University of Tehran Press

Town & Country Planning

Online ISSN: 2423-6268

Home Page: https://jtcp@ut.ac.ir

Application of the Delphi Method in Prioritizing Criteria for Identifying Environmentally Sensitive Areas (Case Study: Alborz Province)

Fatemeh Maleki Dolatabadi[1] | Afshin Danehkar[2*] | Shahin Rafiee[3] | Parvaneh Sobhani[4]

1. Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: fatemeh.maleki.d@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: danehkar@ut.ac.ir
3. Department of Agricultural Machinery Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: shahinrafiee@ut.ac.ir
4. Department of Environmental Science, Natural Resources Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: sobhani.pa@lu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: December 08, 2025
Revised: January 04, 2026
Accepted: January 13, 2026
Published online: September 22, 2026

Keywords:
Ecological criteria,
Human criteria,
Human threats,
Land conservation,
Sustainable land management.

ABSTRACT

The increasing importance of sustainable land management, land protection, and prioritizing regional protection has become an essential issue in regional planning. One of the requirements for prioritizing conservation is to focus on environmentally sensitive areas. To prioritize the criteria for identifying environmentally sensitive areas in Alborz Province, a total of nine criteria and 38 sub-criteria were obtained by reviewing and summarizing 50 domestic and international studies. The identified criteria and sub-criteria were presented in the form of a Delphi questionnaire to relevant experts and specialists for screening and prioritization. Based on the importance coefficient, the results indicated that nine main criteria—including ecological vulnerability, human threats (conflicts and threats), plant biodiversity, animal biodiversity, human dependence, climate, land features, natural hazard, and water resources—comprising 25 sub-criteria (including mammals, surface water, birds, water status, land degradation, habitat sensitivity, precipitation (aridity), groundwater, vegetation function, soil sensitivity, plant type, reptiles, land sensitivity, hydrological hazards, aquatic life, plant sensitivity, social components, recreational importance, temperature, vegetation density, economic importance (land use and activity), topography, soil type, management, and scientific and educational importance) are significant for identifying environmentally sensitive areas in Alborz Province and are prioritized accordingly.

Cite this article: Maleki Dolatabadi, F.; Danehkar, A.; Rafiee, Sh. & Sobhani, P. (2026). Application of the Delphi Method in Prioritizing Criteria for Identifying Environmentally Sensitive Areas (Case Study: Alborz Province). *Town and Country Planning*.18 (1), 25-64. http//doi.org/10.22059/jtcp.2026.406670.670536

© Authors retain the copyright and full publishing rights.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2026.406670.670536

انتشارات دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

سایت نشریه: https://jtcp@ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۶۲۶۸

کاربرد روش دلفی در اولویت‌بندی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی (مطالعهٔ موردی: استان البرز)

فاطمه ملکی دولت‌آبادی[۱] | افشین دانه‌کار[۲*] | شاهین رفیعی[۳] | پروانه سبحانی[۴]

۱. گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: fatemeh.maleki.d@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: danehkar@ut.ac.ir

۳. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: shahinrafiee@ut.ac.ir

۴. گروه محیط زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم آباد، ایران. رایانامه: sobhani.pa@lu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

کلیدواژه:
تهدیدهای انسانی،
حفاظت سرزمین،
مدیریت پایدار سرزمین،
معیارهای اکولوژیک،
معیارهای انسانی مدیریت پایدار سرزمین.

چکیده

اهمیت روزافزون مدیریت پایدار سرزمین، حفاظت از سرزمین، و همچنین اولویت‌بندی حفاظتی مناطق به یکی از مسائل ضروری در برنامه‌ریزی منطقه‌ای تبدیل شده است. از ملزومات اولویت‌بندی حفاظتی توجه به مناطق حساس محیط زیستی است. به منظور اولویت‌بندی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز از بررسی و جمع‌بندی ۵۰ منبع خارجی و داخلی ۹ معیار و ۳۸ زیرمعیار حاصل شد. معیارها و زیرمعیارهای شناسایی‌شده در قالب پرسشنامهٔ دلفی برای غربال و اولویت‌بندی در اختیار متخصصان و کارشناسان ذی‌ربط قرار گرفت. نتایج بر اساس ضریب اهمیت نشان داد ۹ معیار اصلی شامل آسیب‌پذیری بوم‌شناختی، مخاطرات انسانی (تعارض‌ها و تهدیدها)، تنوع زیستی گیاهی، تنوع زیستی جانوری، وابستگی انسانی، اقلیم، ویژگی زمین، مخاطرات طبیعی، و منابع آب مشتمل بر ۲۵ زیرمعیار پستانداران، آب سطحی، پرندگان، وضعیت آبی، تخریب زمین، حساسیت زیستگاه، بارش (خشکی)، آب زیرزمینی، عملکرد پوشش گیاهی، حساسیت خاک، تیپ گیاهی، خزندگان، حساسیت سرزمین، مخاطرات آب‌شناختی، آبزیان، حساسیت گیاهی، مؤلفه‌های اجتماعی، اهمیت تفرجگاهی، دما، انبوهی پوشش گیاهی، اهمیت اقتصادی (کاربری و فعالیت)، ناهمواری، نوع خاک، مدیریت، اهمیت علمی و آموزشی برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز دارای اهمیت و به ترتیب دارای اولویت هستند.

استناد: ملکی دولت‌آبادی، فاطمه؛ دانه‌کار، افشین؛ رفیعی، شاهین و سبحانی، پروانه (۱۴۰۵). کاربرد روش دلفی در اولویت‌بندی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی (مطالعهٔ موردی: استان البرز). *آمایش سرزمین*، ۱۸ (۱) ۲۵-۶۴. http//doi.org/10.22059/jtcp.2026.406670.670536

© نویسندگان.
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2026.406670.670536

مقدمه

مدیریت پایدار سرزمین فرایندی است که با تلفیق فناوری‌ها، سیاست‌ها، و اقدامات مختلف تلاش می‌کند ملاحظات محیط زیستی را با اهداف اقتصادی و اجتماعی هم‌سو کند. این رویکرد نه‌تنها به حفظ یا افزایش بهره‌وری می‌انجامد، بلکه ریسک‌های تولید را کاهش می‌دهد، از منابع طبیعی محافظت می‌کند، و مانع فرسایش خاک و آلودگی آب می‌شود. همچنین، از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه و پایدار و از دیدگاه اجتماعی نیز پذیرفتنی است (Kloss et al., 2004). برای دستیابی به این هدف، برنامه‌ریزی کاربری اراضی باید به گونه‌ای باشد که فعالیت‌های انسانی با ظرفیت‌های محیطی در تعادل قرار گیرند (باغخانی پور و همکاران، ۱۴۰۰). مدیریت پایدار سرزمین بر پنج رکن اساسیِ بهره‌وری[1]، امنیت[2]، حمایت[3]، سودآوری[4]، و قابلیت پذیرش[5] استوار است. این اصول به عنوان پایه‌های بنیادین مدیریت پایدار سرزمین محسوب می‌شود و لازم است به طور مستمر مورد ارزیابی و پایش قرار گیرند (Smyth et al., 1993).

حفاظت سرزمین[6]، که یکی از اهداف مدیریت پایدار سرزمین است، اهداف مهمی را در جامعه تأمین می‌کند. حفاظت سرزمین جزء حیاتی هر برنامه‌ای است که حوزهٔ آبخیز را حمایت می‌کند و پایدار نگه می‌دارد. کاربری و توسعهٔ زمین می‌تواند اثر زیان‌آور شدیدی بر حوزهٔ آبخیز داشته باشد؛ مگر آنکه از راه‌های پایدار محیط زیستی مدیریت و برنامه‌ریزی شده باشد. حفاظت سرزمین تلاش می‌کند زیستگاه حساس و مهم برای گیاهان و حیات وحش، کریدورهای آبی در محل تلاقی آب و زمین، ذخایر هیدرولوژیک و پایدار زمین را حمایت کند. مناطق حفاظت‌شده یکی از راه‌ها و فرصت‌های ایجاد استراتژی توسعهٔ پایدار با هدف ایجاد توازن بین توسعهٔ سرزمین، حفاظت از منابع سرزمینی، و رفاه اجتماعی است (Syartinilia et al., 2019).

حفاظت از مناطق مناسب یا توسعهٔ مدل‌های پایدار استفاده از تنوع زیستی بدون به خطر انداختن گونه‌ها به حفاظت از دارایی‌های طبیعی و استمرار فرایندهای اکولوژیک در آینده کمک می‌کند. با وجود این، انتخاب مناطق غیر اثربخش برای حفاظت نه‌تنها می‌تواند بودجهٔ عمومی را هدر دهد، بلکه منجر به از بین رفتن گونه‌ها، تنوع فیلوژنتیک، ارزش اجتماعی ـ اقتصادی، و عملکردهای اکولوژیک شود (Silvestro et al., 2022). از ملزومات انتخاب مناطق بهینه توجه به مناطق حساس محیط زیستی است. مناطق حساس محیط زیستی[7] (ESAs) عناصر منظر یا مکان‌هایی هستند که برای نگهداری طولانی‌مدت تنوع زیستی، خاک، آب، یا سایر منابع طبیعی در یک بافت منطقه‌ای حیاتی‌اند. آن‌ها شامل زیستگاه‌های حیات وحش، مناطق ساحلی، تالاب‌ها، و مناطق پشتیبان معاش انسان هستند. مناطق حساس محیط زیستی می‌توانند در همهٔ انواع زمین‌سیماها حضور داشته باشند. اما اهمیت آن‌ها در حفظ سلامت یک منطقه به ارزش‌های اکولوژیک آن‌ها و نوع و سیستم مدیریتی کاربری‌های زمین‌های مجاور بستگی دارد (Ndubisi et al., 1995). امروزه حساسیت‌سنجی محیط زیستی یکی از رویکردهای طبقه‌بندی‌های مدیریتی سرزمین محسوب می‌شود و حساسیت محیط‌های طبیعی (مانند زیستگاه‌ها و پیکره‌های آبی) را در برابر تغییرات آب‌وهوایی و انسانی توصیف می‌کند. سازگاری محیط زیستی در مقابل فشار روندهای تحمیل‌شده بر محیط با فرض یا سناریوهای عدم کاهش یا کاهش کیفیت محیط زیست مورد بررسی قرار می‌گیرند (Wei et al., 2020). Syartinilia و همکارانش (۲۰۱۹) شناسایی منطقهٔ حساس محیط زیستی را به عنوان یکی از اولین گام‌ها برای تحقق برنامه‌ریزی فضایی برای تشخیص اولویت حفاظتی سرزمین در نظر گرفته‌اند. شناسایی مناطق حساس محیط زیستی یک گام عملی است که بینشی در مورد برخی از چالش‌های پیش روی برنامه‌ریزی و هماهنگی بهتر کاربری اراضی در منطقه در اختیار قرار می‌دهد (Steiner et al., 2000). حساسیت محیط زیستی باید هشدارهای اولیه را برای تعارضات بالقوهٔ کاربری زمین ارائه دهد و مکان و میزان اثر نامطلوب احتمالی را به منظور اطلاع‌رسانی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شناسایی کند (Rustandi et al., 2020). مناطق

1. productivity
2. security
3. protection
4. viability
5. acceptability
6. land conservation
7. environmentally sensitive areas

حساس را همچنین می‌توان با مناطق حایل، که برای ارائهٔ سطح بالاتر حفاظت تنظیم شده‌اند، ادغام کرد (Steiner et al., 2000). نیاز به شناسایی و مدیریت مناطق حساس محیط زیستی برای جست‌وجوی توسعهٔ متعادل و متوازن در داخل و اطراف چنین مناطقی بر اساس مفهوم توسعهٔ پایدار از اهمیت اساسی برخوردار است (Hashim et al., 2007).

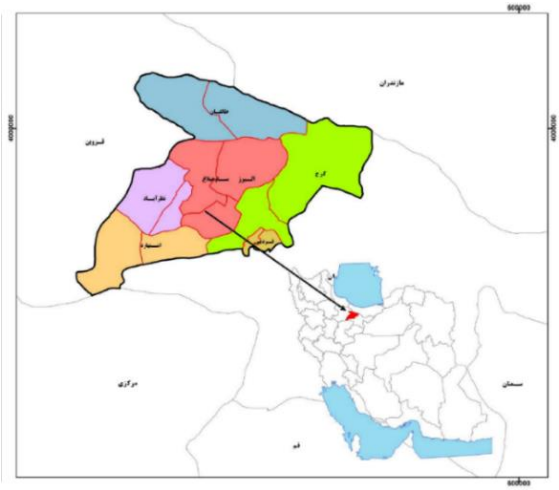
این مطالعه بر پایهٔ روش دلفی طراحی شد. این تکنیک روشی برای کسب دانش گروهی با توسل به یک فرایند ساختاری برای پیش‌بینی و تسهیل تصمیم‌گیری بر پایهٔ نظرسنجی‌های کارشناسی، جمع‌آوری داده‌ها، و در نهایت خرد جمعی است (Dunham, 1998). این روش به محققان اجازه می‌دهد با یکپارچه‌سازی نظرات و قضاوت‌های متخصصان زمینه را جهت تصمیم‌گیری و طرح‌ریزی در مورد پارامترهای مسئله فراهم سازند (دانه کار و همکاران، ۱۳۹۰). حدادی نیا و دانه کار (۱۳۸۷) برای تعیین معیارهای مکان‌یابی عرصه‌های طبیعت‌گردی در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی از روش دلفی استفاده کردند. در نتیجه ۱۱ معیار اصلی شامل اهمیت تفرجگاهی، عوامل مدیریتی، خصوصیات فیزیکی سیمای سرزمین، حیات وحش منطقه، منابع آب، حساسیت محیط، سیمای فرهنگی و تاریخی، اقلیم، ویژگی‌های اجتماعی، پوشش گیاهی، و جنبه‌های اقتصادی مشتمل بر ۲۸ زیرمعیار برای برنامه‌ریزی طبیعت‌گردی در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی استخراج و اولویت‌بندی شدند. نیک رنجبر و همکارانش (۱۳۹۹) به منظور غربالگری و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری منابع آب در حوزه‌های آبخیز، با استفاده از سوابق پژوهشی از گروهی ۲۴ نفره از متخصصان محیط زیست و آب، این روش را به کار بردند و در قالب سه گروه معیار اصلی اکولوژیک و اجتماعی‌ـ فرهنگی و اقتصادی، ۹ معیار و ۱۸ زیرمعیار، مؤلفه‌های مؤثر بر تخمین تاب‌آوری منابع آب را معرفی کردند. برهانی و همکارانش (۱۴۰۱) برای تعیین معیارهای مکان‌یابی مزارع بادی ناحیهٔ ساحلی استان سیستان و بلوچستان معیارهای اولیه را با بررسی ۳۰ پژوهش مرتبط شناسایی کردند. غربال‌سازی معیارها با استفاده از روش دلفی نشان داد برای مکان یابی مزارع بادی در محدودهٔ مورد مطالعه میانگین سرعت باد، استمرار باد، فاصله از مناطق لغزشی، فاصله از مناطق عملیات نظامی، فاصله از شبکهٔ نیرو، و هزینه‌های توسعه مهم‌ترین شاخص‌های توسعهٔ این کاربری هستند. سنجش اهمیت معیارها بر مبنای روش دلفی نشان داد ضروری‌ترین شاخص‌های مکان‌یابی مزارع بادی در محدودهٔ مورد مطالعه میانگین سرعت باد، استمرار باد، فاصله از شبکهٔ نیرو، و چگالی توان باد است. Sobhani و Danehkar (۲۰۲۵) از روش دلفی برای تعیین مؤلفه‌های کلیدی نیروهای محرک، کلان‌روندها، عدم قطعیت‌های محیطی، و روابط بین آن‌ها در توسعهٔ مجموعهٔ شهری تهران‌ـ البرز استفاده کردند. طبق نتایج، بالاترین ضریب اهمیت بین معیارها به معیارهای اکولوژیک، بین زیرمعیارها به منابع آب، و بین شاخص‌ها به مصرف سرانهٔ منابع آب اختصاص یافت. این مطالعه با هدف شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها و مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز به انجام رسیده است و انتظار می‌رود نتایج آن بتواند حساسیت‌های بوم‌شناختی و زیست فرهنگی این محدوده را در مقابل شتاب فرایند توسعهٔ اقتصادی مصون نگه دارد.

روش پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه

این مطالعه محدود به استان البـرز در دامنهٔ جنوبی رشته‌کوه البرز و هم‌جوار با استان تهران، یکی از کانون‌های رشد اقتصادی کشور، است (شکل ۱). استان البرز با وسعت حدود ۵۲۰۰ کیلومتر مربع بین عرض‌های ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقهٔ شمالی و طول ۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه تـا ۵۱ درجـه و ۲۹ دقیقـهٔ شرقی واقع شده است. استان البرز از نظر فرم کلان اراضی قابل تفکیک به دو بخش کوهستانی و دشتی است. به همین دلیل برخوردار از دو نوع آب‌وهوای کلی شامل آب‌وهوای «سرد و معتدل» در منطقهٔ کوهستانی و آب‌وهوای «گرم و معتدل» در منطقهٔ دشتی است (باغخانی پور و همکاران، ۱۴۰۰). ساختار فضایی شکل زمین استان که نمایانگر ارتفاعات بلند و نواحی پست و هموار است باعث ایجاد تنوع خرد اقلیم‌های مختلف شده؛ طوری که از اقلیم بیابانی در قسمت‌های جنوبی تا اقلیم‌های نیمه‌مرطوب و بسیار مرطوب در قسمت‌های شمالی در این استان مشاهده می‌شود. بیش از نیمی از مساحت استان بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی دومارتون در قلمرو آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرد (قائمی و مقیم، ۱۳۹۴). وجود اختلاف ارتفاع بیشتر از ۱۴۰۰ در این استان سبب ایجاد زیست‌بوم‌ها، رویشگاه‌ها، و

زیستگاه‌های متنوع شده است. در این استان گونه‌های جانوری مختلفی همچون کل و بز، قوچ و میش، آهو، گراز، پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ، روباه، انواع مار، کرکس، بلدرچین، کبک دری، کبک معمولی، شاهین، عقاب، و انواع گنجشک‌سانان دیده می‌شود (اسفنده و همکاران، ۱۳۹۵). بخش‌های مرطوب استان، به‌ویژه مناطق کوه‌سری که کمتر در معرض دست‌خوردگی انسانی قرار داشت است و در روددره‌ها که از توسعهٔ روستایی مصون مانده، برخوردار از پوشش گیاهی پراکنده تا نیمه‌انبوه از علفزارها و درختزارها و بیشه‌های رودخانه‌ای است (قائمی و مقیم، ۱۳۹۴). مطابق آخرین تقسیمات کشوری استان البرز دارای ۷ شهرستان است و آخرین سرشماری سراسری کشور در سال ۱۳۹۵ جمعیت آن را برابر با ۲ میلیون ۷۱۲ هزار و ۴۰۰ نفر نشان داد که برآوردها نشان می‌دهد جمعیت سال ۱۴۰۰ این استان حدود ۲ میلیون و ۸۳۰ هزار نفر خواهد بود و برای سال ۱۴۰۵ نیز حدود ۳ میلیون نفر پیش‌بینی شده است.



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه

این مطالعه در مرحلهٔ اول با استفاده از بررسی اسنادی و مرور منابع و پژوهش‌های مرتبط به شناسایی ۵۰ پژوهش قابل بهره‌برداری در جهان و ایران طی ۲۵ سال اخیر (۱۹۹۹ تا ۲۰۲۴) انجامید که معیارها و زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی را محور توجه قرار داده بودند. معیارها و زیرمعیارها یادشده همگی استخراج و در قالب یک چارچوب جدید بازآرایی شد و در مواردی که شاخص‌ها با معیارها آمیخته شده بود نیز در چارچوب جدید اصلاح شد. سپس با استفاده از روش دلفی نیمه بسته، که برای نظرسنجی تک‌راند برای کشور سازگار شده است، ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها مورد ارزیابی قرار گرفت. روایی پرسشنامه به روش روایی محتوایی و پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از آلفای کرونباخ با تأکید بر همبستگی درونی به انجام رسید و پایایی بیش از ۰/۷ مورد تأیید قرار گرفت (Kalantari, 2016). برای تعیین روایی محتوای پرسشنامه و معیارها از نسبت روایی محتوا[1] (CVR) استفاده شد که لاوشه[2] (۱۹۷۵) ارائه کرده است. این شاخص میزان توافق متخصصان دربارهٔ «ضروری» بودن یک گزینه را اندازه‌گیری می‌کند. فرمول محاسبهٔ CVR مطابق رابطهٔ ۱ است.

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$ رابطهٔ ۱

در رابطهٔ ۱ n_e تعداد متخصصانی است که به گزینهٔ «ضروری» پاسخ داده‌اند و N تعداد کل متخصصان شرکت‌کننده در ارزیابی (در این مطالعه: ۲۰ نفر) است. مقدار CVR بین ۱+ تا ۱− متغیر است. برای تعیین معناداری آماری مقدار محاسبه‌شده، مقدار CVR با مقدار بحرانی[3] جدول لاوشه مقایسه شد. اگر CVR محاسبه‌شده بزرگ‌تر یا مساوی مقدار بحرانی متناسب با تعداد

1. content validity ratio
2. Lawshe
3. critical value

متخصصان شد، گزینهٔ مورد نظر از روایی محتوای کافی برخوردار است. در غیر این صورت حذف می‌شود. در این پژوهش، با توجه به تعداد متخصصان، مقدار بحرانی جدول لاوشه برابر با ۰/۴۲ بود و تنها گزینه‌هایی که CVR آن‌ها برابر یا بالاتر از این آستانه بود نگهداری شدند.

غربال معیارها و زیرمعیارهای هدف با استفاده از روش دلفی نیمه‌بستهٔ تک‌مرحله‌ای به انجام رسید. این روش دلفی که با شرایط تکمیل پرسشنامه برای کشور سازگار شده است دربرگیرندهٔ فهرست شناسایی‌شدهٔ معیارها و زیرمعیارها بر اساس یک جدول سلسله‌مراتبی پژوهشگرساخته است که از طریق سنجش دو شاخص درجهٔ اهمیت و درصد اهمیت معیارها و زیرمعیارها، با یک نمودار، بر اساس شرایط شایستگی گویه‌ها (درجهٔ اهمیت و درصد اهمیت بیش از میانه)، غربال معیارها را به انجام می‌رساند. اثربخشی این روش در پژوهش‌های پیشین نشان داده شده است و در پژوهش‌های حدادیان و دانه کار (۱۳۸۷)، شریفی و همکارانش (۱۳۸۹)، Mousavi و همکارانش (۲۰۱۵)، Sepehr و همکارانش (۲۰۱۸)، نیک رنجبر و همکارانش (۱۳۹۹)، کبیری هندی و همکارانش (۱۴۰۱)، برهانی و همکارانش (۱۴۰۱)، و Sobhani و همکارانش (۲۰۲۵) مورد استفاده قرار گرفته است.

دلفی روش مناسبی برای آنالیز نظرات خبرگان در فرایند تصمیم‌گیری است که ساختار یک فرایند ارتباط جمعی را به منظور دستیابی به نتیجهٔ مفید برای اهداف مدیریتی تشخیص می‌دهد (ماهر، ۱۳۹۸). اعتبار روش دلفی به دانش و تخصص پرسش‌شوندگان بستگی دارد نه تعداد آن‌ها (Dunham, 1998) و با توجه به اینکه تصمیمات مکانی در ارتباط با مسائل محیط زیستی تصمیمات خاص محسوب می‌شود، اغلب دامنهٔ انتخاب متخصصان آن بسیار محدود است. در این روش پرسشنامهٔ نظرسنجی متخصصان حاوی معیارها و زیرمعیارها در قالب طیف لیکرت ۵ طبقه‌ای (بی‌اهمیت، کم‌اهمیت، بااهمیت، اهمیت زیاد، اهمیت خیلی زیاد) در اختیار متخصصان ذی‌ربط قرار داده شد و پاسخ‌های کیفی به صورت اعداد کمّی ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ در فرایند سنجش دلفی وارد شد. در واقع اهمیت‌های تعیین‌شده در دامنه‌ای بین ۰ و ۱۰ است (صالح نسبت و همکاران، ۱۳۹۶، Sepehr et al., 2018;). محاسبات روش دلفی برای تعیین محاسبهٔ دو شاخص درجهٔ اهمیت و درصد اهمیت گویه به شرح رابطهٔ ۲ است (Hasanzadeh et al., 2013, 2015; پطروسیان و همکاران ، ۱۳۹۱؛ Kabiri-Handi et al., 2023; Sobhani et al., 2025). جامعهٔ آماری این پژوهش را کلیهٔ متخصصان مرتبط با موضوع و دارای پیش‌زمینهٔ اطلاعاتی در مورد استان البرز تشکیل دادند. با توجه به محدود بودن تعداد این خبرگان، همهٔ ۲۰ متخصص شناسایی‌شده و در دسترس به روش هدفمند انتخاب و پرسشگری از آن‌ها انجام شد. این تعداد با حداقل حجم نمونهٔ لازم، مطابق جدول تعیین حجم نمونهٔ مورگان (Krejcie & Morgan, 1970) برای یک جامعهٔ محدود هماهنگ است و از این نظر مورد تأیید است.

رابطهٔ ۲

وزن تعدیل شده $(y_i)=\frac{x_i}{\sum x_i}$

امتیاز وزن‌دار $(z_i)=y_i\times n$

درصد اهمیت معیار $=\frac{\sum z_i}{N}\times 100$

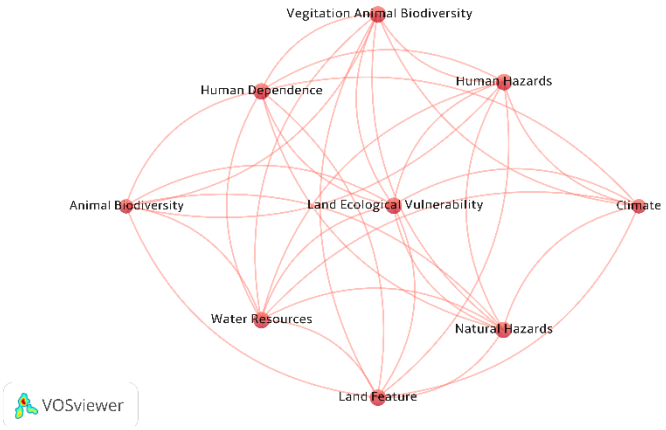
درجهٔ اهمیت معیار $=\frac{\sum(x_i\times n)}{N}$

در رابطهٔ ۲ N تعداد پرسش‌شوندگان، n تعداد افرادی که به هر اهمیت رأی داده‌اند، x_i وزن اولیه (۱، ۳، ۵، ۷، ۹)، و y_i وزن تعدیل‌شده است. سپس، با استفاده از درجهٔ اهمیت و درصد اهمیت، نمودار اهمیت معیار تنظیم شد. درصد اهمیت هر معیار در محور افقی و درجهٔ اهمیت در محور عمودی نمایش داده شد و جایگاه هر معیار بر اساس این دو مؤلفه در نمودار مشخص شد. نمودار بر اساس نصف درجهٔ اهمیت (۵) و نصف حداکثر اهمیت به‌دست‌آمده به چهار بخش تقسیم شد و در نهایت معیارهایی که نصف ارزش عددی هر محور را داشت انتخاب شدند. با استفاده از این نمودار می‌توان معیارها و زیرمعیارها را بر اساس درصد اهمیت بالاتر و درجهٔ اهمیت بیشتر اولویت‌بندی کرد. اگر معیاری در محدودهٔ قابل قبول قرار نگیرد، ولی زیرمعیارهای آن در محدودهٔ قابل قبول قرار داشته باشد، به اعتبار زیرمعیارهایش مورد استفاده قرار می‌گیرد و اگر معیاری در محدودهٔ قابل قبول باشد، ولی هیچ‌یک از زیرمعیارهایش در این محدوده قرار نگیرد، به کار گرفته نخواهد شد. در این روش می‌توان با ضرب نرمالایزشدهٔ

درجهٔ اهمیت و درصد اهمیت معیار به ضریب اهمیت معیار دست یافت که وزن و اهمیت نسبی تمام معیارها و زیرمعیارها و امکان رتبه‌بندی آن‌ها را مهیا می‌سازد.

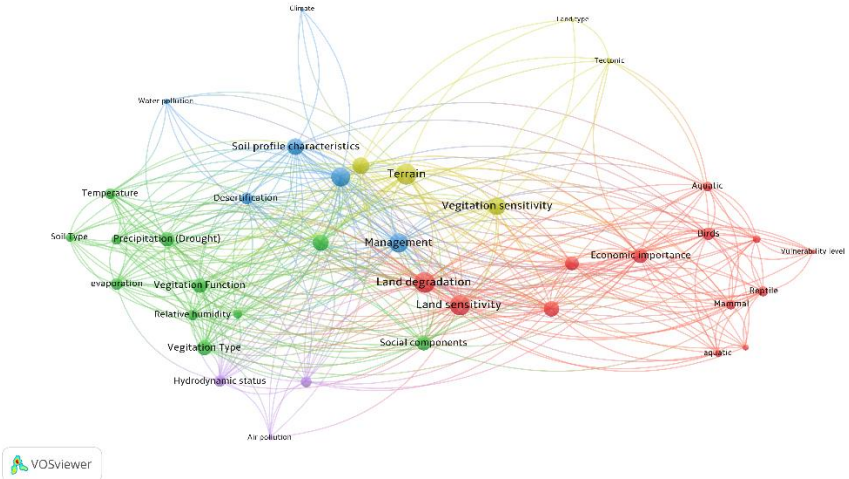
یافته‌های پژوهش

تدوین معیارهای گزینش مناطق حساس محیط زیستی و وزن‌دهی و اولویت‌بندی آن‌ها یکی از گام‌های مهم در مسیر انتخاب این مناطق است. به همین منظور از مرور ۵۰ مقالهٔ مختلف داخلی و خارجی در مجموع ۹ معیار و ۳۸ زیرمعیار مناسب در قالب یک آرایش موضوعی جدید برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز استخراج شد که در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۲. نمودار هم‌رخدادی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

نتایج تحلیل هم‌رخدادی معیارها (شکل ۲) نشان می‌دهد به غیر از دو معیار اقلیم و تنوع زیستی که در هیچ‌یک از منابع هم زمان با یک‌دیگر استفاده نشده‌اند سایر معیارها در حداقل یک منبع در کنار یک‌دیگر برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استفاده شده‌اند. نتایج این تحلیل برای زیرمعیارها (شکل ۳) نشان می‌دهد زیرمعیار ناهمواری، تخریب زمین، حساسیت سرزمین، مدیریت، و انبوهی گیاهی بیشترین هم‌رخدادی را با سایر زیرمعیارها داشته‌اند. همچنین زیرمعیارهای اقلیم و نوع اراضی کمترین هم‌رخدادی را در بین زیرمعیارها با سایرین داشته‌اند.



شکل ۳. نمودار هم‌رخدادی زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

جدول ۱. معیارها و زیرمعیارهای حساسیت‌شناسی

معیار	اقلیم				
زیرمعیار	بارش (خشکی)		دما	رطوبت نسبی	تبخیر
شاخص	شاخص خشکی	بارش سالیانه	میانگین دمای سالیانه	شاخص رطوبت	تبخیر سالیانه
Kong et al., 2024		❊	❊		
Ogbue et al. ,2024	❊	❊			
Shao et al., 2023	❊	❊		❊	
Feng et al.,2023		❊	❊		
Chen et al., 2023		❊	❊		
Xu et al., 2023		❊	❊		
Song et al., 2023		❊	❊		❊
Cui et al., 2022					
Yaghoubzade et al., 2022					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Ahmed et al, 2020		❊			❊
Yilmaz et al., 2020					
Bedoui, 2020	❊	❊			
Wei et al., 2020	❊	❊	❊		
Wu and Chen, 2020					
Yu et al., 2020					
Wei at al., 2020					
Erşahin & Gül, 2019	❊	❊			
Syartinilia et al. ,2019					
Lee et al., 2019	❊	❊			
Niu et al. ,2018					
Shi et al., 2018					
Hong et al., 2017					
González, 2017					
Salvati et al., 2017	❊	❊			
Kadović et al., 2016	❊				
Sepehr et al., 2017					
Leman et al., 2016					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Tavares et al., 2014	❊	❊			❊
Habibi et al., 2013					
Yan-xu et al., 2012		❊			
Li and Liang, 2012					
Dai et al., 2012					
Feng et al. 2012		❊		❊	❊
Bakr et al., 2012	❊	❊			
Parvari et al., 2011	❊				
Kawy and Belal, 2011	❊	❊			
Gadgil et al. ,2011		❊		❊	
Davar et al. 2010					
Rozbehi et al.,2011					
Contador et al., 2009	❊	❊			
Rezaeilal et al., 2008					
Nouri et al., 2007					
Sepehr et al., 2007	❊	❊			❊
Basso et al., 2000	❊	❊			
Danehkar & Majnonian, 2004					
Kosmas et al., 1999	❊	❊			
Kelleher & Kenchington, 1992					
فراوانی	۱۶	۲۳	۶	۳	۵
درصد	۳۲	۴۶	۱۲	۶	۱۰
رتبه	۷	۳	۱۶	۱۹	۱۷

رتبه	۱۹	۲۱	۲۱	۲۰
درصد	۶	۲	۲	۴
فراوانی	۳	۱	۱	۲
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007				❊
Nouri et al., 2007				
Rezaeilal et al., 2008				
Contador et al., 2009				
Rozbehi et al.,2011				
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				
Feng et al. 2012		❊		
Dai et al., 2012				
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014				
Dutta and Chaudhuri, 2015			❊	
Leman et al., 2016				
Sepehr et al., 2017				
Kadović et al., 2016	❊			
Salvati et al., 2017				
González, 2017				❊
Hong et al., 2017				
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019				
Erşahin & Gül, 2019				
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020				
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020				
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020				
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023	❊			
Xu et al., 2023				
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				
Shao et al., 2023	❊			
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024				
شاخص	سرعت باد غالب	تعداد روزهای بادی	نوع اقلیم	میزان کلرید آب زیرزمینی
زیرمعیار	باد		اقلیم	آب زیرزمینی
معیار				منابع آب

رتبه	۲۱	۲۱	۱۲
درصد	۲	۲	۲۲
فراوانی	۱	۱	۱۱
Kelleher & Kenchington, 1992			
Kosmas et al., 1999			
Danehkar & Majnonian, 2004			
Basso et al., 2000			
Sepehr et al., 2007	*	*	
Nouri et al., 2007			
Rezaeilal et al., 2008			
Contador et al., 2009			
Rozbehi et al.,2011			
Davar et al. 2010			
Gadgil et al. ,2011			
Kawy and Belal, 2011			
Parvari et al., 2011			
Bakr et al., 2012			
Feng et al. 2012			
Dai et al., 2012			*
Li and Liang, 2012			
Yan-xu et al., 2012			
Habibi et al., 2013			*
Tavares et al., 2014			
Dutta and Chaudhuri, 2015			
Leman et al., 2016			
Sepehr et al., 2017			
Kadović et al., 2016			
Salvati et al., 2017			
González, 2017			*
Hong et al., 2017			
Shi et al., 2018			
Niu et al. ,2018			*
Lee et al., 2019			
Syartinilia et al. ,2019			*
Erşahin & Gül, 2019			
Wei at al., 2020			
Yu et al., 2020			
Wu and Chen, 2020			*
Wei et al., 2020			
Bedoui, 2020			
Yilmaz et al., 2020			*
Ahmed et al, 2020			
Rustand et al. ,2020			
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020			
Yaghoubzade et al., 2022			
Cui et al., 2022			*
Song et al., 2023			
Xu et al., 2023			*
Chen et al., 2023			
Feng et al.,2023			*
Shao et al., 2023			
Ogbue et al. ,2024			
Kong et al., 2024			*
شاخص	نسبت جذب سدیم آب زیرزمینی	سطح ایستابی آب زیرزمینی	فاصله تا منابع آب سطحی
زیرمعیار			آب سطحی
معیار			

رتبه	۱۷	۱۷	۱۷	۲۰
درصد	۱۰	۱۰	۱۰	۴
فراوانی	۵	۵	۵	۲
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007			❊	
Nouri et al., 2007				
Rezaeilal et al., 2008				
Contador et al., 2009				
Rozbehi et al.,2011				
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				
Feng et al. 2012				
Dai et al., 2012	❊		❊	
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				❊
Tavares et al., 2014				
Dutta and Chaudhuri, 2015				
Leman et al., 2016			❊	
Sepehr et al., 2017				
Kadović et al., 2016				
Salvati et al., 2017				
González, 2017	❊	❊		
Hong et al., 2017				
Shi et al., 2018	❊	❊		❊
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019		❊		
Erşahin & Gül, 2019				
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020	❊	❊	❊	
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020				
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020				
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020				
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023	❊	❊		
Xu et al., 2023			❊	
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				
Shao et al., 2023				
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024				
شاخص	کیفیت آب تالاب و دریاچه	کیفیت آب رودخانه	شرایط هیدرودینامیک	ژئومرفولوژی
زیرمعیار			وضعیت آبی	زمین‌ساخت
معیار				ویژگی زمین

رتبه	۲۱	۱	۶	۱۲	۱۵
درصد	۲	۵۶	۳۴	۲۲	۱۴
فراوانی	۱	۲۸	۱۷	۱۱	۷
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999		❊	❊		
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000		❊	❊		
Sepehr et al., 2007		❊			
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008					
Contador et al., 2009		❊	❊		
Rozbehi et al.,2011					
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011		❊	❊	❊	
Kawy and Belal, 2011		❊			
Parvari et al., 2011		❊			
Bakr et al., 2012			❊		
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					❊
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012		❊		❊	
Habibi et al., 2013	❊				❊
Tavares et al., 2014		❊	❊		
Dutta and Chaudhuri, 2015		❊			
Leman et al., 2016					❊
Sepehr et al., 2017					
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017		❊	❊		
González, 2017					
Hong et al., 2017		❊			
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018		❊	❊	❊	
Lee et al., 2019		❊			
Syartinilia et al. ,2019		❊			
Erşahin & Gül, 2019		❊	❊		
Wei at al., 2020		❊		❊	
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					❊
Wei et al., 2020		❊		❊	
Bedoui, 2020		❊	❊		
Yilmaz et al., 2020		❊	❊	❊	
Ahmed et al, 2020		❊			
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Yaghoubzade et al., 2022		❊			
Cui et al., 2022		❊	❊	❊	
Song et al., 2023		❊	❊	❊	
Xu et al., 2023		❊	❊	❊	
Chen et al., 2023		❊	❊	❊	❊
Feng et al.,2023				❊	❊
Shao et al., 2023		❊	❊		
Ogbue et al. ,2024		❊	❊		
Kong et al., 2024					❊
شاخص	زمین‌شناسی	درصد شیب	جهت جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	ویژگی‌های عمومی
زیرمعیار		ناهمواری			
معیار					

رتبه	۴	۸	۹	۱۰	۲۰
درصد	۴۲	۳۰	۲۸	۲۶	۴
فراوانی	۲۱	۱۵	۱۴	۱۳	۲
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999		❊	❊		
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000	❊	❊	❊	❊	
Sepehr et al., 2007	❊	❊	❊	❊	❊
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008					
Contador et al., 2009	❊	❊	❊	❊	
Rozbehi et al.,2011					
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011	❊	❊	❊		
Parvari et al., 2011	❊	❊	❊	❊	
Bakr et al., 2012	❊	❊	❊	❊	
Feng et al. 2012	❊				
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014	❊	❊	❊	❊	
Dutta and Chaudhuri, 2015	❊	❊	❊		
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017					
Kadović et al., 2016	❊				
Salvati et al., 2017	❊	❊	❊	❊	
González, 2017			❊	❊	
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019		❊		❊	
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019	❊	❊	❊	❊	
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020	❊				
Bedoui, 2020	❊	❊	❊	❊	
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020	❊	❊		❊	
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023	❊				
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023	❊				
Feng et al.,2023	❊				
Shao et al., 2023	❊		❊	❊	❊
Ogbue et al. ,2024	❊	❊			
Kong et al., 2024	❊				
شاخص	بافت خاک	عمق خاک	درصد مواد مادری: قطعات سنگی	میزان زهکشی	هدایت الکتریکی
زیرمعیار	ویژگی‌های نیم‌رخ				
معیار					

رتبه	۱۸	۱۹	۱۳	۱۹	۲۱
درصد	۸	۶	۲۰	۶	۲
فراوانی	۴	۳	۱۰	۳	۱
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999				❋	
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007	❋				
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008					
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011					
Davar et al. 2010	❋				
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012		❋			
Dai et al., 2012			❋		
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012			❋		
Habibi et al., 2013					❋
Tavares et al., 2014	❋				
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016			❋		
Sepehr et al., 2017					
Kadović et al., 2016	❋				
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017			❋		
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019		❋			
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020			❋		
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020			❋	❋	
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020			❋		
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023		❋	❋		
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023			❋		
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024			❋	❋	
شاخص	مواد آلی	طبقهٔ استاندارد خاک	فرسایش‌پذیری	شاخص شورشدگی	فرم اراضی
زیرمعیار		نوع خاک	حساسیت زمین		نوع اراضی
معیار					

رتبه	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۱۶
درصد	۲	۲	۲	۲	۱۲
فراوانی	۱	۱	۱	۱	۶
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008					
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011					
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					❋
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013	❋	❋			
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017					
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					❋
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					❋
Erşahin & Gül, 2019					❋
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					❋
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Yaghoubzade et al., 2022					❋
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	تیپ اراضی	واحدهای اراضی	حساسیت خاک	سطح حفاظت زمین	سهم پوشش جنگلی
زیرمعیار					تیپ گیاهی
معیار					تنوع زیستی گیاهی

رتبه	۱۵	۲	۱۹	۱۱
درصد	۱۴	۵۰	۶	۲۴
فراوانی	۷	۲۵	۳	۱۲
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999		❋		❋
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				❋
Sepehr et al., 2007		❋		❋
Nouri et al., 2007			❋	
Rezaeilal et al., 2008				
Contador et al., 2009		❋		❋
Rozbehi et al.,2011				
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011		❋		❋
Kawy and Belal, 2011		❋		
Parvari et al., 2011		❋		❋
Bakr et al., 2012		❋		❋
Feng et al. 2012	❋	❋		
Dai et al., 2012	❋			
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				❋
Tavares et al., 2014		❋		
Dutta and Chaudhuri, 2015		❋		
Leman et al., 2016				❋
Sepehr et al., 2017				
Kadović et al., 2016		❋		
Salvati et al., 2017		❋		❋
González, 2017				
Hong et al., 2017			❋	
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018	❋			
Lee et al., 2019		❋		
Syartinilia et al. ,2019				
Erşahin & Gül, 2019				❋
Wei at al., 2020		❋		
Yu et al., 2020			❋	
Wu and Chen, 2020		❋		
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020		❋		❋
Yilmaz et al., 2020		❋		
Ahmed et al, 2020	❋	❋		
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020		❋		
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022	❋			
Song et al., 2023		❋		
Xu et al., 2023	❋	❋		
Chen et al., 2023		❋		
Feng et al.,2023		❋		
Shao et al., 2023	❋			
Ogbue et al. ,2024		❋		
Kong et al., 2024		❋		
شاخص	شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)	درصد پوشش گیاهی	گیاهان حفاظت‌شده	ریسک آتش‌سوزی
زیرمعیار		انبوهی پوشش گیاهی	حساسیت گیاهی	
معیار				

رتبه	۱۰	۷	۲۱	۱۸	۱۷
درصد	۲۶	۳۲	۲	۸	۱۰
فراوانی	۱۳	۱۵	۱	۴	۵
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999	❊	❊			
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000	❊	❊			
Sepehr et al., 2007	❊	❊			
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008				❊	❊
Contador et al., 2009	❊	❊			
Rozbehi et al.,2011				❊	❊
Davar et al. 2010				❊	
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011	❊	❊			
Parvari et al., 2011	❊	❊			
Bakr et al., 2012	❊	❊			
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017				❊	❊
Kadović et al., 2016	❊	❊			
Salvati et al., 2017	❊	❊			
González, 2017					
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018					❊
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019		❊			
Syartinilia et al. ,2019		❊			
Erşahin & Gül, 2019	❊	❊			
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020	❊	❊			
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020		❊			
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					❊
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023			❊		
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023	❊	❊			
Ogbue et al. ,2024	❊	❊			
Kong et al., 2024					
شاخص	مقاومت به خشکی	حفاظت از فرسایش	بهره‌وری اولیه خالص پوشش گیاهی	پرورشگاه آبزیان	تنوع آبزیان
زیرمعیار		عملکرد پوشش گیاهی		آبزیان	
معیار				تنوع زیستی جانوری	

رتبه	۱۶	۱۸	۲۱	۱۶	۱۷
درصد	۱۲	۸	۲	۱۲	۱۰
فراوانی	۶	۴	۱	۶	۵
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004		❊			❊
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007	❊			❊	
Rezaeilal et al., 2008	❊	❊		❊	❊
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011	❊	❊		❊	❊
Davar et al. 2010		❊			❊
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017	❊			❊	❊
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017	❊			❊	
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❊		❊	❊	
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	آبزیان حفاظتی	تخم‌ریزی آبزیان	جمعیت آبزیان	پرندگان حفاظتی	زادآوری پرندگان
زیرمعیار				پرندگان	
معیار					

رتبه	۱۷	۱۸	۱۸	۲۱	۱۹
درصد	۱۰	۸	۸	۲	۶
فراوانی	۵	۴	۴	۱	۳
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004					
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007					❊
Rezaeilal et al., 2008	❊	❊	❊		
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011	❊	❊	❊		
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017	❊	❊	❊		
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017					❊
Shi et al., 2018	❊				
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❊	❊	❊	❊	❊
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	تنوع پرندگان	جمعیت پرندگان	تنوع پستانداران	جمعیت پستانداران	پستانداران حفاظتی
زیرمعیار			پستانداران		
معیار					

رتبه	۲۱	۲۱	۱۹	۲۰	۲۱
درصد	۲	۲	۶	۴	۲
فراوانی	۱	۱	۳	۲	۱
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004				❋	
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007			❋		
Rezaeilal et al., 2008					
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011				❋	❋
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017					
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017			❋		
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❋	❋	❋		
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	تنوع خزندگان	جمعیت خزندگان	خزندگان حفاظتی	زادآوری خزندگان	تغذیه‌گاه خزندگان
زیرمعیار	خزندگان				
معیار					

رتبه	۱۶	۱۶	۱۷	۱۸	۱۸
درصد	۱۲	۱۲	۱۰	۶	۶
فراوانی	۶	۶	۵	۳	۳
Kelleher & Kenchington, 1992	❊	❊			
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004	❊	❊	❊		❊
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008	❊	❊	❊	❊	
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011	❊	❊	❊	❊	
Davar et al. 2010	❊	❊	❊		
Gadgil et al. ,2011					❊
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017	❊	❊	❊	❊	
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					❊
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	جغرافیای زیستی/ معرف بودن	بکر بودن سرزمین	بی‌همتایی سرزمین	سابقهٔ حفاظت سرزمین	نادر بودن زیستگاه[1]
زیرمعیار	حساسیت سرزمین				حساسیت زیستگاه
معیار	آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سرزمین				

رتبه	۱۵	۱۶	۱۸	۱۶	۲۱
درصد	۱۴	۱۲	۸	۱۲	۲
فراوانی	۷	۶	۴	۶	۱
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004		❊		❊	❊
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008	❊	❊	❊	❊	
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011	❊	❊	❊	❊	
Davar et al. 2010	❊			❊	
Gadgil et al. ,2011		❊			
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014					
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017	❊	❊	❊	❊	
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018					
Niu et al. ,2018	❊	❊			
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019	❊				
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020	❊				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020			❊	❊	
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	زیستگاه[۳]	تنوع زیستگاه (نوع)	گسترهٔ زیستگاه	یکپارچگی زیستگاه	شاخص آسیب‌پذیری
زیرمعیار					آسیب‌پذیری
معیار					

رتبه	۱۷	۱۹	۱۶	۱۹	۱۶
درصد	۱۰	۶	۱۲	۶	۱۲
فراوانی	۵	۳	۶	۳	۶
Kelleher & Kenchington, 1992					
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004					❊
Basso et al., 2000					
Sepehr et al., 2007					
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008					❊
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011					❊
Davar et al. 2010					
Gadgil et al. ,2011	❊				
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012				❊	
Dai et al., 2012	❊				
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012		❊			
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014			❊		
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016	❊		❊		
Sepehr et al., 2017					❊
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017			❊		
Hong et al., 2017					
Shi et al., 2018			❊		
Niu et al. ,2018			❊		
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019	❊		❊		❊
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					❊
Yu et al., 2020	❊	❊			
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020					
Bedoui, 2020					
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020					
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022		❊			
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023				❊	
Feng et al.,2023				❊	
Shao et al., 2023					
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	شدت لرزه‌ای	نرخ بروز مخاطره	خطر سیل	فرسایندگی باران	تنوع بهره‌برداری انسانی
زیرمعیار	مخاطرات زمین‌شناختی		مخاطرات آب‌شناختی		اهمیت اقتصادی (کاربری فعالیت)
معیار	مخاطرات طبیعی				وابستگی انسان

رتبه	۱۴	۲۱	۲۱	۱۷	۲۰
درصد	۱۸	۲	۲	۱۰	۴
فراوانی	۹	۱	۱	۵	۲
Kelleher & Kenchington, 1992	❊				
Kosmas et al., 1999					
Danehkar & Majnonian, 2004	❊				
Basso et al., 2000					❊
Sepehr et al., 2007			❊		
Nouri et al., 2007					
Rezaeilal et al., 2008	❊				
Contador et al., 2009					
Rozbehi et al.,2011	❊				
Davar et al. 2010	❊				
Gadgil et al. ,2011					
Kawy and Belal, 2011					
Parvari et al., 2011					
Bakr et al., 2012					
Feng et al. 2012					
Dai et al., 2012					
Li and Liang, 2012					
Yan-xu et al., 2012					
Habibi et al., 2013					
Tavares et al., 2014				❊	❊
Dutta and Chaudhuri, 2015					
Leman et al., 2016					
Sepehr et al., 2017	❊				
Kadović et al., 2016					
Salvati et al., 2017					
González, 2017					
Hong et al., 2017	❊			❊	
Shi et al., 2018	❊				
Niu et al. ,2018					
Lee et al., 2019					
Syartinilia et al. ,2019					
Erşahin & Gül, 2019					
Wei at al., 2020					
Yu et al., 2020					
Wu and Chen, 2020					
Wei et al., 2020				❊	
Bedoui, 2020				❊	
Yilmaz et al., 2020					
Ahmed et al, 2020					
Rustand et al. ,2020					
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❊	❊			
Yaghoubzade et al., 2022					
Cui et al., 2022					
Song et al., 2023					
Xu et al., 2023					
Chen et al., 2023					
Feng et al.,2023					
Shao et al., 2023				❊	
Ogbue et al. ,2024					
Kong et al., 2024					
شاخص	وسعت پهنهٔ بهره‌برداری	تعداد واحد بهره‌بردار	فشار جمعیت	تراکم جمعیت	شاخص سالمندی
زیرمعیار			مؤلفه‌های اجتماعی		
معیار					

رتبه	۱۲	۱۹	۱۸	۱۵
درصد	۲۲	۶	۸	۱۴
فراوانی	۱۱	۳	۴	۷
Kelleher & Kenchington, 1992				❊
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004	❊			❊
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007				
Nouri et al., 2007			❊	
Rezaeilal et al., 2008	❊	❊		❊
Contador et al., 2009				
Rozbehi et al.,2011	❊	❊	❊	❊
Davar et al. 2010	❊			❊
Gadgil et al. ,2011	❊			
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				
Feng et al. 2012				
Dai et al., 2012				
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014				
Dutta and Chaudhuri, 2015				
Leman et al., 2016	❊			
Sepehr et al., 2017	❊	❊	❊	❊
Kadović et al., 2016				
Salvati et al., 2017				
González, 2017	❊			
Hong et al., 2017				
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019	❊			
Erşahin & Gül, 2019				
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020				
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020				
Rustand et al. ,2020	❊		❊	
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❊			❊
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023				
Xu et al., 2023				
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				
Shao et al., 2023				
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024				
شاخص	(طبیعی، تاریخی،	زیبایی‌شناسی	امکانات گردشگری	تعداد پدیده‌های تفسیری
زیرمعیار	اهمیت تفرجگاهی			اهمیت علمی و آموزشی
معیار				

رتبه	۲۱	۱۷	۲۱	۹
درصد	۲	۱۰	۲	۲۸
فراوانی	۱	۵	۱	۱۴
Kelleher & Kenchington, 1992			❋	
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004		❋		
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007				❋
Nouri et al., 2007				❋
Rezaeilal et al., 2008		❋		
Contador et al., 2009				❋
Rozbehi et al.,2011		❋		
Davar et al. 2010		❋		❋
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				❋
Feng et al. 2012				
Dai et al., 2012				❋
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				❋
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014				❋
Dutta and Chaudhuri, 2015				❋
Leman et al., 2016				
Sepehr et al., 2017		❋		
Kadović et al., 2016				
Salvati et al., 2017				
González, 2017				
Hong et al., 2017				
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019				
Erşahin & Gül, 2019				❋
Wei at al., 2020				❋
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020				❋
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020				
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020	❋			
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023				
Xu et al., 2023				
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				❋
Shao et al., 2023				❋
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024				
شاخص	تعداد بازدیدها در سال	ارزش پژوهش و پایش	اهمیت بین‌المللی/ ملی	سهم مناطق حفاظت‌شده
زیرمعیار			مدیریت	
معیار				

رتبه	۲۱	۲۱	۲۰	۲۰
درصد	۲	۲	۴	۴
فراوانی	۱	۱	۲	۲
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007				
Nouri et al., 2007				
Rezaeilal et al., 2008				
Contador et al., 2009				
Rozbehi et al.,2011				
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				
Feng et al. 2012				
Dai et al., 2012	*			
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014				
Dutta and Chaudhuri, 2015				
Leman et al., 2016				
Sepehr et al., 2017				
Kadović et al., 2016				
Salvati et al., 2017				
González, 2017				
Hong et al., 2017				
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019			*	
Erşahin & Gül, 2019				
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				*
Bedoui, 2020				
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020		*		
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020				
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023				
Xu et al., 2023				
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				
Shao et al., 2023				
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024			*	*
شاخص	پهنه‌بندی کارکردی آب	حساسیت بیابان‌زایی	شاخص دمای خشکی پوشش گیاهی	دمای سطح زمین
زیرمعیار		بیابان‌زایی		
معیار		مخاطرات انسانی (تعارض‌ها و تهدیدها)		

رتبه	۱۰	۲۰	۱۷	۵
درصد	۲۶	۴	۱۰	۳۸
فراوانی	۱۳	۲	۵	۱۹
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999			❊	❊
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007			❊	❊
Nouri et al., 2007				
Rezaeilal et al., 2008	❊			
Contador et al., 2009				❊
Rozbehi et al.,2011	❊			
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				❊
Feng et al. 2012				❊
Dai et al., 2012	❊			
Li and Liang, 2012	❊			
Yan-xu et al., 2012				❊
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014		❊		❊
Dutta and Chaudhuri, 2015				
Leman et al., 2016				
Sepehr et al., 2017	❊	❊		❊
Kadović et al., 2016			❊	❊
Salvati et al., 2017				
González, 2017				
Hong et al., 2017	❊			❊
Shi et al., 2018	❊			
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019			❊	
Syartinilia et al. ,2019				
Erşahin & Gül, 2019				❊
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				❊
Wei et al., 2020	❊			
Bedoui, 2020			❊	❊
Yilmaz et al., 2020	❊			
Ahmed et al, 2020	❊			
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020				
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				❊
Song et al., 2023				❊
Xu et al., 2023	❊			❊
Chen et al., 2023				❊
Feng et al.,2023	❊			❊
Shao et al., 2023				❊
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024	❊			
شاخص	ها (فاصله از زیرساخت	سهم فرسایش (بادی، آبی)	شدت چرا/ تعداد دام	شدت کاربری زمین
زیرمعیار	تخریب زمین			
معیار				

رتبه	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
درصد	۲	۲	۲	۲
فراوانی	۱	۱	۱	۱
Kelleher & Kenchington, 1992				
Kosmas et al., 1999				
Danehkar & Majnonian, 2004				
Basso et al., 2000				
Sepehr et al., 2007				
Nouri et al., 2007				
Rezaeilal et al., 2008				
Contador et al., 2009				
Rozbehi et al.,2011				
Davar et al. 2010				
Gadgil et al. ,2011				
Kawy and Belal, 2011				
Parvari et al., 2011				
Bakr et al., 2012				
Feng et al. 2012				
Dai et al., 2012	❊	❊		
Li and Liang, 2012				
Yan-xu et al., 2012				
Habibi et al., 2013				
Tavares et al., 2014				
Dutta and Chaudhuri, 2015				
Leman et al., 2016				
Sepehr et al., 2017				
Kadović et al., 2016				
Salvati et al., 2017				
González, 2017				
Hong et al., 2017				❊
Shi et al., 2018				
Niu et al. ,2018				
Lee et al., 2019				
Syartinilia et al. ,2019				
Erşahin & Gül, 2019				
Wei at al., 2020				
Yu et al., 2020				
Wu and Chen, 2020				
Wei et al., 2020				
Bedoui, 2020				
Yilmaz et al., 2020				
Ahmed et al, 2020				
Rustand et al. ,2020				
Mafi Gholami & Nouri Kamari, 2020				
Yaghoubzade et al., 2022				
Cui et al., 2022				
Song et al., 2023				
Xu et al., 2023				
Chen et al., 2023				
Feng et al.,2023				
Shao et al., 2023				
Ogbue et al. ,2024				
Kong et al., 2024				❊
شاخص	تناوب باران‌های اسیدی	غلظت ترکیبات آلاینده (PM10 ،SO2)	جریان پساب صنعتی	سطح آلودگی خاک
زیرمعیار	آلودگی هوا		آلودگی آب	آلودگی خاک
معیار				

۱. نادر بودن از نظر اندازهٔ جمعیت، وسعت پراکندگی جغرافیایی، مناطق شاخص تنوع زیستی
۲. زیستگاه گونه‌های حفاظت‌شده، زیستگاه موقت حیوانات، پراکندگی گونه‌های در معرض انقراض، غنای گونه‌ای، ضریب در معرض خطر بودن

در غربال اولیه، مؤلفه‌هایی (معیارها و زیرمعیارهایی) که در کمتر از ۵ درصد منابع به آن‌ها اشاره شده بود حذف شد که به تبع آن ۸ زیرمعیار اقلیم، زمین‌ساخت، نوع اراضی، میزان آسیب‌پذیری، بیابان‌زایی، آلودگی هوا، آلودگی خاک، و آلودگی آب حذف شدند. در بخش بررسی روایی پرسشنامه، شاخص روایی محتوایی (CVR) محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به تعداد متخصصان، تنها معیارها و زیرمعیارهایی با مقدار CVR بیشتر از ۰/۴۲ مورد قبول قرار گرفت که تنها برای زیرمعیار مخاطرات زمین‌شناختی CVR کمتر از این مقدار است. در نتیجه این زیرمعیار در این مرحله کنار گذاشته شد. همچنین مقدار آلفای کرونباخ که برای بررسی پایایی استفاده شد برای معیارها ۰/۷۴۴و برای زیرمعیارها ۰/۸۴۱محاسبه شد که هر دو بیشتر از ۰/۷ و قابل قبول‌اند.

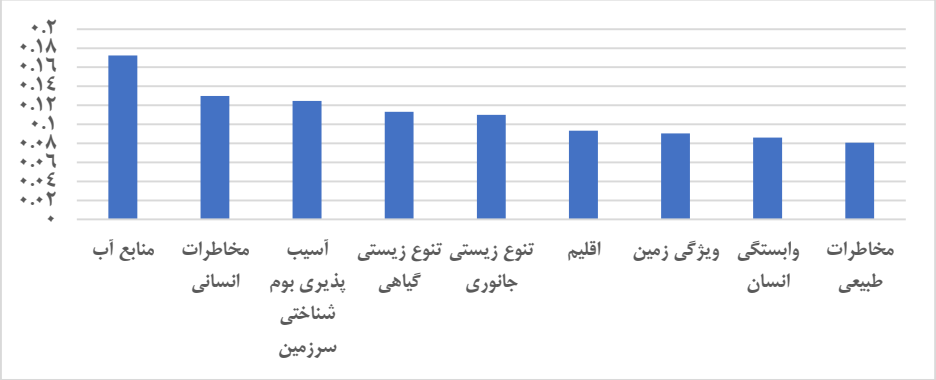
جدول ۲. فراوانی و مقدار CVR محاسبه‌شده برای هر معیار/ زیرمعیار

ردیف	معیارها/ زیرمعیار	فراوانی	CVR	نتیجه	ردیف	معیارها/ زیرمعیار	فراوانی	CVR	نتیجه
۱	اقلیم	۱۸	۰/۸	قبول	۲۱	نوع خاک	۲۰	۱	قبول
۲	منابع آب	۲۰	۱	قبول	۲۲	حساسیت خاک	۱۸	۰/۸	قبول
۳	ویژگی زمین	۲۰	۱	قبول	۲۳	تیپ گیاهی	۱۸	۰/۸	قبول
۴	تنوع زیستی گیاهی	۱۸	۰/۸	قبول	۲۴	انبوهی	۱۷	۰/۷	قبول
۵	تنوع زیستی جانوری	۱۸	۰/۸	قبول	۲۵	حساسیت گیاهی	۱۷	۰/۷	قبول
۶	آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سرزمین	۱۹	۰/۹	قبول	۲۶	عملکرد	۱۷	۰/۷	قبول
۷	مخاطرات طبیعی	۱۸	۰/۸	قبول	۲۷	آبزیان	۱۷	۰/۷	قبول
۸	وابستگی انسان	۱۸	۰/۸	قبول	۲۸	پرندگان	۱۹	۰/۹	قبول
۹	مخاطرات انسانی	۲۰	۱	قبول	۲۹	پستانداران	۱۹	۰/۹	قبول
۱۰	خشکی	۱۸	۰/۸	قبول	۳۰	خزندگان	۱۹	۰/۹	قبول
۱۱	دما	۱۶	۰/۶	قبول	۳۱	حساسیت سرزمین	۱۷	۰/۷	قبول
۱۲	رطوبت نسبی	۱۴	۰/۴	قبول	۳۲	حساسیت زیستگاه	۱۹	۰/۹	قبول
۱۳	تبخیر	۱۵	۰/۵	قبول	۳۳	مخاطرات زمین‌شناختی	۱۳	۰/۳	رد
۱۴	باد	۱۶	۰/۶	قبول	۳۴	مخاطرات آب‌شناختی	۱۷	۰/۷	قبول
۱۵	آب زیرزمینی	۱۹	۰/۹	قبول	۳۵	اهمیت اقتصادی (کاربری و فعالیت)	۱۶	۰/۶	قبول
۱۶	آب سطحی	۲۰	۱	قبول	۳۶	مؤلفه‌های اجتماعی	۱۶	۰/۶	قبول
۱۷	وضعیت آبی	۱۷	۰/۷	قبول	۳۷	اهمیت تفرجگاهی	۲۰	۱	قبول
۱۸	ناهمواری	۱۷	۰/۷	قبول	۳۸	اهمیت علمی و آموزشی	۱۶	۰/۶	قبول
۱۹	ویژگی‌های نیم‌رخ خاک	۱۶	۰/۶	قبول	۳۹	مدیریت	۱۶	۰/۶	قبول
۲۰	تخریب زمین	۱۹	۰/۹	قبول					

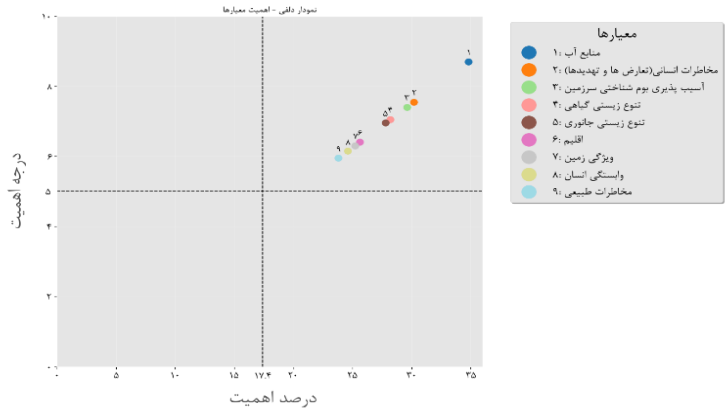
نتایج دلفی مطابق جدول ۳ نشان داد معیار منابع آب با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۱۷۲ در رتبهٔ اول اهمیت و سایر معیارها شامل مخاطرات انسانی (تعارض‌ها و تهدیدها) با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۱۳۰، آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سرزمین با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۱۲۵، تنوع زیستی گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۱۱۳، تنوع زیستی جانوری با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۱۱۰، اقلیم با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۹۳، ویژگی زمین با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۹۰، وابستگی انسانی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۸۶، و مخاطرات طبیعی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۸۱ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۴). با توجه به نمودار اهمیت معیار (شکل ۵) همهٔ معیارها در محدودهٔ قابل قبول قرار گرفته‌اند و می‌توان از آن‌ها برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز استفاده کرد.

جدول ۳. نتایج محاسبات دلفی برای تحلیل اهمیت معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

ردیف	معیار	دامنه اهمیت اعلام شده						تعداد کل پرسش شوندگان (N)	$\sum z_i$	درصد اهمیت معیار	درجه اهمیت معیار	ضریب اهمیت نرمالایزشده	رتبهٔ معیار
		x_i	۱	۳	۵	۷	۹						
		y_i	۰.۰۴	۰.۱۲	۰.۲۰	۰.۲۸	۰.۳۶						
۱	اقلیم	–	۰	۱	۴	۶	۷	۲۰	۵.۱۲	۲۵.۶	۶.۴	۰.۰۹۳	۶
۲	منابع آب	–	۰	۰	۰	۳	۱۷	۲۰	۶.۹۶	۳۴.۸	۸.۷	۰.۱۷۲	۱
۳	ویژگی زمین	–	۰	۱	۴	۷	۶	۲۰	۵.۰۴	۲۵.۲	۶.۳	۰.۰۹۰	۷
۴	تنوع زیستی گیاهی	–	۰	۰	۴	۷	۸	۲۰	۵.۹۴	۲۸.۲	۷.۰۵	۰.۱۱۳	۴
۵	تنوع زیستی جانوری	–	۰	۲	۲	۶	۹	۲۰	۵.۵۶	۲۷.۸	۶.۹۵	۰.۱۱۰	۵
۶	آسیب‌پذیری بوم شناختی سرزمین	–	۰	۰	۱	۵	۱۲	۲۰	۵.۹۲	۲۹.۶	۷.۴	۰.۱۲۵	۳
۷	مخاطرات طبیعی	–	۰	۱	۲	۱۰	۴	۲۰	۴.۷۶	۲۳.۸	۵.۹۵	۰.۰۸۱	۹
۸	وابستگی انسان	–	۰	۰	۶	۳	۸	۲۰	۴.۹۲	۲۴.۶	۶.۱۵	۰.۰۸۶	۸
۹	مخاطرات انسانی	–	۰	۰	۳	۴	۱۲	۲۰	۶.۰۴	۳۰.۲	۷.۵۵	۰.۱۳۰	۲



شکل ٤. نمودار ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز



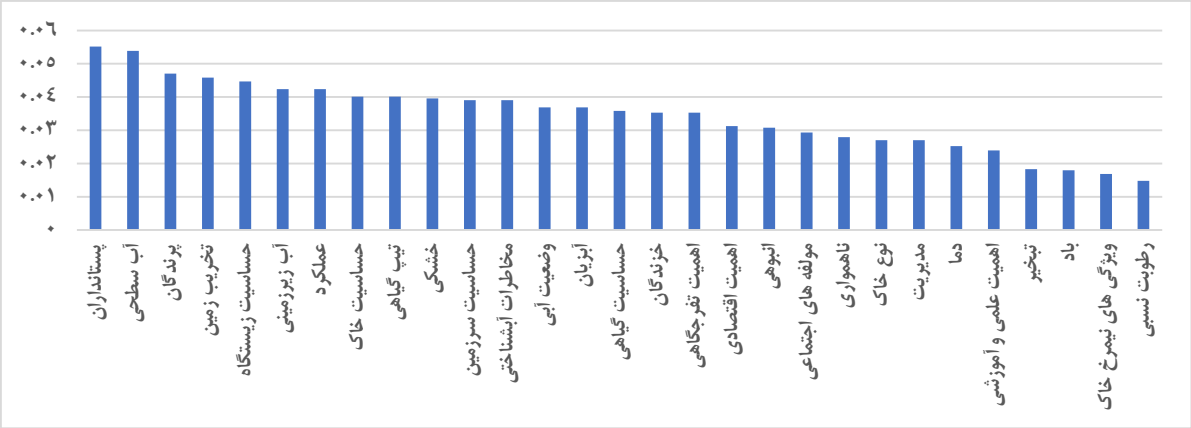
شکل ۵. نمودار اهمیت معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

نتایج دلفی برای غربال و اولویت‌بندی زیرمعیارها مطابق جدول ۴ است. یافته‌ها نشان داد زیرمعیار پستانداران با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۵۵ در رتبهٔ اول اهمیت و سایر زیرمعیارها شامل آب سطحی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۵۳، پرندگان با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۷، تخریب زمین با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۵، حساسیت زیستگاه با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۴، آب زیرزمینی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۲، عملکرد پوشش گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۲، تیپ گیاهی و حساسیت خاک با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۴۰، خشکی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ

۰/۰۳۹، حساسیت سرزمین و مخاطرات آب‌شناختی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۳۹، آبزیان و وضعیت آبی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۳۶، حساسیت گیاهی، خزندگان، و اهمیت تفرجگاهی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۳۵، اهمیت اقتصادی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۳۱، انبوهی پوشش گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۳۰، مؤلفه‌های اجتماعی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۲۹، ناهمواری، نوع خاک، و مدیریت با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۲۷، دما با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۲۵، اهمیت علمی و آموزشی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۲۳، تبخیر و باد با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۱۸، ویژگی‌های نیم‌رخ خاک با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۱۶، و رطوبت نسبی با ضریب اهمیت نرمالایزشدهٔ ۰/۰۱۴ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۶). با توجه به نمودار اهمیت زیرمعیارها (شکل ۷) ۴ زیرمعیار تبخیر، باد، ویژگی‌های نیم‌رخ خاک، و رطوبت نسبی در محدودهٔ قابل قبول قرار نگرفته‌اند و از سایر زیرمعیارها می‌توان برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استفاده کرد.

جدول ٤. نتایج محاسبات دلفی برای تحلیل اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

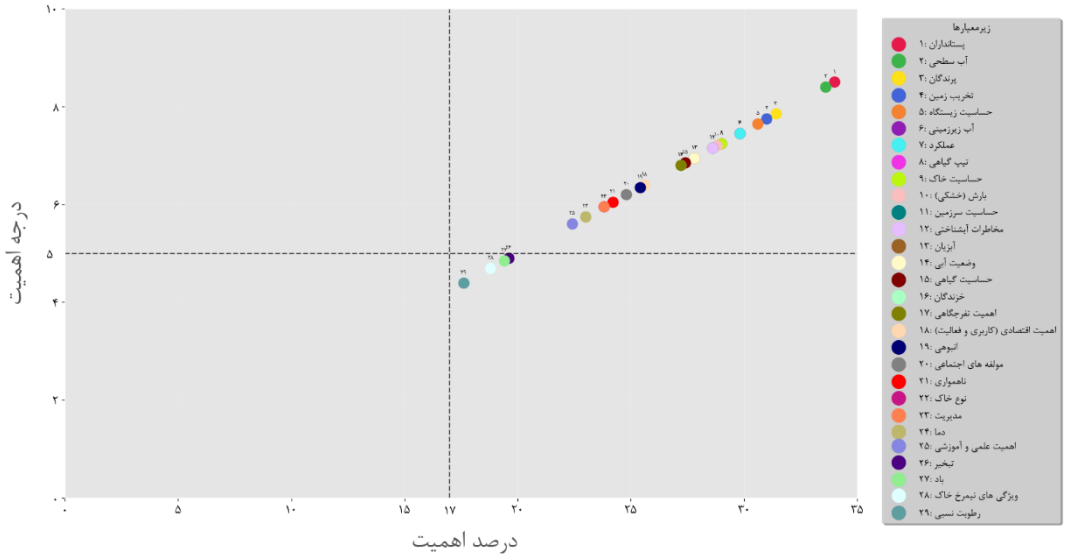
ردیف	معیار	دامنهٔ اهمیت اعلام‌شده						تعداد کل پرسش شوندگان (N)	$\sum z_i$	درصد اهمیت معیار	درجهٔ اهمیت نهایی معیار	ضریب اهمیت نرمالایزشده	رتبهٔ معیار
		x_i	۱	۳	۵	۷	۹						
		y_i	۰.۰٤	۰.۱۲	۰.۲۰	۰.۲۸	۰.۳٦						
۱	خشکی	–	۰	۰	۱	۷	۱۰	۲۰	۵.۷۶	۲۸.۸	۷.۲	۰.۰۳۹	۱۰
۲	دما	–	۰	۱	۳	۱۰	۳	۲۰	۴.۶	۲۳	۵.۷۵	۰.۰۲۵	۲۴
۳	رطوبت نسبی	–	۲	۰	۷	۶	۱	۲۰	۳.۵۲	۱۷.۶	۴.۴	۰.۰۱۴	۲۹
۴	تبخیر	–	۱	۲	۴	۵	۴	۲۰	۳.۹۲	۱۹.۶	۴.۹	۰.۰۱۸	۲۶
۵	باد	–	۱	۲	۷	۴	۳	۲۰	۳.۸۸	۱۹.۴	۴.۸۵	۰.۰۱۸	۲۷
۶	آب زیرزمینی	–	۰	۰	۳	۵	۱۱	۲۰	۵.۹۶	۲۹.۸	۷.۴۵	۰.۰۴۲	۶
۷	آب سطحی	–	۰	۰	۰	۶	۱۴	۲۰	۶.۷۲	۳۳.۶	۸.۴	۰.۰۵۳	۲
۸	وضعیت آبی	–	۰	۰	۰	۷	۱۰	۲۰	۵.۵۶	۲۷.۸	۶.۹۵	۰.۰۳۶	۱۴
۹	ناهمواری	–	۱	۰	۶	۹	۳	۲۰	۴.۸۴	۲۴.۲	۶.۰۵	۰.۰۲۷	۲۱
۱۰	ویژگی‌های نیم‌رخ خاک	–	۱	۲	۹	۶	۰	۲۰	۳.۷۶	۱۸.۸	۴.۷	۰.۰۱۶	۲۸
۱۱	نوع خاک	–	۰	۱	۸	۷	۳	۲۰	۴.۷۶	۲۳.۸	۵.۹۵	۰.۰۲۷	۲۲
۱۲	حساسیت خاک	–	۰	۱	۲	۶	۱۰	۲۰	۵.۸	۲۹	۷.۲۵	۰.۰۴۰	۹
۱۳	تیپ گیاهی	–	۰	۰	۲	۹	۸	۲۰	۵.۸	۲۹	۷.۲۵	۰.۰۴۰	۸
۱۴	انبوهی پوشش گیاهی	–	۰	۰	۸	۶	۵	۲۰	۵.۰۸	۲۵.۴	۶.۳۵	۰.۰۳۰	۱۹
۱۵	حساسیت گیاهی	–	۱	۰	۳	۷	۸	۲۰	۵.۴۸	۲۷.۴	۶.۸۵	۰.۰۳۵	۱۵
۱۶	عملکرد پوشش گیاهی	–	۰	۰	۲	۷	۱۰	۲۰	۵.۹۶	۲۹.۸	۷.۴۵	۰.۰۴۲	۷
۱۷	آبزیان	–	۰	۰	۶	۴	۹	۲۰	۵.۵۶	۲۷.۸	۶.۹۵	۰.۰۳۶	۱۳
۱۸	پرندگان	–	۰	۰	۰	۷	۱۲	۲۰	۶.۲۸	۳۱.۴	۷.۸۵	۰.۰۴۷	۳
۱۹	پستانداران	–	۰	۰	۰	۵	۱۵	۲۰	۶.۸	۳۴	۸.۵	۰.۰۵۵	۱
۲۰	خزندگان	–	۰	۱	۳	۴	۱۰	۲۰	۵.۴۴	۲۷.۲	۶.۸	۰.۰۳۵	۱۶
۲۱	حساسیت سرزمین	–	۱	۰	۳	۴	۱۱	۲۰	۵.۷۲	۲۸.۶	۷.۱۵	۰.۰۳۹	۱۱
۲۲	حساسیت زیستگاه	–	۰	۰	۲	۵	۱۲	۲۰	۶.۱۲	۳۰.۶	۷.۶۵	۰.۰۴۴	۵
۲۳	مخاطرات آب‌شناختی	–	۰	۱	۲	۷	۹	۲۰	۵.۷۲	۲۸.۶	۷.۱۵	۰.۰۳۹	۱۲
۲۴	اهمیت اقتصادی	–	۰	۳	۶	۵	۶	۲۰	۵.۱۲	۲۵.۶	۶.۴	۰.۰۳۱	۱۸
۲۵	مؤلفه‌های اجتماعی	–	۰	۳	۲	۶	۷	۲۰	۴.۹۶	۲۴.۸	۶.۲	۰.۰۲۹	۲۰
۲۶	اهمیت تفرجگاهی	–	۰	۱	۷	۵	۷	۲۰	۵.۴۴	۲۷.۲	۶.۸	۰.۰۳۵	۱۷
۲۷	اهمیت علمی و آموزشی	–	۰	۲	۷	۵	۴	۲۰	۴.۴۸	۲۲.۴	۵.۶	۰.۰۲۳	۲۵
۲۸	مدیریت	–	۲	۱	۵	۵	۶	۲۰	۴.۷۶	۲۳.۸	۵.۹۵	۰.۰۲۷	۲۳
۲۹	تخریب زمین	–	۰	۰	۱	۶	۱۲	۲۰	۶.۲	۳۱	۷.۷۵	۰.۰۴۵	۴



شکل ٦. اولویت اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

بحث

نتایج تحلیل‌ها نشان داد معیار «منابع آب»، با بیشترین ضریب اهمیت، مهم‌ترین معیار برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز است که این معیار در مطالعات Kong و همکارانش (۲۰۲۴)، Song و همکارانش (۲۰۲۳)، Niu و همکارانش (۲۰۱۸)، حبیبی و همکارانش (۱۳۹۱)، Dai و همکارانش (۲۰۱۲) نیز حائز اهمیت بوده است. در این مطالعه معیار «آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سرزمین» در اولویت بعدی اهمیت قرار گرفت که در مطالعات مافی غلامی و نوری کمری (۱۳۹۸)، Syartinilia و همکارانش (۲۰۱۹)، Gadgil و همکارانش (۲۰۱۱)، Sepehr و همکارانش (۲۰۱۷)، دانه کار و مجنونیان (۱۳۸۲) نیز نتایج مشابهی گزارش شده است.



شکل ۷. نمودار اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

«مخاطرات انسانی (تعارض‌ها و تهدیدها)» نیز در این مطالعه از معیارهای بااهمیت برای شناسایی مناطق حساس شناسایی شد که این یافته با نتایج مطالعات Feng و همکارانش (۲۰۲۳)، Xu و همکارانش (۲۰۲۳)، Chen و همکارانش (۲۰۲۳)، Bedoui (۲۰۲۰)، Gül و Erşahin (۲۰۱۹) هماهنگ است. همچنین «تنوع زیستی گیاهی» به عنوان یکی از معیارهای دارای اولویت برای شناسایی مناطق حساس تعیین شد که هماهنگ با نتایج مطالعات Ogbue و همکارانش (۲۰۲۴)، Shao و همکارانش (۲۰۲۳)، Wei و همکارانش (۲۰۲۲)، یعقوب زاده و همکارانش (۱۴۰۰)، Ahmed و همکارانش (۲۰۲۰) است. پس

از آن معیار «تنوع زیستی جانوری» در رتبهٔ بعدی قرار گرفت که در مطالعات مافی غلامی و نوری کمری (۱۳۹۸)، Shi و همکارانش (۲۰۱۸)، Hong و همکارانش (۲۰۱۷)، نوری و همکارانش (۱۳۹۵) نیز حائز اهمیت تشخیص داده شد.

هرچند اهمیت معیارهای شناسایی‌شده با پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد، تقدم مطلق معیار منابع آب بر معیارهایی مانند تنوع زیستی در این مطالعه قابل تأمل است. استان البرز، با قرارگیری در مجاورت کلان‌شهر تهران و داشتن مراکز عمدهٔ صنعتی و کشاورزی، تحت استخراج شدید و رقابت برای منابع آب محدود است. از سوی دیگر، موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی آن باعث شده بسیاری از اکوسیستم‌های آن (از دشت‌های پایین‌دست تا ارتفاعات) به‌شدت وابسته به آب‌های زیرزمینی و جریانات سطحی باشند. بنابراین می‌توان حساسیت محیط زیستی مناطق مختلف این استان را تابعی از دسترسی به آب و کیفیت آن دانست.

در سطح زیرمعیارها، نتایج حاکی از آن است که زیرمعیار «پستانداران» با کسب بیشترین ضریب اهمیت تعیین‌کننده‌ترین زیرمعیار در شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز بوده است. این اولویت را می‌توان ناشی از دو عامل کلیدی در بوم‌سازگان‌های این استان دانست: نخست، نقش شاخص پستانداران بزرگ (مانند کل و بز، قوچ و میش) به عنوان گونه‌های چتری که حفاظت از آن‌ها پیامدهای مثبتی برای طیف وسیعی از گونه‌ها و زیستگاه‌ها دارد؛ دوم، حساسیت و آسیب‌پذیری بالای جمعیت‌های پستانداران در مقابل تخریب و جزیره‌ای شدن زیستگاه‌ها ناشی از توسعهٔ شهری و جاده‌ای در این استان. این یافته با تأکید مطالعاتی مانند مافی غلامی و نوری کمری (۱۳۹۸)، Hong و همکارانش (۲۰۱۷)، نوری و همکارانش (۱۳۹۵) بر پستانداران هم‌سو است.

در رتبهٔ دوم، زیرمعیار «آب‌های سطحی» قرار گرفت که اهمیت حیاتی رودخانه‌ها و شبکهٔ آب‌های سطحی را به عنوان شریان‌های اصلی ایجاد کریدورهای زیستی نشان می‌دهد. این نتیجه منطبق بر یافته‌های مطالعاتی مانند Kong و همکارانش (۲۰۲۴)، Feng و همکارانش (۲۰۲۳)، Cui و همکارانش (۲۰۲۲) است.

رتبهٔ سوم متعلق به زیرمعیار «پرندگان» است که مافی غلامی و نوری کمری (۱۳۹۸)، Hong و همکارانش (۲۰۱۷)، Sepehr و همکارانش (۲۰۱۷) نیز برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر مهم گزارش کرده بودند. زیرمعیار «تخریب زمین» در رتبهٔ چهارم قرار گرفته است و در مطالعات Xu و همکارانش (۲۰۲۳)، Yilmaz و همکارانش (۲۰۲۰) استفاده شده است. در رتبهٔ پنجم زیرمعیار «حساسیت زیستگاه» قرار دارد. این زیرمعیار در مطالعات Rustand و همکارانش (۲۰۲۰) و دانه کار و مجنونیان (۱۳۸۲) نیز برای شناسایی مناطق حساس کلیدی گزارش شده بود. زیرمعیار «آب زیرزمینی» در رتبهٔ ششم قرار گرفت که مشابه نتایج مطالعات González (۲۰۱۷) و Sepehr و همکارانش (۲۰۰۷) است. «عملکرد پوشش گیاهی» نیز در ردیف مؤلفه‌های مهم در این مطالعه شناسایی شد که مشابه یافته‌های Song و همکارانش (۲۰۲۳) و Ahmed و همکاران (۲۰۲۰) است.

نتیجه

مناطق حساس محیط زیستی مکان‌هایی هستند که برای نگهداری طولانی‌مدت تنوع زیستی و منابع طبیعی حیاتی هستند و دربرگیرندهٔ مناطق مهم اکولوژیک، زیستگاه‌های حیات وحش، رویشگاه‌های مهم، و مناطق پشتیبان معاش انسان‌اند. اهمیت آن‌ها در حفظ سلامت یک منطقه به ارزش‌های اکولوژیک آن‌ها و نوع و سیستم مدیریتی کاربری‌های زمین‌های مجاور وابسته است. هدف این مطالعه شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها و شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز بود. به این منظور با استفاده از روش دلفی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در شناسایی مناطق حساس از ۵۰ پژوهش مختلف در کشورهای مختلف استخراج شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به اینکه در سطح جهانی معیار مدونی برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی، به‌ویژه در قلمروهای خشکی، وجود ندارد، یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای پژوهش‌های مشابه الهام‌بخش و برای سنجش‌های مشابه در کشور کاربردی باشد. انطباق معیارهای اولیه بر شرایط محیط زیستی محدودهٔ مورد مطالعه توسط خبرگان در روش دلفی ۹ معیار کلیدی با قابلیت نقشه‌سازی و شاخص های آن ها را در این زمینه کلیدی و حائز اهمیت نشان داد. تطبیق زیرمعیارها نیز نشان داد با ۲۵ زیرمعیار (وابسته به معیارهای نُه‌گانه) شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز امکان‌پذیر است. نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به عنوان مبنایی علمی برای سیاست‌گذاری محیط زیستی، برنامه‌ریزی فضایی،

و مدیریت پایدار سرزمین به کار گرفته شود. این نتایج به اولویت‌بندی مناطق نیازمند حفاظت، بهینه‌سازی منابع، و پیشگیری از تعارضات محیط زیستی کمک می‌کند. تدوین شاخص‌های مکانی برای زیرمعیارهای شناسایی‌شده فرایند نقشه‌سازی آن‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد که به عنوان فعالیت تکمیلی پیشنهاد می‌شود. این شاخص‌ها باید مبتنی بر داده‌های استانداردشده و قابل اندازه‌گیری در سطح منطقه (مانند شاخص‌های کیفیت آب یا تراکم گونه‌های کلیدی) تعریف شوند. شاخص‌های مکانی بهتر است با تکیه بر ضوابط اجرایی، استانداردهای عملکردی، و واقعیت زمینی محدودهٔ مورد مطالعه شناسایی شود و بی‌نیاز از روش‌های متکی به تصمیم‌گیری گروهی است. همچنین استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی می‌تواند چنین فرایندی را با افزایش سرعت و دقت در مسیر هوشمندسازی همراه نماید. پیشنهاد می‌شود هر استان کشور زیر نظر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان پایگاه داده و اطلاعات مکانی خود را برای پشتیبانی از چنین پژوهش‌هایی تهیه کند تا مطالعات مشابه از یک مرجع داده و اطلاعات استفاده کنند. برای اجرایی شدن این امر، تشکیل کارگروهی برای تعیین استانداردهای اجباری داده‌های مکانی پایه (نظیر منابع آب و پراکنش گونه‌ها) پیشنهاد می‌شود. این کارگروه می‌تواند با طراحی یک ساختار یکپارچهٔ Geodatabase و تعیین متولیان تولید و به‌روزرسانی هر لایهٔ اطلاعاتی گام عملی در ایجاد پایگاه داده بردارد.

داده‌ها/ کدهای در دسترس

محاسبات بخش دلفی و ترسیم نمودارها با استفاده از کدنویسی در محیط پایتون صورت گرفته است. کدهای مربوطه در مخزن عمومی GitHub قابل دسترسی هستند: Delphi Method

منابع

اسفنده، سرور؛ کابلی، محمد؛ اسلامی، لیلا (۱۳۹۶). استفاده از الگویتم بهینه سازی مذاب سازی شبیه سازی شده برای اولویت بندی سیستماتیک مناطق حفاظت شده در استان البرز ایران، ایران .فصلنامه علمی پژوهشی بوم‌شناسی جانوری، دوره ۹، صفحات ۱۰۵-۱۲۲.

باغخانی‌پور، محمد صابر؛ سیاح نیا، رومینا؛ مبرقعی، نغمه؛ دانه‌کار، افشین (۱۴۰۱). بررسی تعادل توسعه کشاورزی در استان البرز .مجله محیط زیست طبیعی، دوره ۷۵، صفحات ۴۶۰-۴۷۶.

برهانی، محمد؛ دانه‌کار، افشین؛ معین‌الدینی، مظاهر (۱۴۰۲). ارزیابی ظرفیت اقلیمی مناطق ساحلی استان سیستان و بلوچستان برای توسعه مزارع بادی .مجله محیط زیست طبیعی، دوره ۷۵، شماره ویژه، صفحات ۱۴۹-۱۶۶.

پطروسیان، هستی؛ دانه‌کار، افشین؛ اشرفی، سهراب؛ فقهی، جهانگیر (۱۳۹۲). کاربرد روش دلفی در اولویت‌بندی معیارهای انتخاب مناطق مناسب برای توسعه جنگل‌های مانگرو، مطالعه موردی: جنگل‌های مانگرو .فصلنامه محیط و توسعه، دوره ۴، شماره ۷، صفحات ۳۷-۴۸.

دانه‌کار، افشین؛ اسداللهی، زهرا؛ علیزاده، افشین؛ جوانشیر، آرش (۱۳۹۱). برنامه‌ریزی مدیریت گردشگری طبیعت‌محور تالاب چغاخور با استفاده از ارزیابی چندمعیاره مکانی .(SMCE) مجله محیط زیست طبیعی، دوره ۶۵، شماره ۱، صفحات ۵۳-۶۶.

دانه‌کار، افشین؛ مجنونیان، هنریک (۱۳۸۳). معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی مناطق ساحلی-دریایی به‌منظور تعیین مناطق حفاظت‌شده ساحلی-دریایی ایران، مطالعه موردی: ارزیابی مناطق حفاظت‌شده در امتداد سواحل دریای خزر .مجله محیط زیست، دوره ۳۵، صفحات ۹-۳۲.

داور، لیدا؛ دانه‌کار، افشین؛ ریاضی، برهان؛ سلمان‌ماهینی، عبدالرسول؛ نعیمی، بابک (۱۳۸۹). مقایسه کارایی دو روش NOAA و IMO برای شناسایی مناطق حساس زیست‌محیطی در سواحل استان سیستان و بلوچستان .مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۲، صفحات ۱۱۳-۱۳۶.

رضایی‌لعل، آزیتا؛ دانه‌کار، افشین؛ خوراسانی، نعمت اله؛ مجنونیان، هنریک (۱۳۸۷). ارزیابی چندمعیاره منطقه ساحلی استان مازندران با هدف سنجش میزان حساسیت و تعیین مناطق تحت حفاظت ساحلی.ICOPMAS .

صالح‌نسب، ابوطالب؛ دانه‌کار، افشین؛ فقهی، جهانگیر؛ سوسنی، جواد (۱۳۹۲). کاربرد روش دلفی در طبقه‌بندی و اولویت‌بندی معیارهای انتخاب گردشگری طبیعت برای مکان‌یابی پارک‌های جنگلی، مطالعه موردی: جنگل‌های نیمه‌بیابانی زاگرس .اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

سپهر، مرتضی؛ دانه کار، افشین؛ فاطمی، سید محمدرضا؛ ماشینچیان مرادی، علی (۱۳۹۷). کاربرد روش دلفی در غربالگری معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی واحدهای آب‌شیرین‌کن .دومین کنفرانس ملی اقلیم و هواشناسی .دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

سپهر، مرتضی؛ جمال‌زاده فلاح، فریبرز؛ جمال‌زاده، حمیدرضا؛ شعبانی کسبخی، رکسانا؛ کرمی‌راد، شراره (۱۳۹۶). پهنه‌بندی و تعیین حساسیت اکولوژیک منطقه ساحلی شهرستان رودسر به‌منظور شناسایی مناطق حساس ساحلی-دریایی .بوم‌شناسی تالاب، دوره ۱۰، شماره ۳۷، صفحات ۱۳-۳۶.

شریفی، ن.؛ سپاسی، ن.؛ دانه‌کار، ا.؛ محمودی، ب. (۱۳۹۰). روش دلفی و کاربرد آن در محیط زیست .ماهنامه سبزینه، دوره ۶، صفحات ۶۸-۷۲.

قائمی، ز.؛ مقیم، ا. (۱۳۹۵). مطالعات طرح آمایش استان البرز: مطالعات محیط زیست. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان البرز، شرکت مهندسین مشاور شرق آینده.

حبیبی، سمانه؛ شریفی‌پور، رزیتا؛ دانه‌کار، افشین (۱۳۹۲). بررسی حساسیت فیزیکی منطقه ساحلی استان هرمزگان بر اساس شاخص حساسیت زیست‌محیطی .(ESI) مجله اقیانوس‌شناسی، دوره ۴، صفحات ۶۵-۱۰۰.

حدادی نیا، سمیه؛ دانه‌کار، افشین (۱۳۸۸). وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارهای گردشگری طبیعت برای برنامه‌ریزی در اکوسیستم‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی با استفاده از روش دلفی .مجله مدیریت و توسعه منابع طبیعی، دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۲۱-۳۲.

کبیری‌هندی، مریم؛ میرکریمی، سید حامد؛ سلمان‌ماهینی، عبدالرسول (۱۴۰۲). شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر ارزیابی خدمات اکوسیستمی فرهنگی در استان گلستان .مجله تحقیقات محیط زیست، دوره ۱۳، شماره ۲۶، صفحات ۲۴۷-۲۶۲.

مافی‌غلامی، داوود؛ نوری کمری، اکرم (۱۳۹۹). اولویت‌بندی معیارهای حساسیت زیست‌محیطی جنگل‌های مانگرو با استفاده از روش FAHP.مجله علوم و فناوری دریایی، دوره ۱۹، صفحات ۹۶-۱۰۸.

ماهر، ماهر (۱۳۹۹). انتخاب مکان مناسب برای احداث مزارع بادی در آب‌های سرزمینی استان هرمزگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۵۲ صفحه.

نیک‌رنجبر، مهری؛ بابایی سمیرمی، فرزاد؛ جوزی، سید علی؛ دانه‌کار، افشین؛ ارجمندی، رضا (۱۴۰۱). کاربرد روش دلفی در اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری منابع آب در حوضه‌های آبخیز .مجله فضای جغرافیایی، دوره ۲۱، شماره ۷۶، صفحات ۱۸۱–۱۹۵.

نوری، جعفر؛ دانه‌کار، افشین؛ شریفی‌پور، رزیتا (۱۳۸۶). حساسیت اکولوژیک منطقه ساحلی خلیج فارس، مطالعه موردی: استان بوشهر .مجله علوم کاربردی محیط زیست، دوره ۱۱، صفحات ۱۰۳–۱۰۸.

یعقوب‌زاده، مریم؛ دانه‌کار، افشین؛ حقیقت، منیر؛ مشهدی رفیعی، مجید؛ لطفی‌خواه، سعید (۱۴۰۱). پهنه‌بندی سواحل استان سیستان و بلوچستان بر اساس ارزیابی حساسیت زیست‌محیطی .مجله محیط زیست طبیعی، دوره ۷۵، شماره ۱، صفحات ۴۹–۶۳.

Abdel Kawy, W.A. & Belal, A. (2011). GIS to Assess the Environmental Sensitivity for Desertification in Soil Adjacent to El-Manzala Lake, East of Nile Delta, Egypt. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science*, 10, 844-856.

Ahmed, A., Abba, S., Siriki, F., & Maman, B. (2020). Quantitative Assessment of Land Cover Sensitivity to Desertification in Maigatari Local Government Area, Jigawa State, Nigeria. *Journal Applied Science Environment Management*, 24, 1509-1517.

Baghkhanipour, M.S., Sayahnia, R., Mobarghaee, N., & Danekar, A. (2022). Balancing agricultural development in Alborz province. *Natural Environment Journal*, 75, 460-476. (in Persian)

Basso, F., Bove, E., Dumontet, S., Ferrara, A., Pisante, M., Quaranta, G., & Taberner, M. (2000). Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena*, 40, 19–35.

Bedoui, C. (2020). Study of desertification sensitivity in Talh region (Central Tunisia) using remote sensing, G.I.S. and the M.E.D.A.L.U.S. approach. *Geoenvironmental Disasters*, 7(16).

Borhani, M., Danehkar, A., & Moeinaddini, M. (2023). Climatic capacity evaluation of coastal area of Sistan and Baluchistan province for the development of wind farms. *Journal of Natural Environment*, 75 (Special Issue), 149–166. (in Persian)

Chen, J. & Wu, C. (2020). Evaluation of ecological sensitivity in Erhai Lake Basin, southwest China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 612, 012072.

Chen, Y., Zhang, T., Zhou, X., Li, J., Yi, G., Bie, X., Hu, J., & Wen, B. (2023). Ecological sensitivity and its driving factors in the area along the Sichuan–Tibet Railway. *Environment, Development and Sustainability*.

Contador, J. F. L., Schnabel, S., Gutie´rrez, A. G., & Ferna´ndez, M. P. (2009). Mapping sensitivity to land degradation in extremadura. Sw spain. *land degradation & development*, 20, 129-144.

Cui, H., Liu, M., & Chen, C. (2022). Ecological Restoration Strategies for the Topography of Loess Plateau Based on Adaptive Ecological Sensitivity Evaluation: A Case Study in Lanzhou, China. *Sustainability*, 14, 2858.

Dai, X., Li, Z., Lin, S., & Xu, W. (2012). Assessment and zoning of eco-environmental sensitivity for a typical developing province in China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26, 1095–1107.

Danehkar, A., Asadollahi, Z., Alizadeh, A., & Javanshir, A. (2012). Nature Based Tourism Management Planning of Choghakhor Wetland by Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE). *Journal of Natural Environment*, 65(1), 53-66. (in Persian)

Danekar, A. & Majnonian, H. (2004). Proposed criteria for assessing coastal-marine areas in order to determine Iran's coastal-marine protected areas, case study: Assessment of protected areas along the Caspian Sea coast. *Environmental Journal*, 35, 9-32. (in Persian)

Davar, L., Danekar, A., Riazi, B., Salman Mahini, A., & Naeimi, B. (2010). Comparison of the efficiency of two methods NOAA and IMO, for identifying environmentally sensitive areas on the coasts of Sistan and Baluchestan Province. *Environmental Science and Technology*, 12, 113-136. (in Persian)

De Pina Tavares, J., Baptista, I., Ferreira, A.J.D., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., Amoros, R., Dos Reis, E.A., Mendes, A.F., Costa, L., Bentub, J., & Varela, L. (2015). Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region Case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde. *CATENA*, 128, 214–223.

Dunham, R. (1998). *The Delphi Technique*. University of Wisconsin School of Business.

Dutta, S. & Chaudhuri, G. (2015). Evaluating environmental sensitivity of arid and semiarid regions in northeastern Rajasthan, India. *Geographical Review*, 105, 441–461.

Esfandeh, S., Kaboli, M., & Eslami, L. (2017). Using a simulated melt optimization algorithm for systematic prioritization of protected areas in Alborz Province, Iran. *Quarterly Scientific Research Journal of Animal Ecology*, 9, 105-122. (in Persian)

Feng, H., Zhang, X., Nan, Y., Zhang, D., & Sun, Y. (2023). Ecological Sensitivity Assessment and Spatial Pattern Analysis of Land Resources in Tumen River Basin, China. *Applied Sciences*, 13, 4197.

Gadgil, M., Ranjit Daniels, R.J., Ganeshaiah, K.N., Narendra Prasad, S., Murthy, M.S.R., Jha, C.S., Ramesh, B.R., & Subramanian, K.A. (2011). Mapping ecologically sensitive, significant and salient areas of Western Ghats: proposed protocols and methodology. *Current Science*, 100, 175-182.

Ghaemi, Z. & Moghim, E. (2016). Alborz Province Planning Plan Studies: Environmental Studies. Alborz Provincial Planning and Budget Organization, Shargh Aayend Consulting Engineers Company. (in Persian)

González Del Campo, A. (2017). Mapping environmental sensitivity: A systematic online approach to support environmental assessment and planning. *Environmental Impact Assessment Review*, 66, 86–98.

Gül, E. & Erşahin, S. (2019). Evaluating the desertification vulnerability of a semiarid landscape under different land uses with the environmental sensitivity index. *Land Degradation & Development*.

Habibi, S., Sharifipour, R., & Danekar, A. (2013). Investigating the physical sensitivity of the coastal area of Hormozgan Province based on the Environmental Sensitivity Index (ESI). *Oceanography*, 4, 65-100. (in Persian)

Hadadinia, S. & Danekar, A. (2009). Weighting and ranking of nature tourism criteria for planning in desert and semi-desert ecosystems using the Delphi method. *Journal of Natural Resources Management and Development*, Tehran University Jahad Branch, 2(2), 21-32. (in Persian)

Hasanzadeh, M., Danehkar, A., & Azizi, M. (2013). The application of Analytical Network Process to Environmental Prioritizing Criteria for Coastal Oil Jetties Site Selection in Persian Gulf Coasts (Iran). *Ocean & Coastal Management*, Vol. 73, 136-144.

Hashim, H.S., Pereira, J.J., & Komoo, I. (2007). Sustainable city planning: emphasis on the management of environmentally sensitive areas. *Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 61–76.

Hong, W., Guo, R., Su, M., Tang, H., Chen, L., & Hu, W. (2017). Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: A case study of Shenzhen, China. *Land Use Policy*, 62, 316–325.

Kabiri-Hendi, M., Mirkarimi, S.H., & Salmanmahiny, A. (2023). Identification and Prioritization of Effective Criteria for Cultural Ecosystem Services Assessment in Golestan Province. *Journal of Environmental Research*, Vol. 13(26), 247-262. (in Persian)

Kadović, R., Bohajar, Y.A.M., Perović, V., Simić, S.B., Todosijević, M., Tošić, S., Anđelić, M., Mlađan, D., & Dovezenski, U. (2016). Land Sensitivity Analysis of Degradation using MEDALUS model: Case Study of Deliblato Sands, Serbia. *Archives of Environmental Protection*, 42, 114–124.

Kadović, R., Kirkby, M., & Geeson, N. (1999). *The Medalus project Mediterranean desertification and land use*. European environment and climate research programme.

Kalantari, Kh. (2016). *Data Processing and Analysis in Socio-Economic Research, Farhang Saba*. 3rd Edition. (in Persian)

Kelleher, G. & Kenchington, R. (1992). Guidelines for Establishing Marine Protected Areas. A Marine Conservation and Development Report. IUCN, Gland, Switzerland. vii+ 79 pp.

Kloss, D., Kirk, M., & Kasparek, M. (2004). World Bank Africa Region SLM Portfolio Review. Draft 19.

Kong, X., Han, M., Li, Y., Kong, F., Sun, J., Zhu, W., & Wei, F. (2024). Spatial differentiation and formation mechanism of ecological sensitivity in large river basins: A case study of the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 158, 111571.

Krejcie, R.V. & Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.

Lee, E.J., Piao, D., Song, C., Kim, J., Lim, C.H., Kim, E., Moon, J., Kafatos, M., Lamchin, M., Jeon, S.W., & Lee, W.K. (2019). Assessing environmentally sensitive land to desertification using MEDALUS method in Mongolia. *Forest Science and Technology*, 15, 210–220.

Leman, N., Firuz Ramli, M., & Khairani Khirotdin, P. (2016). GIS-based integrated evaluation of environmentally sensitive areas (ESAs) for land use planning in Langkawi, Malaysia. *Ecological Indicators*, 61, 293–308.

Liang, C. & Li, X. (2012). The Ecological Sensitivity Evaluation in Yellow River Delta National Natural Reserve. *Clean– Soil, Air*, Water 40, 1197–1207.

Liu, Y., Li, C., Ren, Z., & He, Y. (2012). Land Eco-sensitivity Assessment of Ecological Cities Based on LUCC. *Asian Agriculture Research*, 4, 49-54.

Mafi-Gholami, D. & Nouri- Kamari, A. (2020). Prioritizing environmental sensitivity criteria for mangroves using the FAHP method. *Journal of Marine Sciences and Technologies*, 19, 96-108. (in Persian)

Mafi-Gholami, D., Feghhi, J., Danehkar, A., & Yarali, N. (2015). Classification and Priorition of Negative Factors Affecting on Mangrove Forest Using Delphi Method (A Case Study: Mangrove Forest of Hormozgan Province, Iran). *Advances in Bioresearch*, 6(3), 78-92.

Maher, M. (2020). Wind farm site selection in territorial waters of Hormozgan province, Master's Thesis in Environmental Sciences and Engineering. Department of Environment Evaluation and Survey of the Land, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. 52 P. (in Persian)

Mousavi, S.H., Danehkar, A., Shokri, M.R., Poorbagher, H., & Azhdari, D. (2015). Site Selection for Artficial Reefs Using a New Combine Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Tools for Coral Reefs in the Kish Island-Oersian Gulf. *Journal of Ocean & Coastal Management*, 111, 92-102.

Ndubisi, F., Demeo, T., & Ditto, N.D. (1995). Environmentally sensitive areas: a template for developing greenway corridors. *Landscape and Urban Planning*, 33(1995), 159-177.

Nikranjbar, M., Babaei Semiromi, F., Jozi S.A., Danehkar, A., & Arjmandi, R. (2022). Application of Delphi method to Prioritization effective factors in water resources resilience in watersheds. *Journal of Geographic Space*, Vol. 21, (76), 181-195. (in Persian)

Niu, Q., Yu, L., Jie, Q., & Li, X. (2020). An urban eco environmental sensitive areas assessment method based on variable weights combination. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 2069–2085.

Noura Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H., & El-Badawi, M.M. (2012). Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators. *Ecological Indicators*, 15, 0–280.

Nikranjbar , J., Danehkar, A., & Sharifipour, R. (2007). Ecological sensitivity of the Persian Gulf coastal region (Case study: Bushehr province). *Journal of Applied Science Environmental Management*, 11, 103–108. (in Persian)

Ogbue, C., Igboeli, E., Ajaero, C., Uchenna Ochege, F., Inuwa Yahaya, I., Yeneayehu, F., You, Y., & Wang, Y. (2024). Remote sensing analysis of desert sensitive areas using MEDALUS model and GIS in the Niger River Basin. *Ecological Indicators*, 158, 111404.

Pan, F., Tian, C., Shao, F., Zhou, W., & Chen, F. (2012). Evaluation of ecological sensitivity in Karamay, Xinjiang, China. *Geography Science*, 22(2), 329–345.

Parvari, S.H., Pahlavanravi, A., Moghaddam Nia, A.R., Dehvari, A., & Parvari, D. (2011). Application of Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification in Dry Bed of Hamoun Wetland (Iran). *International Journal of Natural Resources and Marine Sciences*, 1, 65-80.

Petrosian, H., Danekar, A., Ashrafi S., & Faqhi, J. (2013). Application of the Delphi method in prioritizing criteria for choosing suitable areas for the development of mangrove forests (Case study: Mangrove Forests). *Environment and Development Quarterly*, 4(7), 37-48. (in Persian)

Pourmohammad, F., Zare, M., Dorostian, A., Akasheh, B., & Mojarab, M. (2023). Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Strong Ground Motion Assessment in Southwest Alborz, Iran. *Environmental Hazards Management*, 9, 311-323.

Rezaeilal, A., Danekar, A., Khorasani, N., & Majnonian, H. (2008). Multi-criteria assessment of the coastal area of Mazandaran province with the aim of measuring the degree of sensitivity and determining areas under coastal protection. ICOPMAS. (in Persian)

Rozbehi, M., Fatemi, M., & Danekar, A. (2011). Identification and survey of Qeshm Island's beaches and determination of their ecological sensitivity based on determination of fixed beach segments. ICOPMAS.

Rustandi, Y., Damar, A., Rakasiwi, G., Afandy, A., Hamdani, A., & Mulyana, D. (2020). Environmental sensitivity index mapping as a prevention strategy against oil spill pollution: A case study on the coastal area of South Sumatera Province in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 414, 012019.

Salehnasab, A., Danehkar, A., Feghhi, J., & Sosani, J. (2013). Application of the Delphi Method in Classifying and Prioritizing Nature Tourism Selection Criteria for Locating Forest Parks (Case Study: Semi-Desert Forests of Zagros). *The 1st National Conference on solutions to access sustainable development in agriculture, natural resources and the environment*. (in Persian)

Salvati, L., Mancino, G., De Zuliani, E., Sateriano, A., Zitti, M., & Ferrara, A. (2011). An expert system to evaluate environmental sensitivity: a local – scale approach to desertification risk. *Applied ecology and environmental research*, 11, 611-627.

Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R., & Jamali, J.B. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring Assessment*, 134, 243–254.

Sepehr, M., Fatemi, M., Mashinchian, A., Jamalzade Falah, F., & Shaabani, R. (2018). Application of Delphi Method in Screening Criteria and Sub-Criteria for Locating Desalination Units. *Second National Conference on Climate and Meteorology*. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. (in Persian)

Sepehr, M., Fatemi, M.R., Danehkar, A., & Mashinchian Moradi, A. (2017). Application of Delphi Method in Site Selection of Desalination Plants. *Global Journal of Environmental Science Management*, 3, 89-102.

Sepehr, M., Jamalzade Falah, F., Jamalzade, H., Shaabani, R., & Karamirad, Sh. (2017). Zoning and determining the ecological sensitivity of the coastal area of Rudsar County in order to identify sensitive coastal-marine areas. *Wetland Ecobiology*, 10(37), 13-36. (in Persian)

Shao, W., Wang, Q., Guan, Q., Zhang, J., Yang, X., & Liu, Z. (2023). Environmental sensitivity assessment of land desertification in the Hexi Corridor, China. Catena 2020, 106728.

Sharifi, N., Sepasi, N., Danekar, A., & Mahmoudi, B. (2011). Delphi Method and Its Application in Environment. *Sabzineh Monthly*, 6, 68-72. (in Persian)

Shia, Y., Lib, J., & Xie, M. (2018). Evaluation of the ecological sensitivity and security of tidal flats in Shanghai. *Ecological Indicators*, 85, 729-741.

Silvestro, D., Goria, S., Sterner, T., & Antonelli, A. (2022). Improving biodiversity protection through artificial intelligence. *Nature Sustainability*, 5, 415-424.

Smyth, A.J., Dumanski, J., Spendjian, G., Swift, M.J., & Thornton, P.K. (1993). FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management, World Soil Resources Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, M-59, ISBN 92 - 5-103419.

Sobhani, P. & Danehkar, A. (2025). Key drivers of the environment in the development of Tehran-Alborz urban complex. *Results in Engineering*, 27, 105803.

Song, C., Teni, G., & Du, H. (2023). Spatio-Temporal Evolution of Ecological Sensitivity in the Desert of China from 1981 to 2022. *Sustainability*, 15, 12102.

Steiner, F., Blair, J., McSherry, L., Guhathakurta, S., Marruffo, J., & Holm, M. (2000). A watershed at a watershed: the potential for environmentally sensitive area protection in the upper San Pedro Drainage Basin (Mexico and USA). *Landscape and Urban Planning*, 49, 129-148.

Syartinilia, S., Wahyuni, S., Siahainenia, A.J., & Santoso, I. (2019). Environmentally sensitive area models for supporting West Papua conservation province. Proc. SPIE 11372, Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite, 113721D.

Wei, G., Yang, Z., Liang, C., Yang, X., & Zhang, S. (2022). Urban Lake Scenic Protected Area Zoning Based on Ecological Sensitivity Analysis and Remote Sensing: A Case Study of Chaohu Lake Basin, China. *Sustainability*, 14, 13155.

Wei, W., Li, Z., Xie, B., Zhou, J., & Guo, Z. (2020). Spatial distance-based integrated evaluation of environmentally sensitivity for ecological management in northwest China. *Ecological Indicators*, 118, 106753.

Xu, Y., Liu, R., Xue, C., & Xia, Z. (2023). Ecological Sensitivity Evaluation and Explanatory Power Analysis of the Giant Panda National Park in China. *Ecological Indicators*, 146, 109792.

Yaghoubzade, M., Danekar, A., Haghighat, M., Mashhadi Rafiei, M., & Lotfikhah, S. (2022). Zoning of the coasts of Sistan and Baluchestan based on environmental sensitivity assessment. *Journal of Natural Environment*, 75(1), 49-63. (in Persian)

Yilmaz, F.C., Zengin, M., & TekinCure, C. (2020). Determination of ecologically sensitive areas in Denizli province using geographic information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). *Environmental Monitoring Assessment*, 192, 589.

Yua, J., Lia, F., Wanga, Y., Lin, Y., Peng, Z., & Cheng, K. (2020). Spatiotemporal evolution of tropical forest degradation and its impact on ecological sensitivity: A case study in Jinghong, Xishuangbanna, China. *Science of the Total Environment*, 727, 138678.