



Environmental Risk Assessment of Bamu National Park Using the TOPSIS Method

Abbas Ghaedi* , Hamidreza Asarpak

Department of Environmental Management, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Received: 2026/05/14

Accepted: 2026/07/22

Abstract

Background and Aim: Bamu National Park, as one of the most valuable protected areas among Iran's four categories of conservation areas, is not exempt from environmental threats. This study was conducted to identify, analyze, and prioritize the environmental hazards threatening the park.

Methods: In this study, environmental hazards were first identified through field surveys and the Delphi technique. Questionnaires were completed by 50 environmental experts and specialists. Among the 25 identified hazards, 20 were selected for the final analysis. The identified hazards were then prioritized using the TOPSIS method based on three criteria: severity of impact, probability of occurrence, and probability of detection.

Results: The results indicated that the hazard "shortage of park rangers" had the highest risk priority, with a closeness coefficient of 0.872, whereas "forage shortage" had the lowest priority, with a closeness coefficient of 0.000. Risk classification further revealed that 10 hazards were categorized as moderate risk, five as high risk, and five as low risk.

Conclusion: The findings demonstrated that the most significant identified hazards were primarily associated with managerial and structural factors. Specifically, the shortage of park rangers, weak enforcement of environmental regulations, and insufficient financial resources were identified as the highest-priority risks. In contrast, natural hazards such as forage shortage and wildfires ranked lower, suggesting that their impacts are largely influenced by management deficiencies. The main recommended control and corrective measures include preventing livestock grazing within the park, providing adequate forage resources, and strengthening effective communication and collaboration with local and indigenous communities.

Keywords: Bamu National Park, Delphi technique, Environmental hazards, TOPSIS method

Please cite this article as:

Ghaedi A, Asarpak H. Environmental Risk Assessment of Bamu National Park Using the TOPSIS Method. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2025;13(3):61-75. <https://doi.org/10.22037/iipm.v13i3.52734>

* Corresponding Author: 2452372927@iau.ac.ir

ارزیابی ریسک مخاطرات زیست‌محیطی پارک ملی بמו بر اساس روش TOPSIS

عباس قاندي*^{id}، حمیدرضا آثارپاک

گروه مدیریت محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: پارک ملی بمو به‌عنوان یکی از ارزشمندترین مناطق چهارگانه تحت حفاظت در کشور، از این قاعده مستثنی نیست. مطالعه حاضر با هدف شناسایی، تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی مخاطرات تهدیدکننده این پارک ملی انجام شده است.

روش کار: در این پژوهش، ابتدا با استفاده از بازدید میدانی و تکنیک دلفی، مخاطرات منطقه شناسایی شدند. بدین منظور، پرسشنامه‌هایی توسط ۵۰ نفر از متخصصان و کارشناسان محیط زیست تکمیل گردید. از میان ۲۵ مخاطره شناسایی شده، ۲۰ مورد برای تحلیل نهایی پذیرفته شدند. سپس، رتبه‌بندی این مخاطرات با استفاده از روش TOPSIS و بر اساس سه شاخص شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف انجام پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مخاطره "کمبود محیط‌بان" با ضریب نزدیکی ۰/۸۷۲ بالاترین ریسک و مخاطره "کمبود علوفه" با ضریب نزدیکی ۰/۰۰۰ کمترین اولویت را در منطقه دارا هستند. سطح‌بندی ریسک‌ها نیز نشان داد که ۱۰ مخاطره در رده متوسط، پنج مخاطره در رده بالا و پنج مخاطره در رده پایین قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها، مهمترین مخاطرات شناسایی شده عمدتاً ریشه در عوامل مدیریتی و ساختاری دارند. به‌طوری که کمبود محیط‌بان، ضعف در اجرای قوانین و کمبود اعتبارات به‌عنوان اولویت‌های اصلی شناسایی شدند. در مقابل، مخاطرات طبیعی مانند کمبود علوفه و آتش‌سوزی در اولویت‌های پایین‌تری قرار گرفتند که نشان‌دهنده تأثیرپذیری آن‌ها از ضعف‌های مدیریتی است. مهم‌ترین راهکارهای کنترلی و اصلاحی شامل جلوگیری از ورود دام‌های اهلی به پارک، تأمین علوفه مورد نیاز و ارتباط مؤثر با جوامع بومی و محلی می‌باشد.

واژگان کلیدی: پارک ملی بمو، تکنیک دلفی، روش TOPSIS، مخاطرات محیط زیستی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

قاندي ع، آثارپاک ح. ارزیابی ریسک مخاطرات زیست‌محیطی پارک ملی بمو بر اساس روش TOPSIS. ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها. ۱۴۰۴؛ ۱۳(۳): ۶۱-۷۵.

<https://doi.org/10.22037/iipm.v13i3.52734>

*نویسنده مسئول مکاتبات: 2452372927@iau.ac.ir

مقدمه

مناطق حفاظت‌شده از مهم‌ترین ابزارهای حفاظت از تنوع زیستی و حفظ پایداری اکوسیستم‌ها در سراسر جهان به شمار می‌روند و نقش اساسی در صیانت از منابع طبیعی، گونه‌های گیاهی و جانوری، خدمات اکوسیستمی و فرایندهای بوم‌شناختی ایفا می‌کنند (۱). این مناطق علاوه بر ارزش‌های اکولوژیکی، از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، آموزشی و پژوهشی نیز اهمیت فراوانی دارند و حفظ کارکردهای آن‌ها با امنیت غذایی، تأمین منابع آب، کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار ارتباط مستقیم دارد (۲). با این حال، روند رو به رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی، گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری فزاینده از منابع طبیعی، موجب افزایش فشار بر اکوسیستم‌های طبیعی شده و پایداری بسیاری از مناطق حفاظت‌شده را با چالش‌های جدی مواجه کرده است (۳). در کنار این عوامل، تغییرات اقلیمی، افزایش فراوانی و شدت خشکسالی، وقوع آتش‌سوزی‌های گسترده، کاهش منابع آب و گسترش گونه‌های مهاجم نیز بر پیچیدگی مدیریت این مناطق افزوده و ضرورت بهره‌گیری از رویکردهای علمی برای شناسایی و کنترل مخاطرات محیط‌زیستی را بیش از گذشته آشکار ساخته است (۴). در سال‌های اخیر، رویکرد مدیریت مناطق حفاظت‌شده از حفاظت صرف منابع طبیعی به سمت مدیریت مبتنی بر ارزیابی ریسک و تصمیم‌گیری علمی تغییر یافته است (۵). در این رویکرد، شناخت دقیق مخاطرات، تحلیل عوامل ایجادکننده، تعیین احتمال وقوع و شدت پیامدهای هر مخاطره، پیش‌نیاز تدوین برنامه‌های مدیریتی اثربخش محسوب می‌شود. از این‌رو، شناسایی نظام‌مند مخاطرات و اولویت‌بندی آن‌ها، امکان تخصیص هدفمند منابع مالی و انسانی، افزایش کارایی اقدامات حفاظتی و کاهش آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها را فراهم می‌کند (۶). در همین راستا، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است؛ زیرا این روش‌ها امکان ارزیابی هم‌زمان معیارهای مختلف و رتبه‌بندی مخاطرات را فراهم کرده و فرآیند تصمیم‌گیری را بر پایه داده‌های کمی و نظر خبرگان استوار می‌سازند (۷).

نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که بهره‌گیری از این روش‌ها می‌تواند دقت تصمیم‌گیری مدیران را افزایش داده و در تدوین برنامه‌های حفاظتی، مدیریت بحران و کاهش خسارات محیط‌زیستی

نقش مؤثری ایفا کند (۸ و ۹). پارک ملی بمو، واقع در استان فارس و در مجاورت کلان‌شهر شیراز، یکی از مهم‌ترین و ارزشمندترین مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است. این پارک به دلیل وسعت قابل توجه، تنوع توپوگرافی، پوشش گیاهی متنوع و برخورداری از گونه‌های شاخص حیات‌وحش، جایگاه ویژه‌ای در حفاظت از تنوع زیستی جنوب کشور دارد. وجود گونه‌هایی نظیر پلنگ ایرانی، قوچ و میش، کل و بز، کفتار، گرگ و پرندگان ارزشمند، اهمیت حفاظتی این منطقه را دوچندان کرده است. افزون بر این، قرار گرفتن پارک در کریدورهای مهم زیستی، نقش آن را در حفظ پیوستگی زیستگاه‌ها و پایداری جمعیت گونه‌های جانوری برجسته‌تر ساخته است (۱۰).

با وجود این اهمیت، پارک ملی بمو طی سال‌های اخیر با مجموعه‌ای از مخاطرات طبیعی و انسان‌زاد مواجه بوده است. تداوم خشکسالی، کاهش منابع آب، افت کیفیت و تراکم پوشش گیاهی، چرای غیرمجاز دام، شکار و صید غیرقانونی، وقوع آتش‌سوزی، توسعه فعالیت‌های کشاورزی، افزایش ساخت‌وساز، تغییر کاربری اراضی و گسترش زیرساخت‌های شهری و صنعتی، از مهم‌ترین عواملی هستند که ساختار و عملکرد اکولوژیکی این منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند. علاوه بر این، همجواری پارک با پالایشگاه نفت، محورهای مواصلاتی، مراکز نظامی و توسعه مستمر شهر شیراز، موجب افزایش فشارهای انسانی بر این اکوسیستم شده و مدیریت آن را با چالش‌های پیچیده‌تری روبه‌رو کرده است. تداوم این روند، علاوه بر کاهش کیفیت زیستگاه‌ها، می‌تواند بقای گونه‌های حساس و در معرض تهدید را با خطر جدی مواجه کند؛ از این‌رو، شناسایی دقیق مهم‌ترین مخاطرات و تعیین اولویت آن‌ها، یکی از الزامات اساسی برای حفاظت مؤثر و مدیریت پایدار این پارک ملی به شمار می‌رود (۱۱).

مطالعات انجام‌شده در ایران و سایر کشورها نشان می‌دهد که شناسایی و ارزیابی مخاطرات محیط‌زیستی به یکی از محورهای اصلی مدیریت مناطق حفاظت‌شده تبدیل شده است (۱۲ و ۱۳). پژوهش‌های بین‌المللی، طیف گسترده‌ای از مخاطرات از جمله تغییرات اقلیمی، آتش‌سوزی، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها، توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، گسترش فعالیت‌های کشاورزی، ورود گونه‌های مهاجم و افزایش فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده این مناطق معرفی کرده‌اند. با وجود این، نتایج این

مطالعات نشان می‌دهد که شدت و اهمیت هر یک از این مخاطرات در مناطق مختلف یکسان نیست و شرایط اقلیمی، ویژگی‌های اکولوژیکی، الگوی توسعه، ظرفیت مدیریتی و وضعیت اقتصادی-اجتماعی هر منطقه، نقش تعیین‌کننده‌ای در نوع و اولویت مخاطرات ایفا می‌کند. از این رو، تدوین برنامه‌های حفاظتی بدون شناخت دقیق شرایط محلی، نمی‌تواند اثربخشی لازم را در کاهش تهدیدها و حفاظت بلندمدت از اکوسیستم‌ها داشته باشد (۱۶-۱۴).

در ایران نیز پژوهش‌های متعددی با هدف ارزیابی مخاطرات محیط‌زیستی در پارک‌های ملی، مناطق حفاظت‌شده و تالاب‌ها انجام شده است. در بیشتر این مطالعات، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی عوامل تهدیدکننده استفاده شده و نتایج آن‌ها بیانگر کارآمدی این روش‌ها در پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است. همچنین برخی پژوهش‌ها با بهره‌گیری از چارچوب DPSIR، روابط میان نیروهای محرک، فشارها، وضعیت محیط، پیامدها و پاسخ‌های مدیریتی را بررسی کرده‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که در بسیاری از مناطق حفاظت‌شده، توسعه فعالیت‌های انسانی، تغییر کاربری اراضی، کمبود نیروی حفاظتی، محدودیت منابع مالی، ضعف در اجرای قوانین و نظارت ناکافی، سهم قابل توجهی در تشدید مخاطرات محیط‌زیستی دارند. بنابراین، حفاظت مؤثر از این مناطق مستلزم آن است که علاوه بر عوامل طبیعی، فشارهای انسانی نیز به‌صورت هم‌زمان مورد ارزیابی قرار گیرند. در خصوص پارک ملی بوم نیز تحقیقات ارزشمندی انجام شده است که هر یک بخشی از وضعیت محیط‌زیستی این منطقه را تبیین کرده‌اند.

برخی مطالعات، نقش عوامل اقتصادی و انسانی مانند توسعه کشاورزی و باغداری، تغییر کاربری اراضی، افزایش ساخت‌وساز، تصرفات غیرمجاز و گسترش فعالیت‌های گردشگری را در تخریب اکوسیستم پارک بررسی کرده‌اند (۱۷ و ۱۸). گروهی دیگر با تمرکز بر گونه‌های شاخص، به ارزیابی کیفیت زیستگاه و عوامل مؤثر بر پراکنش پلنگ ایرانی پرداخته و اهمیت منابع آب، پوشش گیاهی و شرایط زیستگاهی را در بقای این گونه نشان داده‌اند. همچنین، تعدادی از پژوهش‌ها اثر خشکسالی، کاهش منابع آب، آتش‌سوزی و سایر تنش‌های محیطی را بر وضعیت اکولوژیکی پارک مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعات اگرچه اطلاعات ارزشمندی درباره ابعاد مختلف پارک ملی بوم فراهم کرده‌اند، اما هر یک تنها بخشی از مسئله را مورد توجه قرار داده‌اند.

با وجود پیشرفت‌های حاصل از تحقیقات پیشین، هنوز چند خلأ پژوهشی قابل توجه وجود دارد. نخست آنکه اغلب مطالعات، بر یک یا چند عامل مشخص تمرکز داشته‌اند و ارزیابی جامعی از مجموعه مخاطرات طبیعی و انسان‌زاد این پارک ارائه نکرده‌اند. دوم آنکه در بسیاری از پژوهش‌ها، ارتباط میان مخاطرات مختلف و اهمیت نسبی آن‌ها برای مدیریت منطقه به‌صورت نظام‌مند بررسی نشده است. افزون بر این، اگرچه از مدل‌ها و چارچوب‌های گوناگون برای تحلیل وضعیت پارک استفاده شده است، اما تلفیق نظر خبرگان برای شناسایی جامع مخاطرات و سپس اولویت‌بندی کمی آن‌ها بر اساس معیارهای شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت کشف، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در نتیجه، مدیران منطقه هنوز از یک چارچوب منسجم برای تشخیص مهم‌ترین مخاطرات و تعیین اولویت اقدامات مدیریتی برخوردار نیستند. این خلأ، به‌ویژه در شرایطی که منابع مالی، نیروی انسانی و امکانات حفاظتی محدود است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند؛ زیرا هرگونه تصمیم‌گیری مدیریتی باید بر پایه شناخت دقیق و اولویت‌بندی علمی مخاطرات انجام شود. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی جامع مخاطرات محیط‌زیستی پارک ملی بوم از طریق تکنیک دلفی و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از روش TOPSIS انجام شده است. در این پژوهش، مخاطرات بر اساس سه شاخص شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت کشف ارزیابی شده‌اند تا تصویری جامع از وضعیت تهدیدهای محیط‌زیستی پارک ارائه شود.

نوآوری این مطالعه در تلفیق فرآیند شناسایی نظام‌مند مخاطرات با نظر خبرگان و اولویت‌بندی کمی آن‌ها در قالب یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره است؛ رویکردی که علاوه بر شناسایی مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده، امکان تعیین اولویت اقدامات مدیریتی و تخصیص هدفمند منابع حفاظتی را فراهم می‌کند. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش بتواند مبنای علمی مناسبی برای برنامه‌ریزی، مدیریت ریسک، ارتقای حفاظت از پارک ملی بوم و همچنین الگویی برای ارزیابی مخاطرات در سایر مناطق حفاظت‌شده کشور فراهم سازد.

روش کار

محدوده مورد مطالعه

پارک ملی بوم در استان فارس در مسیر زرقان-تخت جمشید و با مساحت ۴۸۶۷۸ هکتار واقع شده است (شکل ۱). پارک ملی بوم از

شناسایی مخاطرات با تکنیک دلفی

در مرحله شناسایی مخاطرات، ابتدا با توجه به بازدیدهای میدانی، مصاحبه با کارشناسان محیط زیست و محیط‌بانان شاغل در منطقه و همچنین بررسی گزارشات موجود، فهرست اولیه مخاطرات تهیه شد. در مرحله بعد، جهت غربال و شناسایی نهایی مخاطرات از روش دلفی استفاده گردید. برای این منظور، پرسشنامه‌هایی بر اساس شناخت منطقه تهیه شد و در اختیار گروهی ۵۰ نفره متشکل از متخصصان قرار گرفت. ترکیب گروه خبرگان شامل ۱۵ نفر محیط‌بان با حداقل ۱۰ سال سابقه کار، ۲۰ نفر کارشناس ارشد اداره کل محیط زیست استان فارس، ۱۰ نفر استاد دانشگاه و ۵ نفر مدیر اجرایی با سابقه مدیریت در مناطق حفاظت‌شده بود. تکنیک دلفی در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول، پرسشنامه باز شامل فهرست اولیه مخاطرات در اختیار خبرگان قرار گرفت تا مخاطرات جدید را اضافه و نظرات خود را اعلام کنند. در مرحله دوم، پرسشنامه بسته شامل مخاطرات نهایی شده، مجدداً برای نمره‌دهی به خبرگان ارسال شد. از خبرگان خواسته شد تا به هر مخاطره از ۱ تا ۵ نمره دهند (۱=ناچیز، ۲=کم، ۳=متوسط، ۴=زیاد، ۵=بسیار زیاد) مخاطراتی که میانگین نمره آن‌ها بالاتر از ۳ بود، پذیرش و مابقی حذف شدند.

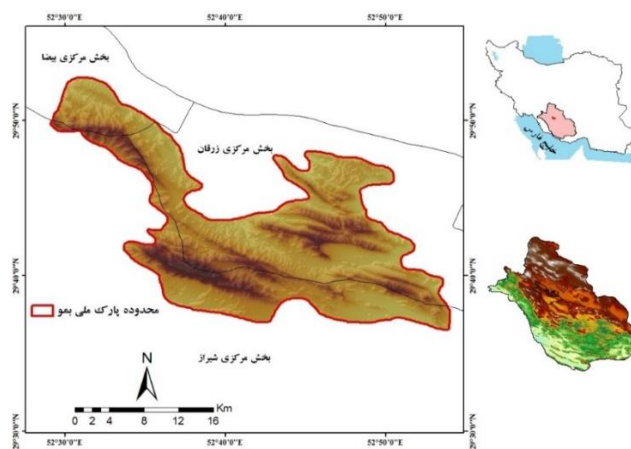
روش رتبه‌بندی مخاطرات

پس از شناسایی نهایی مخاطرات، از خبرگان خواسته شد تا به هر یک از شاخص‌های شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت کشف بر اساس جدول‌های ۱ و ۲ نمره‌دهی نمایند. برای کمی کردن اطلاعات جمع‌آوری شده، از طیف ۱ تا ۹ استفاده شد.

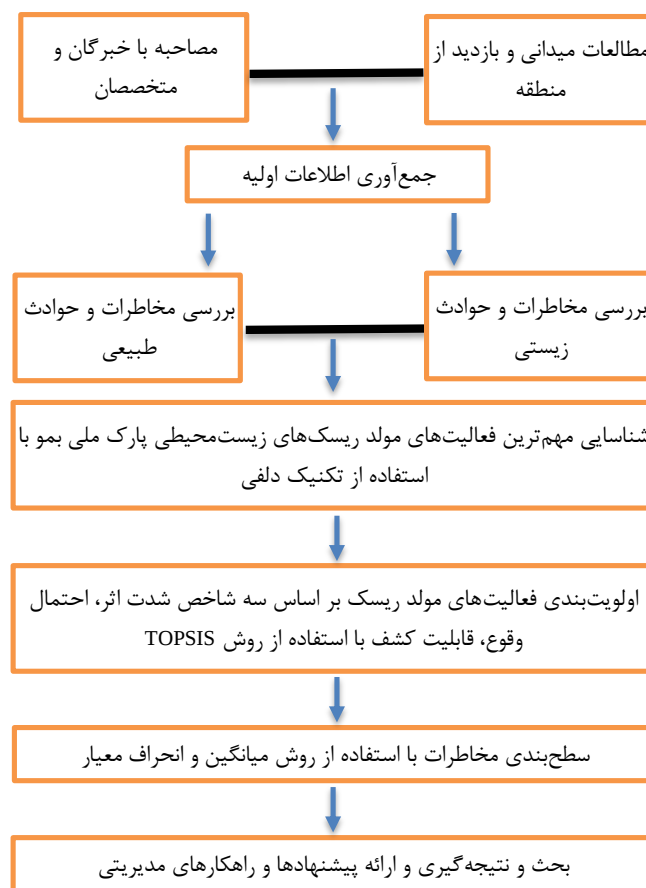
جدول ۱. شدت اثر و احتمال وقوع ریسک‌های زیست‌محیطی

نمره	احتمال وقوع	شدت اثر
۱	اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از خیلی کم باشد.	اگر شدت اثر ناشی از عامل مخاطره خیلی کم باشد.
۳	اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از کم باشد.	اگر شدت اثر ناشی از عامل مخاطره کم باشد.
۵	اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از متوسط باشد.	اگر شدت اثر ناشی از عامل مخاطره متوسط باشد.
۷	اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از زیاد باشد.	اگر شدت اثر ناشی از عامل مخاطره زیاد باشد.
۹	اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از خیلی زیاد باشد.	اگر شدت اثر ناشی از عامل مخاطره خیلی زیاد باشد.

لحاظ شمار حیوانات و تنوع حیات وحش، بعد از پارک‌های ملی گلستان و ارومیه در مقام سوم اهمیت می‌باشد و در زیستگاه طبیعی آن، پستاندارانی از جمله پلنگ، کفتار، گربه جنگلی، آهو، گراز، قوچ و میش، بز و پازن و پرندگانی همچون عقاب طلایی زندگی می‌کنند. طی چند سال گذشته آتش‌سوزی‌های متعدد در این پارک ملی رخ داده است. الگوریتم اجرای پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی پارک ملی بمو



شکل ۲. الگوریتم اجرای تحقیق

جدول ۲. قابلیت کشف ریسک‌های زیست‌محیطی

نمره	شرح درجه شناسایی	قابلیت کشف
۱	بدون کنترل یا احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود.	خیلی ناچیز یا هیچ
۲	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود.	ناچیز
۳	احتمال خیلی کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود.	خیلی کم
۴	احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود.	کم
۵	در نیمی از موارد، محتمل است که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود.	متوسط
۶	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود.	نسبتاً زیاد
۷	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود.	زیاد
۸	احتمال خیلی زیاد وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود.	خیلی زیاد
۹	تقریباً به‌طور حتم با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود.	تقریباً حتمی

جهت رتبه‌بندی مخاطرات از روش TOPSIS استفاده شد. در این روش، گام‌های زیر به ترتیب اجرا گردید:

- گام اول: کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (رابطه ۱)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad \text{رابطه ۱}$$

- گام دوم: به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (رابطه ۲)

$$V = N \times W_{n \times n} \quad \text{رابطه ۲}$$

- گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی (روابط ۳ و ۴)
- راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_j^+) بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس (V)
- راه‌حل ایده‌آل منفی (V_j^-) بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس (V)

$$A^+ = \{\max(V_{ij}) \mid j \in S^+; \min(V_{ij}) \mid j \in S^-\} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$A^- = \{\min(V_{ij}) \mid j \in S^+; \max(V_{ij}) \mid j \in S^-\} \quad \text{رابطه ۴}$$

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچکترین مقادیر است و «بدترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، کوچکترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگترین مقادیر است.

- گام چهارم: به‌دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (dj^+) و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (dj^-) ، بر اساس روابط ۵-۸ زیر حساب شد:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (vij - v_j^+)^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$di^+ = \sqrt{(\sum_{j=1}^n \{j=1\}^{\wedge} \{n\} (vij - v_j^+)^2)} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (vij - v_j^-)^2} \quad \text{رابطه ۷}$$

$$di^- = \sqrt{(\sum_{j=1}^n \{j=1\}^{\wedge} \{n\} (vij - v_j^-)^2)} \quad \text{رابطه ۸}$$

- گام پنجم: تعیین نزدیکی نسبی (CL) هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل (رابطه ۹)

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad \text{رابطه ۹}$$

- گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس CL

لازم به ذکر است که برای معیار قابلیت کشف، به دلیل اینکه نمره بالاتر نشان‌دهنده قابلیت کشف کمتر (وضعیت بدتر) است، این معیار به‌عنوان معیار منفی در نظر گرفته شد.

سطح‌بندی ریسک‌ها

در مرحله آخر، جهت سطح‌بندی مخاطرات شناسایی‌شده، از فرمول میانگین و انحراف معیار استفاده شد. ابتدا میانگین حسابی داده‌ها با استفاده از رابطه ۱۰ و سپس انحراف معیار داده‌ها از رابطه ۱۱ محاسبه گردید.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

به منظور تعیین سطوح ریسک جهت اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی و کنترلی از روابط ۱۲ و ۱۳ استفاده شد:

$$\text{رابطه ۱۲} \quad \text{حد بالای ریسک} = \bar{x} + \sigma$$

$$\text{رابطه ۱۳} \quad \text{حد پایین ریسک} = \bar{x} - \sigma$$

یافته‌ها

نتایج حاصل از نظر خبرگان در مورد اهمیت هر یک از مخاطرات پارک ملی بمو در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج، از ۲۵ مخاطره شناسایی شده، ۲۰ مخاطره با میانگین بالاتر از ۳ مورد پذیرش قرار گرفتند.

نتایج حاصل از نمره‌دهی خبرگان به شاخص‌های شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت کشف برای ۲۰ مخاطره پذیرش شده در جدول ۵ ارائه شده است. شایان ذکر است که میانگین نظرات کارشناسان به عنوان نمره نهایی هر شاخص لحاظ شده است.

و ریسک‌های بین حد بالا و پایین، سطح ریسک متوسط می‌باشند. بر اساس آن، ریسک‌ها به سه سطح (بالا، متوسط، پایین) طبقه‌بندی شدند. ریسک‌های بین حد بالا و پایین، سطح ریسک متوسط محسوب می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳. طبقه‌بندی ریسک‌ها

سطح ریسک	محدوده CL
بالا	$CL > 0/880$
متوسط	$0/468 \leq CL \leq 0/880$
پایین	$CL < 0/468$

جدول ۴. نتایج بررسی دیدگاه خبرگان در مورد اهمیت هر یک از ریسک‌های پارک ملی بمو

معیارهای موجود در پارک	ناچیز (۱)	کم (۲)	متوسط (۳)	زیاد (۴)	بسیار زیاد (۵)	میانگین	نتیجه
عبور خطوط برق	۱۹	۱۱	۱۰	۶	۴	۳/۲	عدم پذیرش
بیماری‌های حیات وحش	۴	۵	۶	۱۸	۱۷	۳/۷۸	پذیرش
آتش‌سوزی	۴	۵	۶	۱۷	۱۸	۳/۸	پذیرش
نزدیکی به جاده‌های دسترسی	۶	۹	۱۲	۱۱	۱۲	۳/۲۸	پذیرش
کمبرود یا خرابی فنس	۰	۴	۴	۲۰	۲۲	۴/۲	پذیرش
سیل	۲۳	۱۹	۴	۰	۴	۱/۸۶	عدم پذیرش
زلزله	۳۵	۱۰	۲	۲	۱	۱/۴۸	عدم پذیرش
کمبرود اعتبارات	۰	۱	۲	۱۴	۳۳	۴/۵۸	پذیرش
پادگان‌های نظامی	۷	۵	۱۰	۱۵	۱۳	۳/۴۴	پذیرش
کمبرود محیط‌بان	۱	۱۰	۰	۱۱	۲۸	۴/۱	پذیرش
کمبرود پاسگاه محیط‌بانی	۵	۵	۶	۱۸	۱۶	۳/۷	پذیرش
کمبرود خودرو و موتورسیکلت	۱	۲	۴	۱۷	۲۶	۴/۳	پذیرش
اثر کمبود بارش (خشکسالی) بر جمعیت حیات وحش	۲	۳	۱۱	۱۰	۲۴	۴/۰۲	پذیرش
عدم تعامل با دادگستری	۴	۹	۶	۱۶	۱۵	۳/۵۸	پذیرش
ضعف یا عدم اجرای قوانین	۱	۵	۶	۱۶	۲۲	۴/۰۶	پذیرش
نزدیکی به اتوبان شیراز-اصفهان	۷	۹	۸	۱۲	۱۴	۳/۳۴	پذیرش
نزدیکی به پالایشگاه شیراز	۶	۵	۷	۱۷	۱۵	۳/۶	پذیرش
اکوتوریسم و گردشگری	۲۱	۱۰	۸	۷	۴	۲/۲۶	عدم پذیرش
شکارچیان غیر مجاز	۰	۰	۳	۱۱	۳۶	۴/۶۶	پذیرش
چرای دام	۰	۲	۵	۱۶	۲۷	۴/۳۶	پذیرش
رفتار جوامع محلی	۴	۱۰	۷	۱۶	۱۳	۳/۴۸	پذیرش
کمبرود آب و آب‌شخور	۵	۹	۹	۱۰	۱۷	۳/۵	پذیرش
کمبرود علوفه	۱۰	۱۳	۶	۷	۱۴	۳/۰۴	پذیرش
تأثیر بارش برف در خروج حیات وحش	۷	۱۸	۱۴	۴	۷	۲/۷۲	عدم پذیرش
نزدیکی به شیراز و زرقان	۲	۱۱	۶	۱۶	۱۵	۳/۶۲	پذیرش

جدول ۵. میانگین نظرات کارشناسان در ارزیابی مخاطرات

زیست‌محیطی پارک ملی بومو

فعالیت مولد ریسک	نماد	شدت مخاطره	احتمال وقوع مخاطره	احتمال کشف مخاطره
نزدیکی به جاده‌های دسترسی	A1	۷/۰۶	۶/۹۳	۳/۶۶
کمبرود یا خرابی فنس	A2	۶/۹۳	۷/۰۶	۳/۹۳
کمبرود اعتبارات	A3	۷/۶۶	۷/۵۳	۲/۶۶
پادگان‌های نظامی	A4	۴/۹۳	۴/۸۰	۵/۰۰
کمبرود محیط‌بانان	A5	۸/۱۳	۷/۵۳	۲/۸۰
کمبرود پاسگاه محیط‌بانی	A6	۶/۱۳	۵/۸۶	۴/۴۰
کمبرود خودرو و موتورسیکلت	A7	۶/۵۳	۶/۲۶	۳/۶۶
اثر کمبرود بارش بر جمعیت حیات وحش	A8	۶/۲۶	۶/۲۰	۳/۸۰
عدم تعامل با دادگستری	A9	۷/۴۰	۷/۲۶	۳/۰۰
ضعف یا عدم اجرای قوانین	A10	۷/۷۳	۷/۶۶	۳/۲۰
نزدیکی به اتوبان شیراز-اصفهان	A11	۵/۸۶	۵/۹۳	۴/۲۰
نزدیکی به پالایشگاه شیراز	A12	۵/۲۰	۵/۴۰	۴/۶۶
شکارچیان غیر مجاز	A13	۷/۶۰	۷/۴۶	۲/۸۰
چرای دام	A14	۶/۶۰	۶/۶۶	۲/۱۳
رفتار جوامع محلی	A15	۶/۴۰	۶/۴۶	۴/۰۶
کمبرود آب و آبشخور	A16	۶/۳۳	۶/۶۰	۳/۷۳
کمبرود علوفه	A17	۴/۱۳	۴/۵۳	۵/۴۶
نزدیکی به شیراز و زرقان	A18	۶/۶۶	۶/۸۰	۲/۸۶
بیماری حیات وحش	A19	۶/۱۸	۵/۹۲	۴/۴۶
آتش‌سوزی	A20	۶/۲۰	۵/۹۴	۴/۴۸

جدول ۶. ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری

ماتریس	شدت مخاطره	احتمال وقوع مخاطره	احتمال کشف مخاطره
A1	۷/۰۶	۶/۹۳	۳/۶۶
A2	۶/۹۳	۷/۰۶	۳/۹۳
A3	۷/۶۶	۷/۵۳	۲/۶۶
A4	۴/۹۳	۴/۸۰	۵
A5	۸/۱۳	۷/۵۳	۲/۸۰
A6	۶/۱۳	۵/۸۶	۴/۴۰
A7	۶/۵۳	۶/۲۶	۳/۶۶
A8	۶/۲۶	۶/۲۰	۳/۸۰
A9	۷/۴۰	۷/۲۶	۳
A10	۷/۷۳	۷/۶۶	۳/۲۰
A11	۵/۸۶	۵/۹۳	۴/۲۰
A12	۵/۲۰	۵/۴۰	۴/۶۶
A13	۷/۶۰	۷/۴۶	۲/۸۰
A14	۶/۶۰	۶/۶۶	۲/۱۳
A15	۶/۴۰	۶/۴۶	۴/۰۶
A16	۶/۳۳	۶/۶۰	۳/۷۳
A17	۴/۱۳	۴/۵۳	۵/۴۶
A18	۶/۶۶	۶/۸۰	۲/۸۶
A19	۶/۱۸	۵/۹۲	۴/۴۶
A20	۶/۲۰	۵/۹۴	۴/۴۸
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت
وزن معیار	۰/۲۴۵۱	۰/۱۹۹۲	۰/۵۵۵۷

گام دوم

از آنجا که معیارهای مورد استفاده ممکن است دارای مقیاس‌ها و دامنه‌های متفاوتی باشند، در این مرحله مقادیر ماتریس تصمیم به روش نرمال‌سازی برداری، بی‌مقیاس شدند. هدف از این مرحله، حذف اثر اختلاف مقیاس بین معیارها و ایجاد امکان مقایسه مستقیم آن‌ها است. با انجام نرمال‌سازی، تمامی داده‌ها در یک مقیاس یکسان قرار

اولویت‌بندی ریسک‌های زیست‌محیطی پارک ملی بومو با

استفاده از تکنیک TOPSIS

براساس مراحل شش‌گانه تکنیک TOPSIS، در پارک ملی بومو نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که "کمبرود محیط‌بانان" با ضریب نزدیکی ۰/۸۷۲ بالاترین ریسک و مخاطره "کمبرود علوفه" با ضریب نزدیکی ۰/۰۰۰ کمترین اولویت را در منطقه دارا هستند. بعد از سطح‌بندی مخاطرات مشخص گردید که بیشترین ریسک‌های پارک ملی بومو در طبقه ریسک متوسط (M) قرار دارند.

گام اول

در نخستین مرحله از روش TOPSIS، ماتریس تصمیم تشکیل شد. در این ماتریس، مخاطرات شناسایی‌شده در پارک ملی بومو به‌عنوان گزینه‌ها و سه معیار شدت مخاطره، احتمال وقوع و احتمال کشف

جدول ۸. وزن دهی به ماتریس نرمال شده

ماتریس وزن	شدت مخاطره	احتمال وقوع مخاطره	احتمال کشف مخاطره
A1	۰/۰۵۸۹	۰/۰۴۷۵	۰/۱۱۸۴
A2	۰/۰۵۷۸	۰/۰۴۸۴	۰/۱۲۷۱
A3	۰/۰۶۳۹	۰/۰۵۱۶	۰/۰۸۶
A4	۰/۰۴۱۱	۰/۰۳۲۹	۰/۱۶۱۷
A5	۰/۰۶۷۸	۰/۰۵۱۶	۰/۰۹۰۵
A6	۰/۰۵۱۲	۰/۰۴۰۲	۰/۱۴۲۳
A7	۰/۰۵۴۵	۰/۰۴۲۹	۰/۱۱۸۴
A8	۰/۰۵۲۲	۰/۰۴۲۵	۰/۱۲۲۹
A9	۰/۰۶۱۸	۰/۰۴۹۸	۰/۰۹۷
A10	۰/۰۶۴۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۰۳۵
A11	۰/۰۴۸۹	۰/۰۴۰۷	۰/۱۳۵۸
A12	۰/۰۴۳۴	۰/۰۳۷	۰/۱۵۰۷
A13	۰/۰۶۳۴	۰/۰۵۱۱	۰/۰۹۰۵
A14	۰/۰۵۵۱	۰/۰۴۵۷	۰/۰۶۸۹
A15	۰/۰۵۳۴	۰/۰۴۴۳	۰/۱۳۱۳
A16	۰/۰۵۲۸	۰/۰۴۵۲	۰/۱۲۰۶
A17	۰/۰۳۴۵	۰/۰۳۱۱	۰/۱۷۶۶
A18	۰/۰۵۵۶	۰/۰۴۶۶	۰/۰۹۲۵
A19	۰/۰۵۱۶	۰/۰۴۰۶	۰/۱۴۴۲
A20	۰/۰۵۱۷	۰/۰۴۰۷	۰/۱۴۴۹

گام چهارم

در این مرحله، راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی برای هر یک از معیارها تعیین شد. راه حل ایده آل مثبت شامل بهترین مقدار قابل دستیابی برای هر معیار و راه حل ایده آل منفی شامل نامطلوب ترین مقدار هر معیار است. در واقع، این دو نقطه به عنوان مبنای مقایسه تمامی گزینه ها در نظر گرفته می شوند. هرچه یک مخاطره به راه حل ایده آل مثبت نزدیک تر و از راه حل ایده آل منفی دورتر باشد، از اولویت بیشتری برخوردار خواهد بود. مقادیر مربوط به این مرحله در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹. تعیین راه حل ایده آل مثبت و منفی

راه حل بهینه	شدت مخاطره	احتمال وقوع مخاطره	احتمال کشف مخاطره
+	۰/۰۶۷۸	۰/۰۵۲۵	۰/۱۷۶۶
-	۰/۰۳۴۵	۰/۰۳۱۱	۰/۰۶۸۹

گرفته و تأثیر هر معیار بدون وابستگی به واحد اندازه گیری آن قابل بررسی خواهد بود. این مرحله یکی از مهم ترین مراحل روش TOPSIS محسوب می شود، زیرا دقت محاسبات بعدی به صحت نرمال سازی وابسته است. نتایج این مرحله در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. نرمال سازی یا بی مقیاس کردن ماتریس

ماتریس بی مقیاس	شدت مخاطره	احتمال وقوع مخاطره	احتمال کشف مخاطره
A1	۰/۲۴۰۴	۰/۲۳۸۵	۰/۲۱۳
A2	۰/۲۳۵۹	۰/۲۴۳	۰/۲۲۸۷
A3	۰/۲۶۰۸	۰/۲۵۹۱	۰/۱۵۴۸
A4	۰/۱۶۷۹	۰/۱۶۵۲	۰/۲۹۱
A5	۰/۲۷۶۸	۰/۲۵۹۱	۰/۱۶۲۹
A6	۰/۲۰۸۷	۰/۲۰۱۷	۰/۲۵۶۱
A7	۰/۲۲۲۳	۰/۲۱۵۴	۰/۲۱۳
A8	۰/۲۱۳۱	۰/۲۱۳۴	۰/۲۲۱۱
A9	۰/۲۵۲	۰/۲۴۹۸	۰/۱۷۴۶
A10	۰/۲۶۳۲	۰/۲۶۳۶	۰/۱۸۶۲
A11	۰/۱۹۹۵	۰/۲۰۴۱	۰/۲۴۴۴
A12	۰/۱۷۷	۰/۱۸۵۸	۰/۲۷۱۲
A13	۰/۲۵۸۸	۰/۲۵۶۷	۰/۱۶۲۹
A14	۰/۲۲۴۷	۰/۲۲۹۲	۰/۱۲۴
A15	۰/۲۱۷۹	۰/۲۲۲۳	۰/۲۳۶۳
A16	۰/۲۱۵۵	۰/۲۲۷۱	۰/۲۱۷۱
A17	۰/۱۴۰۶	۰/۱۵۵۹	۰/۳۱۷۷
A18	۰/۲۲۹۸	۰/۲۳۴	۰/۱۶۶۴
A19	۰/۲۱۰۴	۰/۲۰۳۷	۰/۲۵۹۶
A20	۰/۲۱۱۱	۰/۲۰۴۴	۰/۲۶۰۷

گام سوم

پس از نرمال سازی داده ها، وزن هر یک از معیارها در مقادیر نرمال شده اعمال شد تا ماتریس نرمال شده وزن دار به دست آید. در این مرحله، اهمیت نسبی هر معیار در فرآیند تصمیم گیری وارد محاسبات می شود؛ به گونه ای که معیارهای با اهمیت بیشتر، تأثیر بیشتری بر نتیجه نهایی خواهند داشت. اعمال وزن ها موجب می شود ارزیابی مخاطرات با توجه به نقش واقعی هر معیار انجام گیرد و نتایج از دقت و اعتبار بیشتری برخوردار باشند. ماتریس وزن دار حاصل از این مرحله در جدول ۸ ارائه شده است.

گام پنجم

پس از تعیین نقاط ایده آل، فاصله هر یک از مخاطرات از راه حل ایده آل مثبت و منفی با استفاده از فاصله اقلیدسی محاسبه شد. این فاصله‌ها میزان شباهت یا تفاوت هر مخاطره را نسبت به بهترین و بدترین وضعیت ممکن مشخص می‌کنند. هرچه فاصله یک مخاطره از راه حل ایده آل مثبت کمتر و فاصله آن از راه حل ایده آل منفی بیشتر باشد، آن مخاطره از اولویت بالاتری برخوردار خواهد بود. نتایج محاسبات فاصله برای تمامی مخاطرات در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰. تعیین اندازه فاصله از راه حل ایده آل مثبت و منفی

اندازه فاصله	+	-
A1	۰/۰۵۳۱	۰/۰۴۸۱
A2	۰/۰۵۵۲	۰/۰۵۰۲
A3	۰/۰۶۰۲	۰/۰۵۵۲
A4	۰/۰۲۸۲	۰/۰۲۳۲
A5	۰/۰۶۴۲	۰/۰۵۹۲
A6	۰/۰۴۶۹	۰/۰۴۱۹
A7	۰/۰۴۹۲	۰/۰۴۴۲
A8	۰/۰۵۱۰	۰/۰۴۶۰
A9	۰/۰۵۹۱	۰/۰۵۴۱
A10	۰/۰۶۲۱	۰/۰۵۷۱
A11	۰/۰۴۲۴	۰/۰۳۷۴
A12	۰/۰۵۴۶	۰/۰۴۹۶
A13	۰/۰۲۱۴	۰/۰۱۶۴
A14	۰/۰۶۱۳	۰/۰۵۶۳
A15	۰/۰۵۶۹	۰/۰۵۱۹
A16	۰/۰۴۴۷	۰/۰۳۹۷
A17	۰/۰۵۰۲	۰/۰۴۵۲
A18	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۳۴
A19	۰/۰۲۵۹	۰/۰۲۰۹
A20	۰/۰۲۴۷	۰/۰۱۹۷

گام ششم

در آخرین مرحله، ضریب نزدیکی به راه حل ایده آل (Closeness Coefficient: CC) برای هر مخاطره محاسبه شد. این ضریب که در پژوهش حاضر به عنوان عدد اولویت ریسک (Risk Priority Number: RPN) جهت رتبه‌بندی مخاطرات در نظر گرفته شده است، از نسبت فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل منفی به مجموع فاصله آن از

راه حل‌های ایده آل مثبت و منفی به دست می‌آید. هرچه مقدار CC (یا RPN) به عدد یک نزدیک‌تر باشد، مخاطره از اولویت بالاتری برخوردار بوده و نیازمند توجه و اقدامات مدیریتی بیشتری است. بر این اساس، مخاطرات بر مبنای مقدار این شاخص رتبه‌بندی شدند و نتایج نهایی در جدول ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۱۱. محاسبه نزدیکی به راه حل ایده آل مثبت و منفی همچنین رتبه‌بندی گزینه‌ها

نتیجه	ضریب نزدیکی
A5	۰/۸۷۲
A10	۰/۸۵۱
A13	۰/۸۴۳
A3	۰/۸۳۲
A9	۰/۸۲۱
A14	۰/۷۹۹
A2	۰/۷۸۲
A12	۰/۷۷۶
A1	۰/۷۶۱
A8	۰/۷۴۰
A16	۰/۷۳۲
A7	۰/۷۲۲
A6	۰/۶۹۹
A15	۰/۶۷۷
A11	۰/۶۵۴
A4	۰/۵۱۲
A19	۰/۴۸۹
A20	۰/۴۷۷
A12	۰/۴۴۴
A17	۰/۰۰۰

جدول ۱۲ نتایج نهایی اولویت‌بندی مخاطرات محیط‌زیستی پارک ملی بوم را بر اساس مقدار ضریب نزدیکی (CC یا RPN) و سطح ریسک هر مخاطره نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، مخاطرات بر حسب میزان اولویت در سطوح مختلف ریسک طبقه‌بندی شدند؛ به گونه‌ای که مخاطرات با مقادیر بالاتر ضریب نزدیکی، از اولویت بیشتری برای برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت برخوردار هستند. این رتبه‌بندی، مبنای شناسایی مهم‌ترین مخاطرات محیط‌زیستی پارک و تدوین راهکارهای مدیریتی در بخش بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفت.

جدول ۱۲. اولویت‌بندی مخاطرات پارک ملی بمو بر اساس روش TOPSIS

رتبه	مخاطرات	ضریب نزدیکی	سطح ریسک
۱	کمبود محیط بان	۰/۸۷۲	H
۲	ضعف یا عدم اجرای قوانین	۰/۸۵۱	H
۳	شکارچیان غیر مجاز	۰/۸۴۳	H
۴	کمبود اعتبارات	۰/۸۳۲	H
۵	عدم تعامل با دادگستری	۰/۸۲۱	H
۶	چرای دام	۰/۷۹۹	H
۷	کمبود یا خرابی فنس	۰/۷۸۲	M
۸	نزدیکی به شیراز و زرگان	۰/۷۷۶	M
۹	نزدیکی به جاده‌های دسترسی	۰/۷۶۱	M
۱۰	اثر خشکسالی بر حیات وحش	۰/۷۴۰	M
۱۱	کمبود آب و آبشخور	۰/۷۳۲	M
۱۲	کمبود خودرو و موتورسیکلت	۰/۷۲۲	M
۱۳	کمبود پاسگاه محیط‌بانی	۰/۶۹۹	M
۱۴	رفتار جوامع محلی	۰/۶۷۷	M
۱۵	نزدیکی به اتوبان شیراز-اصفهان	۰/۶۵۴	M
۱۶	پادگان‌های نظامی	۰/۵۱۲	L
۱۷	بیماری حیات وحش	۰/۴۸۹	L
۱۸	آتش‌سوزی	۰/۴۷۷	L
۱۹	نزدیکی به پالایشگاه شیراز	۰/۴۴۴	L
۲۰	کمبود علوفه	۰/۰۰۰	L

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که در پارک ملی بمو، بر خلاف بسیاری از مطالعات مشابه نظیر پژوهش نیک اندیش و همکاران (۱۹) که شکار غیرمجاز را بالاترین ریسک معرفی کردند؛ عوامل ساختاری و مدیریتی نظیر کمبود محیط بان (رتبه اول) ضعف در اجرای قوانین (رتبه دوم) و کمبود اعتبارات (رتبه چهارم) به عنوان مهم‌ترین مخاطرات شناسایی شدند. این یافته با نتایج پژوهش میلسنیک اسکارتیک و همکاران (۲۰) که با استفاده از FMEA مخاطرات مناطق حفاظت‌شده را اولویت‌بندی کرده است و در انتها بیان کرده که عوامل مدیریتی از مهم‌ترین ریسک‌های مناطق حفاظت‌شده هستند و بر لزوم تقویت مدیریت و نظارت تأکید می‌کند؛ همخوانی داشته است. تحقیق میکی و همکاران (۲۱) نیز نشان داد که «عدم وجود مکانیسم‌های هشدار اولیه در مورد بلایای مؤثر بر مناطق حفاظت‌شده» و «عدم وجود سیستمی برای نظارت بر وقوع، توسعه و گسترش بلایا» را برجسته می‌کند؛ که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشته است.

کمبود محیط‌بان به عنوان مهم‌ترین مخاطره شناسایی شد. این مسئله نشان‌دهنده یک بحران اساسی در مدیریت پارک است. محیط‌بانان به‌عنوان خط مقدم حفاظت، نقش حیاتی در پایش منطقه، جلوگیری از تخلفات، مقابله با شکارچیان غیرمجاز، کنترل چرای دام، اطفای حریق و به‌طور کلی اجرای قوانین دارند. کمبود نیروی انسانی متخصص و کارآمد، منجر به کاهش توان نظارتی و کنترلی شده و زمینه را برای بروز سایر مخاطرات فراهم می‌آورد. به‌طوری که می‌توان گفت بسیاری از مخاطرات دیگر نظیر شکار غیرمجاز، چرای بی‌رویه دام و حتی آتش‌سوزی، ریشه در همین ضعف نیروی انسانی دارند. با افزایش تعداد محیط‌بانان و تجهیز آن‌ها به امکانات روز، می‌توان گام بزرگی در جهت کاهش کلیه تهدیدات برداشت. تأمین نیروی انسانی کافی، یکی از ارکان اصلی مدیریت موفق مناطق حفاظت‌شده محسوب می‌شود و عدم توجه به آن، سایر اقدامات مدیریتی را با ناکارآمدی مواجه خواهد کرد. ضعف در اجرای قوانین به عنوان دومین مخاطره مهم، نشان‌دهنده یک چالش ساختاری در نظام مدیریتی کشور است. وضع قوانین جامع و مدرن برای حفاظت از محیط زیست، گام نخست است، اما آنچه بیش از همه اهمیت دارد، اجرای صحیح و عادلانه این قوانین است. در پارک ملی بمو، متأسفانه با پدیده «قانون‌گریزی» و «اجرای ناقص قانون» مواجه هستیم. متخلفان زیست‌محیطی به دلیل سودآوری بالای فعالیت‌های غیرمجاز (مانند شکار یا چرای بی‌رویه) و نیز احتمال پایین شناسایی و مجازات، به راحتی اقدام به تخلف می‌کنند. این مسئله، به‌ویژه زمانی تشدید می‌شود که دستگاه‌های مرتبط نظیر دادگستری همکاری لازم را نداشته باشند. تقویت نظارت بر اجرای قوانین، افزایش جریمه‌های تخلفات، برخورد قاطع و بازدارنده با متخلفان و همچنین فرهنگ‌سازی در جوامع محلی، از جمله راهکارهای اساسی برای غلبه بر این چالش است. قانون در صورتی کارایی دارد که ضمانت اجرایی داشته باشد و عدم اجرای آن، به معنای نادیده گرفتن ارزش‌های محیط زیستی منطقه است. کمبود اعتبارات که در رتبه چهارم قرار دارد، یکی از ریشه‌ای‌ترین مشکلات مدیریت مناطق حفاظت‌شده در ایران است. سازمان حفاظت محیط زیست همواره با کمبود بودجه مواجه بوده و این مسئله به طور مستقیم بر تمامی جنبه‌های مدیریتی تأثیر می‌گذارد. کمبود اعتبار، به معنای عدم توانایی در جذب و نگهداشت نیروی انسانی ماهر، خرید و تعمیر تجهیزات (مانند خودرو، موتورسیکلت، دوربین، بی‌سیم و ...) احداث و

و دوم اینکه کارشناسان منطقه معتقدند که بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی از جمله کمبود علوفه، ریشه در ضعف‌های مدیریتی و ساختاری دارد و با تقویت نیروی انسانی و اجرای قوانین، این مشکلات قابل حل است. به عبارت دیگر، در شرایط فعلی، وجود محیط‌بان کافی و اجرای صحیح قوانین می‌تواند بسیاری از مخاطرات دیگر از جمله شکار غیرمجاز، چرای بی‌رویه دام و حتی کمبود علوفه را به‌صورت غیرمستقیم مدیریت کند. اگرچه در پژوهش حاضر آتش‌سوزی در رتبه هجدهم قرار گرفت، اما در پژوهش میلارد و همکاران (۲۶) با بررسی آتش‌سوزی‌های رخ داده در ۵۸ منطقه کلیدی تنوع زیستی (KBAs) در بولیوی طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ نشان داد که آتش‌سوزی‌های انسانی یکی از مهم‌ترین مخاطرات مؤثر بر مناطق حفاظت‌شده محسوب می‌شوند و موجب تأثیر بر پراکنش ۵۴ گونه در معرض تهدید و ۱۵ گونه بومی شده‌اند. همچنین در تحقیق والسپاک و همکاران (۲۷) با بررسی اثر یک آتش‌سوزی گسترده در تالاب حفاظت‌شده دره بیبرزا در لهستان بیان کرد که آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از تهدیدهای اصلی تنوع زیستی تالاب‌های آب شیرین شناخته می‌شود و می‌تواند موجب کاهش معنی‌دار فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان شود. نتایج تحقیقات آنان با تحقیق حاضر مغایرت دارد و نشان‌دهنده تفاوت در شرایط اکولوژیکی و مدیریتی مناطق است. در پارک ملی بومو، به دلیل وسعت کمتر و دسترسی بهتر به جاده‌ها، امکان اطفای سریع حریق وجود دارد و این عامل باعث شده که کارشناسان آتش‌سوزی را در اولویت پایین‌تری قرار دهند (۲۷).

نزدیکی به پالایشگاه شیراز (رتبه ۱۹) و پادگان‌های نظامی (رتبه ۱۶) در سطح پایین ریسک قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده این است که هرچند این تأسیسات تهدیداتی برای منطقه محسوب می‌شوند، اما در حال حاضر اثرات مخرب آن‌ها به اندازه سایر مخاطرات مدیریتی و ساختاری احساس نمی‌شود. با این حال، با توجه به پتانسیل بالای این تأسیسات برای ایجاد مخاطرات بزرگ مقیاس، نباید از برنامه‌های مدیریتی حذف شوند و پایش مستمر آن‌ها ضروری است. بر اساس اولویت‌بندی انجام شده، راهکارهای کنترلی باید به ترتیب بر روی موارد زیر متمرکز شوند:

۱. تأمین و افزایش تعداد محیط‌بانان و بهبود تجهیزات حفاظتی
۲. اجرای دقیق و مؤثر قوانین موجود و برخورد با تخلفات
۳. تأمین اعتبارات و منابع مالی پایدار برای مدیریت پارک

نگهداری زیرساخت‌ها (فنس‌ها، پاسگاه‌ها، آبشخورها) انجام عملیات احیایی و در نهایت، از دست‌دادن توانایی مقابله با مخاطرات است. جذب منابع مالی از طریق جلب مشارکت‌های مردمی، سرمایه‌گذاری در اکوتوریسم پایدار، دریافت عوارض از صنایع و تأسیسات مجاور و همچنین تخصیص بودجه کافی از سوی دولت، از جمله راهکارهایی است که می‌تواند به کاهش این مخاطره کمک کند. بدون تأمین مالی پایدار، مدیریت پارک در یک چرخه معیوب از ضعف و ناکارآمدی گرفتار خواهد ماند و نمی‌تواند به وظایف اصلی خود در زمینه حفاظت عمل کند.

یافته‌های این پژوهش مبنی بر قرار گرفتن شکارچیان غیرمجاز در رتبه سوم مخاطرات محیط‌زیستی پارک ملی بومو با نتایج مطالعه لیانگ و همکاران (۲۲) همخوانی دارد. این پژوهش با بررسی ۹۲۵۶ پرونده محکومیت شکار غیرقانونی در چین نشان داد که شکار غیرمجاز یکی از مهم‌ترین و در عین حال کمتر مورد توجه قرار گرفته‌ترین تهدیدهای تنوع زیستی است. یافته‌های لیشر و همکاران (۲۳) نشان داد که پس از میانگین‌گیری نتایج سه منبع شامل نظر خبرگان (روش دلفی)، تهدیدهای ثبت‌شده برای گونه‌های فهرست قرمز IUCN و برنامه‌های ملی تنوع زیستی ۴۰ کشور آفریقای جنوب صحرا، مهم‌ترین تهدیدهای مستقیم تنوع زیستی به‌ترتیب کشاورزی (کشت محصولات سالانه و دائمی)، صید و برداشت منابع آبی، بهره‌برداری از چوب در جنگل‌های طبیعی و شکار و برداشت جانوران خشکی بودند. همچنین در تحلیل منطقه‌ای، شکار و برداشت جانوران خشکی در آفریقای مرکزی به‌عنوان مهم‌ترین تهدید شناخته شد. نتایج این مطالعات با تحقیق حاضر همخوانی دارد. با این حال، در پارک ملی بومو، عوامل مدیریتی و ساختاری بر شکار غیرمجاز اولویت پیدا کرده‌اند که نشان‌دهنده این است که تقویت نیروی انسانی و تجهیزات می‌تواند به کاهش مؤثر شکار غیرمجاز کمک کند (۲۳).

نکته قابل توجه قرارگیری مخاطره کمبود علوفه در پایین‌ترین رتبه (رتبه بیستم) است. این نتیجه بر خلاف مطالعات مشابه مانند پژوهش ملک حسینی و دشتی (۲۴) در منطقه دنا و پژوهش مکوندی و همکاران (۲۵) در تالاب گاوخونی است که کمبود علوفه و خشکسالی را در اولویت اول قرار داده‌اند (۲۴ و ۲۵). این تفاوت را می‌توان به دو عامل نسبت داد: اول اینکه در پارک ملی بومو، با وجود خشکسالی، مدیریت منطقه موفق به کنترل نسبی جمعیت دام‌های اهلی شده است

تفاوت در شرایط اکولوژیکی، اقلیمی و مدیریتی، تعمیم مستقیم اولویت مخاطرات به سایر مناطق نیازمند ارزیابی متناسب با شرایط هر منطقه است. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به اتکا بر قضاوت خبرگان و تمرکز مطالعه بر پارک ملی بمو اشاره کرد که ممکن است بر قابلیت تعمیم نتایج تأثیر بگذارد. از این رو، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، این چارچوب در سایر مناطق حفاظت‌شده کشور به کار گرفته شده و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و داده‌های مکانی، نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شوند تا زمینه تدوین راهبردهای جامع‌تر برای مدیریت مخاطرات محیط‌زیستی فراهم شود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد یا تعارض منافی ندارند.

منابع مالی

بدین وسیله اعلام می‌شود مقاله تحت حمایت مالی هیچ سازمانی نبوده است.

نقش نویسندگان

ایده و طراحی مطالعه: عباس قانیدی، حمیدرضا آثاریاک؛ جمع‌آوری داده‌ها: عباس قانیدی، حمیدرضا آثاریاک؛ تحلیل و تفسیر داده‌ها: عباس قانیدی. نگارش پیش‌نویس مقاله: عباس قانیدی. بازبینی انتقادی مقاله از نظر محتوای علمی: حمیدرضا آثاریاک. تجزیه و تحلیل آماری: عباس قانیدی؛ نظارت بر مطالعه: عباس قانیدی.

استفاده از هوش مصنوعی

بدین وسیله اعلام می‌شود در تدوین مقاله از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

۴. تعامل سازنده با نهادهایی نظیر دادگستری برای پیگیری قانونی تخلفات

۵. مقابله مؤثر با شکارچیان غیر مجاز از طریق گشت‌زنی مستمر و تجهیز محیط‌بانان

۶. مدیریت چرای دام از طریق ترمیم فنس‌ها و فرهنگ‌سازی در جوامع محلی

در نهایت، اگرچه کمبود علوفه در اولویت پایینی قرار دارد، اما به دلیل اهمیت آن برای بقای حیات وحش، نباید از برنامه‌های مدیریتی حذف شود و باید در کنار اولویت‌های اصلی، به صورت برنامه‌ریزی‌شده و میان‌مدت پیگیری گردد. اقداماتی نظیر تأمین علوفه اضطراری در فصول بحرانی، احداث آبشخورهای جدید، و احیای پوشش گیاهی از طریق عملیات آبخیزداری می‌تواند در این زمینه مؤثر واقع شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مخاطرات ناشی از عوامل مدیریتی و انسانی، از جمله کمبود محیط‌بانان، ضعف در اجرای قوانین و شکار غیرمجاز، مهم‌ترین تهدیدهای پارک ملی بمو محسوب می‌شوند. این یافته‌ها بیانگر آن است که حفاظت مؤثر از این منطقه، بیش از هر چیز مستلزم تقویت نظام مدیریتی، افزایش توان نظارتی و تخصیص مناسب منابع انسانی و مالی است. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیران سازمان حفاظت محیط‌زیست و برنامه‌ریزان مناطق حفاظت‌شده در زمینه اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی، تخصیص منابع و تدوین برنامه‌های مدیریت ریسک مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، چارچوب به‌کاررفته در این مطالعه قابلیت استفاده در سایر پارک‌های ملی و مناطق حفاظت‌شده را نیز دارد؛ با این حال، به دلیل

References

- Schuster R, Buxton R, Hanson JO, Binley AD, Pittman J, Tulloch V, La Sorte FA, Roehrdanz PR, Verburg PH, Rodewald AD, Wilson S. Protected area planning to conserve biodiversity in an uncertain future. *Conservation Biology*. 2023;37(3):e14048. <https://doi.org/10.1111/cobi.14048>
- Sobhani P, Esmaeilzadeh H, Wolf ID, Deljouei A, Marcu MV, Sadeghi SMM. Evaluating the ecological security of ecotourism in protected area based on the DPSIR model. *Ecological Indicators*. 2023;155:110957. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110957>
- Ju L, Liu Y, Yang J, Xiang M, Hu W, Ding Z. Construction of nature reserves' ecological security pattern based on landscape ecological risk assessment: a case study of Garze Tibetan Autonomous Prefecture, China. *Sustainability*. 2023;15(11):1-20. <https://doi.org/10.3390/su15118707>
- Valentim HIL, Feio MJ, Almeida SFP. Assessing the effectiveness of terrestrial protected areas towards riverine ecosystems. *Science of the Total Environment*. 2025;958:177878. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177878>
- Xin Y, Yang Z, Du Y, Cui R, Xi Y, Liu X. Vulnerability of protected areas to future climate change, land use modification, and biological invasions in China. *Ecological Applications*. 2024;34(1):e2831. <https://doi.org/10.1002/eap.2831>

6. Meng J, Li Y, Feng Y, Hua F, Shen X, Li S, Shrestha N, Peng S, Rahbek C, Wang Z. Anthropogenic vulnerability assessment of global terrestrial protected areas with a new framework. *Biological Conservation*. 2023;283:110064. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110064>
7. Huang Y, Zhang J, Zhang P, Chen Z, Zhang X, Lu R, Li M, Xing G, Song Y. Construction and optimization of ecological security pattern based on landscape ecological risk assessment in the affected area of the Lower Yellow River. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2023;11:1271352. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1271352>
8. Ma H, Jia Y, Zhou D, Jiang J, Huang X, Zhu X, Zhang J, Dong Q. Evaluation of ecological vulnerability based on sensitivity-degradation-restoration modelling in the Hexi Region, China. *Environmental and Sustainability Indicators*. 2025;28:101054. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.101054>
9. Piet G, Grundlehner A, Jongbloed R, Tamis J, de Vries P. SCAIRM: A spatial cumulative assessment of impact risk for management. *Ecological Indicators*. 2023;157:111157. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111157>
10. Pouryanezhad F, Monavari SM, Robati M, Vafaeinejad A, Mohammadi H. Identifying the effects of urban growth on national parks based on the novel integration approach: DPSIR-DANP (Case study: Bamoo National Park - Shiraz City - Fars Province). *Environment and Interdisciplinary Development*. 2026;11(91):101-122. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/envj.2025.505949.1469>
11. Faghehi J, Taripaneh M, Jorholami M. Effects of ecological and non-ecological factors on the recreational potential of Tang-e Bostanak Protected Area and Bamou National Park. *Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources*. 2022;1:35-50. (In Persian). <https://doi.org/10.22047/srjasnr.2022.147429>
12. Amirnejad H, Ataei Solut K, Zarandian A. Comparison of contingent valuation and travel cost methods in estimating the recreational, tourism, and aesthetic values of Bamou National Park. *Environmental Science and Technology*. 2021;22(9):73-85. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jest.2021.2652.1211>
13. Niz WC, Laurino IRA, de Freitas DM, Rolim FA, Motta FS, Pereira-Filho GH. Modeling risks in marine protected areas: Mapping of habitats, biodiversity, and cultural ecosystem services in the southernmost Atlantic coral reef. *Journal of Environmental Management*. 2023;345:118855. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118855>
14. Hoesen J, Bagshaw D, Elliott J, Haas CA, Kelly J, Lazaruk H, MacKinnon D, Lemieux CJ. Assessing the effectiveness of potential protected areas and OECMs in conserving biodiversity against subsurface resource extraction impacts. *Biological Conservation*. 2023;283:110134. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110134>
15. Murray CC, Dunham A, Rubidge E, Francis FT, Hunter KL, Hannah LC. Safeguarding marine protected areas from cumulative effects: A review of methods, best practices, and applications. *Environmental Management*. 2025;75:3010-3024. <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02146-w>
16. Xu M, Huang X, Li J, Qi S, Zhang Y, Zhang X. Assessing the ecological risk and its driving forces on islands using the Pressure-State-Response model. *Scientific Reports*. 2025;15:23162. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08963-7>
17. Harandi M, Tabesh MR, Karimi D. Assessment of the legal and environmental status of Bamou National Park regarding degradation and encroachment. *Journal of Animal Environmental Research*. 2021;12(2):427-434. (In Persian). <https://civilica.com/doc/1305319/>
18. Rahmani R, Mesbah SH. Economic analysis of soil carbon sequestration capability in the National Bamou Park, Fars Province. *Watershed Management Research*. 2023;36(4):98-113. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/wmrj.2023.360369.1496>
19. Nikandish A, Dashti SS, Sabzqabaei G. Environmental risk assessment for sustainable development in national parks and protected areas (Case study: Dez National Park and Protected Area). *Journal of Geography and Environmental Risks*. 2019;8(1):43-63. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.69860>
20. Mileusnić Škrtić M, Tišma S, Grgurević D. Conservation under siege: The intersection of tourism and environmental threats in croatian protected areas. *Land*. 2024;13(12):2114. <https://doi.org/10.3390/land13122114>
21. Miky Y, Issa UH, Faisal K, Kordi MN, Alshammari KF. Developing and implementing a risk analysis-based model for effective management of protected areas. *World*. 2024;5(4):1285-1306. <https://doi.org/10.3390/world5040066>
22. Liang D, Giam X, Hu S, Ma L, Wilcove DS. Assessing the illegal hunting of native wildlife in China. *Nature*. 2023;623(7985):101-105. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06625-0>
23. Leisher C, Robinson N, Brown M, Kujirakwinja D, Schmitz MC, Wieland M, Wilkie D. Ranking the direct threats to biodiversity in sub-Saharan Africa. *Biodiversity and Conservation*. 2022;31:1329-1343. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02394-w>
24. Malek Hosseini SF, Dashti S. Evaluation and ranking of environmental risks in Dena Protected Area using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Natural Environment*. 2017;70(2):439-455. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jne.2017.137299.1052>
25. Makvandi R, Astani S, Lorestani B. Environmental risk assessment of wetlands using TOPSIS and EFMEA (case study: International Wetland Gavkhoni). *Journal of Environmental Research*. 2016;6(11):53-58. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089597.1394.6.11.8.2>
26. Maillard O, Herzog SK, Soria-Auza RW, Vides-Almonacid R. Impact of fires on key biodiversity areas (KBAs) and priority bird species for conservation in

- Bolivia. Fire. 2022;5(1):4.
<https://doi.org/10.3390/fire5010004>
27. Walesiak M, Mikusiński G, Borowski Z, Żmihorski M. Large fire initially reduces bird diversity in Poland's largest wetland biodiversity hotspot. Biodiversity and Conservation. 2022;31:1037-1056.
<https://doi.org/10.1007/s10531-022-02376-y>