., Ghaderi, E., Nowrozzadeh, B., & Moussavi Neghabi, S. M. (2025). The Role of Protected Area Tourism in Sustainable Rural Development (A Qualitative Study: The Khartouran Region). *Journal of Research & Rural Planning*, 14(2), 39. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110957>
- Jia, X., Xu, Y., Zhao, B., Li, H., Li, L., & Zhang, J. (2025). Sustainable tourism at nature-based cultural heritage sites: visitor density and its influencing factors. *npj Heritage Science*, 13(1), 175. <https://doi.org/10.22059/JHSCI.2023.366567.797>
- Kaymaz, Ç. K., Çakır, Ç., Birinci, S., & Kızılkın, Y. (2021). GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model in the evaluation of the areas for ecotourism development: A case study of Uzundere, Erzurum-Turkey. *Applied Geography*, 136, 102577. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110957>
- Liu, Y. C., & Chen, C. S. (2007). A new approach for application of rock mass classification on rock slope stability assessment. *Engineering Geology*, 89, 129–143. <https://doi.org/10.22059/JNE.2021.309286.3063>
- Marull, J., & Mallarach, J. M. (2005). A GIS methodology for assessing ecological connectivity: Application to the barcelona metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*, 71(2–4), 243–262. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010016>
- Marull, J., Cunfer, G., Sylvester, K. (2018). A landscape ecology assessment of landuse change on the Great Plains-Denver (CO, USA) metropolitan edge. *Reg. Environ. Change*, 18, 1765. <https://doi.org/10.3390/w14193153>
- Mmbaga, N., Tarimo, J., & Modest, J. (2024). Contribution of wildlife tourism in improving local communities' livelihood in Burunge Wildlife Management Area in Tarangire Manyara Ecosystem, Tanzania. *Discover Global Society*, 2(1), 85. <https://doi.org/10.3390/su10030711>
- Omarzadeh, D., Pourmoradian, S., Feizizadeh, B., Khallaghi, H., Sharifi, A., & Valizadeh Kamran, K. (2022). A GIS-based multiple ecotourism sustainability assessment of West Azerbaijan province, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 65(3), 490–513. <https://doi.org/10.3390/su16093723>
- Pérez-Calderón, E., Miguel-Barrado, V., & Prieto-Ballester, J. M. (2024). Tourism in protected areas in Spain: Perception of sustainable development in protected areas with different levels of protection. *Geoheritage*, 16(1), 17. <https://doi.org/10.22034/mr.2022.5133.4932>
- Samal, R., & Dash, M. (2023). Ecotourism, biodiversity conservation and livelihoods: Understanding the convergence and divergence. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 11(1), 1-20. <https://doi.org/10.22111/IJNEH.2019.28320.1487>

- Satrya, I. D. G., Kaihatu, T. S., Budidharmanto, L. P., Karya, D. F., & Rusadi, N. W. P. (2023). The role of ecotourism in preserving environmental awareness, cultural and natural attractiveness for promoting local communities in Bali, Indonesia. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 10(7), 1063-1075. <https://doi.org/10.22034/envj.2025.542220.1544>
- Sawu, M. R., & Adikampana, I. M. (2025). The Tourism Transition, Tourist Mobility, and Economic Resilience of Rural Tourism Destinations on Flores Island, East Nusa Tenggara Province. In Handbook of sustainability in tourism and hospitality in indonesia (pp. 819-841). Singapore: Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.52547/ENVS.2021.1017>
- Silva, S., Silva, L. F., & Vieira, A. (2023). Protected areas and nature-based tourism: A 30-year bibliometric review. *Sustainability*, 15(15), 11698. <https://10.22111/jneh.2024.46574.1987>
- Sobhani, P., Danehkar, A., Deljouei, A., Marcu, M. V., & Sadeghi, S. M. M. (2026). Integrating conservation zoning, land-use and land-cover change, and habitat integrity to support protected area management: Evidence from Golestan National Park, Iran. *Results in Engineering*, 110198. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01329-0>
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., & Wolf, I. D. (2024). Land potential for ecotourism development and assessing landscape ecology in areas on protection of Iran: P. Sobhani et al. *Environment, Development and Sustainability*, 26(3), 8103-8137. <https://doi.org/10.3390/w14193153>
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Sadeghi, S. M. M., Marcu, M. V., & Wolf, I. D. (2022). Evaluating ecotourism sustainability indicators for protected areas in Tehran, Iran. *Forests*, 13(5), 740. <https://doi.org/10.3390/su16093723>
- Stojanović, T., Trišić, I., Brđanin, E., Štetić, S., Nechita, F., & Candrea, A. N. (2024). Natural and sociocultural values of a tourism destination in the function of sustainable tourism development—An example of a protected area. *Sustainability*, 16(2), 759. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010016>
- Tuan, L.P., Tien, N.D., & Nihei, T. (2025). Evaluating the potential of community-based ecotourism as a pathway to sustainable development in a protected area: A case study of Xuan Thuy National Park, Vietnam. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 62 (4), 2466–2477. <https://doi.org/10.22059/JNE.2021.309286.2063>
- Widawski, K., Oleśniewicz, P., Rozenkiewicz, A., Zaręba, A., & Jandová, S. (2020). Protected areas: Geotourist attractiveness for weekend tourists based on the example of Gorczański National Park in Poland. *Resources*, 9(4), 35. <https://doi.org/10.22067/GEO.V6I4.61254>
- Yang, Q., Huang, J., & Pan, W. (2025). Assessing the Sustainable Development of the Tourism Industry Based on Fuzzy AHP and Grey Relational TOPSIS. *Sustainability*, 17(21), 9799. <https://10.22111/jneh.2024.46574.1987>

- Zhang, S., Li, Z., & Liu, S. (2025b). Exploring the tourism development potential and distinctive features of traditional wooden architecture in central hunan: A case study of 18 villages. *Sustainability*, 17(6), 2573. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106480>
- Zhang, Y., Vanclay, F., & Hanna, P. (2025a). How communities and social impacts are considered in policies for protected areas in China. *Land Use Policy*, 148, 107404. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010016>

References [In Persian]

- Ansari, A. (2022). Assessing the ecological potential of Haftad Qoleh Protected Area in order to upgrade its protection level to a national park and biosphere reserve. *Journal of Geographical Planning*, 12 (3), 87-75. <https://10.22111/JNEH.2019.28320.1487>
- Environmental Protection Organization of Lorestan Province. (1403). *Annual Report of Qalikoveh Protected Area*. <https://www.doe.ir/>
- Salemi, M., Jozi, S. A., Malmasi, S., Rezayan, S. (2022). Determining the social and cultural potential and carrying capacity with the aim of establishing the development of nature tourism use (Case study: Karkheh Protected Area, Iran). *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 22 (67), 333-318. <https://doi.org/10.3390/su16093723>
- Salman Mahini, A., Riazzi, B., Naeimi, B., Babaei Kafaki, S., Javadi Larijani, A. (2009). Assessing the potential of nature tourism in Behshar County based on a multi-criteria assessment method using GIS. *Environmental Science and Technology*, 11 (1), 198-187. <https://doi.org/10.3390/w14193153>