

Ecosystem services of Hyrcanian Forests based on the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) Method

H. Amirnejad^{1*}, S. Hosseini², S. M. Hosseini³, M. Asadpour Kordi⁴,
M. Taslimi⁵ and Y. Bostan⁶

1* - Corresponding author, Prof. Agricultural Economics Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: h.amirnejad@sanru.ac.ir

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran

3- Prof. Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

4- Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

5- Ph.D., Agricultural Economics Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

6- Ph.D. Student, Agricultural Economics Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 13.03.2024

Accepted: 05.06.2024

Abstract

Background and objective: When evaluating the sustainability of any subject, appropriate indicators must be selected and utilized. The functions and services of forest ecosystems serve as indicators of their capacity and effectiveness. Therefore, to align with fundamental policies regarding forest resources and to facilitate planning, decision-making, and success in this field, it is crucial to fully understand these capacities and effective indicators. This research aims to identify, weight, and prioritize the functions of Hyrcanian forests in Iran based on the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) method.

Methodology: In this study, the functions, goods, and services of forest ecosystems were first extracted using the CICES method, which is recognized as one of the most comprehensive classification systems for ecosystem functions and services. Subsequently, the functions, goods, and services of Hyrcanian forests were identified through the Delphi method, incorporating insights from experts and specialists. Data were collected via field surveys, random sampling, questionnaires, and face-to-face interviews. The Delphi group comprised 50 experts in forest sciences with a minimum of five years of relevant experience who provided their opinions on the identification of functions, goods, and services related to Hyrcanian forest ecosystems. After preparing the questionnaire, respondents rated their answers using a five-point Likert scale. The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha coefficient, which yielded a value of $\alpha = 0.97$, confirming its reliability. Following the completion of the questionnaires by experts, multi-criteria decision-making methods were employed to determine the weight of the functions, goods, and services of Hyrcanian forests. These methods included Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) for calculating function weights and Simple Additive Weighting (SAW), Additive Ratio Assessment (ARAS), and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) for prioritization.

Results: Analysis of the questionnaire findings using the CICES method identified three functions and twenty services for the Hyrcanian forest ecosystem. Weighting results from the SWARA technique indicated that climate regulation, biodiversity, and genetic resources received the highest weights among the evaluated services. Additionally, the final weights derived from implementing gradual weighting evaluation techniques revealed that the regulating function (0.505) had the highest weight among all functions, followed by provisioning (0.248) and cultural (0.246) functions in subsequent priority order. Comparisons of prioritization among ARAS, TOPSIS, and SAW models showed similar results regarding function prioritization; however, the

ARAS model exhibited a steeper slope in relative closeness to one compared to the other two models from various perspectives. Based on this finding and expert consensus, prioritization using the ARAS model was deemed more reflective of reality. Thus, the ARAS model is proposed as a suitable approach for prioritizing the functions, services, and goods of the Hyrcanian forest ecosystem.

Conclusion: According to results from the ARAS model, climate regulation, biodiversity, genetic resources, habitat services, and water cycle services rank as the first through fifth priority services within Hyrcanian forest ecosystems. Given the significance of regulating functions in these ecosystems and their beneficiaries, it is recommended that relevant organizations engage in more effective planning and management to ensure their protection and sustainability for present and future generations. Furthermore, maintaining ecosystem integrity is essential for promoting sustainable development while safeguarding environmental health.

Keywords: Cultural function, forest economic, prioritization, provisioning function, regulating function

خدمات بوم‌سازگان جنگل‌های هیرکانی براساس روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگان (CICES)

حمید امیرنژاد^۱، ساره حسینی^۲، سید محسن حسینی^۳، مریم اسدپور کردی^۴، مهسا تسلیمی^۵ و یداله بستان^۶

*۱- نویسنده مسئول، استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

پست الکترونیک: h.amirnejad@sanru.ac.ir

۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۴- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۵- دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۶- دانشجو دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

چکیده

مقدمه و هدف: در ارزیابی پایداری هر موضوعی باید شاخص‌های مناسبی را انتخاب و استفاده کرد. کارکردها و خدمات بوم‌سازگان جنگل، ظرفیت‌ها و شاخص‌های اثرگذاری در ارزیابی آن‌ها هستند. از این رو در راستای سیاست‌گذاری‌های اصولی منابع جنگلی و برای برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و موفقیت در این زمینه، شناخت کامل ظرفیت‌ها و شاخص‌های اثرگذار بر آن اهمیت زیادی دارد. هدف از پژوهش پیش‌رو، شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی کارکردهای جنگل‌های هیرکانی براساس روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگان (CICES) است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ابتدا کارکردها، کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی با استفاده از روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگان (CICES) استخراج شدند. سپس کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی با استفاده از روش دلفی و بهره‌مندی از نظر خبرگان و متخصصان شناسایی شد. داده‌های پژوهش به صورت پیمایش میدانی، نمونه‌گیری تصادفی و با تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری تهیه شدند. گروه دلفی این پژوهش شامل ۵۰ نفر از خبرگان و متخصصان مسلط به علوم جنگل با حداقل پنج سال سابقه فعالیت مرتبط بودند که آرا و نظرات خود را در خصوص شناسایی کارکردها، کالاها و خدمات وابسته به بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی اظهار داشتند. در این پژوهش پس از تهیه پرسش‌نامه، از پاسخگویان خواسته شد که پاسخ‌های خود را براساس یکی از پنج درجه اهمیت طیف لیکرت بیان کنند. همچنین، در این پژوهش به منظور بررسی پایایی پرسش‌نامه از روش سنجش پایایی ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. با توجه به مقدار این ضریب ($\alpha=0/97$)، پایایی پرسش‌نامه تأیید شد. پس از تکمیل پرسش‌نامه توسط خبرگان، به منظور تعیین وزن کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی (SWARA) و برای اولویت‌بندی آن‌ها از روش ترجیحات براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌ال (TOPSIS)، مدل مجموع ساده وزین (SAW) و روش ارزیابی نسبت جمعی (ARAS) استفاده شد.

یافته‌ها: تجزیه و تحلیل یافته‌های پرسش‌نامه با استفاده از روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگان (CICES)، سه کارکرد و ۲۰ خدمت را برای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی تعیین کرد. نتایج وزن‌دهی کارکردها و کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از تکنیک SWARA نشان داد که خدمات تنظیم اقلیم، تنوع‌زیستی و منابع ژنتیکی به ترتیب بیشترین وزن را در بین سایر خدمات به خود اختصاص دادند. همچنین، وزن نهایی به دست آمده از اجرای روش ارزیابی وزن‌دهی تدریجی در ارتباط با هر یک از کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی نشان داد که بیشترین وزن به کارکرد تنظیمی (۰/۵۰۵) تعلق دارد. پس از آن نیز کارکردهای تأمینی (۰/۲۴۸) و فرهنگی (۰/۲۴۶) به ترتیب بر مبنای وزن دریافتی در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. مقایسه اولویت‌بندی کارکردهای

بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از سه مدل ARAS، TOPSIS و SAW نتایج مشابهی را از نظر اولویت‌بندی کارکردهای مورد بررسی نشان داد، اما شیب منحنی نزدیکی نسبی وزن‌ها در مدل ARAS از دیدگاه‌های مختلف نسبت به دو مدل دیگر، بیشتر و به یک نزدیک‌تر بود. برپایه این نتیجه و اجماع‌نظر برخی از متخصصان، اولویت‌بندی کارکردها، کالاها و خدمات در مدل ARAS به واقعیت نزدیک‌تر بوده است. از این رو، مدل ARAS به‌عنوان مدلی مناسب به‌منظور اولویت‌بندی کارکردها، کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی پیشنهاد شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج مدل ARAS، خدمات تنظیم آب و هوا، تنوع‌زیستی، منابع ژنتیکی، رویشگاه و چرخه آب جزو خدمات دارای اولویت اول تا پنجم بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی می‌باشند. بنابراین، با توجه به اهمیت کارکرد تنظیمی بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی و ذی‌نفع بودن کشورهای مختلف از این خدمات، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزی مناسب‌تر و مدیریت کارآمدتر توسط سازمان‌های ذی‌ربط در راستای حفاظت و پایداری آن برای نسل‌های حاضر و آینده صورت گیرد. همچنین، اتخاذ استاندارد محیط‌زیستی درمورد استفاده از آن‌ها برای حفظ تمامیت آن‌ها و تضمین توسعه پایدار، الزامی است.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد جنگل، اولویت‌بندی، کارکرد تنظیمی، کارکرد تأمینی، کارکرد فرهنگی.

مقدمه

جنگل‌ها یکی از بزرگ‌ترین مواهب طبیعی و خدادادی هستند که اهمیت حیاتی و زیربنایی در سرنوشت هر کشوری دارند (Naji Maydani & Abdulahi, 2015). فواید جنگل‌ها به دلیل گستردگی دامنه آن‌ها به‌عنوان بستر حیات و بقای انسان بر کسی پوشیده نیست. این بوم‌سازگان‌ها در فعالیت‌های تفریحی و تفرجی و نیز به‌عنوان پشتوانه اصلی و اساسی کشاورزی، ایجاد درآمد برای دولت، حفظ خاک و آب و تنظیم چرخه آب‌شناختی و ده‌ها خدمات دیگر، نقش مهمی در رفاه انسان دارند (Henareh Khalyani *et al.*, 2015; Sobhani & Danekar, 2023a). در گذشته نه‌چندان دور، خدمات جنگل‌ها بیشتر از جنبه تولید چوب و بهره‌برداری محصولات جانبی مطرح بود. به‌طوری‌که خدمات دیگر آن ناشناخته بود و کمتر به این جنبه‌ها بها داده می‌شد، اما بررسی‌های متعدد در کشورهای مختلف، خدمات متعددی را برای جنگل‌ها نشان داده‌اند که در صورت شناسایی آن‌ها، ارزش اقتصادی جنگل‌ها بیش از گذشته مورد توجه قرار خواهد گرفت (Amirnejad & Ataie Solout, 2011; Pahlavan *et al.*, 2022). از این رو، طی دهه‌های اخیر، تلاش‌های روبه‌گسترشی به‌منظور معرفی کالاها، خدمات و کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی و نقش آن‌ها در

بوم‌سازگان اقتصادی انجام شده‌اند (Henareh Khalyani *et al.*, 2015).

خدمات بوم‌سازگان به‌عنوان نتیجه فرایندهای زیستی، زمین‌شیمیایی و فیزیکی و عناصر موجود در بوم‌سازگان تعریف می‌شوند که برای مردم قابل‌دسترس هستند (Baskent, 2020). با توجه به تعدد و تنوع کالاها و خدمات بوم‌سازگانی در بوم‌سازگان‌های گوناگون طبیعی، طبقه‌بندی‌های مختلفی از این خدمات از سوی دانشمندان و مراکز مختلف علمی تهیه شده است. استفاده از این طبقه‌بندی‌ها موجب رعایت چهارچوب‌های نظری و مفهومی مربوط به تفکر خدمات بوم‌سازگانی می‌شود. با این حال در این چهارچوب، کاربرد چهار طبقه‌بندی مربوط به پژوهش Costanza و همکاران (۱۹۹۷)، ارزیابی بوم‌سازگان هزاره (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)، اقتصاد بوم‌سازگان و تنوع‌زیستی (TEEB) و طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگانی (CICES: Common International Classification of Ecosystem Services) که در بسیاری از کشورهای دیگر نیز استفاده از آن‌ها متداول است، مورد تأکید است (Haines-Young & Potschin, 2018; Young, 2018).

موضوع کالاها و خدمات جنگل‌های معتدله هیرکانی

تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره آنتروپی و TOPSIS در حوضه آبخیز دارابکلا در استان مازندران نشان داد که خدمات ذخیره و ترسیب کربن، تولید آب و حفاظت از خاک به ترتیب بیشترین اولویت‌ها را نسبت به خدمات دیگر داشتند (Pirikiya et al., 2018). در ارزیابی خدمات فرهنگی بوم‌سازگان استان گلستان براساس ارزیابی بوم‌سازگان هزاره با روش دلفی، خدمات آموزشی، الهام‌بخشی، تفریح، حس مکان، میراث، زیبایی‌شناسی و معنوی و مذهبی شناسایی و اولویت‌بندی شدند (Kabiri et al., 2020). به منظور ارائه مدل کاربردی معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل با رویکرد تاب‌آوری در ناحیه رویشی زاگرس، ۵۴ خدمت در قالب چهار کارکرد (تأمین‌کننده، تنظیم‌کننده، زیستگاهی و فرهنگی) طبقه‌بندی شدند و دو هدف اصلی بهینه‌سازی تولید آب و کمینه سازی تلفات سالانه خاک در کنار پاسخ به تقاضای مردم محلی در فرایند بهینه‌سازی خدمات تحقق یافت (Karami et al., 2022). عمده خدمات بوم‌سازگانی شناسایی شده در جنگل‌های مانگرو در حوضه خمیر و قشم براساس طبقه‌بندی بوم‌سازگان هزاره شامل کارکرد تأمینی (سرشاخه‌زنی، برداشت عسل و صید سنتی مشتتا) و فرهنگی (الهام‌بخشی، حس مکان، زیبایی‌شناسی، آموزشی، ارزش میراث، ارزش‌های معنوی و مذهبی، تفریح و طبیعت‌گردی) بودند (Sobhani & Danehkar, 2023b). ارزیابی کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی شیاده و دیوا در استان مازندران با استفاده از روش‌های ARAS، SAW و TOPSIS حاکی از اهمیت بیشتر کارکردهای تنظیمی و اطلاعاتی بود (Hajizadeh et al., 2023). شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی کارکردهای بوم‌سازگان طبیعی در شهر سنگاپور با استفاده از نظر متخصصان در قالب پرسش‌نامه نشان داد که خدمات حفاظت آب، زیستگاهی، ذخیره‌گاهی و تنظیمی به ترتیب حائز اولویت بیشتر هستند (Sieber & Pons, 2015). در بررسی خدمات بوم‌سازگان منطقه بوم‌شناختی کوهستان پانچاس در غرب نپال، نه خدمت از کارکرد تأمینی، ۱۳ خدمت از کارکرد تنظیمی، نه

کشور چه هستند و چه کمکی به زندگی انسان و موجودات دیگر کره‌زمین می‌کنند؟ نقش آن‌ها در ایجاد و حفظ رفاه انسان‌ها چیست؟ ضعف آن‌ها در مقابل دخالت‌های نابجای انسان چیست؟ و فقدان آن‌ها چه تأثیراتی بر جای می‌گذارد؟ از جمله پرسش‌های مهم چند دهه اخیر هستند. به همین دلیل، طبقه‌بندی خدمات این بوم‌سازگان برای کشور ما اهمیت دارد. زیرا نخست می‌تواند نشان دهد که امروزه اطلاعات کافی برای درک اهمیت این خدمات گسترده از تأمین آب پاکیزه، مهار سیلاب، تنظیم شرایط اقلیمی تا خاک‌زایی، گرده‌افشانی محصولات، ایجاد زیستگاه حیات وحش و خدمات دیگر برای حفظ و تداوم بقای انسان وجود دارد. دوم اینکه درک علمی و اقتصادی ما از ابعاد و جزئیات حقیقی این خدمات سطحی و ضعیف است. پژوهش‌های این‌چنینی می‌توانند سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و ذی‌نفعان دیگر این بوم‌سازگان را به پرهیز از عملکردهای مخرب برای خدمات آن‌ها سوق دهند (Bakhtiari et al., 2009).

به منظور شناخت بهتر مزایای چندگانه خدمات بوم‌سازگان، پژوهش‌هایی در خصوص ارزیابی خدمات بوم‌سازگان جنگل با استفاده از مدل‌های متفاوتی انجام شد. در این میان، بهره‌گیری از مدل‌های چندمعیاره، اهمیت بیشتری داشته است. چنانچه طبقه‌بندی و اولویت‌بندی کارکردهای بوم‌سازگان جنگل‌های کشور با استفاده از روش دلفی نشان داد که کارکردهای تنظیمی، زیستگاهی، اطلاعاتی و تولیدی به ترتیب بیشترین اولویت را دارند و سه خدمت تولید آب، کنترل فرسایش خاک و تفریح، بیشترین اولویت و اهمیت را در بین مجموع خدمات داشتند (Mahmoudi & Fegghi, 2017). بررسی نقش و اهمیت خدمات بوم‌سازگان جنگلی در پارک ملی کیاسر با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تکنیک آنتروپی نشان داد که کارکردهای تنظیمی، تولیدی، اطلاعاتی و تنظیمی به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند (Hosseini et al., 2017). همچنین، شناسایی معیارها و شاخص‌های خدمات چندگانه بوم‌سازگان با استفاده از

سیاست‌های جنگل به‌کار گرفته شوند (Shamekhi & Mirmohammadi, 2012). شناخت صحیح کارکردها و خدمات جنگل‌های هیرکانی و تعیین نقش و اهمیت اقتصادی آن‌ها، اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف از انجام پژوهش پیش‌رو، شناسایی کارکردهای و خدمات بوم‌سازگانی جنگل‌های هیرکانی براساس روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگانی (CICES) بود.

مواد و روش‌ها

روش‌های مختلفی به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی وجود دارد. برخی از آن‌ها، کاربردهای گسترده و برخی دیگر، استفاده‌های محدودتری دارند. در این پژوهش، به‌منظور شناسایی کارکردهای جنگل‌های هیرکانی، ابتدا کارکردها، کالاها و خدمات براساس متداول‌ترین و جامع‌ترین طبقه‌بندی یعنی روش طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگان (CICES) استخراج و گردآوری شد (Haines-Young & Potschin-Young, 2018). همچنین، از روش دلفی برای شناسایی کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی استفاده شد. داده‌های پژوهش به‌صورت پیمایش میدانی، نمونه‌گیری تصادفی و با تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری استخراج شد. گروه دلفی این پژوهش شامل ۵۰ نفر از خبرگان و متخصصان مسلط به علوم جنگل با حداقل پنج سال سابقه فعالیت مرتبط بودند که آرا و نظرهای خود را در خصوص شناسایی کارکردها، کالاها و خدمات وابسته به بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی اظهار داشتند (جدول ۱). ۱۰ نفر از استادان هیأت علمی علوم جنگل در دانشگاه‌های استان مازندران (گروه علوم جنگل در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)، گیلان (گروه علوم جنگل در دانشگاه گیلان) و گلستان (گروه علوم جنگل در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)، ۱۰ نفر از خبرگان سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور با تخصص علوم جنگل و ۳۰ نفر از کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری سه استان

خدمت از کارکرد فرهنگی و شش خدمت از کارکرد حمایتی شناسایی شد (Adhikari et al., 2018). نتایج دیگر پژوهش مذکور نشان داد که کاربران جنگل، کارکرد تأمین و مدیران جنگل، کارکردهای تنظیمی و فرهنگی را به‌عنوان کارکردهای اولویت‌دار خود معرفی کردند. نقشه‌سازی خدمات بوم‌سازگان جنگلی (تهیه چوب، تأمین آب، کنترل فرسایش، گرده‌افشانی، حفاظت از زیستگاه، تشکیل خاک، تنظیم اقلیم و تفریح) در اروپا نشان داد که این خدمات به‌طور واحد در سراسر اروپا پراکندگی دارند (Orsi et al., 2020). همچنین، جنگل‌های مناطق کوهستانی و اروپای مرکزی (به‌ویژه فرانسه، آلمان و اسلوواکی) مقادیر قابل توجهی از خدمات متعدد بوم‌سازگان جنگلی را ارائه می‌کنند. به‌منظور شناسایی خدمات بوم‌سازگان جنگل بامبو در لائوس در دو گروه ذی‌نفع جامعه محلی و خبرگان، شش خدمت از کارکرد تأمین (غذا، موادخام، انرژی زیستی، الوار، آب‌شیرین و دارو)، پنج خدمت از کارکرد تنظیمی (تنظیم مخاطرات طبیعی، فرسایش خاک، تصفیه آب، تنظیم هوای تازه و ترسیب کربن)، دو خدمت از کارکرد فرهنگی (زیبایی چشم‌انداز و فرهنگی و مذهبی) و دو خدمت از کارکرد زیستگاهی (تنوع زیستی و زیستگاه برای موجودات) با استفاده از طیف لیکرت اولویت‌بندی شد (Lee, 2021). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که هر دو گروه برای کارکردهای تنظیمی و فرهنگی، اهمیت زیادتری قائل بودند. اولویت‌بندی جامعه محلی درمورد سه خدمت از کارکرد تنظیمی همانند تنظیم مخاطرات طبیعی، تصفیه آب و تنظیم هوای تازه، بیشتر از خبرگان بود، اما درمورد ترسیب کربن، خبرگان، اهمیت بیشتری قائل بودند.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که جنگل‌های هیرکانی، منافع و خدمات فراوانی را به کل یا بخشی از جامعه ارائه می‌دهند که همه نهادهای حکومتی و مدنی، ارتباط مستقیم و غیرمستقیم با کارکردهای این جنگل‌ها دارند (Marvie Mohadjer, 2011)، بنابراین ظرفیت‌ها و موارد قانونی آن‌ها باید بررسی و در تدوین چشم‌انداز و

مازندران، گلستان و گیلان که سال‌ها در حوزه جنگل‌های
هیرکانی فعالیت داشتند، انتخاب شدند. گفتنی است که
متخصصان براساس تخصص و شناخت آن‌ها از جنگل‌های
هیرکانی انتخاب شدند.

جدول ۱- گروه‌بندی اعضای دلفی به منظور شناسایی کارکردها، کالاها و خدمات وابسته به بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی

Table 1. Grouping of Delphi members to identify the functions, goods and services of Hyrcanian forest ecosystem

Row	Group	Education	Number
1	Academic faculty member of universities	Ph.D.	10
2	Experts of the Departments of Natural Resources and Watershed Management in Sari, Ghaemshahr, Savadkoh, Babol and Amol counties	M.Sc.	30
3	Experts of the Natural Resources and Watershed Organization of Iran	Ph.D. and M.Sc.	10

تصمیم‌گیری است که توسط Kersulienne و همکاران (۲۰۱۰) معرفی شد. مهم‌ترین مزایای این روش نسبت به روش‌های مشابه دیگر، توان زیاد آن در ارزیابی دقت نظر خبرگان درباره معیارهای وزن‌داده‌شده طی فرایند، سهولت پیاده‌سازی و عدم نیاز به حجم مقایسه‌های زیاد هستند (Asgharpour, 2003). همچنین، در این روش برخلاف روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، فرایند تحلیل شبکه و روش بهترین-بدترین به مقایسه زوجی عناصر نیاز نیست. SWARA یکی از روش‌های وزن‌دهی است که دیدگاه خبرگان در آن، اهمیت زیادی دارد. در ادامه، مراحل اجرای این روش در پنج گام آمده است:

گام اول: مرتب کردن معیارها (کارکردها)

در ابتدا، معیارهای مورد نظر براساس میزان اهمیت به ترتیب نوشته می‌شوند. مهم‌ترین معیارها در رده‌های بالاتر و معیارهای کم‌اهمیت‌تر در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند (Asgharpour, 2003).

گام دوم: تعیین اهمیت نسبی هر معیار (S_j)

در این گام، اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیارهای پیشین مشخص می‌شود. در فرایند روش SWARA این مقدار با S_j نشان داده می‌شود (Kersulienne et al., 2010).

گام سوم: محاسبه ضریب K_j

ضریب K_j که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر معیار است

در این پژوهش پس از تهیه پرسش‌نامه، از پاسخگویان خواسته شد که پاسخ‌های خود را براساس یکی از پنج درجه اهمیت طیف لیکرت (مقیاس لیکرت) شامل بی‌اهمیت (۱)، کم‌اهمیت (۲)، بااهمیت (۳)، بااهمیت زیاد (۴) و بااهمیت بسیار زیاد (۵) بیان کنند (Skulmoski et al., 2007). همچنین، به منظور بررسی پایایی پرسش‌نامه از تکنیک سنجش پایایی ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. با توجه به مقدار این ضریب ($\alpha=0.97$)، پایایی پرسش‌نامه تأیید شد. پس از تکمیل پرسش‌نامه توسط خبرگان، به منظور تعیین وزن کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی از روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی (SWARA) (Kersulienne et al., 2010) و برای اولویت‌بندی آن‌ها از تکنیک ترجیحات براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌ال (TOPSIS) (Hosseini et al., 2021)، مدل مجموع ساده وزین (SAW) (Arsyah et al., 2021) و روش ارزیابی نسبت جمعی (ARAS) (Bera et al., 2022) استفاده شد. همچنین، به منظور پردازش و آنالیز آماری داده‌های کرونباخ از نرم‌افزار SPSS16 و اجرای مدل‌های وزن‌دهی و اولویت‌بندی از نرم‌افزار Excel استفاده شد. در ادامه، هریک از روش‌ها وزن‌دهی و اولویت‌بندی کارکردها و خدمات جنگل‌های هیرکانی به تفکیک شرح داده شد:

- روش ارزیابی وزن‌دهی تدریجی (SWARA)

ارزیابی وزن‌دهی تدریجی، یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه برای تعیین وزن معیارها و شاخص‌های

گزینه براساس تعدادی معیار است. سطرهای این ماتریس را گزینه‌ها و ستون‌های آن را معیارهای پژوهش تشکیل می‌دهند. هر سلول این ماتریس، ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است. یعنی ماتریسی که در آن هر گزینه براساس تعدادی معیار امتیازدهی شده است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده می‌شود (Tupenaite et al., 2010).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{2n} \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

تشکیل ماتریس تصمیم نرمال

نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی، دومین گام در حل همه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر ماتریس تصمیم است (Tupenaite et al., 2010).

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & n_{2n} \\ n_{m1} & n_{m2} & n_{mn} \end{bmatrix}$$

تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

در گام سوم از تکنیک ARAS باید ماتریس تصمیم نرمال ایجاد شده موزون شود (V_{ij}). برای این منظور، وزن هر معیار در همه درایه‌های زیر همان معیار ضرب می‌شود. وزن معیارها باید از پیش مشخص شود. برای این منظور به‌طور معمول از تکنیک SWARA استفاده می‌شود (Tupenaite et al., 2010).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & v_{2n} \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \end{bmatrix}$$

محاسبه میزان مطلوبیت هر گزینه

در گام چهارم از تکنیک ARAS میزان مطلوبیت هر گزینه به‌وسیله تابع مطلوبیت محاسبه می‌شود. بهترین گزینه آن است که مطلوبیت بزرگ‌تری دارد. در نهایت، درجه مطلوبیت باید محاسبه شود. میزان مطلوبیت کل هر گزینه با S_i نمایش داده

با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Kersulienė et al., 2010).

$$\text{رابطه (۱)} \quad K_j = S_j + 1 \quad j=1$$

گام چهارم: محاسبه وزن اولیه هر کارکرد
وزن اولیه معیارها (Q_j) از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود. در این معادله باید توجه داشت که وزن معیار نخست که مهم‌ترین معیار است، برابر یک در نظر گرفته می‌شود (Kersulienė et al., 2010).

$$\text{رابطه (۲)} \quad Q_j = Q_j - 1 / K_j \quad j>1$$

گام پنجم: محاسبه وزن نرمال نهایی

در آخرین گام از روش SWARA وزن نهایی معیارهای ارزیابی از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. نرمال‌سازی نیز به‌روش خطی ساده انجام می‌شود (Kersulienė et al., 2010).

$$\text{رابطه (۳)} \quad W_j = Q_j / \sum_k^n Q_k$$

روش ارزیابی نسبت جمعی (ARAS)

روش ارزیابی نسبت جمعی، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط Zavadskas و همکاران (۲۰۱۰) پیشنهاد شد. این روش، یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد (Tupenaite et al., 2010). چگونگی اجرای این روش به شرح زیر است:

تشکیل ماتریس تصمیم

نخستین گام در این تکنیک، تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم‌گیری، یک ماتریس برای ارزیابی تعدادی

می‌شود و به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum V_{ij} \quad \text{رابطه (۴)}$$

درجه مطلوبیت گزینه (K_i) براساس مقایسه با یک مقدار بهینه (S_0) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود. مقدار بهینه براساس دیدگاه خبرگان یا بهترین مقدار ماتریس موزون شده قابل حصول است (Tupenaite et al., 2010).

$$K_i = S_i/S_0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

مدل مجموع ساده وزین (SAW)

مدل مجموع ساده وزین، یکی از ساده‌ترین، شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. این روش به دلیل سهولتی که دارد، محبوب‌ترین و رایج‌ترین روش در تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره است. چراکه در این روش از یک تابع افزایش خطی برای نمایش ترجیحات تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود. با این حال، این تکنیک زمانی کاربرد دارد که فرض شود ترجیحات، مستقل یا مجزا از هم هستند.

برای استفاده از مدل SAW به منظور اولویت‌بندی کارکردهای شناسایی شده، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تکمیل شده با استفاده از روش بی‌مقیاس‌سازی خطی بی‌مقیاس شد. سپس، به منظور اولویت‌بندی کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی حائز اهمیت، وزن محاسبه شده توسط تکنیک SWARA در ماتریس بی‌مقیاس شده ضرب می‌شود تا اولویت کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی حائز اهمیت مشخص شود. در این روش با در نظر گرفتن وزن کارکردهای بوم‌سازگان محاسبه شده توسط تکنیک SWARA، نمره هر کارکرد (S_i) به وسیله میانگین وزنی ارزش‌های آن‌ها در همه کارکردها براساس رابطه (۶)

محاسبه می‌شود (Hosseini et al., 2024). در این معادله، W_j بیانگر وزن هر یک از کارکردها و n_{ij} نشان‌دهنده امتیاز هر کارکرد است.

$$S_i = \sum_j n_{ij} \cdot W_j \quad \text{رابطه (۶)}$$

تکنیک ترجیحات براساس شباهت به راه‌حل ایده‌ال (TOPSIS)

تکنیک TOPSIS، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازد. این تکنیک، قدرت زیادی در تفکیک گزینه‌ها و اولویت‌بندی ترجیحات براساس شباهت‌شان به راه‌حل ایده‌ال دارد (Asgharpour, 2003). در این روش، m گزینه به وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود و گزینه‌ها براساس شباهت به راه‌حل ایده‌ال رتبه‌بندی می‌شوند. اساس TOPSIS بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌ال مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌ال منفی داشته باشد (Tupenaite et al., 2010). مراحل این روش به ترتیب زیر هستند:

گام اول: در ابتدا، ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس (بی‌مقیاس شده) با استفاده از رابطه (۷) تبدیل می‌شود (Jalili Asle et al., 2022). در این معادله، n_{ij} بیانگر ماتریس نرمال شده و r_{ij} نشان‌دهنده امتیاز هر شاخص هستند.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

گام دوم: ماتریس (بی‌مقیاس) وزین با مفروض بودن بردار W (وزن هر شاخص) به‌عنوان ورودی به الگوریتم ایجاد می‌شود (رابطه ۸).

$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\} \quad \text{رابطه (۸)}$$

قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهد بود. V بیانگر ماتریس (بی‌مقیاس) وزن است.

گام سوم: راه‌حل ایده‌ال مثبت (A^+) و راه‌حل ایده‌ال منفی (A^-) براساس رابطه (۹) مشخص می‌شود.

$$V = N_D \cdot W_{n \times n} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & v_{2n} \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^-, \dots, V_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\}$$

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n | j \in \text{benefit}\}$$

$$J' = \{j = 1, 2, \dots, n | j \in \text{Cost}\}$$

(2024).

نتایج

در پژوهش پیش‌رو، در مرحله اول روش دلفی با استفاده از طبقه‌بندی مشترک بین‌المللی خدمات بوم‌سازگانی (CICES)، کارکردها، کالاها و خدمات وابسته بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی شناسایی شدند. براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲، سه کارکرد و ۲۰ کالا و خدمت شناسایی شدند. پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها، از تکنیک روش ارزیابی وزن‌دهی تدریجی (SWARA) به‌منظور تعیین وزن کارکردها، کالاها و خدمات وابسته جنگل‌های هیرکانی استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از اجرای این تکنیک در جدول ۳ ارائه شده است. این یافته‌ها نشان داد که خدمات تنظیم اقلیم، تنوع‌زیستی و منابع ژنتیکی به‌ترتیب بیشترین وزن را در بین سایر خدمات به‌خود اختصاص دادند.

به‌طوری‌که N_D ماتریسی است که امتیازهای معیارها در آن، بی‌مقیاس و قابل‌مقایسه شده است. $W_{n \times n}$ نیز ماتریسی

گام چهارم: اندازه جدایی فاصله گزینه نام با ایده‌ال‌ها (d_i) با استفاده از روش اقلیدسی و براساس رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱۰)

$$d_{i+} = \{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+) 2 \} 0.5 ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_{i-} = \{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-) 2 \} 0.5 ; i = 1, 2, \dots, m$$

گام پنجم: نزدیکی نسبی A_i به راه‌حل ایده‌ال (cl_{i+}) با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱۱)

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1 ; i = 1, 2, \dots, m$$

گام ششم: براساس ترتیب نزولی cl_{i+} می‌توان گزینه‌های موجود از مسئله مفروض را رتبه‌بندی کرد (Hosseini et al.,)

جدول ۲- کارکردها، کالاها و خدمات جنگل‌های هیرکانی

Table 2. Functions, goods, and services of the Hyrcanian forests

Function	Goods and services
Provisioning	Wood products (harvesting all kinds of wood from the Hyrcanian forests for uses such as wooden boards, chipboard, paper, firewood, etc.)
	Non-timber products (NTFPs): including food and beverages (including fruit and berries, juices, honey, mushrooms, meat from wild and domesticated forest animals, etc.), raw materials (plant sap and gums, fodder harvesting, silk obtained from silkworms, leather and wool obtained from animals, etc.), decorative and cosmetic resources (handicrafts, etc.), medicinal plants, etc.
	Water supply (storage and supply of fresh water through the absorption of rain, snow, fog, which is then transferred to the soil, waterways and underground water)
	Genetic resources (Native trees of Hyrcanian forests are suitable genetic resources for producing well-formed maternal genes with rare and good genotypes and phenotypes)
Cultural	Habitat (Hyrcanian forests provide habitats for living, multiplying and reproducing all kinds of plant and animal species)
	Aesthetic and mental health (mental revitalization, creating physical relaxation, creating opportunities to perform a variety of physical activities such as running and walking, cycling, etc.)
	Education, learning and social development (Hyrcanian forests provide opportunities for people to connect with nature. It also provides opportunities for education, learning and social development through universities and schools, volunteer activities, internship projects, recreational programs or scientific studies)
	Perservation value: (Inherent value: the value that the existence of Hyrcanian forests has for people without even using it), (Heritage value: the value of the benefits that Hyrcanian forests can have for future generations) and choice value: the value of Hyrcanian forests to people for use it in the future)
Regulating	Tourism and ecotourism: (Hyrcanian forests can provide great potential for tourism, especially ecotourism, in the region)
	Cultural, spiritual, artistic and historical importance (use and non-use values through religious, cultural or historical associations such as mountains, waterfalls, springs and religious places, as well as the "shepherd" or "Galshi" way of life found in many levels of the Hyrcanian forests is an important traditional culture that is in danger of disappearing)
	Climate regulation (by carbon sequestration and storage: protecting or modulating the extreme effects of temperature, wind, UV light, precipitation, etc.)
	Risk adjustment: (Hyrcanian forests and its tree cover prevent soil erosion and landslides; rain absorption by them causes flood adjustment by delaying and weakening river flows)
	Detoxification and purification of soil, air and water (Hyrcanian forests can absorb pollution caused by soil, water and atmosphere and improve the quality of each of them. Also, tree belts can act as noise insulation to reduce noise pollution and provide benefits to bring for health)
	Regulation of pests and diseases (Mixed tree stands of Hyrcanian forests reduce the harmful effects of some pests and biological diseases of trees through natural biological control compared to coniferous tree stands)
	Pollination (trees, groves, and forests provide habitat for many pollinator species)
	Primary production (carbon dioxide through photosynthesis causes the production of organic matter, which in turn leads to plant growth and oxygen production)
	Soil formation (decomposition of the lower geological layers by roots and microbes, weathering of minerals and the accumulation of excellent materials from litter in the soil layers, as well as the erosion of rocks and the fertilization of the soil by the accumulation of organic materials and the release of minerals)
	Nutrient cycle (the role of soil organisms of Hyrcanian forests in the storage and recycling of carbon, oxygen, hydrogen, nitrogen, sulfur, phosphorus, iron, zinc and other elements)
Water cycle (the forest plays an important role in the hydrological cycle through the absorption and transfer of water, the regulation of water flow and the discharge of rivers and the effect on the regulation of hydrological flows on the earth's surface in addition to the supply services that it provides to the society through the absorption and supply of water)	
Biodiversity (biological and genetic diversity in locally adapted species can support plant and animal communities)	

جدول ۳- محاسبه وزن کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از تکنیک SWARA
Table 3. Calculating the weight of goods and services of the Hyrcanian forest ecosystem using the SWARA technique

Provisioning services	W_j
Wood products	0.04762
Non-wood products	0.04649
Water supply	0.0495
Genetic resources	<u>0.0524</u>
Habitat	0.05235
Cultural services	W_j
Aesthetic and mental hygiene	0.04971
Tourism and ecotourism	0.05132
Education, learning and social development	0.04907
Perservation value	0.05003
Cultural, spiritual, artistic and historical importance	0.046
Regulating services	W_j
Climate regulation	<u>0.05278</u>
Risk adjustment	0.05165
Detoxification and purification of soil, air and water	0.04504
Regulation of pests and diseases	0.0474
Pollination	0.05036
Primary production	0.05073
Soil formation	0.05197
Nutrient cycle	0.05079
Water cycle	0.05229
Biodiversity	<u>0.05251</u>

جدول ۴- محاسبه وزن کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از تکنیک SWARA
Table 4. Calculating the weight of Hyrcanian forest ecosystem functions using SWARA technique

Function	W_j	Rank
Regulating	0.50551	1
Provisioning	0.24835	2
Cultural	0.24614	3

در جدول ۵، وزن نهایی و اولویت خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با اجرای مدل‌های ARAS، TOPSIS و SAW ارائه شد.

همچنین، وزن به‌دست‌آمده از اجرای تکنیک ارزیابی وزن‌دهی تدریجی در ارتباط با هر یک از کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی در جدول ۴ ارائه شد.

جدول ۵- وزن نهایی کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با مدل‌های ARAS، TOPSIS و SAW

Table 5. The final weight of goods and services of Hyrcanian forest ecosystem with ARAS, TOPSIS and SAW models			
	ARAS	SAW	TOPSIS
Provisioning services			
Wood products	0.04762	1.95228	0.63661
Non-wood products	0.04649	1.84092	0.60536
Water supply	0.0495	2.12839	0.59352
Genetic resources	0.0524	2.49422	0.77495
Habitat	0.05235	2.4812	0.62785
Cultural services			
Aesthetic and mental hygiene	0.04971	2.15752	0.71252
Tourism and ecotourism	0.05132	2.34041	0.70418
Education, learning and social development	0.04907	2.09028	0.6852
Perservation value	0.05003	2.20154	0.72383
Cultural, spiritual, artistic and historical importance	0.046	1.81257	0.59441
Regulating services			
Climate regulation	0.05278	2.5438	0.68096
Risk adjustment	0.05165	2.40676	0.70817
Detoxification and purification of soil, air and water	0.04504	1.74743	0.66208
Regulation of pests and diseases	0.0474	1.88658	0.49383
Pollination	0.05036	2.24594	0.73506
Primary production	0.05073	2.28301	0.75573
Soil formation	0.05197	2.44258	0.73467
Nutrient cycle	0.05079	2.3159	0.74948
Water cycle	0.05229	2.49956	0.8216
Biodiversity	0.05251	2.50984	0.78287

جدول ۶- اولویت‌بندی کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با مدل‌های ARAS، TOPSIS و SAW

Table 6. Prioritization of goods and services of Hyrcanian forest ecosystem with ARAS, TOPSIS and SAW models		
TOPSIS	SAW	ARAS
Water cycle	Climate regulation	Climate regulation
Biodiversity	Biodiversity	Biodiversity
Genetic resources	Water cycle	Genetic resources
Primary production	Genetic resources	Habitat
Nutrient cycle	Habitat	Water cycle
Pollination	Soil formation	Soil formation
Soil formation	Risk adjustment	Risk adjustment
Perservation value	Tourism and ecotourism	Tourism and ecotourism
Aesthetic and mental hygiene	Nutrient cycle	Nutrient cycle
Risk adjustment	Primary production	Primary production
Tourism and ecotourism	Pollination	Pollination
Education, learning and social development	Perservation value	Perservation value
Climate regulation	Aesthetic and mental hygiene	Aesthetic and mental hygiene
Detoxification and purification of soil, air and water	Water supply	Water supply
Wood products	Education, learning and social development	Education, learning and social development
Habitat	Wood products	Wood products
Non-wood products	Regulation of pests and diseases	Regulation of pests and diseases
Cultural, spiritual, artistic and historical importance	Non-wood products	Non-wood products
Water supply	Cultural, spiritual, artistic and historical importance	Cultural, spiritual, artistic and historical importance
Regulation of pests and diseases	Detoxification and purification of soil, air and water	Detoxification and purification of soil, air and water

داد. کارکردهای تأمینی و فرهنگی بر مبنای وزن نهایی دریافتی در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۷).

نتایج اجرای مدل‌های ARAS، Topsis و SAW نشان داد که در بین کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی، کارکرد تنظیمی، بیشترین وزن نهایی را در سه مدل به خود اختصاص

جدول ۷- وزن نهایی کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی و اولویت آن‌ها با مدل‌های ARAS، Topsis و SAW

Table 7. The final weight of Hyrcanian forest ecosystem functions and their priority with ARAS, TOPSIS, and SAW models

Function	Priorities			Final weight		
	TOPSIS	SAW	ARAS	TOPSIS	SAW	ARAS
Regulating	1	1	1	7.12	22.88	0.51
Provisioning	3	2	2	3.24	10.9	0.25
Cultural	2	3	3	3.42	10.6	0.24

مقایسه اولویت‌بندی کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از سه مدل ARAS، Topsis و SAW نتایج مشابهی را از نظر اولویت‌بندی کارکردهای مورد بررسی نشان داد. بنابراین، به منظور مقایسه مدل‌های اولویت‌بندی کارکردها، کالاها و خدمات مربوطه در بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی از شیب منحنی وزن نهایی خدمات در سه مدل استفاده شد که نتایج آن در جدول ۸ آمده است. شیب منحنی نزدیکی نسبی وزن‌های نهایی در مدل ARAS یک تابع نمایی نزولی با درجه توضیحی ۰/۹۳ است که تفاوت آشکار بین کارکردها، کالاها و خدمات مربوطه در بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی را نشان می‌دهد.

جدول ۸- شیب منحنی (R^2) در مدل‌های ARAS، Topsis و SAW

Table 8. Curve slope (R^2) in ARAS, TOPSIS and SAW models

R^2	SAW	TOPSIS	ARAS
	0.89	0.8	0.93

آب، آموزش، یادگیری و توسعه اجتماعی، محصولات چوبی، تنظیم آفات و بیماری‌ها، محصولات غیرچوبی، اهمیت فرهنگی، معنوی، هنری و تاریخی و سم‌زدایی و پاکسازی خاک، هوا و آب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند.

بحث

بوم‌سازگان جنگل به عنوان یک منبع طبیعی ارزشمند، کالاها و خدمات مختلفی را برای بشر فراهم می‌کند که حفظ و نگهداری آن باید هدف اساسی فعالیت‌های انسان قرار گیرد. همان‌طور که De Groot و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند، کارکرد تنظیمی، وظیفه حفظ فرایندهای ضروری بوم‌شناختی و سیستم‌های حمایت از محیط‌زیست را برعهده دارند. در این راستا، نتایج وزن‌دهی کارکردها و خدمات ارائه‌شده توسط

شیب منحنی نزدیکی نسبی وزن‌ها در مدل ARAS نسبت به دو مدل دیگر بیشتر و به یک نزدیک‌تر است. برپایه این نتیجه و اجماع نظر متخصصان، اولویت‌بندی کارکردها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی در مدل ARAS به واقعیت نزدیک‌تر بود. از این رو، مدل ARAS به عنوان مدلی مناسب به منظور اولویت‌بندی کارکردها و کالاها و خدمات بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی پیشنهاد شد. بر اساس نتایج این مدل، خدمات تنظیم آب و هوا، تنوع‌زیستی، منابع ژنتیکی، رویشگاه و چرخه آب جزو خدمات دارای اولویت اول تا پنجم بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی بودند. در ادامه، خدمات تشکیل خاک، تنظیم مخاطرات، گردشگری و اکوتوریسم، تنظیم مخاطرات، چرخه مواد مغذی، تولید اولیه، گرده‌افشانی، چرخه مواد مغذی، زیبایی‌شناختی و بهداشت روان، تأمین

مواد مغذی، تولید اولیه، گرده‌افشانی، چرخه مواد مغذی، زیبایی‌شناختی و بهداشت روان، تأمین آب، آموزش، یادگیری و توسعه اجتماعی، محصولات چوبی، تنظیم آفات و بیماری‌ها، محصولات غیرچوبی، اهمیت فرهنگی، معنوی، هنری و تاریخی و سم‌زدایی و پاکسازی خاک، هوا و آب به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. Hosseini و همکاران (۲۰۱۷) به منظور مقایسه اولویت‌بندی بین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی پارک‌های ملی و Jalili Asle و همکاران (۲۰۲۲) به منظور مقایسه اولویت‌بندی روستاهای هدف گردشگری در استان مازندران از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و انتخاب مدل مناسب با کاربرد شیب منحنی وزن نهایی (R^2) استفاده کردند. هم‌راستا با نتایج پژوهش پیش‌رو، یافته‌های آن‌ها نیز نشان داد که مدل‌های ARAS و TOPSIS نسبت به SAW نتایج نزدیک‌تری را نسبت به واقعیت ارائه می‌کنند. Hajizadeh و همکاران (۲۰۲۳) نیز یافته‌های مشابهی را گزارش کردند.

نتایج حاصل از بررسی نقش و اهمیت کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان داد که از دیدگاه خبرگان و متخصصان، کارکردهای تنظیمی و تأمینی به ترتیب مهم‌ترین کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی هستند. از این رو با مشخص شدن اولویت کارکردهای بوم‌سازگانی جنگلی منطقه، نتایج پژوهش پیش‌رو می‌تواند به عنوان یک الگو در اختیار کارشناسان به منظور حفاظت بوم‌سازگان جنگلی قرار گیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که بهره‌برداری اصولی و همگام با طبیعت، ارتقا آگاهی‌ها و فرهنگ محیط‌زیستی جوامع و توسعه NGOها و نهادهای دوست‌دار طبیعت مورد توجه سازمان‌های ذی‌ربط بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی قرار گیرد. نظارت دقیق و مستمر و تخصیص بودجه از سوی دولت نیز به منظور افزایش حفاظت از جنگل پیشنهاد می‌شود تا تخریب این بوم‌سازگان کمینه شود. همچنین، نقش و اهمیت کارکردها و خدمات بوم‌سازگان باید از طریق رسانه، آموزش و تبلیغات به همه جوامع نشان داده شود تا از این طریق، بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی به عنوان زیستگاه آخرین بازمانده تنوع‌زیستی

بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی با استفاده از تکنیک SWARA نشان داد که خدمات تنظیم اقلیم، تنوع‌زیستی و منابع ژنتیکی به ترتیب بیشترین وزن را نسب به سایر خدمات به خود اختصاص دادند. طبق نتایج جدول ۴ نیز بیشترین وزن به کارکرد تنظیمی تعلق داشت. پس از آن نیز کارکردهای تأمینی و فرهنگی به ترتیب بر مبنای وزن دریافتی در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین، نتایج اجرای مدل‌های ARAS، TOPSIS و SAW نشان داد که در بین کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی، کارکرد تنظیمی، بیشترین وزن نهایی را در سه مدل به خود اختصاص داد. کارکردهای تأمینی و فرهنگی بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی بر مبنای وزن نهایی دریافتی در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۷). کسب اولویت بالاتر توسط کارکرد تنظیمی جنگل هیرکانی به این دلیل است که این جنگل‌ها از دیرباز یکی از غنی‌ترین زیستگاه‌های طبیعی کشور از نظر حضور گونه‌های گیاهی و جانوری و رویشگاه مناسب انواع درختان جنگلی به شمار می‌آیند. هرکدام از آن‌ها، خدمات زیادی از جمله تنظیم اقلیم، کنترل سیلاب و جلوگیری از فرسایش خاک را برای ذی‌نفعان منطقه به همراه داشته است. هم‌راستا با این نتایج، یافته‌های پژوهش‌های دیگر نشان داده‌اند که خدمات تنظیمی بوم‌سازگان جنگلی مانند خدمت تولید و حفاظت آب، تنوع‌زیستی، ذخیره و ترسیب کربن و حفاظت از خاک، بالاترین اولویت‌ها را نسبت به خدمات دیگر به خود اختصاص دادند (Hosseini et al., 2017; Pirikiya et al., 2018; Hajizadeh et al., 2023).

بر پایه نتیجه و اجماع نظر برخی از متخصصان، مدل ARAS (شیب بیشتر منحنی نزدیکی نسبی وزن نهایی نسبت به مدل‌های دیگر) به واقعیت نزدیک‌تر است و این مدل به منظور اولویت‌بندی کارکردها، کالاها و خدمات مربوط به بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی پیشنهاد شد. بر اساس نتایج این مدل، خدمات تنظیم آب و هوا، تنوع‌زیستی، منابع ژنتیکی، رویشگاه و چرخه آب جزو خدمات با اهمیت و اولویت‌دار جنگل‌های هیرکانی می‌باشند و خدمات تشکیل خاک، تنظیم مخاطرات، گردشگری و اکوتوریسم، تنظیم مخاطرات، چرخه

ارتقاء آن» (کد: ۲۱۵۵-۰۱-۰۶-۸۶ با حمایت مالی و معنوی استانداری مازندران (کارفرما) است. بدین‌وسیله از همکاری استانداری مازندران و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در فرایند اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

بتواند ویژگی‌های طبیعی خود را حفظ نمایند و خدمات بیشتری را به جامعه بشری ارائه دهند.

سیاسگزاری

پژوهش پیش‌رو، برگرفته از نتایج طرح پژوهشی با عنوان «بررسی نقش جنگل‌های هیرکانی و تأثیر آن در بوم‌سازگان اقتصادی استان مازندران و ارائه راهبردها و نقشه راه اجرایی

References

- Adhikari, S., Baral, H. and Nitschke, C.R., 2018. Identification, prioritization and mapping of ecosystem services in the Panchase Mountain Ecological Region of Western Nepal. *Forests*, 9(9): 554.
- Amirnejad, H. and Ataie Solout, K., 2011. *Economic Valuation of Environmental Resources*. Published by Avaye Masih, Sari, Iran, 428p (In Persian).
- Arsyah, U.I., Jalinus, N., Ambiyar, S., Arsyah, R.H. and Pratiwi, M., 2021. Analysis of the simple additive weighting method in educational aid decision making. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14): 2389-2396.
- Asgharpour, M.J., 2003. *Multi-Criteria Decision Making*. University of Tehran Press, Tehran, Iran (In Persian).
- Bakhtiari, F., Panahi, M., Karami, M., Ghodousi, J., Mashayekhi, Z. and Pourzadi, M., 2009. Economic valuation of soil nutrients retention function of Sabzkouh forests. *Iranian Journal of Forest*, 1(1): 69-81.
- Baskent, E.Z., 2020. A framework for characterizing and regulating ecosystem services in a management planning context. *Forests*, 11(1): 102.
- Bera, B., Shit, P.K., Sengupta, N., Saha, S. and Bhattacharjee, S., 2022. Susceptibility of deforestation hotspots in Terai-Dooars belt of Himalayan foothills: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS models. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34: 8794-8806.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... and Van Den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., ... and Van Beukering, P., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1: 50-61.
- Haines-Young, R. and Potschin-Young, M.B., 2018. Revision of the common international classification for ecosystem services (CICES V5.1): a policy brief. *One Ecosystem*, 3: e27108.
- Hajizadeh, H., Fallah, A. and Hosseini, 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 Forest*, 10(20): 33-42 (In Persian with English summary).
- Henareh Khalyani, J., Namiranain, M., Khodayee Tehrani, V. and Javanmiri Pour, M., 2015. Investigation of non-timber forest products and their contribution to poverty alleviation of rural communities in northern Zagros forests (Field force analysis of issues and problems). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(2): 307-319 (In Persian with English summary).
- Hosseini, S., Amirnejad, H. and Azadi, H., 2024. Impacts of Hyrcanian forest ecosystem loss: the case of Northern Iran. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04408-1>
- Hosseini, S., Amirnejad, H. and Oladi, J., 2017. The valuation of functions and services of forest ecosystem of Kiasar national park. *Agricultural Economics*, 11(1): 211-239 (In Persian with English summary).
- Hosseini, S., Oladi, J. and Amirnejad, H., 2021. The evaluation of environmental, economic and social services of national parks. *Environment, Development and Sustainability*, 23(6): 9052-9075.
- Jalili Asle, H., Fallah, A., Oladi, J. and Hosseini, S., 2022. Prioritization of rural ecotourism target villages in the forest area of Babolakrood watershed. *Village and Development*, 25(3): 139-166 (In Persian with English summary).
- Kabiri Hendi, M., Mirkarimi, S.H. and Salmanmahiny, A., 2020. Cultural ecosystem services assessment in Golestan Province. *Journal of Environmental Science Studies*, 5(2): 2560-2568 (In Persian with English

- summary).
- Karami, A., Karamshahi, A.A., Mirzei, J., Feghhi, J. and Makhdoum, M., 2022. Offer a practical model of criteria and indicators of sustainable forest management with resilience approach in the Zagros vegetation area (Case study: Totshami Watershed of Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest*, 14(2): 105-117 (In Persian with English summary).
 - Kersuliene, V., Zavadskas, E.K. and Turskis, Z., 2010. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2): 243-258.
 - Lee, B., 2021. Perception and prioritization of ecosystem services from bamboo forest in Lao PDR: Case study of Sangthong District. *Sustainability*, 13(23): 13060.
 - Mahmoudi, B. and Feghhi, J., 2017. Identify, classify and prioritize of Iranian forests services. *Journal of Forest Resources Planning*, 1(2): 46-56 (In Persian).
 - Marvie Mohadjer, M.R., 2011. *Silviculture*. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 418p (In Persian).
 - Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 266p.
 - Naji Maydani, A. and Abdulahi, A., 2014, Forest economy and its role in sustainable development. *Proceedings of National Conference on New Approaches in Science of Management, Economics and Accounting*. Babol, Iran, 21 May 2015: 14p (In Persian).
 - Orsi, F., Ciolli, M., Primmer, E., Varumo, L. and Geneletti, D., 2020. Mapping hotspots and bundles of forest ecosystem services across the European Union. *Land Use Policy*, 99: 104840.
 - Pahlavan, P., Hosseini, M. and Hosseini, S., 2022. Valuation of ecological services of Chaldarreh Forest Park in Tonekabon County, Iran using choice experiment method. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 30(2): 148-163 (In Persian with English summary).
 - Pirikiya, M., Fallah, A., Amirnejad, H. and Mohamadi, J., 2018. The identification and prioritization of criteria and indicators for assessment of multiple ecosystem services using of multi-criteria decision making techniques entropy and TOPSIS in Darabkola watershed. *Natural Ecosystems of Iran*, 9(3): 79-100 (In Persian with English summary).
 - Shamekhi, T. and Mirmohammadi, S.M., 2012. Challenges of Iran's forests and pastures and suggestions to solve the problems. *Strategic Research Center, Strategic Report*, 150: 31p (In Persian).
 - Sieber, J. and Pons, M., 2015. Assessment of urban ecosystem services using ecosystem services reviews and GIS-based Tools. *Procedia Engineering*, 115: 53-60.
 - Skulmoski, G.J., Hartman, F.T. and Krahn, J., 2007. The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education*, 6: 1-21.
 - Sobhani, P. and Danehkar, A., 2023a. Estimation of nature tourism carrying capacity in the mangrove forests of Khamir and Qeshm. *Iranian Journal of Forest*, 15(4): 377-392 (In Persian with English summary).
 - Sobhani, P. and Danehkar, A., 2023b. Evaluating and zoning of ecosystem services in mangrove forests of Khamir and Qeshm. *Town and Country Planning*, 15(2): 275-292 (In Persian with English summary).
 - Tupenaite, L., Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A., Turskis, Z. and Seniut, M., 2010. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(2): 257-266.
 - Zavadskas, E.K., Turskis, Z. and Tamosaitiene, J., 2010. Risk assessment of construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(1): 33-46.