

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

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 pay attention to environmentally sensitive areas. In order to prioritize the criteria for identifying environmentally sensitive areas in Alborz Province, 9 criteria and 38 sub-criteria were obtained from 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 9 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 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.

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

کاربرد روش دلفی در اولویت بندی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی (مطالعه موردی: استان البرز)

چکیده:

اهمیت روز افزون مدیریت پایدار سرزمین، حفاظت از سرزمین و همچنین اولویت بندی حفاظتی مناطق به یکی از مسائل ضروری در برنامه ریزی منطقه ای تبدیل شده است. از ملزومات اولویت بندی حفاظتی توجه به مناطق حساس محیط زیستی است. به منظور اولویت بندی معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز از بررسی و جمع بندی ۵۰ منبع خارجی و داخلی ۹ معیار و ۳۸ زیرمعیار حاصل شد. معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده در قالب پرسشنامه دلفی برای غربال و اولویت بندی در اختیار متخصصان و کارشناسان ذیربط قرار گرفت. نتایج بر اساس ضریب اهمیت نشان داد ۹ معیار اصلی شامل آسیب پذیری بوم شناختی، 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، تپ گیاهی، خزندگان، حساسیت سرزمین، مخاطرات آبناختی، آبیان، حساسیت گیاهی، مؤلفه های 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.

واژگان کلیدی: معیارهای اکولوژیک، معیارهای انسانی، تهدیدهای انسانی، حفاظت سرزمین، مدیریت پایدار سرزمین

پژوهشگر
مستقل

مقدمه :

مدیریت پایدار سرزمین، فرآیندی است که با تلفیق فناوری‌ها، سیاست‌ها و اقدامات مختلف، تلاش می‌کند تا ملاحظات محیط‌زیستی را با اهداف اقتصادی و اجتماعی همسو کند. این رویکرد نه تنها به حفظ یا افزایش بهره‌وری می‌انجامد، بلکه ریسک‌های تولید را کاهش داده، از منابع طبیعی محافظت می‌کند و مانع فرسایش خاک و آلودگی آب می‌شود. همچنین، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و پایدار بوده 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 (Baghkanipour et al., 2022). مدیریت پایدار سرزمین بر پنج رکن اساسی: بهره‌وری، امنیت، حمایت، سودآوری^۴ و قابلیت پذیرش^۵ استوار است. این اصول به عنوان پایه‌های بنیادین مدیریت پایدار سرزمین محسوب شده و لازم است به طور مستمر مورد ارزیابی و پایش قرار گیرند (Smyth et al., 1993). حفاظت سرزمین^۶ که یکی از اهداف مدیریت پایدار سرزمین می‌باشد، اهداف مهمی را در جامعه تامین می‌کند. حفاظت سرزمین جز حیاتی هر برنامه‌ای است که حوزه آبخیز را حمایت می‌کند و پایدار نگه می‌دارد. کاربری و توسعه زمین می‌تواند اثرات زیان آور شدیدی بر حوزه آبخیز داشته باشد، مگر آن که از راه‌های پایدار محیط‌زیستی، مدیریت و برنامه‌ریزی شده باشد. حفاظت سرزمین تلاش می‌کند که زیستگاه حساس و مهم برای گیاهان و حیات وحش، کریدورهای آبی در محل تلاقی آب و زمین، ذخایر هیدرولوژیک و پایدار زمین را حمایت نماید. مناطق حفاظت‌شده یکی از راه‌ها و فرصت‌های ایجاد استراتژی توسعه پایدار با هدف ایجاد توازن بین توسعه سرزمین، حفاظت از منابع سرزمینی و رفاه اجتماعی است (Syartinilia et al., 2019).

حفاظت از مناطق مناسب، یا توسعه مدل‌های پایدار استفاده از تنوع‌زیستی بدون به خطر انداختن گونه‌ها، به حفاظت از دارایی‌های طبیعی و استمرار فرایندهای اکولوژیک در آینده کمک می‌کند. با این وجود، انتخاب مناطق غیر اثربخش برای حفاظت، نه تنها می‌تواند بودجه عمومی را هدر دهد، بلکه منجر به از بین رفتن گونه‌ها، تنوع فیلوژنتیک، ارزش اجتماعی-اقتصادی و عملکردهای اکولوژیک شود (Silvestro et al., 2022). از ملزومات انتخاب مناطق بهینه توجه به مناطق حساس محیط‌زیستی است. مناطق حساس محیط‌زیستی^۷ (ESAs) عناصر منظر یا مکان‌هایی هستند که برای نگهداری طولانی مدت تنوع زیستی، خاک، آب یا سایر منابع طبیعی در یک بافت منطقه‌ای حیاتی هستند. آن‌ها شامل زیستگاه‌های حیات وحش، مناطق ساحلی، تالاب‌ها و مناطق پشتیبان معاش انسان هستند. مناطق حساس محیط‌زیستی می‌توانند در همه انواع زمین‌سینماها حضور داشته باشند، اما اهمیت آن‌ها در حفظ سلامت یک منطقه به ارزش‌های اکولوژیک آن‌ها، نوع و سیستم مدیریتی کاربری‌های زمین‌های مجاور بستگی دارد (Ndubisi et al., 1995). امروزه حساسیت‌سنجی محیط‌زیستی، یکی از رویکردهای طبقه‌بندی‌های مدیریتی سرزمین محسوب می‌شود و حساسیت محیط‌های طبیعی (مانند زیستگاه‌ها و پیکره‌های آبی) را در برابر تغییرات آب و هوایی و انسانی توصیف می‌کند. سازگاری محیط‌زیستی در مقابل فشار روندهای تحمیل شده بر محیط با فرض یا سناریوهای عدم کاهش یا کاهش کیفیت محیط زیست مورد بررسی قرار می‌گیرند (Wei et al., 2020). Syartinilia و همکاران (۲۰۱۹) شناسایی منطقه حساس محیط‌زیستی را به عنوان یکی از اولین گام‌ها برای تحقق برنامه‌ریزی فضایی برای تشخیص اولویت حفاظتی سرزمین در نظر گرفته‌اند. شناسایی مناطق حساس محیط‌زیستی یک گام عملی است که بینشی در مورد برخی از چالش‌های پیش‌روی برنامه‌ریزی و هماهنگی بهتر کاربری اراضی در منطقه در اختیار قرار می‌دهد (Steiner et al., 2000). حساسیت محیط‌زیستی باید هشدارهای اولیه را برای تعارضات بالقوه کاربری زمین ارائه دهد و مکان و میزان اثرات نامطلوب احتمالی را به منظور اطلاع‌رسانی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شناسایی کند (Rustandi et al., 2020). مناطق حساس را همچنین می‌توان با مناطق حائل که برای ارائه سطح بالاتر حفاظت تنظیم شده‌اند، ادغام کرد (Steiner et al.,)

¹ Productivity

² Security

³ Protection

⁴ Viability

⁵ Acceptability

⁶ Land Conservation

⁷ Environmentally Sensitive

Areas

2000). نیاز به شناسایی و مدیریت مناطق حساس محیط‌زیستی برای جستجوی توسعه متعادل و متوازن در داخل و اطراف چنین مناطقی بر اساس مفهوم توسعه پایدار از اهمیت اساسی برخوردار است (Hashim et al., 2007).

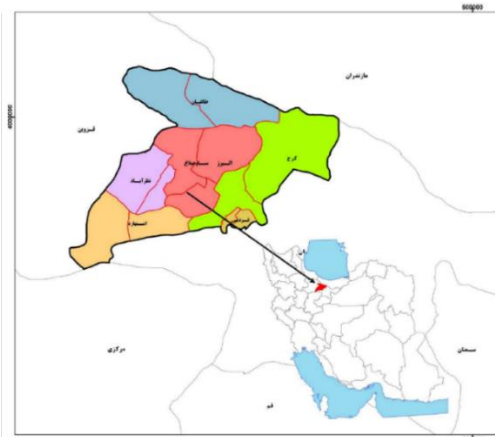
این مطالعه برپایه روش دلفی طراحی شد. این تکنیک روشی برای کسب دانش گروهی با توسل به یک فرآیند ساختاری برای پیش‌بینی و تسهیل تصمیم‌گیری برپایه نظرسنجی‌های کارشناسی، جمع‌آوری داده‌ها و در نهایت، خرد جمعی است (Dunham, 1998). این روش به محققان اجازه می‌دهد تا با یکپارچه سازی نظرات و قضاوت‌های متخصصان زمینه را جهت تصمیم‌گیری و طرح‌ریزی در مورد پارامترهای مسئله فراهم سازند (Danehkar et al., 2012). Danehkar و Hadadinia (۲۰۰۹) برای تعیین معیارهای مکان‌یابی عرصه‌های طبیعت‌گردی در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی از روش دلفی استفاده نمودند. در نتیجه ۱۱ معیار اصلی شامل اهمیت تفرجگاهی، عوامل مدیریتی، خصوصیات فیزیکی سیمای سرزمین، حیات‌وحش 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. Nikranjbar و همکاران (۲۰۲۱) 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 برد و در قالب سه گروه معیار اصلی اکولوژیک، اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی، ۹ معیار و ۱۸ زیرمعیار، مولفه‌های مؤثر بر تخمین تاب‌آوری منابع آب را معرفی کرد. Borhani و همکاران (۲۰۲۳) برای تعیین معیارهای مکان‌یابی مزارع بادی ناحیه ساحلی استان سیستان و بلوچستان معیارهای اولیه را با بررسی ۳۰ پژوهش مرتبط شناسایی کردند، غربال سازی معیارها با استفاده از روش دلفی نشان داد برای مکان‌یابی مزارع بادی در محدوده مورد مطالعه، میانگین سرعت باد، استمرار باد، فاصله از مناطق لغزشی، فاصله از مناطق عملیات نظامی، فاصله از شبکه نیرو و هزینه‌های توسعه مهمترین شاخص‌های توسعه این کاربری هستند. سنجش اهمیت معیارها بر مبنای روش دلفی نشان داد ضروری ترین شاخص‌های مکان‌یابی مزارع بادی در محدوده مورد مطالعه میانگین سرعت باد، استمرار باد، فاصله از شبکه نیرو و چگالی توان باد است. Danekhar و Sobhani (۲۰۲۵) از روش دلفی برای تعیین مؤلفه‌های کلیدی نیروهای محرک، کلان‌روندها، عدم قطعیت‌های محیطی و روابط بین آن‌ها در توسعه مجموعه شهری تهران- البرز استفاده کردند. طبق نتایج، در بین معیارها، بالاترین ضریب اهمیت به معیارهای اکولوژیک، در بین زیرمعیارهای آن نیز به منابع آب و در بین شاخص‌ها، به مصرف سرانه منابع آب اختصاص یافت. این مطالعه با هدف شناسایی و اولویت بندی معیارها و زیر معیارها، مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز به انجام رسیده است و انتظار می رود نتایج آن بتواند حساسیت های بوم شناختی و زیست فرهنگی این محدوده را در مقابل شتاب فرایند توسعه اقتصادی مصون نگهدارد.

روش پژوهش:

محدوده مورد مطالعه

این مطالعه محدود به استان البرز در دامنه جنوبی رشته کوه 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 دقیقه شمالی و طول ۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه 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 آب و هوای کلی شامل آب و هوای "سرد و معتدل" در منطقه کوهستانی و آب و هوای "گرم و معتدل" در منطقه دشتی است (Baghkhani et al., 2022). ساختار فضایی شکل زمین استان که نمایانگر ارتفاعات بلند و نواحی پست و هموار است باعث ایجاد تنوع خرد اقلیم‌های مختلف شده به طوری که از اقلیم بیابانی در قسمت‌های جنوبی تا اقلیم‌های نیمه مرطوب و بسیار مرطوب در قسمت‌های شمالی در این استان مشاهده می‌شود. بیش از نیمی از مساحت استان بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی دومارتون در قلمرو آب و هوای خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد (Ghaemi & Moghim, 2016). وجود اختلاف ارتفاع بیشتر از ۱۴۰۰ در این استان سبب ایجاد زیست بوم‌ها، 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 (Esfandeh et al., 2017). بخش‌های مرطوب استان، بویژه مناطق کوهسری که کمتر در معرض دست‌خوردگی انسانی قرار داشت است و در رود دره‌ها که از توسعه روستایی مصون مانده، برخوردار از پوشش گیاهی پراکنده تا نیمه انبوه از علفزارها، درختزارها و بیشه‌های رودخانه‌ای است (Ghaemi & Moghim, 2016). 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 و برای سال ۱۴۰۵ نیز حدود ۳ میلیون نفر پیش‌بینی شده است.



شکل ۱ - موقعیت محدوده مورد مطالعه

این مطالعه در مرحله 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 محیط‌زیستی 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 گردید. سپس با استفاده از روش دلفی نیمه بسته که برای نظرسنجی تک راند برای کشور سازگار شده است، ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها 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 محتوایی پرسشنامه و معیارها، از نسبت روایی محتوا (CVR) استفاده شد که توسط Lawshe (۱۹۷۵) ارائه گردید. این شاخص، میزان توافق متخصصان درباره «ضروری» بودن یک گزینه را اندازه‌گیری می‌کند. فرمول محاسبه CVR مطابق رابطه ۱ است.

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه n_e تعداد متخصصانی است که به گزینه «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 (Critical Value) جدول Lawshe مقایسه شد. اگر CVR محاسبه‌شده بزرگ‌تر یا مساوی مقدار بحرانی متناسب با تعداد متخصصان شد، گزینه مورد نظر از روایی محتوایی کافی برخوردار است. در غیر این صورت، حذف می‌گردد. در این پژوهش، با توجه به تعداد متخصصان، مقدار بحرانی جدول لاوشه برابر با ۰/۴۲ بوده 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 نیمه بسته تک مرحله‌ای به انجام رسید. این روش دلفی که با شرایط تکمیل پرسشنامه برای کشور سازگار شده است در برگرفته فهرست شناسایی شده معیارها و زیرمعیارها براساس یک جدول سلسله مراتبی پژوهشگر ساخته است که از طریق سنجش دو شاخص درجه اهمیت و درصد اهمیت معیارها و زیرمعیارها، از طریق یک نمودار براساس شرایط شایستگی گویه‌ها (درجه 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 Hadadinia و Danehkar (۲۰۰۹)، Sharifi و همکاران (۲۰۱۱)، Mousavi و همکاران (۲۰۱۵)، Sepehr و همکاران (۲۰۱۸)، Nikranjbar و همکاران (۲۰۲۱)، Kabiri-Hendi و همکاران (۲۰۲۳)، Borhani و همکاران (۲۰۲۳) و Sobhani و همکاران (۲۰۲۵) مورد استفاده قرار گرفته است.

دلفی روش مناسبی برای آتالیز نظرات خبرگان در فرآیند تصمیم‌گیری است، که ساختار یک فرآیند ارتباط جمعی را به منظور دستیابی به نتیجه مفید برای اهداف مدیریتی تشخیص می‌دهد (Maher, 2020). 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 دامنه انتخاب متخصصان آن بسیار محدود است. در این روش پرسشنامه نظرسنجی متخصصان حاوی معیارها و زیرمعیارها در قالب طیف لیکرت ۵ طبقه‌ای (بی اهمیت، کم اهمیت، با اهمیت، اهمیت زیاد، اهمیت خیلی زیاد)، در اختیار متخصصان ذیربط قرار داده شد و پاسخ‌های کیفی به صورت اعداد کمی ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ در فرآیند سنجش دلفی وارد شد. در واقع اهمیت‌های تعیین شده در دامنه‌ای بین صفر و ۱۰ است (Salehnasab et al., 2016; Sepehr et al., 2018). محاسبات روش دلفی برای تعیین محاسبه دو شاخص درجه اهمیت و درصد اهمیت گویه به شرح رابطه ۲ است (Hasanzadeh et al., 2013, 2015; Petrosian et al., 2013; Kabiri-Handi et al., 2023; Sobhani et al., 2025). جامعه آماری این پژوهش را کلیه متخصصان مرتبط با موضوع و دارای پیش زمینه اطلاعاتی در مورد استان البرز تشکیل می‌دادند. با توجه به محدود بودن تعداد این خبرگان، همه ۲۰ متخصص شناسایی شده و در دسترس، به روش هدفمند انتخاب و پرسشگری از آن‌ها انجام شد. این تعداد با حداقل حجم نمونه لازم مطابق با جدول تعیین حجم نمونه مورگان (Krejcie and Morgan, 1970) برای یک جامعه محدود هماهنگ است و از این نظر مورد تأیید می‌باشد.

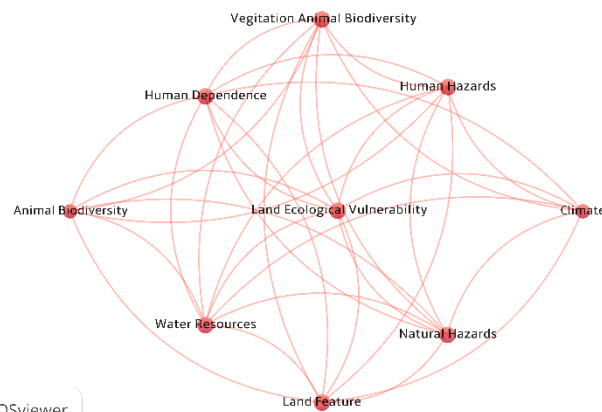
$$\begin{aligned}
 \text{وزن تعدیل شده } (y_i) &= \frac{x_i}{\sum x_i} \\
 \text{امتیاز وزن دار } (z_i) &= y_i \times n \\
 \text{درصد اهمیت معیار} &= \frac{\sum z_i}{N} \times 100 \\
 \text{درجه اهمیت معیار} &= \frac{\sum (x_i \times n)}{N}
 \end{aligned}
 \tag{رابطه ۲}$$

در این رابطه: 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 تعدیل شده است. سپس با استفاده از درجه اهمیت و درصد اهمیت، نمودار اهمیت معیار تنظیم شد. درصد اهمیت هر معیار در محور افقی و درجه اهمیت در محور عمودی نمایش داده شد و جایگاه هر معیار بر اساس این دو مولفه در نمودار مشخص شد. نمودار بر اساس نصف درجه اهمیت (۵) و نصف حداکثر اهمیت بدست آمده 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 درجه اهمیت بیشتر اولویت‌بندی کرد. اگر معیاری در محدوده قابل قبول قرار نگیرد ولی زیرمعیارهای آن در محدوده قابل قبول قرار داشته باشد به اعتبار زیرمعیارهایش مورد استفاده قرار می‌گیرد و اگر معیاری در محدوده قابل قبول باشد ولی هیچکدام از زیرمعیارهایش در این

محدوده قرار نگیرند به کار گرفته نخواهد شد. در این روش می توان با ضرب نرمالایز شده درجه اهمیت و درصد اهمیت معیار، به ضریب اهمیت معیار دست یافت که وزن و اهمیت نسبی تمام معیارها و زیرمعیارها و امکان رتبه بندی آنها را مهیا می سازد.

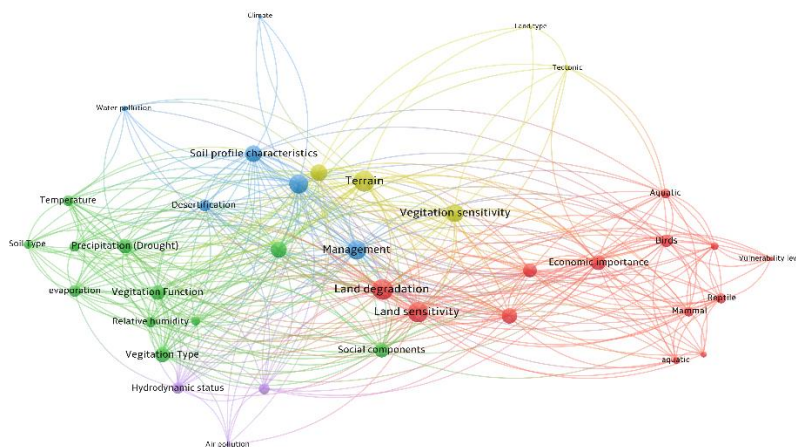
یافته‌های پژوهش:

تدوین معیارهای گزینش مناطق حساس محیط زیستی و وزن دهی و اولویت بندی آنها یکی از گام‌های مهم در مسیر انتخاب این مناطق است به همین منظور از مرور ۵۰ مقاله 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 هیچکدام از منابع هم زمان با یکدیگر استفاده نشده اند سایر معیارها در حداقل یک منبع در کنار یکدیگر برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استفاده شده اند. 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 داشته اند، همچنین زیرمعیارهای اقلیم و نوع اراضی کمترین هم‌رخدادی را در بین زیرمعیارها با سایرین داشته اند.



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

در غربال اولیه، مولفه‌هایی (معیارها و زیرمعیارهایی) که در کمتر از ۵ درصد منابع به آن‌ها اشاره شده بود حذف گردید که به تبع آن ۸ زیر معیار اقلیم، زمین ساخت، نوع اراضی، میزان آسیب‌پذیری، بیابان‌زایی، آلودگی هوا، آلودگی خاک و آلودگی آب حذف شدند. در بخش بررسی روائی پرسشنامه، شاخص روائی 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 زمین شناختی 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 ۰/۷۴۴ و برای زیرمعیارها ۰/۸۴۱ محاسبه شد که هر دو بیشتر از ۰/۷ بوده و قابل قبول اند.

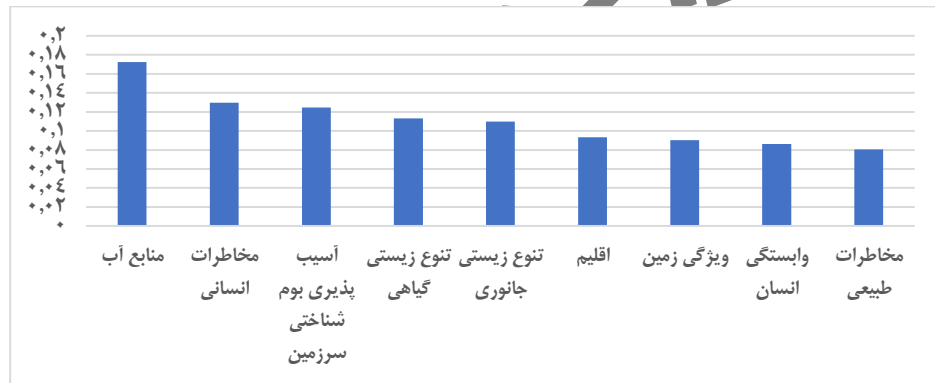
جدول ۲- فراوانی و مقدار CVR محاسبه شده برای هر معیار/زیرمعیار

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	آسیب پذیری بوم شناختی 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	پزندگان	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 زمین شناختی	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	مولفه های 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	ویژگی های نیمرخ خاک	۱۶	۰/۶	قبول	۳۹	مدیریت	۱۶	۰/۶	قبول
۲۰	تخریب زمین	۱۹	۰/۹	قبول					

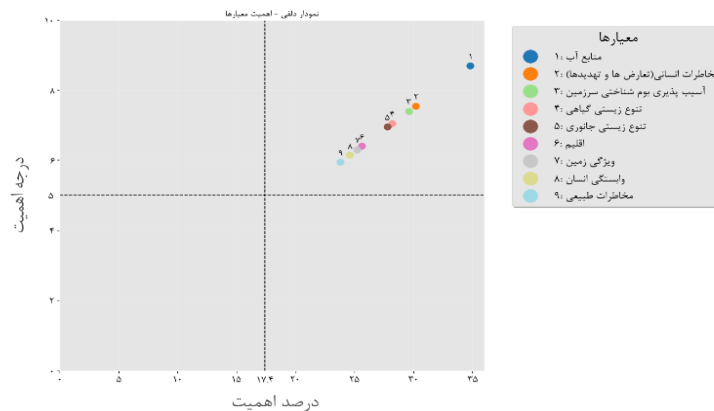
نتایج دلفی مطابق جدول ۳ نشان داد، معیار منابع آب با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۱۷۲ در رتبه اول اهمیت و سایر معیارها شامل مخاطرات انسانی (تعارض ها و تهدیدها) با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۱۳۰، آسیب پذیری بوم شناختی سرزمین با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۱۲۵، تنوع زیستی گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۱۱۳، تنوع زیستی جانوری با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۱۱۰، اقلیم با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۹۳، ویژگی زمین با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۹۰، وابستگی انسانی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۸۶ و مخاطرات طبیعی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۸۱ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۴). با توجه به نمودار اهمیت معیار (شکل ۵) همه‌ی معیارها در محدوده قابل قبول قرار گرفته‌اند و می‌توان از آن‌ها برای شناسایی مناطق حساس محیط‌زیستی استان البرز استفاده کرد.

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

رتبه معیار	ضریب اهمیت نرمالایز شده	درجه اهمیت معیار	درصد اهمیت معیار	$\sum Z_i$	تعداد کل پرسش شوندهگان (N)	دامنه اهمیت اعلام شده						معیار	رتبه
						۹	۷	۵	۳	۱	x_i		
						۰,۳۶	۰,۲۸	۰,۲۰	۰,۱۲	۰,۰۴	y_i		
۶	۰,۰۹۳	۶,۴	۲۵,۶	۵,۱۲	۲۰	۷	۶	۴	۱	۰	-	اقلیم	۱
۱	۰,۱۷۲	۸,۷	۳۴,۸	۶,۹۶	۲۰	۱۷	۳	۰	۰	۰	-	منابع آب	۲
۷	۰,۰۹۰	۶,۳	۲۵,۲	۵,۰۴	۲۰	۶	۷	۴	۱	۰	-	ویژگی زمین	۳
۴	۰,۱۱۳	۷,۰۵	۲۸,۲	۵,۹۴	۲۰	۸	۷	۴	۰	۰	-	تنوع زیستی گیاهی	۴
۵	۰,۱۱۰	۶,۹۵	۲۷,۸	۵,۵۶	۲۰	۹	۶	۲	۲	۰	-	تنوع زیستی جانوری	۵
۳	۰,۱۲۵	۷,۴	۲۹,۶	۵,۹۲	۲۰	۱۲	۵	۱	۰	۰	-	آسیب پذیری بوم شناختی سرزمین	۶
۹	۰,۰۸۱	۵,۹۵	۲۳,۸	۴,۷۶	۲۰	۴	۱۰	۲	۱	۰	-	مخاطرات طبیعی	۷
۸	۰,۰۸۶	۶,۱۵	۲۴,۶	۴,۹۲	۲۰	۸	۳	۶	۰	۰	-	وابستگی انسان	۸
۲	۰,۱۳۰	۷,۵۵	۳۰,۲	۶,۰۴	۲۰	۱۲	۴	۳	۰	۰	-	مخاطرات انسانی	۹



شکل ۴ - نمودار ضریب اهمیت نرمالایز شده معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز



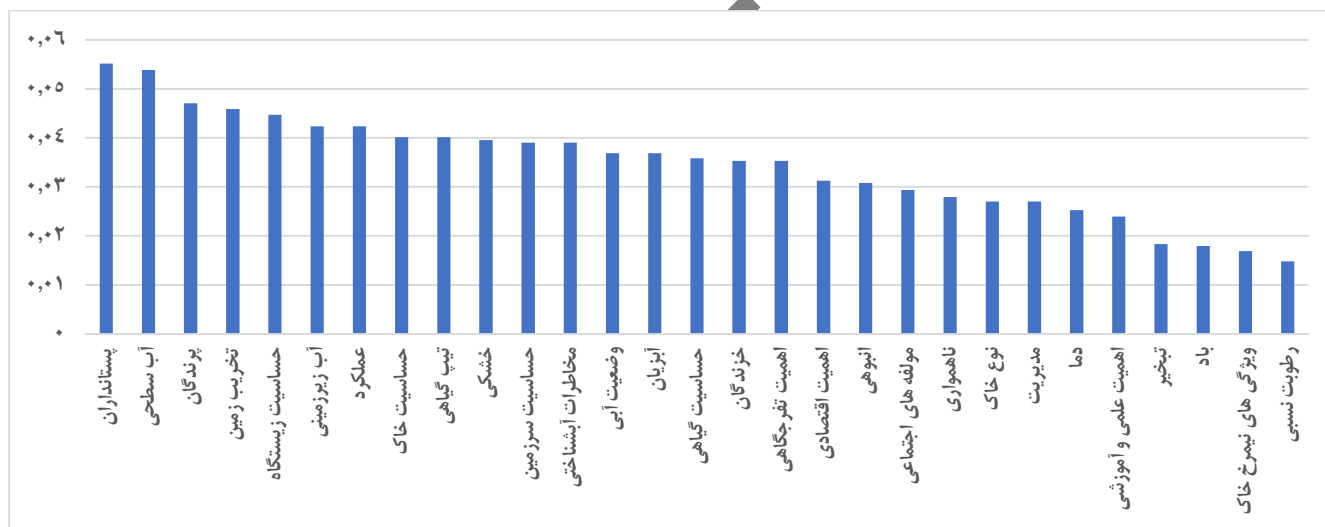
شکل ۵ - نمودار اهمیت معیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

نتایج دلفی برای غربال و اولویت‌بندی زیرمعیارها، مطابق جدول ۴ است. یافته‌ها، نشان داد زیرمعیار پستانداران با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۵۵ در رتبه اول اهمیت و سایر زیرمعیارها شامل آب سطحی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۵۳، پرندگان با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۷، تخریب زمین با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۵، حساسیت زیستگاه با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۴، آب زیرزمینی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۲، عملکرد پوشش گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۲، تیپ گیاهی و حساسیت خاک با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۴۰، خشکی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۹، حساسیت سرزمین و مخاطرات آب‌شناختی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۹، آبیان و وضعیت آبی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۶، حساسیت گیاهی، خزندگان و اهمیت تفرجگاهی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۵، اهمیت اقتصادی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۱، انبوهی پوشش گیاهی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۳۰، مؤلفه‌های اجتماعی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۲۹، ناهمواری، نوع خاک و مدیریت با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۲۷، دما با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۲۵، اهمیت علمی و آموزشی با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۲۳، تبخیر و باد با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۱۸، ویژگی‌های نیمرخ خاک با ضریب اهمیت نرمالایز شده ۰/۰۱۶ و رطوبت نسبی با ضریب اهمیت نرمالایز شده 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 محدوده قابل قبول قرار نگرفته‌اند و از سایر زیرمعیارها می‌توان برای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استفاده کرد.

جدول ۴- نتایج محاسبات دلفی برای تحلیل اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

رتبه رتبه معیار	ضریب اهمیت نرمالایز شده	درجه اهمیت نهایی معیار	درصد اهمیت معیار	$\sum Z_i$	تعداد کل پرسش شوندگان (N)	دامنه اهمیت اعلام شده						معیار	رتبه
						۹	۷	۵	۳	۱	x_i		
						۰,۳۶	۰,۲۸	۰,۲۰	۰,۱۲	۰,۰۴	y_i		
۱۰	۰,۰۳۹	۷,۲	۲۸,۸	۵,۷۶	۲۰	۱۰	۷	۱	۰	۰	-	خشکی	۱
۲۴	۰,۰۲۵	۵,۷۵	۲۳	۴,۶	۲۰	۳	۱۰	۳	۱	۰	-	دما	۲
۲۹	۰,۰۱۴	۴,۴	۱۷,۶	۳,۵۲	۲۰	۱	۶	۷	۰	۲	-	رطوبت نسبی	۳
۲۶	۰,۰۱۸	۴,۹	۱۹,۶	۳,۹۲	۲۰	۴	۵	۴	۲	۱	-	تبخیر	۴
۲۷	۰,۰۱۸	۴,۸۵	۱۹,۴	۳,۸۸	۲۰	۳	۴	۷	۲	۱	-	باد	۵
۶	۰,۰۴۲	۷,۴۵	۲۹,۸	۵,۹۶	۲۰	۱۱	۵	۳	۰	۰	-	آب زیرزمینی	۶
۲	۰,۰۵۳	۸,۴	۳۳,۶	۶,۷۲	۲۰	۱۴	۶	۰	۰	۰	-	آب سطحی	۷
۱۴	۰,۰۳۶	۶,۹۵	۲۷,۸	۵,۵۶	۲۰	۱۰	۷	۰	۰	۰	-	وضعیت آبی	۸
۲۱	۰,۰۲۷	۶,۰۵	۲۴,۲	۴,۸۴	۲۰	۳	۹	۶	۰	۱	-	ناهمواری	۹
۲۸	۰,۰۱۶	۴,۷	۱۸,۸	۳,۷۶	۲۰	۰	۶	۹	۲	۱	-	ویژگی‌های نیمرخ خاک	۱۰
۲۲	۰,۰۲۷	۵,۹۵	۲۳,۸	۴,۷۶	۲۰	۳	۷	۸	۱	۰	-	نوع خاک	۱۱
۹	۰,۰۴۰	۷,۲۵	۲۹	۵,۸	۲۰	۱۰	۶	۲	۱	۰	-	حساسیت خاک	۱۲
۸	۰,۰۴۰	۷,۲۵	۲۹	۵,۸	۲۰	۸	۹	۲	۰	۰	-	تیپ گیاهی	۱۳
۱۹	۰,۰۳۰	۶,۳۵	۲۵,۴	۵,۰۸	۲۰	۵	۶	۸	۰	۰	-	انبوهی پوشش گیاهی	۱۴
۱۵	۰,۰۳۵	۶,۸۵	۲۷,۴	۵,۴۸	۲۰	۸	۷	۳	۰	۱	-	حساسیت گیاهی	۱۵
۷	۰,۰۴۲	۷,۴۵	۲۹,۸	۵,۹۶	۲۰	۱۰	۷	۲	۰	۰	-	عملکرد پوشش گیاهی	۱۶
۱۳	۰,۰۳۶	۶,۹۵	۲۷,۸	۵,۵۶	۲۰	۹	۴	۶	۰	۰	-	آبیان	۱۷

رتبه معیار	ضریب اهمیت نرمالیز شده	درجه اهمیت نهایی معیار	درصد اهمیت معیار	$\sum z_i$	تعداد کل پرسش شوندگان (N)	دامنه اهمیت اعلام شده						معیار	ردیف
						۹	۷	۵	۳	۱	x_i		
						۰,۳۶	۰,۲۸	۰,۲۰	۰,۱۲	۰,۰۴	y_i		
۳	۰,۰۴۷	۷,۸۵	۳۱,۴	۶,۲۸	۲۰	۱۲	۷	۰	۰	۰	-	پزندگان	۱۸
۱	۰,۰۵۵	۸,۵	۳۴	۶,۸	۲۰	۱۵	۵	۰	۰	۰	-	پستانداران	۱۹
۱۶	۰,۰۲۵	۶,۸	۲۷,۲	۵,۴۴	۲۰	۱۰	۴	۳	۱	۰	-	خزندگان	۲۰
۱۱	۰,۰۳۹	۷,۱۵	۲۸,۶	۵,۷۲	۲۰	۱۱	۴	۳	۰	۱	-	حساسیت سرزمین	۲۱
۵	۰,۰۴۴	۷,۶۵	۳۰,۶	۶,۱۲	۲۰	۱۲	۵	۲	۰	۰	-	حساسیت زیستگاه	۲۲
۱۲	۰,۰۳۹	۷,۱۵	۲۸,۶	۵,۷۲	۲۰	۹	۷	۲	۱	۰	-	مخاطرات آبخشختی	۲۳
۱۸	۰,۰۳۱	۶,۴	۲۵,۶	۵,۱۲	۲۰	۶	۵	۶	۳	۰	-	اهمیت اقتصادی	۲۴
۲۰	۰,۰۲۹	۶,۲	۲۴,۸	۴,۹۶	۲۰	۷	۶	۲	۳	۰	-	مولفه های اجتماعی	۲۵
۱۷	۰,۰۳۵	۶,۸	۲۷,۲	۵,۴۴	۲۰	۷	۵	۷	۱	۰	-	اهمیت تفرجگاهی	۲۶
۲۵	۰,۰۲۳	۵,۶	۲۲,۴	۴,۴۸	۲۰	۴	۵	۷	۲	۰	-	اهمیت علمی و آموزشی	۲۷
۲۳	۰,۰۲۷	۵,۹۵	۲۳,۸	۴,۷۶	۲۰	۶	۵	۵	۱	۲	-	مدیریت	۲۸
۴	۰,۰۴۵	۷,۷۵	۳۱	۶,۲	۲۰	۱۲	۶	۱	۰	۰	-	تخریب زمین	۲۹

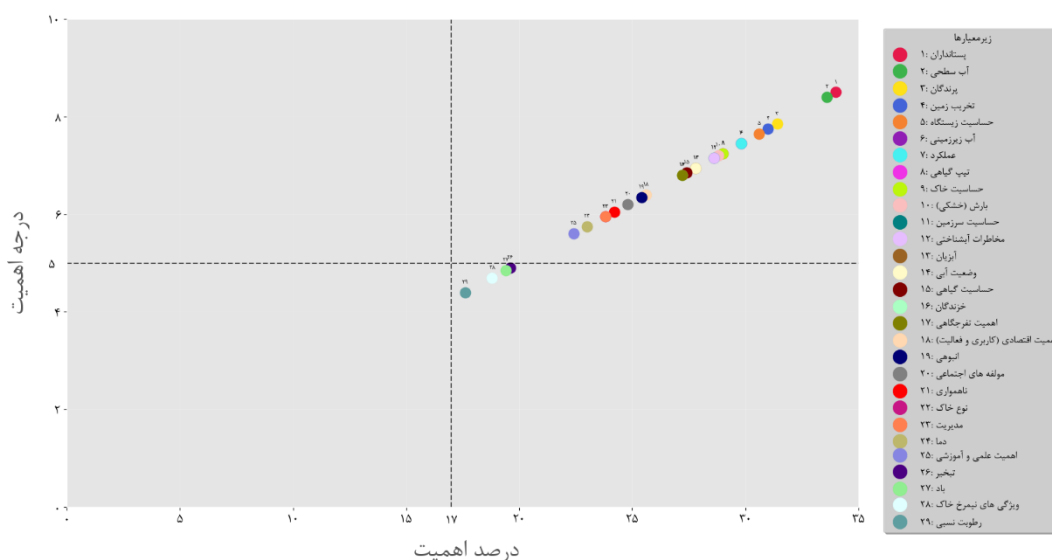


شکل ۶- اولویت اهمیت زیرمعیارهای شناسایی مناطق حساس محیط زیستی استان البرز

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 همکاران (۲۰۲۴)، Song و همکاران (۲۰۲۳)، Niu و همکاران (۲۰۱۸)، Habibi و همکاران (۲۰۱۳)، Dai و همکاران (۲۰۱۲) نیز حائز اهمیت بوده‌است. در این مطالعه معیار «آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سرزمین» در

اولویت بعدی اهمیت قرار گرفت که در مطالعات Mafi-Gholami و Nouri-Kamari (۲۰۲۰)، Syartinilia و همکاران (۲۰۱۹)، Gadgil و همکاران (۲۰۱۱)، Sepehr و همکاران (۲۰۱۷)، Danehkar و Majnonian (۲۰۰۴) 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 با اهمیت برای شناسایی مناطق حساس شناسایی شده که این یافته با نتایج مطالعات Feng و همکاران (۲۰۲۳)، Xu و همکاران (۲۰۲۳)، Chen و همکاران (۲۰۲۳)، Bedoui (۲۰۲۰)، Gül و Erşahin (۲۰۱۹) هماهنگ است. همچنین «تنوع زیستی گیاهی» نیز به عنوان یکی از معیارهای دارای اولویت برای شناسایی مناطق حساس تعیین شد که هماهنگ با نتایج مطالعات Ogbue و همکاران (۲۰۲۴)، Shao و همکاران (۲۰۲۳)، Wei و همکاران (۲۰۲۲)، Yaghoubzade و همکاران (۲۰۲۲)، Ahmed و همکاران (۲۰۲۰) است. پس از آن معیار «تنوع زیستی جانوری» در رتبه بعدی قرار گرفت که در مطالعات Mafi-Gholami و Nouri-Kamari (۲۰۲۰)، Shi و همکاران (۲۰۱۸)، Hong و همکاران (۲۰۱۷)، Nouri و همکاران (۲۰۱۷) نیز حائز اهمیت تشخیص داده شد.

هرچند اهمیت معیارهای شناسایی شده 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 عمده صنعتی و کشاورزی، تحت استخراج شدید و رقابت برای منابع آب محدود است. از سوی دیگر، موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی آن، باعث شده تا بسیاری از اکوسیستم‌های آن (از دشت‌های پایین دست تا ارتفاعات) به شدت 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 است.

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؛ و دوم، حساسیت و آسیب‌پذیری بالایی جمعیت‌های پستانداران در مقابل تخریب و جزیره‌ای شدن زیستگاه‌ها ناشی از توسعه شهری و جاده‌ای در این استان. این یافته با تأکید مطالعاتی مانند Mafi-Gholami و Nouri-Kamari (۲۰۲۰)، Hong و همکاران (۲۰۱۷)، Nouri و همکاران (۲۰۱۷) بر پستانداران همسو است.

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

رتبه سوم متعلق به زیرمعیار «پرندگان» است که توسط Mafi-Gholami و Nouri-Kamari (۲۰۲۰)، Hong و همکاران (۲۰۱۷)، Sepehr و همکاران (۲۰۱۷) نیز برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر مهم گزارش شده بود. زیرمعیار «تخریب زمین» در رتبه چهارم قرار گرفته است و در مطالعات Xu و همکاران (۲۰۲۳)، Yilmaz و همکاران (۲۰۲۰) استفاده شده است. در رتبه پنجم زیرمعیار «حساسیت زیستگاه» قرار دارد. این زیرمعیار در مطالعات Rustand و همکاران (۲۰۲۰)، Danehkar و Majnonian (۲۰۰۴) نیز برای شناسایی مناطق حساس کلیدی گزارش شده بود. زیرمعیار «آب زیرزمینی» در رتبه ششم قرار گرفت که مشابه نتایج مطالعات González (۲۰۱۷)، Sepehr و همکاران (۲۰۰۷) است. «عملکرد پوشش گیاهی» نیز در ردیف مولفه‌های مهم در این مطالعه شناسایی شده که مشابه یافته‌های Song و همکاران (۲۰۲۳)، Ahmed و همکاران (۲۰۲۰) است.

نتیجه گیری :

مناطق حساس محیط‌زیستی مکان‌هایی هستند که برای نگهداری طولانی مدت تنوع زیستی و منابع طبیعی حیاتی هستند و دربرگیرنده مناطق مهم اکولوژیک، زیستگاه‌های حیات‌وحش، رویشگاه‌های مهم و مناطق پشتیبان معاش انسان هستند. اهمیت آن‌ها در حفظ سلامت یک منطقه به ارزش‌های اکولوژیک آن‌ها، نوع و سیستم مدیریتی کاربری‌های زمین‌های مجاور وابسته است. هدف این مطالعه شناسایی و اولویت بندی معیارها و زیرمعیارها، 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 محیط زیستی در استان البرز بود، به این منظور با استفاده از ارزیابی قرار گرفت. با توجه به این که در سطح جهانی معیار مبنایی برای شناسایی مناطق حساس محیط‌زیستی، بویژه در قلمروهای خشکی وجود ندارد، یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای پژوهش‌های مشابه، الهام بخش و برای سنجش‌های مشابه در کشور، کاربردی باشد. انطباق معیارهای اولیه بر شرایط محیط‌زیستی محدوده مورد مطالعه توسط خبرگان دلفی، ۹ معیار کلیدی با قابلیت نقشه سازی شاخص آن را در این راستا کلیدی و حائز اهمیت نشان داد. تطبیق زیرمعیارها، نیز نشان داد، با ۲۵ زیر معیار (وابسته به معیارهای ۹ گانه) شناسایی مناطق حساس محیط زیستی در استان البرز امکان پذیر است. نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای سیاست‌گذاری محیط‌زیستی، برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت پایدار سرزمین به کار گرفته شود. این نتایج به اولویت‌بندی مناطق نیازمند حفاظت، بهینه‌سازی منابع و پیشگیری از تعارضات محیط‌زیستی کمک می‌کند. تدوین شاخص‌های مکانی برای زیرمعیارهای شناسایی شده، فرایند نقشه‌سازی آن‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد که به عنوان فعالیت تکمیلی پیشنهاد می‌شود. این شاخص‌ها باید مبتنی بر داده‌های استاندارد شده 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 محدوده مورد مطالعه شناسایی شود و بی‌نیاز از روش‌های متکی به تصمیم‌گیری گروهی است. همچنین استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی، می‌تواند چنین فرایندی را در مسیر هوشمندسازی، با افزایش سرعت و دقت 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 نماید تا مطالعات مشابه از یک مرجع داده و اطلاعات استفاده نمایند. برای اجرایی شدن این امر، تشکیل کارگروهی برای تعیین استانداردهای اجباری داده‌های مکانی پایه (نظیر منابع آب و پراکنش گونه‌ها) پیشنهاد می‌گردد. این کارگروه می‌تواند با طراحی یک ساختار یکپارچه‌ی Geodatabase و تعیین متولیان تولید و به‌روزرسانی هر لایه‌ی اطلاعاتی، گام عملی در ایجاد پایگاه داده بردارد.

داده‌ها/ کدهای در دسترس :

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

منابع:

- 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.
- Baghkanipour, 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., Danekar, 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., Gutiérrez, A. G., Fernández, 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.
- Danekar, 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., Ganeshiah, 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., A.Danehkar and M.Azizi. (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(March): 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* V, 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. and 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., Mladan, 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, Third 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., Kasperek, 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., Fegghi, J., Danehkar, A., Yarali, N., (2015). Classification and Prioritization 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 Artificial 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 Semirami, F., Jozi S.A., Danehkar, A. and 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.
- Nouri, 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., Danekar, 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., Danekar, 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., Mashhad 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.