

Ranking the factors influencing the degradation of the Arasbaran forest through a multi-criteria decision-making approach using the Best-Worst Method (BWM)

Roya Abedi ^{1*} and Maryam Shahbaz Zadeh ²

1* - Corresponding Author, Associate Prof., Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran. E-mail: royaabedi@tabrizu.ac.ir

2- MSc student, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran

Received: 25.11.2024

Revised: 19.01.2024

Accepted: 01.02.2025

Abstract

Background and objectives: Degradation factors cause disruptions in the natural course of a forest ecosystem, leading to a decline in its capacity and, ultimately, the destruction of forest habitats. By examining and distinguishing these changes, it is possible to predict the current status and future trends of forests and make informed decisions to improve conditions. This study aimed to identify and prioritize the main degradation factors in the Arasbaran forest using the multi-criteria Best-Worst Method (BWM) to determine the significance of each factor. Additionally, the sub-criteria of each factor were identified and ranked in detail.

Methodology: The study was conducted in the protected forests of the Arasbaran Biosphere Reserve, located in the north of East Azerbaijan Province in northwestern Iran. In this research, degradation factors were categorized into three main criteria: human-caused, managerial-executive, and natural factors. The sub-criteria for each category were identified, selected, and grouped, consisting of nine, nine, and six sub-criteria, respectively. The survey participants included experts and specialists in the field of natural resources. A specialized questionnaire was designed based on the principles of the BWM method. After collecting responses and performing the BWM analysis, the weights of the criteria and sub-criteria, along with the consistency index, were calculated.

Results: The majority of participants (75.43%) had between 10 and 20 years of work experience in natural resources, 38.59% held a master's degree, and 63.40% specialized in forest sciences. The results of prioritizing criteria and sub-criteria indicated that human-caused factors, with a weight of 0.400, played the most significant role in the degradation of the Arasbaran forest. The ranking of sub-criteria revealed that Livestock grazing leads to the destruction of vegetation, hindering the regeneration, and compaction of soil, and animal husbandry ($W^{agg} = 0.119$) was the primary contributor to human-caused destruction in the study area. The ranking of the managerial and executive factor sub-criteria indicated that the Lack of collaborative management and protection ($W^{agg} = 0.130$) was ranked first. The ranking of natural sub-criteria revealed that pest infestations and plant diseases ($W^{agg} = 0.230$) was effective natural factor.

Conclusion: Comparing the findings of this study with the current situation in the study area demonstrated that the BWM analysis method provided reliable and acceptable results. The prioritization of forest degradation factors will assist planners and policymakers in designing and implementing targeted strategies to mitigate or adjust these destructive elements. Additionally, forest managers will be able to identify key challenges and adopt suitable conservation measures to improve or modify forest management plans. It is recommended that



Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (<https://ijfrpr.areeo.ac.ir/>) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

further research be conducted to identify and prioritize the most effective solutions for preventing or addressing these degradation factors and their sub-criteria. By obtaining expert recommendations, the findings can be made accessible to decision-makers to facilitate effective actions for protecting this vital ecosystem. Moreover, any solution for preventing degradation should comprehensively address human, managerial-executive, and natural aspects to ensure the ecosystem's recovery by minimizing these destructive factors. Furthermore, exploring the potential of remote sensing technologies and artificial intelligence-based analyses for developing a deforestation monitoring approach, particularly concerning natural factors, is suggested.

Keywords: Forest degradation, forest conservation, multi criteria decision making, prioritization, sustainable forest management.

رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل ارسباران با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌روش BWM

رؤیا عابدی^{۱*} و مریم شهباززاده^۲

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

پست الکترونیک: royaabedi@tabrizu.ac.ir

^۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵

چکیده

سابقه و هدف: عوامل تخریب منجر به اختلال و وقفه در سیر طبیعی اکوسیستم جنگل شده و به کاهش ظرفیت اکوسیستم و در نهایت نابودی یک رویشگاه جنگلی می‌انجامد. با بررسی و تفکیک این تغییرات می‌توان وضعیت فعلی و روند شرایط جنگل‌ها را در آینده پیش‌بینی کرد و بهترین تصمیم را برای بهبود شرایط اتخاذ کرد. در این تحقیق سعی شد تا با شناسایی عوامل اصلی تخریب با استفاده از روش چندمعیاره BWM به اولویت‌بندی هر عامل تخریب در جنگل ارسباران پرداخته شود تا ضمن معرفی هر عامل اصلی، زیرمعیارهای هر بخش نیز به‌طور جزئی و اختصاصی شناسایی و رتبه‌بندی شوند.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه جنگل‌های حفاظت‌شده ارسباران در شمال استان آذربایجان شرقی واقع در شمال غرب ایران بود. در این پژوهش عوامل تخریب در قالب معیارها در سه سطح انسانی، مدیریتی - اجرایی و طبیعی دسته‌بندی و زیرمعیارهای هر بخش (به‌ترتیب شامل نه، نه و شش مورد) شناسایی، انتخاب و گروه‌بندی شد. شرکت‌کنندگان در نظرسنجی شامل کارشناسان و متخصصان بخش منابع طبیعی بودند. پرسش‌نامه اختصاصی براساس اصول روش BWM تدوین و پس از دریافت پاسخ‌ها و اجرای تحلیل BWM، وزن‌های عوامل و زیرمعیارها و میزان شاخص سازگاری محاسبه شد.

نتایج و یافته‌ها: بیشترین شرکت‌کنندگان در این تحقیق (۴۳/۷۵ درصد) دارای سابقه کاری ۱۰ تا ۲۰ سال در حوزه منابع طبیعی بوده و ۵۹/۳۸ درصد آنها دارای تحصیلات در مقطع کارشناسی ارشد و ۴۰/۶۳ درصد در رشته تخصصی علوم جنگل تحصیل کرده بودند. نتایج اولویت‌بندی معیارها نشان داد که عوامل انسانی با وزن $w^{agg} = ۰/۴۰۰$ بالاترین نقش را در ایجاد تخریب در جنگل ارسباران داشت. رتبه‌بندی زیر معیارهای عامل انسانی نشان داد که چرای دام (تخریب و عوامل تهدیدکننده زادآوری، تخریب و کوبیدگی خاک و دامداری) با وزن $w^{agg} = ۰/۱۱۹$ عامل اصلی تخریب انسانی در منطقه مورد مطالعه بود. نتیجه رتبه‌بندی زیر معیارهای عامل مدیریتی - اجرایی نشان داد که عدم وجود مدیریت و حفاظت مشارکتی با وزن $w^{agg} = ۰/۱۳۰$ در رتبه اول اهمیت قرار داشت و رتبه‌بندی زیر معیارهای عامل طبیعی نیز نشان داد که حمله آفات و حشرات و بیماری‌های گیاهی با وزن $w^{agg} = ۰/۲۳۰$ عامل مهم و مؤثر طبیعی بود.

نتیجه‌گیری: مقایسه نتایج این تحقیق با آنچه در منطقه مورد مطالعه در حال وقوع است نشان داد که روش تحلیل BWM توانایی مناسبی داشته و تحلیل انجام شده نتایج قابل قبولی ارائه کرده است. اولویت‌بندی مسئله تخریب جنگل، به واحدهای برنامه‌ریز و اجرایی کمک خواهد کرد تا برنامه‌ریزی اختصاصی را در جهت حذف و یا تعدیل عوامل تخریب طراحی و اجرا کنند و به مدیران جنگل برای شناسایی و اجرای اقدامات حفاظتی مناسب به‌منظور بهبود و یا اصلاح برنامه‌های مدیریت کمک خواهد کرد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که به‌عنوان ادامه راه این تحقیق مطالعه‌ای در زمینه شناسایی و اولویت‌بندی مؤثرترین راهکارهای پیشگیری و یا حل این عوامل تخریب و زیر معیارهای آنها نیز در منطقه انجام شود تا با دریافت راه‌حل‌های مناسب کارشناسانه، نتایج در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار داده شود تا به اتخاذ تصمیمی مؤثر برای جلوگیری از تخریب این اکوسیستم مهم اقدام شود. از سوی دیگر، هر نوع راه حل برای پیشگیری از تخریب باید هر سه جنبه انسانی، مدیریتی - اجرایی و طبیعی را در نظر بگیرد تا با به حداقل رساندن این عوامل فرصت احیا به این اکوسیستم داده شود. علاوه بر بررسی ظرفیت استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تحلیل‌های مبتنی بر

هوش مصنوعی برای توسعه رویکرد نظارت بر تخریب جنگل به‌ویژه در بخش عوامل طبیعی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، تخریب جنگل، تصمیم‌گیری چندمعیاره، حفاظت جنگل، مدیریت پایدار جنگل.

مقدمه

در میان اکوسیستم‌های متنوع بر روی خشکی‌های کره زمین، اکوسیستم‌های جنگلی با میزبانی مجموعه‌ای از فرایندهای پیچیده اکولوژیکی باعث شکل‌گیری جریان مستمر خدماتی می‌شوند که به شکل‌های مستقیم و غیرمستقیم در حیات اقتصادی، معاش و زندگی انسان‌ها نقش اساسی دارند و باید حفظ و نگهداری آنها هدف اساسی فعالیت‌های انسانی قرار گیرد (Hajizadeh et al., 2023). همچنین جنگل‌ها در حدود یک سوم از سطح زمین را پوشش می‌دهند و نقش ضروری را در پاکسازی هوا و کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای، ترسیب کربن، حفاظت خاک و جلوگیری از سیل و فرسایش خاک دارند. این کارکردها کمک می‌کنند تا مدیریت جنگل‌ها به سمت مدیریتی در جهت توسعه پایدار باشد (Abedi, 2022). بنابراین، جنگل‌ها از مهمترین ذخایر کره زمین و منابع طبیعی اساسی هستند که نیاز به حفاظت، حمایت و اعمال مدیریتی کارآمد در تمامی بخش‌های آن ضرورت دارد (Naseri & Rostamian, 2020). جنگل یک اکوسیستم طبیعی و پویاست که تمام اجزای آن در تعادل با یکدیگر هستند. عوامل متعددی شامل عوامل درونی و بیرونی موجب برهم زدن و اختلال در این تعادل می‌شود (Naseri & Rostamian, 2020). برهم خوردن تعادل، سبب بروز آشفتگی شده و با بروز آشفتگی در یک اکوسیستم طبیعی می‌تواند منجر به تغییر ترکیب گیاهی و حتی نابودی کامل آن شود (Deljouei et al., 2016). اگرچه که تغییرات جنگل پیوسته و تدریجی می‌باشد اما عوامل تخریب ایجاد کننده دگرگونی و دخالت در جنگل‌ها، منجر به اختلال و وقفه‌هایی در سیر طبیعی این اکوسیستم شده و گاهی این کاهش ظرفیت جنگل منجر به نابودی رویشگاه جنگلی می‌شود. در نتیجه با بررسی و تفکیک این تغییرات می‌توان وضعیت فعلی و روند حرکت جنگل‌ها را در آینده پیش‌بینی کرد و بهترین تصمیم را برای بهبود شرایط آن اتخاذ کرد. یکی از راه‌های بهبود شرایط،

گذر از شرایط تخریب از طریق مدیریت حفاظت و پایش عوامل تخریب است که می‌تواند رویشگاه‌هایی را که هنوز فرصت بهبود و احیا دارند با عملیات پرورشی مناسب به سمت مراحل تحول طبیعی سوق دهد (Ostadhashemi et al., 2021). بنابراین، تخریب جنگل عبارت است از مجموعه فرایندهایی که سبب ایجاد هرگونه تغییر منفی در خصوصیات کمی و کیفی جنگل شامل مساحت، ساختار، ترکیب گونه‌ای و کارکرد آن شود و به تبع آن سبب کاهش ارزش جنگل و تولید محصولات و خدمات آن می‌شود. کاهش ظرفیت خدمات جنگل سبب می‌شود تا بهبود آن به‌سختی حاصل شود و یا برای همیشه از بین برود. از این‌رو، شناسایی دقیق این عوامل و نقش و سهم هریک از آنها در تسریع یا کاهش سرعت این تخریب ضروریست (Vasquez-Grandon et al., 2018; Ildoromi et al., 2016). با تخریب جنگل از ارزش آن به‌منزله ذخیره تنوع زیستی محیطی، ذخیره کربن و منبع تولید چوب کاسته می‌شود (Mahmoudi et al., 2016). تخریب جنگل‌ها به یک مسئله مهم در دنیا تبدیل شده است، بررسی‌ها نشان داده است که عوامل مختلفی موجب تخریب جنگل‌ها می‌شوند. بنابراین مدیریت پایدار جنگل از طریق شناخت عوامل تخریب برای حفظ سلامت جنگل ضروریست (Anuradha & Gupta, 2022)، زیرا استفاده بی‌رویه از منابع جنگلی سبب تخریب محیط‌زیست و تبدیل اراضی و محو شدن پهنه‌های جنگلی و در نهایت پیامدهای نامناسبی در حوزه‌های آبخیز مانند افزایش توان سیل‌خیزی، ایجاد فرسایش و تولید رسوبات خواهد شد (Khazayi et al., 2011).

ازجمله تحقیقات در زمینه تخریب جنگل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

در مطالعه Ansari و همکاران (۲۰۰۸) ضمن بیان اهمیت مسئله تخریب منابع طبیعی در کشور و دستیابی به عوامل اجتماعی - اقتصادی مؤثر بر آن، ۲۰ عامل مؤثر در تخریب

منابع طبیعی را در ۱۱ استان کشور بررسی کرده و به ترتیب در سه گروه دام و دامداری، تغییر کاربری زمین و قطع و برداشت دسته‌بندی کردند. همچنین کمبود منابع درآمدی، بهره‌برداری زیاد از چوب، میوه‌های جنگلی و گیاهان دارویی، زنبور عسل و بهره‌برداری چوب بامبو توسط Mulyoutami و همکاران (۲۰۰۹) به عنوان مهمترین عوامل تخریب جنگل‌ها در کشور اندونزی مطرح شدند. کمبود زمین زراعی و زراعت در حاشیه مناطق جنگلی، بهره‌برداری از جنگل برای هیزم و علوفه دام و برداشت عسل به شیوه‌های سنتی در تحقیق Richards و همکاران (۲۰۱۱) به عنوان عوامل اصلی تغییر و تخریب پوشش گیاهی جنگلی در یک ذخیره‌گاه جنگلی در کشور تانزانیا شناسایی و معرفی شد. Imani Rastabi و همکاران (۲۰۱۴) جنگل‌زدایی به منظور کشاورزی، تغییر کاربری اراضی جنگلی و چرای دام را از مهمترین علل در بررسی عوامل تخریب در جنگل‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری دانستند. Ildoromi و همکاران (۲۰۱۶) نیز علل تخریب جنگل‌های زاگرس را در منطقه کاکارضا در لرستان به روش تحلیل AHP به عوامل اجتماعی- اقتصادی منطقه نسبت دادند و بیان کردند که بهره‌برداری، دامداری و تغییر کاربری زمین به ترتیب مهمترین عوامل تخریب در این اکوسیستم بودند. Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۶) شناخت انواع صدمات و تخریب‌های جنگل را یکی از روش‌های مدیریت و کنترل پایداری منابع جنگلی دانسته و به همین منظور شش رویشگاه جنگلی کشور شامل هیرکانی، ارسباران، زاگرس، ایرانی-تورانی، خلیجی-عمانی و مانگرو را به روش تحلیل کارشناسی بررسی کردند و عوامل تخریب هر رویشگاه را به تفکیک گزارش کردند. شناسایی و رتبه‌بندی عوامل تخریب جنگل‌های مانگرو در سواحل جنوبی ایران به منظور بهبود مدیریت و حفاظت از این جنگل‌های ارزشمند با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره Promethee II نشان داد که آفات به عنوان مهمترین عامل طبیعی شناخته شده ولی وزن عوامل تخریب انسانی (آلودگی- های نفتی به عنوان مهمترین عامل) بیش از پنج برابر عوامل تخریب طبیعی بود (Hossein Zadeh et al., 2018). برآورد نرخ ۰/۷۴ درصدی کاهش سطح جنگل و تخریب در جنگل-

های هیرکانی، در ارزیابی برداشت چوب و اثر دام بر تخریب جنگل در تحقیق Jahani و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که دام مهمترین عامل تخریب جنگل بوده که پس از آن عامل بهره- برداری چوب قرار دارد. ارائه طبقه‌بندی درجات تخریب براساس ویژگی‌های کمی جنگل در ارسباران در مطالعه Ostadhashemi و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که پنج درجه تخریب در منطقه دسته‌بندی شد و عامل تخریب انسانی را با ۸۹/۱ درصد به عنوان مهمترین عامل تخریب در منطقه معرفی کردند. بررسی آثار متغیرهای اقلیمی و اقتصادی بر تخریب جنگل‌ها در ایران در تحقیق Saleh و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که درآمد سرانه به عنوان مهمترین عامل اقتصادی شناخته شد که با افزایش یک درصد درآمد سرانه، تخریب به میزان ۴/۰۳ درصد کاهش می‌یابد. از بین متغیرهای اقلیمی نیز، نسبت بارندگی به دما به عنوان عامل اصلی معرفی شد.

همچنین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که به تصمیم- گیرندگان در شناسایی و انتخاب مهمترین معیارها از مجموعه گزینه‌ها (معیارها) کمک می‌کند، در حوزه تحقیقاتی جنگل نیز در حال رشد است. از جمله این تحقیقات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

اولویت‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت آتش‌سوزی در جنگل ارسباران به دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW و TOPSIS در تحقیق Abedi (۲۰۲۲) نشان داد که همکاری بین مؤسسات اجرایی و مسئول در بخش منابع طبیعی با بیشترین امتیاز در بین معیارهای مورد مطالعه، یک شرط اصلی برای مدیریت موفق آتش‌سوزی است و باید به موازات آن مشارکت مردم بومی نیز در یک رویکرد هم‌افزایی در نظر گرفته شود. در تحقیق Anuradha و Gupta (۲۰۲۲) با استفاده از روش AHP برای بررسی پایداری جنگل‌های منطقه هیمالیا در هند، به بررسی سه معیار و نه شاخص پرداخته و از فهرستی با ۳۶ گزینه به ترتیب اولویت برای افزایش کارایی مدیریت جنگل، آموزش جمعیت‌های محلی و معیشت آنها استفاده شد و نتایج آنها نشان داد که استفاده از گزینه‌هایی مانند جنگل‌کاری، آگروفرستری و تعیین مرز دقیق جنگل برای حفاظت در تقویت توسعه پایدار منطقه مؤثر هستند. مقایسه روش‌های AHP و

است در تضاد با یکدیگر نیز باشند. در طول سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی برای معرفی تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) جدید برای تصمیمات مهم انجام شده است. Rezaei در سال ۲۰۱۵ (Rezaei, 2015) روشی چند معیاره را پیشنهاد کرد که تنها از انتخاب بهترین و بدترین معیارها برای مقایسه زوجی استفاده می‌کند. روش BWM (Best Worst Method) یک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در آن تصمیم‌گیرنده در ابتدای تحلیل، بهترین و بدترین گزینه را انتخاب می‌کند و دو بردار مقایسه زوجی برای این دو معیار (بهترین و بدترین) توسط تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شود. بنابراین، این روش به مقایسه کمتری نیاز دارد. این کار توسط یک تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای تعیین وزن نهایی معیارهای مختلف انجام می‌شود. این روش، الگوریتمی از دامنه‌ای از وزن‌های ممکن را پیشنهاد می‌کند (Rezaei, 2015). روش BWM در چند سال اخیر به‌روشی محبوب در تصمیم‌گیری چندمعیاره تبدیل شده است، زیرا اگرچه محاسبه وزن براساس مقایسه‌های زوجی است اما تعداد کم مقایسه‌های زوجی و نرخ سازگاری بالا از مزایای این روش نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی است (Kheybari & Ishikaza, 2022). از دیگر مزایای آن، می‌توان به مواردی مانند درک آسان فرایند کار، کاربرد آسان، مقایسه‌های ساختاریافته، مقایسه‌های منسجم و وزن‌دهی و رتبه‌بندی قابل اعتماد اشاره کرد. این روش برای تصمیم‌گیری گروهی نیز مناسب است، زیرا از رسیدن به اجماع پشتیبانی می‌کند، بنابراین می‌توان برای مسائل مختلف با معیارهای کمی و کیفی به‌کار برد و با بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره موجود دیگر نیز سازگار است (Rezaei, 2015; Sadjadi & Karimi, 2018). با این حال، از این تکنیک تاکنون در علوم جنگل استفاده‌ای نشده است، در این مطالعه سعی شد تا از فضای تصمیم‌گیری این روش در رسیدن به اجماع نظر و مقایسه‌های زوجی بین مهمترین عوامل هدف استفاده شود.

در این پژوهش این سئوالات مطرح هستند که از بین عوامل تخریب (معیارها) مطرح شده شامل عوامل انسانی، مدیریتی و طبیعی، کدامیک بیشترین تأثیر را در تخریب جنگل‌های ارسباران

BWM (Best Worst Method) در ارزیابی معیارهای مربوط به کیفیت پارک شهری در کشور صربستان توسط Srdjevic و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که در بین معیارهای مورد بررسی که شامل دسترسی، موقعیت مکانی، حفاظت تنوع زیستی، تجهیزات پارک، دسترسی به عناصر مربوط به آب (شامل دریاچه، فواره‌های آب و ...)، شکل زمین، ارزش‌های فرهنگی و تاریخی و وجود المان‌های کوچک معماری بودند، سازگاری بالایی بین نظرات تصمیم‌گیرندگان در هر دو روش حاصل شد و از هر دو روش مورد مطالعه می‌توان در ارزیابی معیارهای ارزیابی کیفیت پارک‌های شهری و شناسایی اولویت عوامل به‌طور مؤثری استفاده کرد.

تقریباً تمام برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش منابع طبیعی کشور بر این نکته اتفاق نظر دارند که این بخش در حال زوال و تخریب است و با شیوه‌های کنونی مدیریت، این روند همچنان ادامه خواهد داشت. عوامل مؤثر در این تخریب اگرچه کم و بیش شناسایی و معرفی شده‌اند اما این عوامل به‌طور دقیق، بنیادی و برای هر رویشگاه به‌طور اختصاصی مورد بررسی و تحقیق قرار نگرفته و سهم و نقش آن در تخریب منابع طبیعی بنابر شرایط مدیریت و فرهنگی هر منطقه مشخص نشده است. به نظر برخی صاحب‌نظران امر، اجرای هر اقدامی مستلزم شناخت عوامل تخریب منابع طبیعی و تعیین سهم هریک از آنها در این مسئله است تا واحدهای برنامه‌ریز و اجرایی، در جهت حذف یا تعدیل عوامل تخریب در منطقه، برنامه‌ریزی اختصاصی را طراحی و اجرا کنند (Ansari et al., 2008). به‌طوری‌که در موضوع شناسایی مسائل و انجام اقدامات حفاظتی مناسب به‌منظور بهبود عملیات مدیریت به مدیران جنگل کمک خواهد کرد (Khazayi et al., 2011). البته برنامه‌ریزی برای مدیریت آینده جنگل‌ها، بدون داشتن اطلاعات کافی از وضعیت تخریب جنگل‌ها در گذشته و شناخت عوامل مؤثر بر سرعت آن، میسر نیست (Shadmani et al., 2020).

امروزه فرایند تصمیم‌گیری نقش مهمی در فعالیتهای مدیریت دارد. وقتی یک فرایند تصمیم‌گیری اتفاق می‌افتد معیارهای مختلفی باید در نظر گرفته شوند که اغلب ممکن

شرقی را پوشش می‌دهد (شکل ۱). این منطقه در تلاقی رشته کوه‌های البرز در شمال و زاگرس در غرب کشور بوده و توسط یونسکو به عنوان ذخیره گاه زیست کره معرفی شده است و دارای ۱۳۳۴ گونه گیاهی از ۴۹۳ جنس و ۹۷ خانواده است (Sagheb Talebi et al., 2014).

براساس فرمول دومارتن اقلیم منطقه ارسباران، مدیترانه-ای و براساس روش آمبرژه اقلیم منطقه نیمه خشک و سرد است (Sasanifar et al., 2023). طبق مطالعات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه، میانگین دمای سالانه ۱۰/۹ درجه سانتیگراد، بارندگی سالانه ۳۳۳/۴ میلیمتر و میانگین رطوبت نسبی ۷۰/۵ درصد است (Ostadhashemi et al., 2024). طبق گزارش‌های خاک‌شناسی موجود، خانواده‌هایی از خاک‌های انتیسول، اینسپتیسول، مالیسول و آلفیسول با تنوعی از مقادیر و شکل‌های ماده آلی و آهک مشاهده می‌شود (Monavvar Sabegh et al., 2024).

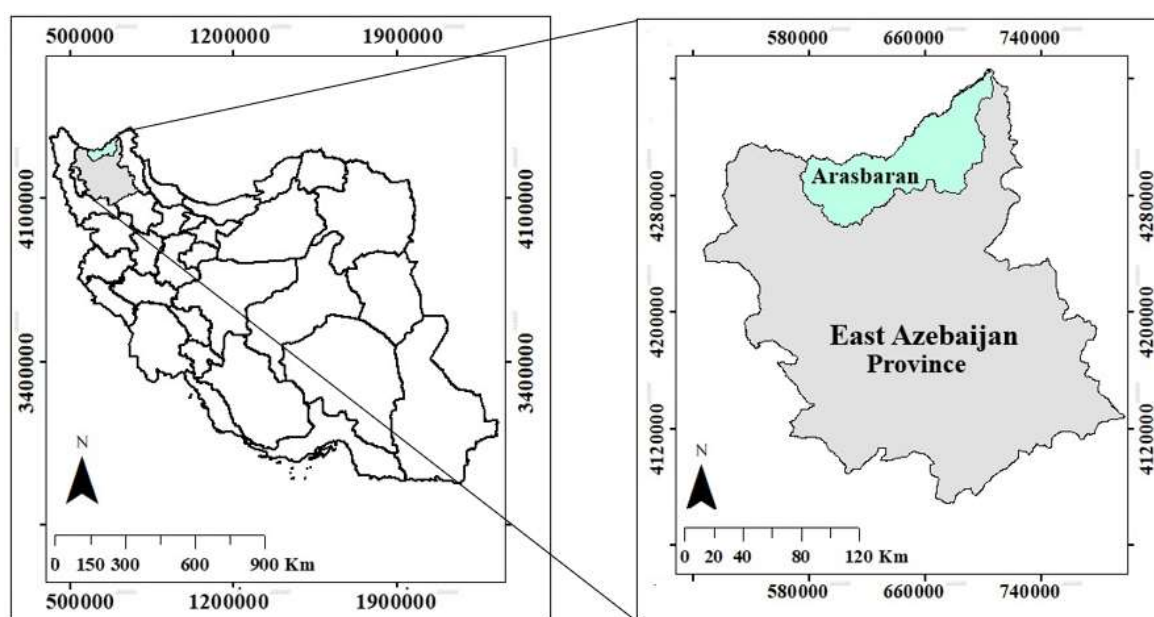
جنگل‌های ارسباران نیز در ارتفاعات قره داغ در شمال استان آذربایجان شرقی و در محدوده شهرستان‌های اهر، ورزقان، کلیبر و جلفا قرار گرفته است و جزو زیر ناحیه هیرکانی از ناحیه اصلی اروپا - سیریری معرفی شده است. این جنگل‌ها به شکل نواری نسبتاً باریک در نیمرخ شمالی رشته کوه‌های قره داغ از کنار رود مرزی ارس تا بیش از ۲۸۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ادامه دارند (Sagheb Talebi et al., 2014; Ostadhashemi et al., 2021). گونه‌های درختی جنگل - های ارسباران در شیب‌های رو به شمال که جنگل‌های شاخه‌زاد زیادی دارد، گونه‌های غالب بلوط اوری (*Quercus macranthera*) و ممرز (*Carpinus betulus*) است. شیب‌های رو به جنوب به دلیل گرم‌تر و خشک‌تر بودن و نیز گاهی به علت بهره‌برداری زیاد، به صورت مخروطه درآمده‌اند. از این رو، جنگل‌زدایی و تخریب در این زیستگاه جنگلی در حال افزایش است (Sadeghi et al., 2016).

دارند؟ کم‌اثرترین عوامل تخریب در جنگل ارسباران کدامند؟ چه زیرمعیارهایی در هر عامل مطرح هستند و اولویت هریک چگونه است؟ همچنین، دو هدف اصلی مطرح است: اول اولویت‌بندی عوامل تخریب (معیارها شامل انسانی، مدیریتی - اجرایی و طبیعی) با استفاده از امتیازدهی به روش چندمعیاره BWM و تعیین اولویت هر عامل در منطقه ارسباران و دوم شناسایی و اولویت‌بندی زیرمعیار هر عامل با استفاده از این روش در منطقه ارسباران. امروزه آنچه که برای حفاظت از جنگل‌های ارسباران مطرح است شامل جلوگیری از تخریب بیشتر منطقه، احیا مناطق مخروبه و توسعه مناطق جنگلی به عنوان اموری اجتناب‌ناپذیر است. بررسی‌ها نشان داده است که مدیریت حفاظتی در منطقه ارسباران در دوره ۲۴ ساله سبب بهبود وضعیت خاک و افزایش تراکم پوشش گیاهی شده است (Kamran et al., 2013). همچنین مدیریت حفاظتی، افزایش معنی‌دار تنوع گونه‌ای و زادآوری توده‌های جنگلی را در منطقه به همراه داشته است و پیش‌بینی‌ها حکایت از آن دارد که به دلیل شدت زیاد تخریب در منطقه غیرحفاظتی و خارج از ظرفیت توده‌های جنگلی، در صورت ادامه روند تخریب، سیر قهقراپی پیدا خواهد کرد (Alijanpour et al., 2009). از این رو، نیاز به مطالعه‌ای با در نظر گرفتن عوامل چند جانبه، کاربرد و اثرگذاری این پژوهش را برای شناخت بهتر عوامل تخریب، کسب نتایج دقیق علمی براساس روشی چندمعیاره و به اشتراک گذاشتن نتایج با ارگان‌های اجرایی را به همراه خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ارسباران با مساحت بیش از ۱۶۰۰۰۰ هکتار در شمال غرب کشور و شمال استان آذربایجان شرقی در محدوده ۳۸ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه ۳۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ارسباران در استان آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران

Figure 1. Geographical location of Arasbaran region in East Azerbaijan province in the north-west of Iran

روش پژوهش

برای انتخاب معیارها (عوامل) و زیرمعیارهای مؤثر در تخریب جنگل‌های ارسباران، مرور منابع موجود و پژوهش‌های انجام شده مبنای عمل قرار گرفتند. در نهایت سه عامل یا معیار شامل معیار انسانی با نه زیرمعیار، معیار مدیریتی و اجرایی با نه زیرمعیار و معیار طبیعی با شش زیرمعیار تعیین شد (جدول ۲). تمام معیارها و زیرمعیارها در قالب پرسش‌نامه‌های رتبه‌بندی آماده‌سازی شده و در اختیار ۳۲ نفر از کارشناسان بخش منابع طبیعی منطقه قرار گرفتند و پس از پاسخگویی، پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری شده و اطلاعات اولیه به مرحله تحلیل داده‌ها وارد شدند. مراحل اجرای روش BWM برای یک تصمیم‌گیری چند معیاره به ترتیب زیر است.

تعیین مجموعه معیارهای موضوع تصمیم‌گیری مورد نظر مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای مورد نظر برای موضوع تصمیم‌گیری تعیین می‌شوند. معیارها به صورت $C_1, C_2, \dots, C_n$ برای تعیین وزن‌ها یا تصمیم‌گیری هستند. انتخاب مهمترین و کم اهمیت‌ترین معیار

از تصمیم‌گیرندگان یا کارشناسان خواسته می‌شود که مهمترین عامل (B) و کم‌اهمیت‌ترین عامل (W) را از فهرست مجموعه معیارهای تهیه شده در مرحله قبل تعیین، انتخاب و معرفی کنند. در این مرحله مقایسه کمی انجام نمی‌شود. این فرایند برای تعیین زیرمعیارها تکرار خواهد شد.

مقایسه زوجی بین معیارها

مقایسه زوجی بین مهمترین معیار (B) با سایر معیارها در مرحله اول و بعد زیرمعیارهای هر معیار در مرحله بعدی انجام می‌شود و مقدار a_{Bj} محاسبه خواهد شد. به این ترتیب که تصمیم‌گیرندگان مقدار ترجیحی را براساس یک فرایند مقایسه زوجی برای مهمترین معیار از مقادیر دامنه‌ای بین ۱ تا ۹ در نظر می‌گیرند (Saaty, 1987) (جدول ۱). همچنین مقایسه زوجی بین همه معیارها با کم‌اهمیت‌ترین معیار انجام می‌شود و مقدار a_{jW} محاسبه خواهد شد.

جدول ۱- مقیاس‌های ارزشیابی پرسشنامه BWM (Saaty, 1987)

Table 1. Evaluation scales of BWM questionnaire (Saaty, 1987)

Intensity	Definition
1	Equal importance
3	Moderate importance
5	Strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance
2, 4, 6, 8	Intermediate values

محاسبه وزن‌های بهینه

بهینه‌ترین وزن‌ها محاسبه می‌شوند. به این ترتیب که مدل زیر (رابطه ۱) برای محاسبه وزن معیارها به صورت $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ استفاده می‌شود.

$$\min \max_j \left\{ |w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W| \right\} \quad \text{رابطه ۱}$$

Min ξ

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ برای همه } j \text{ ها}$$

$$\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \xi, \text{ برای همه } j \text{ ها}$$

رابطه ۲

دست آید. در این حالت، برای غلبه بر این مشکل و به دست آوردن بالاترین و کمترین وزن‌ها، راه حل حداقل کردن کم اهمیت‌ترین معیارها و حداکثر کردن مهمترین معیارها به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ ارائه به دست می‌آید.

برای تعیین وزن‌های معیارها از مدل‌های حداکثر اختلاف بین مقایسه‌ها به صورت رابطه ۲ نیز می‌توان استفاده کرد. اگر ξ برابر با صفر نباشد و بیشتر از سه معیار در مسئله مطرح باشد، از این رابطه ممکن است که بیش از یک نتیجه به-

min w_j

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi^* w_j$$

$$|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi^* w_W$$

رابطه ۳

max w_j

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi^* w_j$$

$$|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi^* w_W$$

رابطه ۴

ارزش‌های w_j^{min*} و w_j^{mix*} شکل می‌گیرند (رابطه ۵).

زمانی که رابطه‌های بالا به تحلیل هر معیار می‌پردازد،

$$w_j^* = \frac{w_j^{min*} + w_j^{max*}}{2}$$

رابطه ۵

دهنده حداکثر انحراف ممکن از پایداری مقایسه‌ها است، برای ارزیابی مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود. مقایسه نرخ سازگاری مقایسه زوجی که توسط کارشناس تصمیم-

در نهایت نرخ سازگاری برای نشان دادن درجه سازگاری مقایسه‌ها براساس معادله زیر (رابطه ۶) قابل محاسبه است. در این راستا، شاخص سازگاری که نشان-

گیرنده انجام شده است، به شرح زیر می‌باشد (Rezaei, 2015).

$$CR = \frac{\xi^*}{CI} \quad \text{رابطه ۶}$$

که CR : نرخ سازگاری، CI : شاخص سازگاری و ξ^* : مقدار بهینه براساس هدف مدل است و ξ^* نتیجه تابع هدف از مدل ۲ است. مقدار شاخص سازگاری از جدول ۲ استخراج می‌شود.

جدول ۲- جدول شاخص سازگاری (Rezaei, 2015)
Table 2. Table of consistency index (Rezaei, 2015)

a_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Consistency index (Maximum ξ)	0	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

شد و قضاوت‌های افراد به قضاوت گروهی تبدیل شد (Mohammadi & Rezaei, 2019). کلیه مراحل اجرای تحلیل داده با استفاده از ابزار Solver در محیط نرم‌افزار Microsoft Excel 2016 انجام شد.

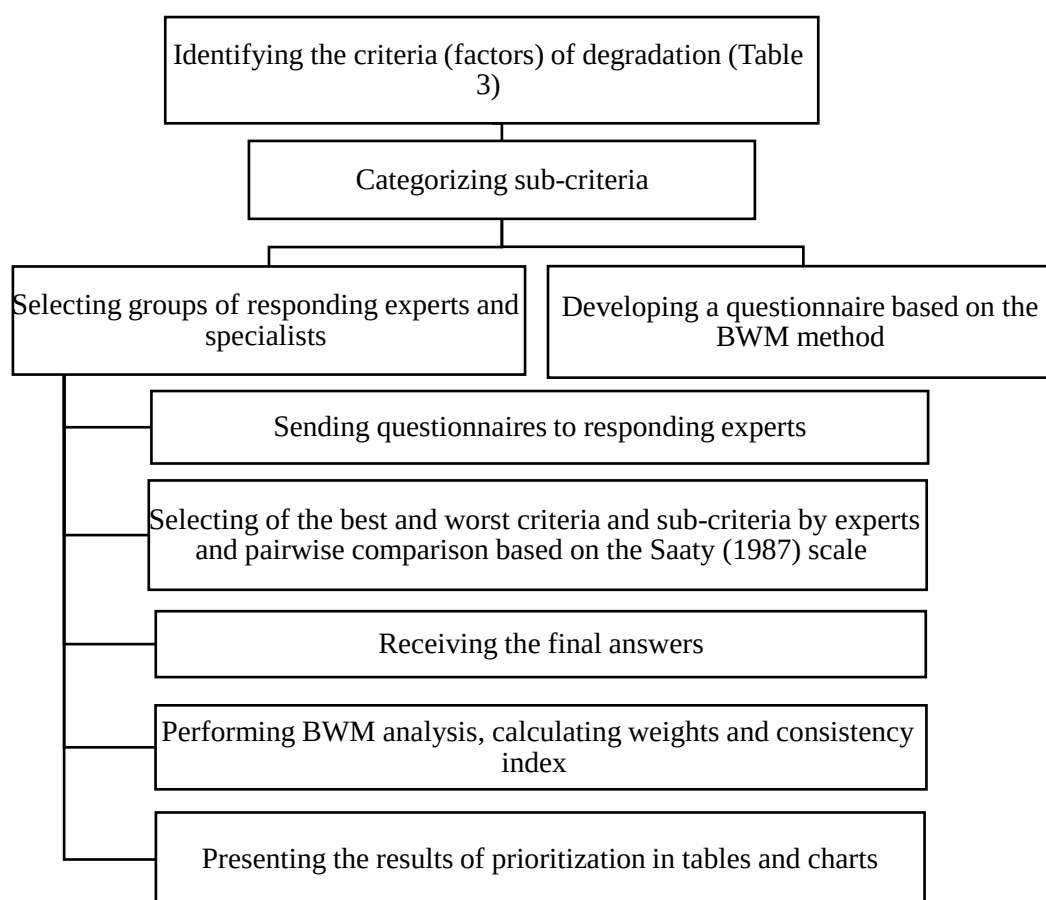
برای تعیین سازگاری مقایسه‌ها، نرخ سازگاری با استفاده از رابطه ۶ تعیین می‌شود و باید کمتر یا مساوی مقادیر آستانه‌ای جدول ۲ باشد (Naghizadeh Vardin et al., 2021; Rezaei, 2015). در نهایت به‌منظور محاسبه وزن نهایی (w^{agg}) و رتبه‌بندی، از میانگین هندسی استفاده

جدول ۳- فهرست معیارها (عوامل تخریب) و زیرمعیارهای تدوین شده در این تحقیق

Table 3. List of criteria (factors) and sub-criteria (Vasquaz-Grandan *et al.*, 2018; Paletto *et al.*, 2021; Saleh *et al.*, 2021; Anuradha & Gupta, 2022; Bastit *et al.*, 2023; Bourgoin *et al.*, 2024; Gallardo *et al.*, 2024; Mansori *et al.*, 2023; Sironen *et al.*, 2020; Babazakeri *et al.*, 2017; Sadeghi *et al.*, 2016; Rezvani & Hashemzadeh, 2013)

Criteria (Factor)	No.	Human-caused	Management and executive	Natural
Sub-criteria	1	Lack of agroforestry systems	Insufficient modern forestry practices	Plant pest and diseases
	2	Livestock grazing leads to the destruction of vegetation, hindering the regeneration, and compaction of soil; and animal husbandry	Lack of collaborative management and protection	River floods and overflow
	3	Illegal logging and smuggling of wood	Inadequate funding to establish a comprehensive protection platform (including permanent, temporary, and voluntary options)	The fires resulting from lightning strikes
	4	Weak culture of natural resources protection and intentional forest fires	Failure to conduct silvicultural operations to ensure the presence of suitable seed trees or the implementation of inefficient silvicultural methods (opening of the crown, fragmentation of the forest, destruction of natural regeneration, etc.)	Climate changes including droughts, strong winds, and frost, leading to tree damage and falling
	5	Impact of tourism and recreational activities	Road construction	Landslides of forest roads
	6	Population growth and rising rural population density, economic poverty, and unemployment	Dumping and landfilling of municipal waste	Widespread non-native invasive tree and shrub species that do not adapt to the local environment
	7	Unsustainable harvesting of by-products and medicinal plants including logging and uprooting shrubs for fruit or leaves	Uncertain rights and ownership issues	
	8	Changing forest land use for activities like mining and aquaculture	Outdated laws and lack of deterrence and clear and enforceable laws in natural resources	
	9	Charcoal production and fuel preparation from forest trees	Insufficient effective educational and promotional activities	

فلوچارت مراحل این تحقیق براساس روش BWM در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- فلوچارت مراحل تحقیق

Figure 2. Flowchart of research steps

جدول ۴- مشخصات پاسخ‌دهندگان

Table 4. Profile of respondents

Years of work experience	Percentage	Level of education survey	Percentage	Field of work experience	Percentage
<10 years	28.13	Advanced Diploma	0	Forest sciences	40.63
10 – 20 years	43.75	Bachelor of science	28.13	Pasture and watersheds	21.88
> 20 years	28.13	Master of science	59.38	Agricultural science	15.63
		Doctor of Philosophy	12.5	Other science	21.88

Note: Agricultural sciences including agronomy and plant breeding, irrigation, biotechnology, agricultural economics, and horticulture. Other sciences included legal expert, natural geography, soil science, geomatics engineering, geology, and environment science

نتایج

درصد) دارای مقدار سابقه کاری ۱۰ تا ۲۰ سال در حوزه

منابع طبیعی بودند. بیشترین پاسخ‌دهندگان دارای

بیشترین شرکت‌کنندگان در این تحقیق (۴۳/۷۵)

تحصیلات مقطع کارشناسی ارشد (۵۹/۳۸ درصد) بوده و در رشته تخصصی علوم جنگل (۴۰/۶۳ درصد) تحصیل کرده بودند. جدول ۴ ویژگی‌های پاسخ‌دهندگان این پژوهش را ارائه می‌کند.

رتبه‌بندی زیر معیارهای عامل انسانی نشان داد که به- ترتیب چرای دام (تخریب و عوامل تهدیدکننده زادآوری، تخریب و کویدگی خاک و دامداری) (زیر معیار ۲، $w^{agg} = ۰/۱۱۹$)، کمبود فرهنگ حفاظت از منابع طبیعی و ایجاد آتش‌سوزی عمدی (زیر معیار ۴، $w^{agg} = ۰/۱۱۶$) و تغییر کاربری زمین‌های جنگلی (زیر معیار ۸، $w^{agg} = ۰/۱۰۶$) سه عامل اصلی تخریب در جنگل‌های ارسباران بودند. پس از آنها نیز سایر زیرمعیارها شامل قطع بی‌رویه، غیرقانونی و قاچاق چوب (زیر معیار ۳، $w^{agg} = ۰/۰۹۶$)، رشد جمعیت و افزایش تراکم جمعیت روستایی، فقر اقتصادی و بیکاری (زیر معیار ۶، $w^{agg} = ۰/۰۹۴$)، فعالیت‌های گردشگری و تفرج (زیر معیار ۵، $w^{agg} = ۰/۰۸۰$)، برداشت غیر اصولی و بی‌رویه از محصولات فرعی و گیاهان دارویی (مانند قطع و ریشه‌کن کردن درختچه‌ها برای برداشت میوه یا برگ) (زیر معیار ۷، $w^{agg} = ۰/۰۷۹$)، زغال-گیری و تهیه سوخت از جنگل (زیر معیار ۹، $w^{agg} = ۰/۰۷۴$) و عدم وجود سیستم‌های آگروفارستری (زیر معیار ۱، $w^{agg} = ۰/۰۵۹$) در رتبه چهارم تا نهم اولویت قرار داشتند (جدول ۵).

نتیجه رتبه‌بندی زیر معیارهای عامل مدیریتی و اجرایی نشان داد که عدم وجود مدیریت و حفاظت مشارکتی (زیر معیار ۲، $w^{agg} = ۰/۱۳۰$) در رتبه اول اهمیت قرار داشت و بعد از آن، کمبود تخصیص اعتبارات لازم برای ایجاد بستر برای انواع حفاظت دائمی، موقتی و داوطلبانه (زیر معیار ۳، $w^{agg} = ۰/۱۲۶$) و عدم وجود فعالیت‌های آموزشی و

ترویجی مؤثر (زیر معیار ۹، $w^{agg} = ۰/۰۹۲$) به‌ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم اهمیت قرار داشتند. به‌روز نبودن و عدم بازدارندگی و شفاف و قابل اجرا نبودن قوانین در بخش تخریب منابع طبیعی (زیر معیار ۸، $w^{agg} = ۰/۰۹۱$) و حقوق و مالکیت نامشخص (زیر معیار ۷، $w^{agg} = ۰/۰۸۸$)، عدم انجام عملیات جنگل‌شناسی به‌منظور حضور درختان بذرده مناسب و یا اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی ناکارآمد (باز شدن تاج، قطعه قطعه شدن جنگل، تخریب زادآوری و غیره) (زیر معیار ۴، $w^{agg} = ۰/۰۸۶$) و احداث جاده (زیر معیار ۵، $w^{agg} = ۰/۰۷۴$) در رتبه‌های چهارم تا هفتم اهمیت بودند و زیرمعیارهای تخلیه و دفن زباله‌های شهری (زیر معیار ۶، $w^{agg} = ۰/۰۶۶$) و عدم وجود جنگل‌کاری مدرن (زیر معیار ۱، $w^{agg} = ۰/۰۶۰$) در رتبه‌های آخر اهمیت قرار داشتند (جدول ۵).

رتبه‌بندی زیرمعیارهای عامل طبیعی در این بررسی نشان داد که از بین زیرمعیارهای عوامل طبیعی مخرب جنگل‌های ارسباران به‌ترتیب حمله آفات و حشرات و بیماری‌های گیاهی (زیر معیار ۱، $w^{agg} = ۰/۰۲۳۰$)، تغییرات اقلیمی مانند خشکسالی، باد شدید، یخبندان که سبب خشک شدن و افتادن درختان می‌شوند (زیر معیار ۴، $w^{agg} = ۰/۱۶۹$) و صاعقه و آتش‌سوزی ناشی از آن (زیر معیار ۳، $w^{agg} = ۰/۱۲۷$) از عوامل مهم و مؤثر طبیعی بودند و بعد از آنها، لغزش زمین و حرکات دامنه‌ای جاده‌های جنگلی (زیر معیار ۵، $w^{agg} = ۰/۱۰۲$)، گسترش گونه‌های مهاجم درختی و درختچه‌ای غیربومی و عدم مقاومت آنها با شرایط محیطی منطقه (زیر معیار ۶، $w^{agg} = ۰/۰۹۶$) و سیل و طغیان رودخانه (زیر معیار ۲، $w^{agg} = ۰/۰۹۴$) در اولویت‌های پایین‌تر اهمیت قرار داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- مقادیر وزن‌ها و رتبه‌های زیرمعیارها

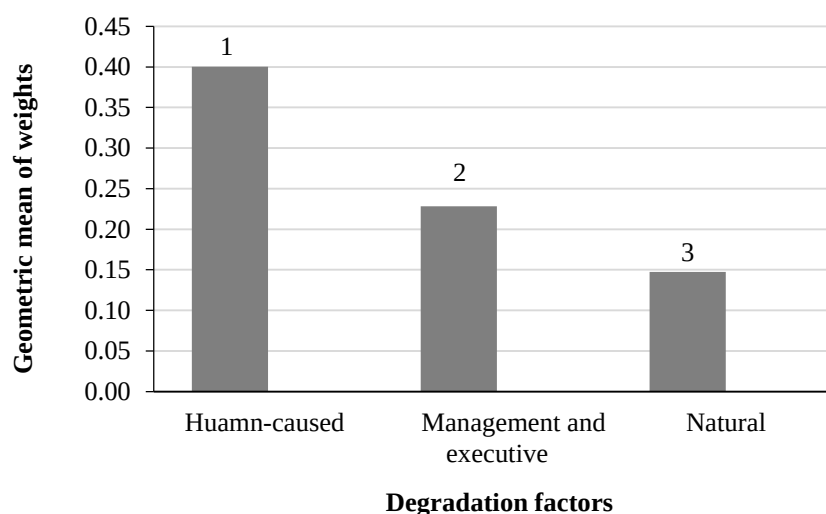
Table 5. Values of weights and ranks of sub-criteria

Criteria (Factor)	Sub-criteria	Weight	Rank
Human-caused	Lack of agroforestry systems	0.059	9
	Livestock grazing destroys vegetation, hinders regeneration, and soil compaction; and animal husbandry	0.119	1
	Illegal logging and smuggling of wood	0.096	4
	Weak culture of natural resources protection and intentional forest fires	0.116	2
	Impact of tourism and recreational activities	0.080	6
	Population growth and rising rural population density, economic poverty, and unemployment	0.094	5
	Unsustainable harvesting of by-products and medicinal plants including logging and uprooting shrubs for fruit or leaves	0.079	7
	Changing forest land use for activities like mining and aquaculture	0.106	3
	Charcoal production and fuel preparation from forest trees	0.074	8
	Insufficient modern forestry practices	0.060	9
Management and executive	Lack of collaborative management and protection	0.130	1
	Inadequate funding to establish a comprehensive protection platform (including permanent, temporary, and voluntary options)	0.126	2
	Failure to conduct forestry operations to ensure the presence of suitable seed trees or the implementation of inefficient forestry methods (opening of the crown, fragmentation of the forest,	0.086	6

Criteria (Factor)	Sub-criteria	Weight	Rank
	destruction of natural regeneration, etc.)		
	Road construction	0.074	7
	Dumping and landfilling of municipal waste	0.066	8
	Uncertain rights and ownership issues	0.088	5
	Outdated laws and lack of deterrence and clear and enforceable laws in natural resources	0.091	4
	Insufficient effective educational and promotional activities	0.092	3
Natural	Plant pest and diseases	0.230	1
	River floods and overflow	0.094	6
	The fires resulting from lightning strikes	0.127	3
	Climate changes, including droughts, strong winds, and frost, leading to tree damage and falling	0.169	2
	Landslides of forest roads	0.102	4
	Widespread non-native invasive tree and shrub species that do not adapt to the local environment	0.096	5

وزن $w^{agg} = 0/228$ در رتبه بعدی قرار داشت. عوامل طبیعی با وزن $w^{agg} = 0/147$ کمترین درجه اهمیت را در ایجاد تخریب در منطقه داشت (شکل ۳).

به علاوه بررسی کلی عوامل تخریب جنگل در ارسباران نیز نشان داد که به نظر پاسخ دهندگان و متخصصان، عوامل انسانی با وزن $w^{agg} = 0/400$ بالاترین نقش را در ایجاد تخریب داشتند و پس از آن، عوامل مدیریتی و اجرایی با



شکل ۳- رتبه‌بندی نهایی عوامل تخریب در جنگل ارسباران

Figure 3. Final ranking of degradation factors in Arasbaran forest

محاسبه نرخ سازگاری برای اثبات سازگاری مقایسه - به این ترتیب تمام مقایسه‌های انجام شده، سازگار بودند (جدول ۶).
ها، نشان داد که میانگین نرخ سازگاری تمام پاسخ‌ها از مقدار آستانه‌ای تعیین شده در روش BWM کمتر بوده و

جدول ۶- مقادیر نرخ سازگاری و حد آستانه‌ای مقایسه‌ها

Table 6. Consistency rate and threshold values of comparisons

	Human-caused	Management and executive	Natural	Total
Consistency rate	0.176	0.170	0.225	0.0898
Threshold values	0.365	0.363	0.331	0.134

هرساله نابود شده است (Savari & Khaleghi, 2024).

بحث

نتیجه بررسی مجموعه عوامل تخریب در این مطالعه نشان داد که عامل انسانی مهمترین عامل تخریب جنگل ارسباران شناخته شد و بعد از آن، عامل مدیریتی - اجرایی و عامل طبیعی در اولویت‌های بعدی قرار داشتند. Savari و Khaleghi (۲۰۲۴) نیز مهمترین علت تخریب جنگل‌ها را به استناد تحقیقات خود و سایر محققان در جهان (D'Amato et al., 2009) عوامل انسانی و طبیعی معرفی کردند، در حالی که عامل انسانی همواره نرخ بالاتری را به خود اختصاص داده است. همچنین آنها در معرفی عوامل مؤثر در رفتار حفاظتی مردم جوامع روستایی در ایران، نشان

جنگل‌ها تأمین‌کننده تولیدات چوبی و غیر چوبی متنوعی برای انسان‌ها هستند و زندگی و درآمد زیادی از انسان‌های جهان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم وابسته به این منبع طبیعی مهم است. علاوه بر ارائه این خدمات، جنگل‌ها ضامن خدمات زیست محیطی فراوانی مانند حفاظت از خاک، آب و تنوع زیستی بوده و زیستگاه امن برای گیاهان و جانوران محسوب می‌شود و تنظیم‌کننده اقلیم و ترسیب کننده کربن هستند. اما با وجود این مزایا، سرعت تخریب جنگل‌های جهان بسیار زیاد است، به‌طوری‌که در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، ۱۰ میلیون هکتار از جنگل‌های جهان

(FLUC) سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، اختلال در چرخه آب، خشک شدن خاک و کاهش رویش گیاهی می‌شود و تنوع زیستی را تهدید می‌کند. Hallaj و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی اثرهای تغییر کاربری زمین بر خدمات اکوسیستمی تنوع زیستی و رفاه انسانی نشان دادند که افزایش تغییر کاربری زمین جنگلی می‌تواند عملکرد و ساختار خدمات اکوسیستمی تنوع زیستی جنگل را کاهش دهد و به تبع آن رفاه انسانی آن دسته از جوامع محلی را که معیشت آنها وابسته به جنگل است به خطر بیندازد. همچنین در بررسی تخریب در جنگل‌های شمال (حوزه ۱۴ فومن) از دیدگاه جنگل‌شناسی و اقتصادی نیز، عامل انسانی از فاکتورهای اصلی تخریب بود که سبب رشد جمعیت دام‌های حاضر در جنگل و خسارت‌های ناشی از آن شامل تخریب زادآوری و خاک، اصلی‌ترین زیرعامل آن معرفی شدند (Rezvani & Hashemzadeh, 2013).

عامل مدیریتی و اجرایی

نتیجه بررسی زیرمعیارهای عامل مدیریتی و اجرایی در این تحقیق نشان داد که عدم وجود مدیریت حفاظت مشارکتی (دائمی، موقتی و داوطلبانه)، کمبود تخصیص اعتبارات کافی برای حفاظت، عدم وجود فعالیت‌های آموزشی و ترویجی کافی و همچنین به‌روز نبودن قوانین از زیرمعیارهای اصلی در این بخش بودند. در بررسی عوامل مؤثر در مدیریت آتش‌سوزی در جنگل ارسباران نیز عامل مربوط به مشارکت و همکاری بین دستگاه‌های اجرایی و عموم مردم به‌عنوان عامل اصلی و در رتبه اول در منطقه شناسایی شد (Abedi, 2022). همچنین در پژوهشی که به بررسی نقش مشارکت محلی در مدیریت بحران در ارسباران پرداخته بود، ضمن بیان این نکته که طبق نتایج حاصل از مدل فایر خطر ۵۳/۲۷ درصد از منطقه دارای ظرفیت زیاد و خیلی زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است، مشارکت مردم محلی در مدیریت بحران آتش‌سوزی جنگل‌ها حتی با وسایل ابتدایی و ساده نقش مهم و به‌سزایی در اطفای حریق دارد (Dinparast & Pashei, 2021). همچنین در بررسی

دادند که سهم عوامل انسانی در از دست رفتن جنگل‌ها بسیار بالاست. بررسی شاخص توسعه‌یافتگی روستایی و اثر آن بر تخریب جنگل در منطقه ارسباران در مطالعه Ghanbari و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده است که هیچ‌یک از روستاهای مورد مطالعه آنها در منطقه ارسباران در طبقه خیلی توسعه یافته نبودند و اغلب در طبقه‌بندی در حال توسعه قرار داشتند، در عین حال، این شاخص با میزان تخریب جنگل همبستگی مثبتی را نشان داد. بنابراین، عدم وجود شرایط توسعه‌یافتگی مطلوب در منطقه از نظر اقتصادی، اجتماعی، آموزشی، بهداشتی و زیرساختی را می‌توان دلیل نرخ بالای تخریب انسانی در این تحقیق نیز دانست.

عامل انسانی

نتیجه بررسی زیرمعیارهای عامل انسانی نشان داد که چرای دام (تخریب و عوامل تهدیدکننده زادآوری، تخریب و کوبیدگی خاک و ...)، کمبود فرهنگ منابع طبیعی و آتش‌سوزی عمدی و تغییر کاربری زمین از عوامل اصلی تخریب انسانی در جنگل ارسباران هستند. Savari و Khaleghi (۲۰۲۴) در تحقیقات خود رفتارهایی مانند جلوگیری از ورود تعداد بیش از حد دام به داخل جنگل و عدم افروختن آتش در جنگل را بیش از سایر رفتارها، در حفاظت مؤثر دانستند. این نتیجه مشابه نتایج این تحقیق است که عوامل انسانی مورد مطالعه شامل کمبود فرهنگ حفاظت از منابع طبیعی و ایجاد آتش‌سوزی عمدی و چرای دام در رتبه‌های بالاتر و مؤثر در تخریب جنگل ارسباران معرفی شدند. در بررسی Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شد که رویشگاه جنگلی ارسباران از نظر تخریب در بین نواحی رویشی کشور رتبه چهارم را دارا است و عامل تخریب زیستگاه و کاهش زادآوری به‌عنوان مهمترین شاخص‌های تخریب جنگل در کشور شناسایی شد. این نتیجه نیز مشابه این تحقیق است که زیرمعیار تغییر کاربری زمین در بین زیرمعیارهای عامل انسانی و در اولویت‌های بالاتر شناسایی گردید. جنگل‌زدایی به شکل تغییر کاربری اراضی جنگلی

Miljand و همکاران (۲۰۲۱) بیان شده است که حفاظت داوطلبانه یکی از روش‌های کم هزینه، مؤثر و مقرون به-صرفه در اعمال سیاست‌های زیست محیطی حفاظت است و آنها ایجاد یک توافق‌نامه داوطلبانه برای حفاظت از طبیعت را راه حلی مؤثر و روشی نظام‌مند معرفی کردند. مطالعه Korhonen و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی برنامه حفاظت از تنوع زیستی جنگل‌های فنلاند نیز بر مشارکت داوطلبانه مالکان جنگل‌های خانوادگی (مالکان جنگل‌های خصوصی غیر صنعتی) که نوعی از مالکیت خصوصی اما با اهداف غیرصنعتی است و انگیزه مالکان، حفاظت به‌ویژه حفاظت تنوع زیستی، آب، خاک، تفرج و سیمای منظر است، تأکید کرده‌اند و نشان دادند که این برنامه در مقایسه با حفاظت سنتی در بین مالکان جنگل‌های خصوصی مقبولیت گسترده-ای پیدا کرده است. این ایده توسط مرکز جنگل‌داری منطقه-ای و از طریق مجلات و روزنامه‌های جنگل‌داری فنلاند به اطلاع عموم رسیده بود. در این مطالعه بر سهولت و منطقی بودن حفاظت، به‌ویژه در مناطق حفاظت شده به‌عنوان مهمترین اصل توسعه پایدار جنگل تأکید شده است. Yaghoubi Farani و همکاران (۲۰۱۷) مشارکت مردم در طرح حفاظت از جنگل‌ها را عامل مؤثری معرفی کردند و از بین عوامل مؤثر در حفاظت، ارتباطات سازمانی و میزان دانش و اطلاعات مردم در زمینه حفاظت از جنگل را در میزان مشارکت روستاییان در طرح‌های حفاظت جنگل معنی‌دار نشان دادند. همچنین در موفقیت برنامه‌های حفاظت و احیای جنگل، بهره‌گیری از ظرفیت نهادها و گروه‌های محلی در این راه و تقویت انگیزه مردم برای همکاری مؤثر با نهادهای دولتی را ثمربخش دانستند.

در مورد به‌روز نبودن و گاهی عدم بازدارندگی قوانین مطرح شده در این تحقیق، در بررسی Roudgarmi و Mahdiraji (۲۰۱۹) نیز کاستی‌ها و مشکلات قوانین و مقررات کشور در حوزه منابع طبیعی عامل مؤثر در تصرف جنگل‌ها و مراتع و تغییر کاربری آنها معرفی و تأکید شد که نیاز است تا این کاستی‌ها و مشکلات در چارچوب علمی بررسی شود. در بررسی این موضوع مهم، ۱۹ قانون در

زمینه تصرف اراضی جنگل و مرتع را دچار کاستی معرفی کردند که در این بین، بازدارنده نبودن مجازات‌های برخی از قوانین به‌دلیل سبک بودن یا متناسب نبودن مجازات با ۹۳/۳ درصد رأی از عوامل اصلی معرفی شد. این موضوع با نتایج حاصل از این تحقیق کاملاً منطبق است که زیرمعیار به‌روز نبودن و عدم بازدارندگی و شفاف و قابل اجرا نبودن قوانین در بخش تخریب منابع طبیعی در رتبه بالای اهمیت از مجموعه عوامل مدیریتی و اجرایی شناخته شد. در مطالعه Hemmat و همکاران (۲۰۱۳) دو گروه کارشناسان منابع طبیعی و مردم محلی، هر گروه، گروه دیگر را عامل تخریب جنگل دانستند، به‌طوری‌که کارشناسان سازمان جنگل‌ها، فعالیت‌های سنتی دامداری و حضور دام در جنگل را عامل تخریب می‌دانستند و مردم محلی نیز فعالیت مجریان طرح-های بهره‌برداری جنگل را عامل تخریب معرفی کردند. از این‌رو، برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه اهداف طرح-های جنگل‌داری و از سوی دیگر ارتقای ظرفیت و توان مدل‌های ذهنی مبتنی بر ایجاد فضای مساعد برای درک اولویت‌های هریک از دو گروه ذینفع و بهبود مدل‌های ذهنی آنها در رسیدن به درک مشترک از روش‌های سودمند در این زمینه معرفی شد. در مطالعه‌ای مشابه، شناسایی عوامل تخریب جنگل و مرتع در شهرستان دنا در استان کهگیلویه و بویراحمد نیز نبود مدیریت قرق در بخش حفاظت، حمایت کم دولت در بخش حمایتی، فرهنگ‌سازی ضعیف و نبود اقدامات قانونی مناسب و به‌روز در بخش فرهنگی-اجتماعی معرفی شده بود که در صورت استفاده از افراد بومی در حفاظت مشارکتی در امور قرقبانی و تقویت بخش حفاظت را مؤثر دانستند (Babazekri et al., 2017). به استناد نتیجه این تحقیق و نتایج تحقیقات مطرح شده در این بخش، به نظر می‌رسد که زیرمعیارهای عامل مدیریتی و اجرایی بخش مهمی از چالش تخریب جنگل در بسیاری از مناطق کشور است و اعمال راهکارهای علمی، عملی و قابل اجرا تا حد زیادی این مسئله را برطرف خواهد کرد.

عامل طبیعی

نتایج حاصل از بررسی زیرمعیارهای تخریب طبیعی در این مطالعه، زیرمعیارهای حمله آفات و حشرات و بیماری-های گیاهی، تغییرات اقلیمی مانند خشکسالی، باد شدید، یخبندان که سبب خشک شدن و افتادن درختان می‌شوند و صاعقه و آتش‌سوزی ناشی از آن به ترتیب در اولویت‌های اول تا سوم شناسایی و معرفی کرد. در بررسی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌ها در جنوب ایران در جنگل‌های مانگرو نیز مسئله حمله آفات مهمترین عامل شناسایی شد، در حالی که در این تحقیق عامل انسانی به عنوان عامل اصلی و در اولویت بالاتر از عامل طبیعی در این جنگل‌ها بود (Hossein Zadeh et al., 2018). در منطقه جنگلی دنا نیز خشکسالی عامل تخریب طبیعی در کنار سایر عوامل معرفی شد (Babazekri et al., 2017). تحقیقات نشان داده است که تغییرات طبیعی محیط نقش مهمی در تخریب جنگل داشته است، به عنوان مثال، Abera و همکاران (۲۰۲۴) بیان کردند که ۱۸ درصد از جنگل‌های کوهستانی در افریقا (معادل $0.5 \pm 7/4$ میلیون هکتار) بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۲ در اثر فعالیت‌های جنگل‌زدایی و به تبع آن تغییرات چرخه آب و تغییر اقلیم از بین رفته و منجر به افزایش قابل توجه دما ($0.58 \pm 1/37$ درجه سانتیگراد) و ارتفاع پایه ابرها (87 ± 236 متر) شده است که این موضوع بر تنوع زیستی، تأمین آب و خدمات اکوسیستمی در منطقه استوایی تأثیر بسزایی دارد. بنابراین اثر جنگل‌زدایی و اقلیم اثری دو جانبه است و هریک بر دیگری اثرهای چشمگیری دارد. برخی مطالعات دلیل عمده افزایش حوادث طبیعی مؤثر بر تخریب اکوسیستم جنگلی را تغییرات اقلیمی معرفی کرده‌اند (Vido & Nalevankova, 2021). اکوسیستم در مواجهه و واکنش با این تغییرات دچار اختلال‌هایی ازجمله اختلال در چرخه‌های هیدرولوژیکی و اتمسفری (مانند خشکسالی)، اکوفیز یولوژیکی و اکولوژیکی مرتبط با آب (مانند موج گرما و اثر آن بر خشکی گیاه) و جنبه اقلیمی یا آب و هوایی (مانند سیل، باد و طوفان) شده است. مسلم است که درختان در توده‌های طبیعی یا دست‌کاشت اجزای اصلی بسیاری از

اکوسیستم‌های خشکی هستند و انواع محصولات اقتصادی ازجمله الوار، خمیر کاغذ، فیبر و مواد غذایی را فراهم می‌کنند. در عین حال، آنها در معرض طیف وسیعی از آفات و بیماری‌ها هستند. امروزه نگرانی‌های فزاینده‌ای در بخش اقتصادی و زیست محیطی در مورد آفات و بیماری‌های درختان جنگلی بروز کرده است، زیرا اثرهای منفی این عوامل بر توانایی ذخیره کربن درختان، خدمات هیدرولوژیکی جنگل، تنوع زیستی و ارزش‌های تفریحی و فرهنگی که مردم از جنگل‌ها دریافت می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. در این میان، نقش بالقوه تغییرات آب و هوایی نیز بسیار برجسته شده است (Boyd et al., 2013). آفت و بیماری‌های گیاهی همواره تهدیدی برای جنگل‌های جهان معرفی شده است و پیش‌بینی می‌شود که تغییرات اقلیم و تخریب‌های انسانی این اثرها را تشدید کنند (McTaggart et al., 2023). در بررسی آینده اقلیمی ارسباران نیز افزایش کمینه و بیشینه دما و به دنبال آن وقوع اجتناب‌ناپذیر گرمایش در منطقه ارسباران گزارش شده است (Abedi & Kazemi Rad, 2020). در مطالعه Graziosi و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش بروز آفات و بیماری‌های بومی و غیربومی درختان در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت در افریقا به یک وضعیت اضطراری برای معیشت روستایی، توسعه اقتصادی و تنوع زیستی این جنگل‌ها در کل قاره افریقا تبدیل شده است. این نتیجه منطبق با یافته‌های این پژوهش در شناسایی زیرمعیارهای طبیعی در تخریب جنگل ارسباران بود. Sierota و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که بین عوامل محیطی و بیماری جنگل‌ها ارتباط وجود دارد. افزایش دمای زمستان به دلیل تغییرات آب و هوایی اخیر ازجمله این عوامل محیطی مؤثر معرفی شد. بنابراین کسب اطلاع از اثر عوامل محیطی و شدت و فراوانی این عوامل در جنگل به تصمیم‌گیرندگان در حفاظت کمک خواهد کرد.

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه نتایج این تحقیق با آنچه در منطقه مورد مطالعه در حال وقوع است و مجموعه پژوهش‌های داخلی و خارجی در شناسایی و رتبه‌بندی عوامل تخریب جنگل‌ها

دیگر، هر نوع راه حل برای پیشگیری از تخریب باید هر سه جنبه انسانی، مدیریتی - اجرایی و طبیعی را در نظر بگیرد تا با به حداقل رساندن این عوامل فرصت احیا به اکوسیستم جنگل داده شود. بعلاوه ظرفیت استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای توسعه رویکرد نظارت بر تخریب جنگل، به‌ویژه در بخش عوامل طبیعی مانند سیل و تغییرات اقلیمی نیز پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از رؤسا و کارکنان محترم ادارات کل منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، شهرستان‌های کلیبر و اهر به‌دلیل کمک‌های بی‌دریغ در روند اجرای این پژوهش بیان می‌دارند.

نشان داد که روش تحلیل BWM استفاده شده در این تحقیق، به‌دلیل مقایسات زوجی کمتر و استنتاج آسانتر، توانایی مناسبی در این زمینه داشته و تحلیل انجام شده نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است. پس از شناسایی عوامل تخریب در اکوسیستم‌های جنگلی و تعیین زیرمعیارهای مؤثر در هر بخش، لازم است که مطالعات اختصاصی در جهت رفع این مشکلات نیز انجام شود تا تصمیم‌گیری اختصاصی اتخاذ گردد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که به‌عنوان ادامه راه این تحقیق، مطالعه‌ای مشابه در زمینه شناسایی و اولویت‌بندی مؤثرترین راهکارهای پیشگیری و یا حل این عوامل تخریب تحت تأثیر زیرمعیار تعیین شده در این پژوهش، در منطقه ارسباران انجام شود تا ضمن کسب راه‌حل‌های مناسب و کارشناسانه، نتایج در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار داده شود و گامی مؤثر در جهت جلوگیری از تخریب این اکوسیستم مهم باشد. از سوی

References

- Abedi, R., 2022. Application of multi-criteria decision making models to forest fire management. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 10(1): 84-96.
- Abedi, R., Kazemi Rad, L., 2020. Mapping and assessing the precipitation and temperature changes in arasbaran forest ecosystem under climate change, nw of Iran. *Journal of Environmental Sciences Studies* 5(2): 2681-2692.
- Abera, T.A., Heiskanen, J., Maeda, E.E., Muhammed, M.A., Bhandari, N., Vakkari, V., Hailu, B.T., Pellikka, P.K.E., Hemp, A., Van Zyl, P.G. and Zeuss, D., 2024. Deforestation amplifies climate change effects on warming and cloud level rise in African montane forests. *Nature Communications*, 4(15): 6992.
- Alijani, M., Feizabadi, Y., and Goudarzi, M., 2025. Comparative analysis of paddy cultivation sustainability through integrating eco-efficiency and best-worst method approaches. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19: 1014479.
- Alijanpour, A., Eshaghi Rad, J. and Banj Shafiei, A., 2009. Investigation and comparison of two protected and non-protected forest stands regeneration diversity in Arasbaran. *Iranian Journal of Forest*, 1(3): 209-217 (In Persian).
- Ansari, N., Akhlaghi Shal, S.J. and Ghasemi, M.H., 2008. Determination of socio-economic factors on natural resources degradation of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 15(4): 508-524 (In Persian).
- Anuradha, A. and Gupta, S., 2022. AHP-based multi-criteria decision-making for forest sustainability of lower Himalayan foothills in northern circle, India-a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(12): 849.
- Babazekri, F., Nooripoor, M. and Sharifi, Z., 2017. Identifying and prioritizing factors affecting degradation of rangelands and forests: the case of central district of Dena county. *Journal of Zagros Forests Researches*, 3(2): 43- 64 (In Persian).
- Bastit, F., Brunette, M. and Montagné-Huck, C., 2023. Pests, wind and fire: A multi-hazard risk review for natural disturbances in forests. *Ecological Economics*, 205: 107702.
- Bourgoin, C., Ceccherini, G., Girardello, M., Vancutsem, C., Avitabile, V., Beck, P.S.A., Beuchle, R., Blanc, L., Duveiller, G., Migliavacca, M., Vieilledent, G., Cescatti, A. and Achard, F., 2024. Human degradation of tropical moist forests is greater than previously estimated. *Nature*, 631(8021):570-576.
- Boyd, I.L., Freer-Smith, P.H., Gilligan, C.A. and

- Godfray, H.C.J., 2013. The consequence of tree pests and diseases for ecosystem services. *Science*, 342: 1235-1237.
- D'Amato, A.W., Orwig, D.A. and Foster, D.R., 2009. Understory vegetation in old-growth and second-growth *Tsuga canadensis* forests in western Massachusetts. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 1043-1052.
- Deljouei, A., Abdi, E. and Majnounian, B., 2016. Changes in the diversity and richness indices with distance from main and secondary forest roads. *Journal of Forest and Wood Products*, 68(4): 829-842 (In Persian).
- Dinparast, S., Pashaei, P., 2021. The role of local participation in crisis management with emphasis on Arasbaran forest fires (Case study: Kleiber villages). *Geography and Human Relationships*, 3(4): 496-510 (In Persian).
- Everest, T., Sungur, A. and Özcan, H., 2021. Applying the Best–Worst method for land evaluation: a case study for paddy cultivation in northwest Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19: 3233-3246.
- Gallardo, B., Bacher, S., Barbosa, A.M., Gallien, L., González-Moreno, P., Martínez-Bolea, V., Sorte, C., Vimercati, G. and Vilà, M., 2024. Risks posed by invasive species to the provision of ecosystem services in Europe. *Nature Communications*, 15(1): 2631.
- Graziosi, I., Tembo, M., Kuate, J. and Muchugi, A., 2019. Pests and diseases of trees in Africa: A growing continental emergency. *Plants, People, Planet*, 2: 14-28.
- Ghanbari, S., Nasiri, V., Mohammadi, Y., 2019. Effects of developmental level on forest area changes of rural areas in Arasbaran by satellite images. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7(14): 291-312.
- Hajizadeh, H., Fallah, A. and Hesseini, S., 2023. Evaluation of forest ecosystem functions using integrated methods of multi-criteria decision making (Case Study: Mazandaran Province, Shiadeh and Diva Forest Ecosystem). *Ecology of Iranian Forests*, 10(20): 33-42 (In Persian).
- Hallaj, Z., Bijani, M., Karamidehkordi, E., Yousefpour, R. and Yousefzadeh, H., 2024. Forest land use change effects on biodiversity ecosystem services and human well-being: A systematic analysis. *Environmental and Sustainability Indicators*, 23: 100445.
- Hemmat, M.A., Shamekhi, T., Zobeiry, M., Arab, D.R. and Ghazi Tabatabaei, M., 2013. Forest degradation: an investigation of forestry organization experts and local Herders' Mental models. *Journal of Forest and Wood Products*, 66(1): 39-54 (In Persian).
- HosseinZadeh, O., Hajjarian, M., Khezri Dashkasan, S.S. and KhayatiNejad Aq Gonbad, S., 2018. Identifying and ranking of mangrove forests deforestation causes using Promethee II. *Journal of Marine Science and Technology*, 17(3): 1-12 (In Persian).
- Ildoromi, A., Ghasemi, F. and Bahmani, N., 2016. Investigation the role of socio-economic factors on the degradation of Zagros forests (Kakareza Lorestan). *Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection Research*, 13(2): 140-149 (In Persian).
- Imani Rastabi, M., Jalilvand, H. and Zandbasiri, M., 2014. Examination of socio-economic problems of Kalgachi of Zagros Yurt forests in Chahar Mahal and Bakhtiari. *Natural Ecosystems of Iran*, 4(2): 59-70 (In Persian).
- Jahani, A., Fegghi, J. and Etemad, V., 2021. Evaluation of the wood harvesting and livestock on the degradation of forest using optimized degradation model. *Journal of Forest Research and Development*, 7(2): 199-211 (In Persian).
- Kamran, Kh.V., Toroghi, A.F. and Hataminekad, H., 2013. Evaluation of the changes in vegetation and soil status of Arasbaran protected area, The 3rd Environmental Planning and Management, Tehran (In Persian).
- Khazayi, M., Sadeghi, S.H.R. and Mirnia, S.Kh., 2011. Hydrological effects of forest surface disturbance, a case study. *Iranian Journal of Forest*, 3(2): 145-155 (In Persian).
- Kheybari, S., Ishizaka, A. 2022. The behavioural best-worst method, Expert systems with applications, 209: 118265.
- Korhonen, K., Hujala, T. and Kurttila, M., 2013. Diffusion of voluntary protection among family forest owners: Decision process and success factors. *Forest Policy and Economics*, 26(C): 82-90.
- Mahmoudi, B., Bazgir, A., Fegghi, J. and Jafari, F., 2016. Prioritize the degree of degradation forms in forest sites of Iran. *Journal of Forest and Wood Products*, 68(4): 919-930 (In Persian).
- Mansori, M., Badehian, Z., Ghobadi, M. and Maleknia, R., 2023. Assessing the environmental destruction in forest ecosystems using landscape metrics and spatial analysis. *Scientific Reports*, 13(1): 15165.
- McTaggart, E., Megiddo, I. and Kleczkowski, A., 2023. The effect of pests and pathogens on forest harvesting regimes: A bioeconomic model. *Ecological Economics*, 209: 107800.
- Miljand, M., Bjarstig, T., Eckerberg, K., Primmer, E. and Sandstrom, C., 2021. Voluntary agreements to protect private forests – A realist review. *Forest Policy and Economics*, 128: 102457.
- Mohammadi, M. and Rezaei, J., 2019. Bayesian best-worst method: A probabilistic group decision making model. *Omega*, 102075.
- Monavvar Sabegh, S., Zare Haghi, D., Samadianfard,

- S., and Rezaei, H., 2024. Wet aggregate stability modeling based on random forest optimized with genetic algorithm. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55(7): 1095-1111 (In Persian).
- Mulyoutami, E., Rismawan, R. and Joshi, L., 2009. Local Knowledge and management of simpukng (forest gardens) among the Dayak people in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and management*, 257(10): 2054-2061.
- Naghizadeh Vardin, A., Ansari, R., Khalilzadeh, M., Antucheviciene, J. and Bausys, R., 2021. An integrated decision support model based on BWM and Fuzzy-Vikor techniques for contractor selection in construction projects. *Sustainability*, 13: 6933.
- Naseri, M.H. and Rostamian, M., 2020. Influence of forest road on tree and shrub biodiversity indices in Irano-Turanian forests (Case study: Pasargad forests). *Environmental Sciences*, 18(3): 122-133 (In Persian).
- Ostadhashemi, R., Akhavan, R., and Abedi, R., 2024. Assessing and classification of tree species diversity in the Arasbaran forests of Iran. *Forest Research and Development*, 10(1): 39-56 (In Persian).
- Ostadhashemi, R., Akhavan, R., Abbaslou, A. Safapour, Gh. and Pourkhaki, M., 2021. Classification of forest degradation based on quantitative characteristics in Arasbabran forests (Kaleibarchay and Ilginechay watersheds). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 18(2): 287-299 (In Persian).
- Paletto, A., Pieratti, E., De Meo, I., Elio Agnelli, A. and Cantiani, P., 2021. A multi-criteria analysis of forest restoration strategies to improve the ecosystem services supply: an application in Central Italy. *Annals of Forest Science*, 78(1): 1-7.
- Rezaei, J., 2015. Best- worst multi criteria decision-making method. *Omega*, 53: 49-57.
- Rezvani, M. and Hashemzadeh, F., 2013. Investigating the effective factors on forest degradation and impact of moving out livestock from district 14 of the northern forests of Iran: an environmental and economic perspective (Fuman). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 20(3): 125-138 (In Persian).
- Richards, A.G., Mafuru, C.S., Paul, M., Kayombo, C.J., Kashindye, A.M., Chirenje, L.I. and Musamba, E.B., 2011. Human activities influencing deforestation on Meru catchment forest reserve, Tanzania. *Journal of Human Ecology*, 33(1): 17-20.
- Roudgarmi, P. and Mahdiraji, M.T.A., 2019. Challenges and problems of Iran's laws and regulations for the preservation of forests and rangelands. *Iranian Journal of Forest*, 1(1): 43-59 (In Persian).
- Saaty, R.W., 1987. The analytic hierarchy process - what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5): 161-176.
- Sadeghi, A., Heydari, M. and Farhadi, R., 2016. Causes and factors of disturbances in Arasbaran forests. 1st national conference on protection of Arasbaran forests, Tabriz (In Persian).
- Sadjadi, S.J. and Karimi, M., 2018. Best-worst multi-criteria decision-making method: A robust approach. *Decision Science Letters*, 7: 323-340.
- Sagheb Talebi, KH., Pourhashemi, M. and Sajedi, T., 2014. Forests of Iran: a treasure from the past, a hope for the future. Springer, 152 p.
- Saleh, I., Rafiee, H. and Mirbagheri, S.Sh., 2021. Investigating the effects of climatic and economic variables on forest degradation of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 12(4): 467-489 (In Persian).
- Savari, M. and Khaleghi, B., 2024. Factors influencing the application of forest conservation behavior among rural communities in Iran. *Environmental and Sustainability Indicators*, 21: 100325.
- Sasanifar, S., Alijanpour, A., Banj Shafiei, A., Eshaghi Rad, J., and Molaei, M., 2023. Changes of landscape metrics in Arasbaran forests during 45 years of protection. *Forest Research and Development*, 9(1): 81-93 (In Persian).
- Shadmani, S., Ghodskhah Daryaei, M., Ghajar, I. and Heidari Safari Kouchi, A., 2020. Modeling the forest degradation degrees of masal watershed no: 12 in Guilan province, using logistic regression. *Journal of Natural Environment*, 3(1): 49-61 (In Persian).
- Sierota, Z., Grodzki, W. and Szczepkowski, A., 2019. Abiotic and biotic disturbances affecting forest health in Poland over the past 30 years: impacts of climate and forest management. *Forests* 10: 75.
- Sironen, S., Primmer, E., Leskinen, P., Simila, J. and Punttila, P., 2020. Context sensitive policy instruments: A multi-criteria decision analysis for safeguarding forest habitats in Southwestern Finland. *Land Use Policy*, 92: 104460.
- Srdjevic, B., Srdjevic, Z., Reynolds, K.M., Lakicevic, M. and Zdero, S., 2022. Using analytic hierarchy process and best-worst method in group evaluation of urban park quality. *Forests*, 13(290): 1-17.
- Vasquez-Grandon, A., Donoso, P.J. and Gerding, V., 2018. Forest degradation: when is a forest degraded?. *Forests*, 9(726): 1-13.
- Vido, J. and Nalevanková, P., 2021. Impact of natural hazards on forest ecosystems and their surrounding landscape under climate change. *Water*, 13: 979.
- Yaghoubi Farani, A., Karimi, S. and Parmooze, F., 2017. Factors affecting people's participation in forest protection plans in Gilan-e Gharb. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 24(2), 919-930 (In Persian).