Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 12, Issue 2, 2024 73-87

OPEN ACCESS

Research Paper

Selection of the Most Suitable Tree and Shrub Species for the Afforestation of Iranian Northern Zagros Forests Using AHP and TOPSIS Techniques (Case Study: Perdanan Piranshahr)

Farzad Yavari[1], Ahmad Alijanpour[2], Abbas Banj Shafiei[3], Hossein Azadi[4], and Hadi Beygi Heidarlou[5]

1- Ph.D. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: a.alijanpour@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
4- Professor, Department of Economics and Rural Development, University of Liège, ULiège, Belgium
5- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 23 December 2023 Accepted: 6 March 2024

Extended Abstract

Background: Because human and non-human factors are present in most part of the Iranian northern Zagros Forests, an extensive portion of the forests in these areas have been lost or are at risk of destruction, making forestry initiatives increasingly important for the environment. Even enriching the existing forests is a particular approach to dealing with the quantitative and qualitative degradation processes. Furthermore, afforestation is a strategy for recovering degraded areas and is recognized as a method of protecting soil and water, combating desertification, providing wood, and increasing carbon and nitrogen stores. The selection of suitable tree/shrub species based on expert opinion and decision-making model criteria is one of the most effective factors in the success of afforestation and reforestation projects. The current study aimed to enhance the Iranian northern Zagros Forests in the Perdanan area of Piranshahr and to restore its destroyed regions (empty spots) by finding the most appropriate forest tree/shrub species.

Methods: In this research, all destroyed spots, clearings, and empty spots of tree and shrub species were first identified and extracted as destroyed spots using the satellite images of 2022 from ESRI and the Google Company. To prepare the homogeneous units of the investigated area in the Pardanan forest lands of Piranshahr (northwest of Iran, the starting point of the Zagros forests), the topographical layers of the area, including slope, direction, height above sea level, geological maps, land ecology, and the map of micro-ecosystems, were combined to prepare the map of the ecological unit (homogeneous units) of the studied area. Because of the existence of destroyed spots, gaps, and empty spots of tree plant species, three one-kg soil samples from a depth of 0-30 cm were prepared from each of the environmental units. The soil samples passed through a two-mm sieve and thensubjected to measurements of soil physicochemical properties, including pH, electrical conductivity, texture, moisture, lime, nitrogen, organic carbon, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, bulk density, and particle density factors. The findings of the soil samples were then analyzed with SPSS software to categorize the region based on soil properties by generating a dendrogram of the retrieved parameters using the K-Means Cluster technique. The acquired parameters were split into three good, medium, and poor stands after being separated into distinct groups and identifying the limiting characteristics of the studied region. The best species were selected through an extensive literature review of studies conducted in the area of Zagros forests. A list of 29 species of the most important and best species as final options was prepared and delivered to the questioners, which included university members and forestry experts in Iran. The most suitable species were selected based on the examined criteria and the soil properties of the region. Finally, the introduced species (options) were prioritized independently for each habitat by the TOPSIS method utilizing the opinions of the respondents (university members and forestry specialists in the forest areas of Iran), the AHP approach, and the decision-making criteria (*viz*. power of adaptation, the cost of keeping seedlings and seeds in

Copyright ©2024 Yavari et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

afforested regions, water and soil protection, drought and natural element resistance (e.g., wind, pests, fire, etc.), growth rate, and seedling or seed purchase price).
Results: The findings of extracting damaged spots, clearings, and vacant spots of tree and shrub species using remote sensing data revealed the presence of 141 places covering a total area of 685 ha. Decomposing the decision-making problem into smaller elements created a hierarchy on three levels. The first level contained the purpose of decision-making, and the second level comprised six criteria (maintenance cost, purchase price, growth rate, resistance, compatibility, and soil and water protection). In the third level, options with 29 native species were examined through a questionnaire among five experts, and finally, the most suitable species (option) was selected for each habitat (good, medium, and poor habitats) determined by examining the results of the sample dendrogram. The soil patches were separated and selected using the TOPSIS method. The results of the TOPSIS ranking technique showed that Arjan and Ars species were the most preferred species, with closeness indexes of 0.63, 0.65, and 0.64, respectively, in good/medium and poor habitats, respectively. Walnut, sand, and hackberry species (with closeness indices of 0.489, 0.487, and 0.484, respectively) were selected as the most unfavorable species for afforestation and forest restoration in these areas.
Conclusion: The adaptability of the selected species for afforestation and forest enrichment projects to the region's current environmental conditions, as well as its low demands in comparison to other tree species, are the primary success factors for these programs. Plants, on the other hand, prefer certain conditions over others based on their biology and ecological demands, such as the quantity of light in different life stages, humidity, bedrock, and soil depth. Knowing these requirements will undoubtedly improve the accuracy of species selection and planting site selection and increase the chances of achieving a satisfactory result. According to the findings of this study, the studied region may be divided into good, medium, and poor stands based on its soil properties, and each of these areas has the necessary potential for afforestation. Nevertheless, given that each species has unique ecological demands, the relatedness of the species' ecological needs to the current ecological circumstances in the region is a prerequisite for the success of afforestation and reforestation projects. According to our findings, native species are the best alternative for recovering destroyed forest areas, and nursing species are more important than climax species in restoring degraded forest areas. The findings of this study can help forest managers plan effective forestry operations, particularly in Zagros ravaged areas (particularly in Iranian Northern Zagros forests).

Keywords: Clear, Compatible species, Forestry, Multi-criteria decision-making

How to Cite This Article: Yavari, F., Alijanpour, A., Banj Shafiei, A., Azadi, H., & Beygi Heidarlou, H. (2024). Selection of the Most Suitable Tree and Shrub Species for the Afforestation of Iranian Northern Zagros Forests Using AHP and TOPSIS Techniques (Case Study: Perdanan, Piranshahr). *Ecol Iran For*, 12(2), 73-87. DOI: 10.61186/ifej.12.2.73

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

انتخاب مناسب‌ترین گونه‌های درختی و درختچه‌ای برای غنی‌سازی جنگل‌های زاگرس شمالی با استفاده از تکنیک‌های AHP و TOPSIS (بررسی موردی: پردانان پیرانشهر)

فرزاد یاوری[۱]، احمد علیجانپور[۲]، عباس بانج شفیعی[۳]، حسین آزادی[۴] و هادی بیگی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: a.alijanpour@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴- استاد، گروه اقتصاد و توسعه روستایی، دانشگاه لیژ، جمبلوکس، بلژیک
۵-استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶
صفحه: ۷۳ تا ۸۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به درگیر شدن قسمت بزرگی از جنگل‌های زاگرس شمالی با عوامل انسانی و غیر انسانی بخش زیادی از جنگل‌های این منطقه از بین رفته و در خطر نابودی قرار گرفته است. از این‌رو، طرح‌های جنگلکاری دارای اهمیت زیست‌محیطی فزاینده‌ای بوده و حتی غنی‌سازی جنگل‌های موجود یکی از راهکارهای مقابله با فرایند تخریب کمی و کیفی به‌شمار می‌رود. جنگلکاری یکی از روش‌های بازسازی اراضی تخریب شده بوده و اقدامی برای حفاظت از خاک، آب، مبارزه با بیابان‌زایی، تهیه چوب و افزایش ذخیره کربن و نیتروژن شناخته شده است. از جمله عوامل مؤثر در موفقیت طرح‌های جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل، انتخاب گونه درختی/ درختچه‌ای مناسب با شرایط اکولوژیکی منطقه است. تحقیق حاضر با هدف غنی‌سازی جنگل‌های زاگرس شمالی در منطقهٔ پردانان پیرانشهر و بازسازی مناطق تخریب شده (لکه‌های خالی) آن از طریق مشخص نمودن مناسب‌ترین گونه‌های درختی/ درختچه‌ای جنگلی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۲۰۲۲ شرکت ESRI و Google کلیه لکه‌های تخریب شده، روشنه‌ها و نقاط خالی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌عنوان لکهٔ تخریب شده شناسایی و استخراج شدند. سپس به‌منظور تهیهٔ واحدهای همگن منطقهٔ مورد بررسی در اراضی جنگلی پردانان پیرانشهر (شمال غربی ایران، نقطهٔ آغازین جنگل‌های زاگرس) لایه‌های توپوگرافی منطقه شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و نقشه‌های خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و نقشه بوم‌سازگان‌های خرد ترکیب شدند و نقشه یگان زیست محیطی (واحدهای همگن) منطقهٔ مورد بررسی تهیه شد. از هر یک از یگان‌های زیست‌محیطی تشکیل شده با توجه به وجود لکه‌های استخراجی تخریب شده، روشنه‌ها و نقاط خالی از گونه‌های گیاهی درختی سه نمونه خاک یک کیلوگرمی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شده و پس از عبور از الک دو میلی‌متری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، بافت، رطوبت، آهک، نیتروژن، کربن آلی، فسفر و پتاسیم، کلسیم، منیزیوم و عامل‌های جرم مخصوص ظاهری و حقیقی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. سپس به‌منظور گروه‌بندی منطقه بر اساس ویژگی‌های خاک‌شناسی نتایج نمونه‌های خاک در نرم‌افزار SPSS با ترسیم نمودار دندروگرام پارامترهای استخراج شده با روش K-Means Cluster مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای استخراج شده پس از گروه‌بندی به گروه‌های مختلف و تعیین پارامترهای محدود کننده منطقه مورد بررسی به سه رویشگاه خوب و متوسط و ضعیف تقسیم شد. در مرحله بعد به‌منظور انتخاب بهترین گونه‌ها با مرور منابع پژوهش‌های انجام شده در حوزه جنگل‌های زاگرس لیست ۲۹ گونه از مهم‌ترین و بهترین گونه‌ها تهیه و به‌عنوان گزینه‌های نهایی تحویل پرسش‌شونده‌ها که شامل اساتید دانشگاه و متخصصین جنگلکاری در کشور بودند، شد تا مناسب‌ترین گونه‌ها بر اساس معیارهای مورد بررسی و ویژگی‌های خاکشناسی منطقه انتخاب شوند. در نهایت با استفاده از نظرات پرسش‌شوندگان (اساتید دانشگاه‌ها و متخصصین جنگلکاری در عرصه‌های جنگلی کشور) و روش AHP، معیارهای تصمیم‌گیری (شامل شش معیار قدرت سازگاری، هزینه نگهداری نهال‌ها و بذور در عرصه‌های جنگلکاری شده، حفاظت از آب و خاک، مقاومت در برابر خشکی و عوامل طبیعی (باد، آفات، آتش‌سوزی و غیره)، سرعت رشد و نمو و قیمت خرید نهال یا بذر) و در نهایت گونه‌های (گزینه‌ها) معرفی شده با روش TOPSIS به تفکیک هر رویشگاه اولویت‌بندی شد.

یافته‌ها: نتایج استخراج لکه‌های تخریب شده، روشنه‌ها و نقاط خالی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای با استفاده از داده‌های سنجش از دور نشان دهندهٔ وجود تعداد ۱۴۱ لکه با مجموع مساحت ۶۸۵ هکتار بود. در مرحلهٔ بعد، تجزیه مسأله تصمیم‌گیری به عناصر کوچکتر، سبب ایجاد یک سلسله مراتبی در سه سطح شد. در سطح اول، هدف تصمیم‌گیری و در سطح دوم شش معیار هزینه نگهداری، قیمت خرید، سرعت رشد، مقاومت، سازگاری و حفاظت از آب و خاک قرار گرفتند. در سطح سوم گزینه‌ها شامل ۲۹ گونه بومی از طریق پرسش‌نامه بین پنج متخصص مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت مناسب‌ترین گونه (گزینه) به تفکیک هر رویشگاه (رویشگاه خوب و متوسط و ضعیف) که با استفاده از بررسی نتایج دندروگرام نمونه‌های خاک تفکیک شد، از روش تاپسیس انتخاب شد. نتایج حاصل از تکنیک رتبه‌بندی تاپسیس نشان داد در رویشگاه‌های خوب و متوسط گونهٔ ارژن و در رویشگاه ضعیف گونهٔ ارس به‌عنوان ارجح‌ترین گونه‌ها به‌ترتیب با شاخص نزدیکی ۰/۶۳، ۰/۶۵ و ۰/۶۴ انتخاب شدند و گونه‌های گردو و شن و داغداغان با شاخص‌های نزدیکی ۰/۴۸۹، ۰/۴۸۷ و ۰/۴۸۴ نامطلوب‌ترین گونه برای جنگلکاری و احیای جنگل در این مناطق انتخاب شدند.

نتیجه‌گیری: سازگاری گونه‌های انتخاب شده برای طرح‌های جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل با شرایط اکولوژیکی موجود در منطقه و کم توقع بودن آن نسبت به گونه‌های درختی دیگر از عوامل اصلی موفقیت این طرح‌ها به‌شمار می‌آید. از طرف دیگر گیاهان بر اساس سرشت و نیازهای اکولوژیکی، شرایط متفاوتی مانند مقدار نور در مراحل مختلف زندگی، رطوبت، سنگ بستر و عمق خاک را بر دیگر شرایط ترجیح می‌دهند و بی‌تردید شناخت این نیازها باعث می‌شود که در انتخاب گونه و انتخاب محل کاشت دقت کافی انجام گیرد و اطمینان از حصول نتیجه مثبت، بیشتر خواهد بود. نتایج حاصله از این تحقیق بیانگر این است که منطقه موردنظر به‌دلیل ویژگی‌های خاک‌شناسی قابلیت تقسیم به رویشگاه‌های قوی، متوسط و ضعیف را داشته و هرکدام از این مناطق پتانسیل لازم برای جنگلکاری را دارد. البته با توجه به این‌که هر گونه نیازهای اکولوژیکی خاصی دارد، متناسب بودن نیازهای اکولوژیکی گونه با شرایط اکولوژیکی موجود در منطقه شرط موفقیت در امر جنگلکاری است. نتایج این پژوهش نشان داد که گونه‌های بومی، مناسب‌ترین گزینه برای احیای مناطق تخریب یافته جنگلی هستند و به‌منظور احیای مناطق تخریب یافته جنگلی، گونه‌های پرستار نسبت به گونه‌های کلیماکس اولویت بیشتری را دارند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند مدیران جنگل را به‌منظور جنگلکاری موفق، به‌ویژه در مناطق تخریب یافتهٔ زاگرس (به‌طور خاص زاگرس شمالی) راهنمایی نماید.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره، جنگلکاری، روشنه، گونه‌های سازگار

مقدمه

جنگل‌های بلوط غرب ایران بر روی رشته‌کوه زاگرس از نظر وسعت، مسائل زیست‌محیطی و حفظ منابع آب‌وخاک از اهمیت خاصی برخوردار بوده و طی دهه‌های گذشته به‌دلیل عوامل متعدد اقتصادی و اجتماعی و عدم مدیریت جامع، توان تولیدی خود را از دست داده (Beygi Heidarlou *et al*., 2023) و این روند، آینده جنگل‌های منطقه را به مخاطره افکنده است. نقش جنگل‌های زاگرس در تأمین منابع آب بر کسی پوشیده نیست، چراکه بیش از ۴۰ درصد از آب‌های سطحی کشور فقط در محدوده زاگرس جاری است. از طرفی، تغییرات مشاهده شده در ساختارهای عمودی و افقی این جنگل‌ها از قبیل کاهش، اختلال و تهدید تنوع زیستی اعم از گیاهی و جانوری گواه این حقیقت تلخ است که افزایش جمعیت، اقتصاد معیشتی وابسته جوامع محلی به جنگل‌ها و بی‌توجهی به ظرفیت تولید محدود این منابع، در کنار عدم توسعه‌یافتگی متناسب با توانمندی‌های اکولوژیکی منطقه زاگرس، سرنوشت ناخوشایندی را برای این اندوختهٔ ارزشمند رقم زده است (Beygi Heidarlou *et al*., 2019).

در حال حاضر، سطح باقی‌مانده از جنگل‌های زاگرس با تغییرات سریع و شدید آب و هوایی، خشک‌سالی، شیوع آفات و آتش‌سوزی جنگل‌ها روبروست. از این‌رو، احیای جنگل و جنگلکاری با استفاده از گونه‌های بومی، رویکردی مهم برای جلوگیری از زوال تنوع زیستی و کاهش تغییرات آب و هوایی است. جنگلکاری و احیای جنگل اگر با برنامه‌ریزی مناسب و در مکان‌های مناسب با گونه‌های بومی انجام شود، می‌تواند بدون آسیب رساندن به تعادل و تنوع زیستی، به راه‌حل مناسبی برای بسیاری از نیازهای انسان تبدیل شود. در نتیجه انتخاب گونه مناسب و سازگار با شرایط منطقه برای جنگلکاری اهمیت بالایی را دارد و با توجه به دخالت عوامل مختلف در بحث انتخاب گونه مناسب به‌منظور جنگلکاری، این امر نیازمند استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری مناسب و استفاده از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظران به‌صورت تخصصی و با در نظر گرفتن واحدهای شکل زمین و ویژگی‌های خاکشناسی منطقه است (Fazlollahi Mohammadi *et al*., 2016؛ Zanedbasiri *et al*., 2022).

باوجود عدم استفاده صحیح از منابع زمینی در چند سال اخیر، سطح زیادی از اراضی کشور تخریب شده و در نتیجهٔ آن، اراضی فرسایش یافته، مراتع و جنگل‌ها تخریب‌شده و گسترش مناطق کویری اتفاق افتاده است. در این میان توجه جدی به احیای مناطق تخریب یافته، جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل‌های موجود راهکاری مناسب برای مقابله با فرایند تخریب کمی و کیفی جنگل‌ها، کاهش گرمایش زمین و مبارزه با پدیدهٔ ریزگردها به‌شمار می‌آید (Zeng *et al*., 2020). طرح‌های غنی‌سازی جنگل‌ها دارای اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی – اجتماعی زیادی بوده و به‌عنوان شاخص توسعه و یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های عمرانی در سطح بین‌المللی مطرح هستند (Fazlollahi Mohammadi *et al*., 2014). با توجه به اینکه انسان با استفاده از جنگلکاری در پی دستیابی به یک زیست‌بوم پایدار است، از این‌رو با انتخاب گونه‌های مناسب و سازگار با توان زنده‌مانی و رشد مطلوب و ارزیابی اثرهای بوم‌شناسی گونه‌های کاشته شده می‌تواند به هدف خود نزدیک‌تر شود (Zeng *et al*., 2020). انتخاب گونه‌های سازگار با محیط و مقاوم به خشکی که نیاز آبی کمی دارند، یکی از راه‌حل‌ها برای مقابله با مشکل کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین موفقیت طرح‌های جنگلکاری است (Luedeling, 2019). جنبه‌های اقتصادی–اجتماعی و اقتصادی–زیست‌محیطی که معمولاً در قالب معیارها و شاخص‌های متعدد در تصمیم‌گیری‌ها نمایان می‌شوند، غالباً اهداف مدیریتی را با مشکل روبرو می‌کند و تصمیم‌گیرندگان را به چالش می‌کشد، بنابراین یک جایگزین مدیریتی که تمام معیارهای تصمیم‌گیری را به حداکثر برساند لازم است (Jafari *et al*., 2018).

در این زمینه، جنگلداری پایدار به فنون قابل دفاع و در دسترسی همچون معیارهای متعدد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) که مشارکت مدیران را به حداکثر می‌رساند، نیاز دارد (Sheppard and Meitner, 2005؛ Zandebasiri *et al*., 2021). در طول سه دهه گذشته MCDM ابزاری مفید برای پیشنهاد راه‌حل‌ها برای مدیریت جنگل بوده است. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از جمله مدل‌های غیرجبرانی مدل‌های MCDM است که از ساختار سلسله مراتبی یا ساختار شبکه‌ای آن برای نشان دادن یک مسئله تصمیم‌گیری استفاده می‌شود و سپس اولویت‌بندی برای گزینه‌ها را بر اساس قضاوت تصمیم‌گیرندگان در سراسر سامانه انجام می‌دهد و می‌تواند در ارزیابی معیارهای کیفی و کمی مورد استفاده قرار گیرد (Pokhriyal *et al*., 2020) که در جدیدترین تحقیقات در این زمینه نیز به کاربرد این روش در مدیریت پایدار جنگل و مناسب بودن آن نسبت به دیگر روش‌های تصمیم‌گیری تأکید شده است (Grošelj *et al*., 2023). تکنیک تاپسیس (TOPSIS) از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و زیر گروه مدل جبرانی است. در مدل جبرانی مبادله بین شاخص‌ها مجاز است، به‌عنوان مثال امکان دارد ضعف یک شاخص توسط امتیاز شاخص دیگری جبران شود (Bayram, 2020). یون و هوانگ تکنیکی شبیه به راه‌حل ایده‌آل ارائه دادند، به این معنی که انتخاب گزینه باید کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین‌حال بیشترین فاصله را از ایده‌آل منفی داشته باشد (Yang and Hung, 2007). از این‌رو، با فرض اینکه مطلوبیت هر شاخص به‌طور یکنواخت افزایشی (کاهشی) باشد یا به بیانی دیگر شاخص‌ها تنها جنبه مثبت یا منفی داشته باشند، شاخصی که جنبه مثبت دارد سود و شاخصی که جنبه منفی دارد هزینه تلقی می‌شود. بنابراین به آسانی می‌توان راه‌حل ایده‌آل را معین کرد (Bayram, 2020).

صرف‌نظر از اینکه جنگلکاری‌ها با چه هدفی قرار هست انجام شود، مهمترین مسئله، مقدار موفقیت و یا عدم موفقیت این نوع جنگلکاری‌ها است و در حال حاضر آنچه در مرحله اول دارای اهمیت است، انتخاب گونه مناسب برای این مناطق است (Bakhtiarvand *et al*., 2022). بوتارو و همکاران (Bottaro *et al*., 2018) به بررسی تأثیرات مثبت و منفی جنگلکاری در جنگلکاری‌های غیرصنعتی خصوصی در مرکز شیلی با روش

AHP پرداختند. در این بررسی سه معیار زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی با ۲۴ زیر معیار بر اساس مرور منابع و نظرات کارشناسان انتخاب شدند. آنها عنوان کردند شاخص کنترل فرسایش خاک و ترسیب کربن در تأثیرات مثبت و یکنواختی چشم‌انداز و کاهش تنوع زیستی در تأثیرات منفی بیشترین امتیاز را داشته‌اند. فضل‌الهی محمدی و همکاران (Fazlollahi Mohammadi *et al*., 2016) با به‌کارگیری روش‌های AHP و تاپسیس نشان دادند گونه بلوط ایرانی و گونه سرو خمره‌ای به‌ترتیب به‌عنوان ارجح‌ترین و نامناسب‌ترین گونه به‌منظور جنگلکاری در جنگل‌های زاگرس جنوبی هستند. گیری و نژادهاشم (Giri & Nejadhashem, 2014) به‌منظور انتخاب مهمترین عوامل تأثیرگذار در مدیریت کشاورزی حوزه آبخیز Saginaw ایالت میشیگان آمریکا با استفاده از روش AHP، به این نتیجه رسیدند که کاشت گونه‌های بومی از اولویت بیشتری برخوردار است.

منابع طبیعی استان آذربایجان غربی و به‌خصوص جنگل‌های شهرستان سردشت از مناطق مهم و در عین حال نسبتاً بحرانی از نظر تغییر کاربری اراضی و کاهش سطح عرصه‌های جنگلی در این استان به‌شمار می‌رود و با توجه به موارد ذکر شده تاکنون هیچ پژوهشی دربارهٔ گونه‌های مناسب برای طرح‌های جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل‌های این منطقه انجام نشده است. این امر، ضرورت بررسی و برنامه‌ریزی مناسب را برای این بخش از کشور دوچندان کرده است. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات جامع و مفید از گونه‌های مناسب برای جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل‌های زاگرس شمالی در اختیار سازمان‌های ذی‌ربط و کارشناسان قرار دهد.

مواد و روش‌ها

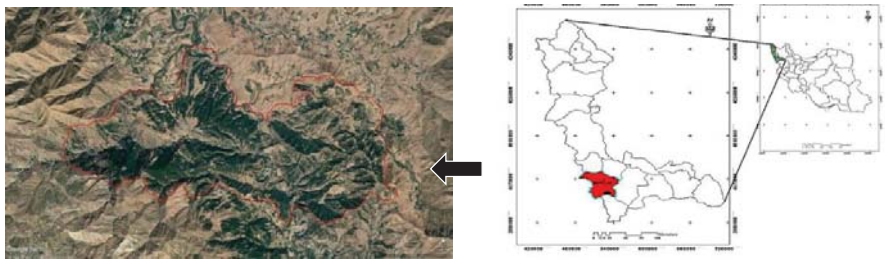
منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی جنگل‌های پردانان واقع در جنوب شهرستان پیرانشهر و نقطهٔ آغازین جنگل‌های زاگرس است (شکل ۱). این منطقه با طول جغرافیایی ´´۴۸ ´۱۷ °۴۵ تا ´´۵۱ ´۴۵ °۱۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´´۴۰ ´۲۸ °۳۶ تا ´´۲۱ ´۳۶ °۳۰ شمالی واقع شده و دارای اقلیم گرم و مرطوب است. متوسط ارتفاع از سطح دریا منطقه ۱۳۶۰ متر و دارای میانگین شیب ۴۰-۳۰ درصد است. بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی کشور میانگین بارندگی و دمای سالانه در یک دورهٔ زمانی ۱۵ ساله (۹۹-۱۳۸۴) به‌ترتیب ۶۹۲ میلی‌متر و ۱۳/۸۲ درجهٔ سانتی‌گراد است (Beygi Heidarlou *et al*., 2023b). بر اساس خاک منطقه دارای عمق زیاد، ساختمان دانه‌ای درشت، بافت متوسط و اسیدیته قلیایی با نفوذپذیری و زهکشی مناسب بوده و تیپ خاک منطقه نیز قهوه‌ای جنگلی است (RasheShaari *et al*., 2014).

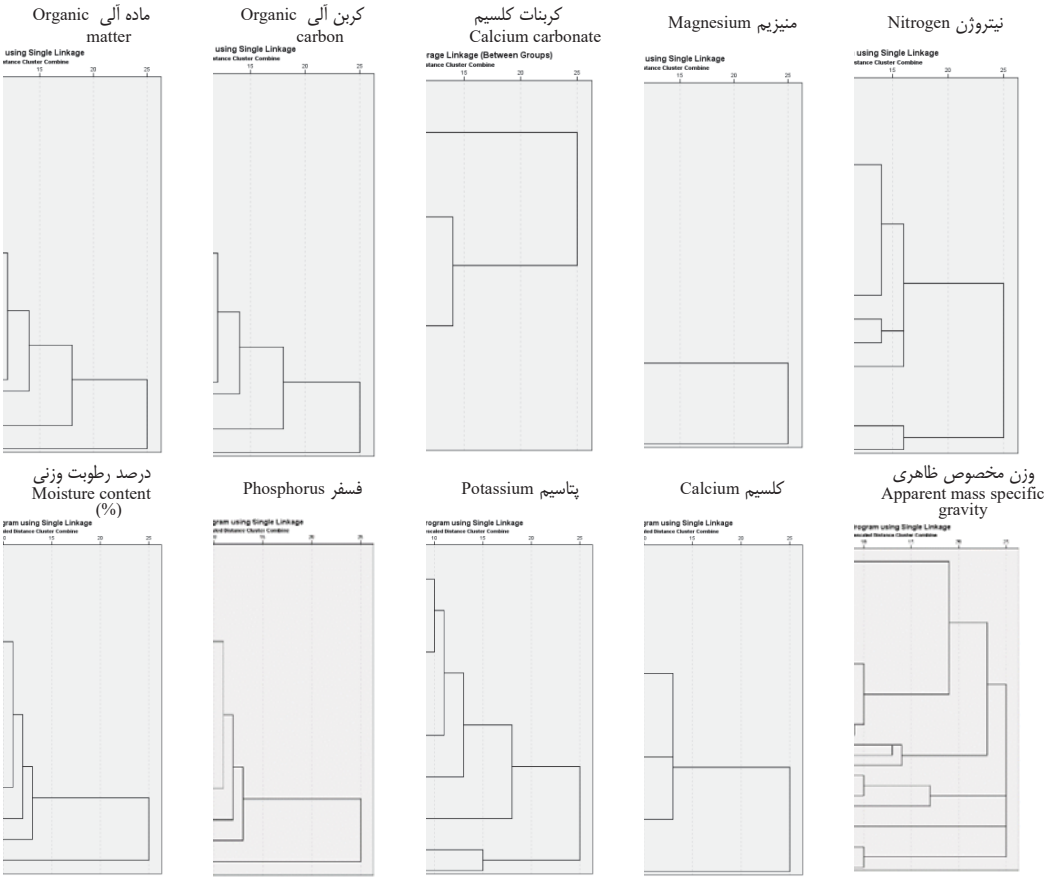
استخراج لکه‌های خالی و تخریب شده و ویژگی‌های خاک آن‌ها

در این مرحله با استفاده از تصاویر مربوط به سال ۲۰۲۲ شرکت ESRI و Google در نرم‌افزار QGIS (QGIS.org, 2023) کلیه لکه‌های تخریب شده، روشنه‌ها و نقاط خالی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌عنوان لکه تخریب شده در محدوده جنگلی منطقهٔ مورد بررسی شناسایی و استخراج شدند. سپس لایه‌های شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا و نقشه‌های رقومی شده خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و نقشه بوم‌سازگان‌های خرد (واحدهای ارزیابی) روی هم‌گذاری شدند و نقشه یگان زیست‌محیطی منطقهٔ مورد بررسی تهیه شد. از هریک از یگان‌های زیست‌محیطی تشکیل شده (۳۴ یگان) با توجه به وجود لکه‌های استخراجی سه نمونه خاک یک کیلوگرمی (در مجموع ۱۰۲ نمونه) از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد (Dahlgren *et al*., 1997). سپس نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد و پس از عبور از الک دو میلی‌متری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، بافت، رطوبت، آهک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم تعیین شدند. همچنین پارامترهای جرم مخصوص ظاهری و حقیقی به‌ترتیب به‌روش کلوخه و پیکنومتری، سنجش مقدار pH خاک به‌روش پتانسیل‌متری در آب، مقدار فسفر قابل جذب به‌روش اولسون، بررسی مقدار کربن آلی در خاک به‌روش والکی و بلک، مقدار نیتروژن کل خاک به‌روش کجلدال، مقدار کلسیم و منیزیوم به‌روش کمپلکسومتری، مقدار آهک کل به‌روش تیتراسیون، مقدار پتاسیم قابل تبادل به‌روش عصاره‌گیری با محلول استات آمونیوم یک مولار با اسیدیته خنثی (pH=۷) اندازه‌گیری شد. سپس نتایج نمونه‌های خاک در نرم‌افزار SPSS (ورژن ۲۰) وارد شده و نمودار دندروگرام (Quantitative similarity cluster) پارامترهای استخراج شده به‌روش K-Means Cluster ترسیم شد.

در مرحله بعد پارامترهای استخراج شده مطابق شکل ۲ پس از گروه‌بندی به گروه‌های مختلف و در نهایت با حذف پارامترهای مشابه (قرار گرفته در یک گروه) و تعیین پارامترهای محدود کننده (عوامل دارای تفاوت در نتیجه گروه‌بندی) جدا و مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه این امر منطقه مورد بررسی به سه رویشگاه (خوب و متوسط و ضعیف) تقسیم شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی
Figure 1. Geographical location of study area



شکل ۲- نمودار دندروگرام پارامترهای خاک
Figure 2. Dendrogram diagram of soil parameters

جدول ۱- لیست گونه‌های گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌منظور جنگلکاری در منطقهٔ رویشی زاگرس
Table 1. List of tree and shrub species for afforestation in Zagros vegetation area

ردیف Number	نام گونه Species name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	منبع References
1	کیکم	*Acer monspessulanum* L.	Aceraceae	Pourbabaei *et al*., 2012
2	بادام تلخ	*Amygdalus communis* L.	Rosaceae	Behdarvand *et al*., 2012
3	ارژن	*Amygdalus orientalis* M.	Rosaceae	Pirozi and Tavakoli, 2012
4	زرشک	*Berberis integerrima* Bge	Berberidaceae	Ghirati Arani and Moradi., 2015
5	داغداغان	*Celtis caucasica* Willd.	Ulmaceae	Zarafshar *et al*., 2009
6	تایله	*Celtis tournefortii* Lam.	Ulmaceae	Dehnavi *et al*, 2012
7	محلب	*Cerasus mahaleb* mill.	Rosaceae	Shahriari *et al*., 2011
8	آلبالو وحشی	*Cerasus microcarpa* C.	Rosaceae	Khanhasni *et al*., 2013
9	ارس	*Junipers excelca* M.Koch	Cupressaceae	Ravanbakhsh *et al*., 2014
10	سیاه ال	*Cornus australis* C.A.Mey.	Cornaceae	Abbasi Qadi *et al*., 2018
11	شیر خشت	*Cotoneaster spp* L.	Rosaceae	Ravanbakhsh., 2013
12	زالزالک	*Crataegus microphylla C.Koch*	Rosaceae	Khanhasni *et al*., 2011
13	انجیر	*Ficus carica* L.	Moraceae	Owfi, 2017
14	زبان گنجشک	*Fraxinus rotundifolia* L.	Oleaceae	Alvaninejad & Ebadianinejad, 2017
15	گردو	*Juglans regia* L.	Juglandaceae	Rostami kia *et al*., 2019
16	شن	*Lonicera nmmularifolia* Jaub. and Spach	Caprifoliaceae	Mirzaei et al., 2018
17	بارانک	*Sorbus aucuparia* L.	Rosaceae	Ghanbari *et al*., 2022
18	گز پر شاخه	*Tamarix ramosissima* Ledeb.	Tamaricaceae	Mirjalili *et al*., 2021
19	بنه	*Piatacia atlantica* Desf.	Anacardiaceae	Shekarchian *et al*., 2019
20	خنجوک	*Pistacia khinjuk* Desf.	Anacardiaceae	Shekarchian *et al*., 2019
21	چنار	*Platanus orientalis* L.	Platanaceae	Shahriari *et al*., 2018
22	گلابی	*Pyrus communis* Boiss.	Rosaceae	Hamzehpour *et al*., 2010
23	بلوط ایرانی	*Quercus brantii* Lindl.	Fagaceae	Bordbar et al., 2020
24	بلوط دارمازو	*Quercus infectoria* Oliv.	Fagaceae	Mahdifar and Saqheb Talebi, 2006
25	سنجد	*Elaeagnus angustifolia* L.	Elaeagncea	Mousavi Mirkola *et al*., 2016
26	بلوط وی‌ول	*Quercus libani* Oliv.	Fagaceae	Maroofi *et al*., 2005
27	سماق	*Rhus coriaria* L.	Anacardiaceae	Ghasempour *et al*., 2015
28	بید	*Salix alba* L.	Salicaceae	Yousefi, 2012
29	انار	*Punica granatum* L.	Punicaceae	Jozi and Moradi Majd, 2013

عوامل مؤثر در انتخاب گونه‌های درختی و درختچه‌ای

عوامل مختلف برای انتخاب گونه‌های درختی و درختچه‌ای در طرح بازسازی مناطق تخریب شده (لکه‌های خالی)، به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. عوامل اولیه عواملی هستند که گونه‌های درختی و درختچه‌ای سازگارتر با شرایط منطقه، با استفاده از مرور منابع گسترده از میان گونه‌های موجود در ناحیه رویشی زاگرس شمالی، انتخاب شده که حتماً باید دارای تناسب و سازگاری لازم با آنها باشند. این عوامل برای انتخاب کردن گونه‌های درختی و درختچه‌ای بر اساس شرایط خاص منطقه مورد بررسی، برای آسان شدن عملیات انتخاب در مرحله بعدی هستند. عوامل ثانویه شامل گونه‌های انتخاب شده در مرحله یک است که شرایط تولید آنها به‌صورت انبوه به‌منظور کاشت وجود دارد.

سپس به‌منظور انتخاب بهترین گونه‌ها بر اساس گزینه‌ها، با مرور منابع پژوهش‌های انجام شده در حوزه جنگل زاگرس (جدول ۱) لیست ۲۹ گونه از مهم‌ترین و بهترین گونه‌ها تهیه و به‌عنوان گزینه تحویل پرسش شونده‌ها در این تحقیق شد.

در مرحله بعد، گزینه‌های مورد بررسی (۲۹ گونه درختی و درختچه‌ای) در این پژوهش به‌منظور تعیین مناسب‌ترین گونه برای جنگلکاری در جنگل‌های زاگرس شمالی بر اساس پنج معیار (قدرت سازگاری، میزان حفاظت از آب و خاک منطقه، هزینه نگهداری نهال‌ها و بذور در عرصه‌های جنگلکاری شده، سرعت رشد، قدرت مقاومت در برابر عوامل طبیعی) مورد قضاوت کارشناسان قرار گرفت. به‌منظور محاسبه رتبه‌بندی، وزن‌های نسبی معیارها و شاخص‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و به‌عنوان ورودی مدل تاپسیس به‌کار گرفته شد.

اولویت‌بندی وزن معیارهای تصمیم گیری با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

با در نظر گرفتن نقاط ضعف و قدرت این تحلیل که شامل در نظر گرفتن زینفعان دارای تخصص، شرایط حل مسئله و در نظر گرفتن مشکلات اقتصادی (Grošelj *et al*., 2023)، در شش گام اصلی به‌شرح زیر انجام شد: تعیین ساختار سلسله مراتبی، تعیین معیارها، مشخص نمودن کارشناسان و گروه‌های تصمیم‌گیر، وزن‌دهی و انجام مقایسات زوجی معیارها. عملیات محاسبه داده‌ها شامل تعیین وزن نسبی و نهایی معیارها و محاسبه سازگاری سیستم و تحلیل حساسیت است. در گام اول عواملی که در تصمیم‌گیری عوامل مؤثر بر انتخاب گونه‌های درختی یا درختچه‌ای برای عملیات جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل مهم هستند انتخاب شدند. این عوامل شامل شش معیار قدرت سازگاری، میزان حفاظت از آب و خاک منطقه، هزینه نگهداری نهال‌ها و بذور در عرصه‌های جنگلکاری شده، قدرت سازگاری، میزان حفاظت از آب و خاک منطقه، هزینه نگهداری نهال‌ها و بذور در عرصه‌های جنگلکاری شده، قدرت مقاومت در برابر عوامل طبیعی (باد، آفات، آتش سوزی و غیره)، سرعت رشد و نمو و قیمت خرید نهال یا بذر بودند (Fazlollahi Mohammadi *et al*., 2014). در مرحلهٔ بعد به‌منظور ارزیابی معیارها، از پنج نفر از اساتید دانشگاه‌ها و متخصصین جنگلکاری در عرصه‌های جنگلی کشور استفاده شده و سپس پرسشنامه‌ها به‌منظور مقایسه معیارها بین آنها توزیع شد. مرحله بعد شامل ارزیابی عامل‌ها با مقایسه زوجی توسط متخصصین بود. این ارزیابی بر اساس اولویت هر معیار در مقیاس یک (ترجیح یکسان) تا نه (ترجیح قوی) انجام شد (Saaty, 1996). با استفاده از محاسبه عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر وزن نسبی محاسبه شد و از تلفیق وزن‌های نسبی وزن نهایی هر گزینه بر اساس روش بردار ویژه در نرم‌افزار Expert choice تعیین شد.

تحلیل حساسیت

نسبت سازگاری (CR)، سازگاری قضاوت‌ها را معین و حدود اعتماد به اولویت‌های به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد. وقتی تعداد مقایسات افزایش یابد، اطمینان از سازگاری مقایسات میسر نیست (Beygi Heidarlou *et al*., 2014). زمانی‌که نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری مقایسات قابل قبول است (Mehregan, 2009). از این‌رو، پس از محاسبه بردار مجموع وزنی (MSV) و بردار سازگاری (CV) میانگین عناصر برداری سازگاری (μ_{max}) محاسبه شد. برای محاسبه نسبت سازگاری، شاخص سازگاری (CI) (رابطهٔ ۱) به‌دست آمد و سپس با استفاده از رابطهٔ ۲، CR محاسبه شد. لازم به ذکر است که RI در این پژوهش با توجه به تعداد معیارها (شش معیار) ۱/۲۴ درنظر گرفته شد (Mehrgan, 2010).

$$CI = \frac{\mu_{max} - 1}{n - 1}$$ رابطه (۱)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$ رابطه (۲)

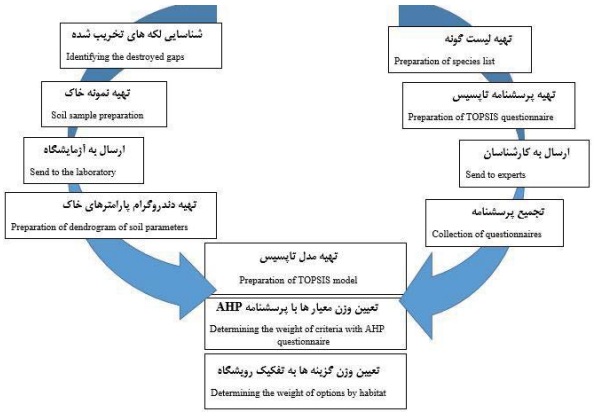
اولویت‌بندی وزن نهایی گزینه‌ها با استفاده از تاپسیس

با توجه به اینکه معیارهایی (گونه‌های درختی و درختچه‌ای) که انتخاب شدند دارای اهمیت و تأثیر متفاوتی در عملیات جنگلکاری و غنی‌سازی جنگل هستند، بنابراین معیارها باید نسبت به یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی شده و معیارهای دارای اهمیت بیشتر در درجه اهمیت بالاتری قرار بگیرند. در این بررسی معیارهای انتخاب شده، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و تلفیقی از نظرات متخصصین در قالب فرم‌های پرسش‌نامه اولویت‌بندی شدند. در این روش، m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی شده است. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل مطلوب مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل مطلوب منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. در این پژوهش مراحل انجام وزن‌دهی اولیه به‌وسیله روش تاپسیس در هفت مرحله شامل: ۱- تشکیل ماتریس تصمیم (R)، ۲- بدون بعد نمودن و تشکیل ماتریس بی مقیاس (ND)، ۳- تشکیل ماتریس بی مقیاس وزین ($V = ND \times Wn \times n$)، ۴- تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی (A+ و A−)، ۵- تعیین مقدار اندازه‌های جدایی با استفاده از فاصله اقلیدسی هر گزینه (نوع گونه مورد استفاده برای جنگلکاری) از ایده‌آل‌ها (di+ و di−)، ۶- تعیین رتبه هر گزینه بر اساس فاصله نسبی آن به راه‌حل ایده‌آل (cli+) و ۷- اولویت‌بندی مناسب‌ترین گزینه‌های مطرح در این تحقیق بر اساس روش تاپسیس مطابق مراحل ذکر شده در نرم‌افزار Excel ورژن ۲۰۱۹ انجام شد (Fazlollahi

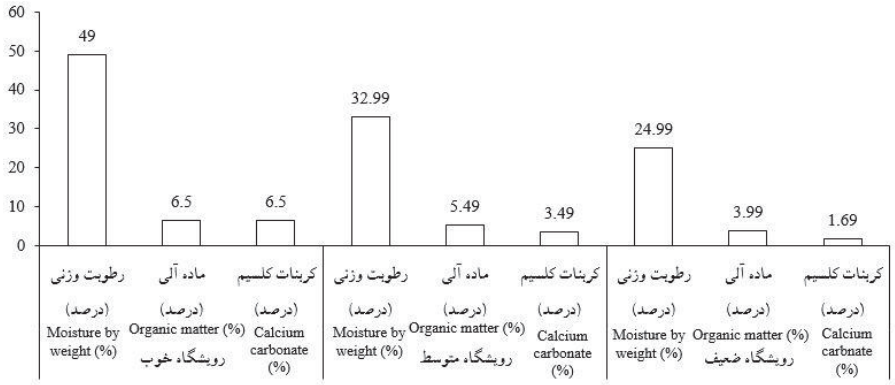
Mohammadi *et al.*, 2014). شکل ۳ فلوچارت مراحل تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

از طریق طبقه‌بندی پارامترهای محدود کننده (پارامترهای استخراج شده از نمونه‌های خاک منطقه مورد بررسی)، دندروگرام هرکدام از پارامترهای خاکشناسی ترسیم شد. بر اساس نتایج گروه‌بندی منطقه مورد بررسی در سه گروه و براساس سه پارامتر کربنات کلسیم، رطوبت وزنی و ماده آلی، گروه‌بندی انجام شد. از این‌رو، براساس این سه پارامتر منطقه به سه رویشگاه متوسط، ضعیف و خوب تقسیم شد (شکل ۴).



شکل ۳- فلوچارت مراحل تحقیق
Figure 3. Flowchart of research steps



شکل ۴- مشخصات خاکشناسی منطقه مورد بررسی (عوامل محدود کننده خاک) به تفکیک رویشگاه
Figure 4. Soil characteristics of the studied area (soil limiting factors) by habitat

نتایج قضاوت کارشناسی گروه تصمیم گیرنده در روش AHP نشان داد که معیار "قدرت سازگاری با شرایط محیطی" دارای بالاترین وزن نسبی (۰/۴۲۱) و معیار "قیمت خرید" دارای کمترین وزن نسبی (۰/۰۲۸) یا حداقل اهمیت است (جدول ۲). نتایج وزن نسبی و اولویت‌بندی گونه‌های مناسب برای جنگلکاری بر اساس روش تاپسیس به تفکیک هر رویشگاه نشان داد در رویشگاه خوب به‌ترتیب گونه‌های ارژن (وزن نسبی ۰/۶۲۹)، کیکم (وزن نسبی ۰/۵۵۷) و بادام تلخ (وزن نسبی ۰/۵۶۱) به‌ترتیب رتبه اول تا سوم مطلوب‌ترین گونه و سه گونه با اولویت پایین (گونه‌های نامطلوب جهت کاشت) شن (وزن نسبی ۰/۴۸۷)، بید (وزن نسبی ۰/۴۸۶) و سماق (وزن نسبی ۰/۴۸۵) برای جنگلکاری و احیای جنگل در این مناطق انتخاب شد (جدول ۳).

در رویشگاه متوسط به‌ترتیب گونه‌های ارژن (وزن نسبی ۰/۶۵۰)، ارس (وزن نسبی ۰/۶۴۹) و بنه (وزن نسبی ۰/۶۱۹) به‌ترتیب رتبه اول تا سوم مطلوب‌ترین گونه و سه گونه با اولویت پایین (گونه‌های نامطلوب جهت کاشت) زالزالک (وزن نسبی ۰/۴۸۹)، داغداغان (وزن نسبی ۰/۴۸۸) و شن (وزن نسبی ۰/۴۸۷) برای جنگلکاری و احیای جنگل در این مناطق انتخاب شد (جدول ۴).

بر اساس نتایج حاصل از تکنیک رتبه‌بندی تاپسیس، در رویشگاه ضعیف به‌ترتیب گونه‌های ارس (وزن نسبی ۰/۶۳۸)، زرشک (وزن نسبی ۰/۶۳۲) و کیکم (وزن نسبی ۰/۶۰۲) به‌ترتیب رتبه اول تا سوم مطلوب‌ترین گونه و سه گونه با اولویت پایین (گونه‌های نامطلوب جهت کاشت) گلابی (وزن نسبی ۰/۴۸۴۶)، تایله (وزن نسبی ۰/۴۸۵) و داغداغان (وزن نسبی ۰/۴۸۴) برای جنگلکاری و احیای جنگل در این مناطق انتخاب شد (جدول ۵).

جدول ۲- میانگین هندسی مقایسات زوجی کارشناسان و اوزان عوامل موثر در انتخاب گونه

Table 2. Geometric mean of pairwise comparisons of experts and weights of effective factors in species selection

Weight وزن	6	5	4	3	2	1	Factor عامل	
0.421	8	6	4	6	6	1	Power of adaptation قدرت سازگاری	1
0.149	7	4	3	6	1		Water and soil protection حفاظت از آب و خاک	2
0.037	2	1/8	1/7	1			Maintenance costs هزینه نگهداری	3
0.308	9	7	1				Drought resistance مقاومت به خشکی	4
0.057	4	1					Growth rate سرعت رشد	5
0.028	1						Purchase price قیمت خرید	6

CR = 0.78 نسبت سازگاری: ۰/۷۸

جدول ۳- وزن نسبی و اولویت‌بندی گونه‌های مناسب برای جنگلکاری در رویشگاه‌های خوب جنگل‌های زاگرس شمالی بر اساس روش تاپسیس

Table 3. Relative weight and prioritization of suitable species for afforestation in good habitats of northern Zagros forests based on TOPSIS method

رتبه Rank	وزن نهایی Final weight	رتبه Rank	قیمت خرید Purchase price	رتبه Rank	سرعت رشد Growth rate	رتبه Rank	مقاومت به خشکی Drought resistance	رتبه Rank	هزینه نگهداری Maintenance costs	رتبه Rank	حفاظت از آب و خاک Water and soil protection	رتبه Rank	قدرت سازگاری Power of adaptation	نام علمی Scientific name	نام گونه Species name
1	0.62831	1	0.00288	2	0.00459	1	0.03129	2	0.00269	1	0.01390	1	0.04318	*Amygdalus orientalis* M.	ارژن
2	0.55695	2	0.00220	3	0.00459	2	0.02396	1	0.00351	2	0.01390	2	0.03306	*Acer monspessulanum* L.	کیکم
3	0.56047	3	0.00220	1	0.00600	3	0.01760	3	0.00269	3	0.01390	3	0.03306	*Amygdalus communis* L.	بادام تلخ
4	0.56660	6	0.00162	5	0.00338	9	0.01760	11	0.00137	4	0.01064	9	0.02429	*Juglans regia* L.	گردو
5	0.53750	5	0.00220	15	0.00234	26	0.00196	14	0.00137	12	0.00782	26	0.00067	*Sorbus aucuparia* L.	بارانک
6	0.53641	14	0.00112	7	0.00338	19	0.00440	5	0.00197	5	0.01064	19	0.00607	*Juglans regia* L.	گردو
7	0.53057	8	0.00162	8	0.00338	24	0.00196	8	0.00197	11	0.00782	24	0.00067	*Sorbus aucuparia* L.	بارانک
8	0.53033	11	0.00112	9	0.00234	6	0.01760	12	0.00137	7	0.00782	6	0.02429	*Junipers excelca* M.Koch.	ارس
9	0.52936	7	0.00162	14	0.00234	23	0.00196	22	0.00022	10	0.00782	23	0.00067	*Cornus australis* C.A.Mey	سیاه ال
10	0.52584	9	0.00162	16	0.00234	27	0.00196	6	0.00197	6	0.01064	27	0.00067	*Pyrus communis* Boiss.	گلابی
11	0.52226	12	0.00112	10	0.00234	7	0.01760	13	0.00137	8	0.00782	7	0.02429	*Cotoneaster spp* L.	شیر خشت
12	0.50411	4	0.00220	11	0.00234	11	0.01760	19	0.00088	13	0.00543	11	0.01687	*Cerasus mahaleb* mill.	محلب
13	0.50313	13	0.00112	17	0.00150	8	0.01760	7	0.00197	9	0.00782	8	0.02429	*Piatacia atlantica* Desf.	بنه
14	0.49871	18	0.00040	12	0.00234	13	0.01222	25	0.00005	18	0.00195	13	0.01687	*Crataegus microphylla* C.Koch	زالزالک
15	0.49844	10	0.00112	4	0.00338	5	0.01760	20	0.00049	15	0.00348	5	0.02429	*Celtis tournefortii* Lam.	تاپله
16	0.49842	16	0.00072	6	0.00338	16	0.01222	23	0.00022	14	0.00543	16	0.01079	*Celtis caucasica* Willd.	داغداغان
17	0.48827	17	0.00040	19	0.00084	12	0.01222	24	0.00005	17	0.00195	12	0.01687	*Cerasus microcarpa* C.	آلبالو وحشی
18	0.48690	25	0.00004	22	0.00038	10	0.01760	9	0.00197	16	0.00195	10	0.02429	*Quercus infectoria* Oliv.	بلوط دارمازو
19	0.48670	22	0.00018	26	0.00009	21	0.00196	10	0.00197	24	0.00087	21	0.00607	*Pistacia khinjuk* Desf.	خنجوک
20	0.48670	26	0.00004	24	0.00009	17	0.00782	26	0.00005	21	0.00087	17	0.00607	*Berberis integerrima* Bge	زرشک
21	0.48670	27	0.00004	25	0.00009	18	0.00440	27	0.00005	22	0.00087	18	0.00607	*Fraxinus rotundifolia* L.	زبان گنجشک
22	0.48670	28	0.00004	27	0.00009	22	0.00196	21	0.00049	25	0.00087	22	0.00270	*Punica granatum* L.	انار
23	0.48670	29	0.00004	28	0.00009	28	0.00049	18	0.00137	27	0.00087	28	0.00067	*Elaeagnus angustifolia* L.	سنجد
24	0.48662	23	0.00018	21	0.00084	25	0.00196	17	0.00137	26	0.00087	25	0.00067	*Tamarix ramosissima* Ledeb.	گز پر شاخه
25	0.48572	15	0.00072	18	0.00084	4	0.01760	4	0.00269	19	0.00087	4	0.03306	*Quercus libani* Oliv.	بلوط وی‌ول
26	0.48627	19	0.00040	23	0.00038	14	0.01222	28	0.00005	28	0.00022	14	0.01687	*Ficus carica* L.	انجیر
27	0.48606	21	0.00040	13	0.00234	20	0.00196	16	0.00137	23	0.00087	20	0.00607	*Lonicera nmmularifolia* Jaub and Spach	شن
28	0.48636	24	0.00018	29	0.00009	29	0.00049	29	0.00005	29	0.00022	29	0.00067	*Salix alba* L.	بید
29	0.48552	20	0.00040	20	0.00084	15	0.01222	15	0.00137	20	0.00087	15	0.01687	*Rhus coriaria* L.	سماق

جدول ۴- وزن نسبی و اولویت‌بندی گونه‌های مناسب برای جنگلکاری در رویشگاه‌های متوسط جنگل‌های زاگرس شمالی بر اساس روش تاپسیس

Table 4. Relative weight and prioritization of suitable species for afforestation in moderate habitats of northern Zagros forests based on TOPSIS method

رتبه Rank	وزن نهایی Final weight	رتبه Rank	قیمت خرید Purchase price	رتبه Rank	سرعت رشد Growth rate	رتبه Rank	مقاومت به خشکی Drought resistance	رتبه Rank	هزینه نگهداری Maintenance costs	رتبه Rank	حفاظت از آب و خاک Water and soil protection	رتبه Rank	قدرت سازگاری Power of adaptation	نام علمی Scientific name	نام گونه Species name
1	0.64922	1	0.00321	26	0.00013	20	0.00233	15	0.00030	6	0.12098	1	0.06122	*Amygdalus orientalis* M.	ارژن
2	0.64922	15	0.00045	25	0.00013	19	0.00233	12	0.00122	15	0.12098	2	0.06122	*Junipers excelca* M.Koch.	ارس
3	0.61873	27	0.00005	10	0.00209	7	0.01458	1	0.00617	1	0.09263	3	0.04837	*Piatacia atlantica* Desf.	بنه
4	0.51763	28	0.00005	21	0.00052	11	0.01458	16	0.00030	21	0.09263	10	0.01890	*Rhus coriaria* L.	سماق
5	0.51690	18	0.00020	5	0.00326	8	0.01458	5	0.00190	10	0.04726	7	0.02721	*Pistacia khinjuk* Desf.	خنجوک
6	0.51110	23	0.00005	2	0.00639	13	0.00933	17	0.00030	7	0.06805	11	0.01209	*Celtis tournefortii* Lam.	تابله
7	0.49953	3	0.00245	11	0.00209	16	0.00233	6	0.00190	11	0.04726	4	0.02721	*Acer monspessulanum* L.	کیکم
8	0.49860	22	0.00005	8	0.00326	21	0.00233	18	0.00030	12	0.03025	5	0.02721	*Berberis integerrima* Bge.	زرشک
9	0.49849	19	0.00020	16	0.00117	22	0.00233	19	0.00030	16	0.03025	8	0.02721	*Quercus brantii* Lindl.	بلوط ایرانی
10	0.49841	4	0.00245	15	0.00117	9	0.01458	7	0.00190	5	0.03025	6	0.02721	*Cerasus mahaleb* mill.	محلب
11	0.49769	12	0.00125	28	0.00013	24	0.00233	22	0.00008	17	0.04726	13	0.01209	*Quercus libani* Oliv.	بلوط وی‌ول
12	0.49085	13	0.00080	6	0.00326	10	0.01458	14	0.00069	22	0.01701	16	0.00302	*Amygdalus communis* L.	بادام تلخ
13	0.48997	20	0.00020	22	0.00052	12	0.00933	2	0.00617	2	0.03025	9	0.01890	*Quercus infectoria* Oliv.	بلوط دارمازو
14	0.48962	26	0.00005	13	0.00117	1	0.03733	3	0.00274	8	0.01701	26	0.00076	*Tamarix ramosissima* Ledeb.	گز پر شاخه
15	0.48948	24	0.00005	3	0.00639	25	0.00233	23	0.00008	23	0.04726	15	0.00680	*Cotoneaster spp* L.	شیر خشت
16	0.48938	6	0.00180	23	0.00013	15	0.00525	8	0.00190	13	0.00756	23	0.00076	*Cornus australis* C.A.Mey.	سیاه ال
17	0.48930	2	0.00321	12	0.00209	17	0.00233	9	0.00190	14	0.01701	24	0.00076	*Ficus carica* L.	انجیر
18	0.48927	25	0.00005	4	0.00639	26	0.00233	24	0.00008	24	0.00756	25	0.00076	*Juglans regia* L.	گردو
19	0.48927	5	0.00245	1	0.00639	3	0.03733	25	0.00008	25	0.00756	28	0.00076	*Elaeagnus angustifolia* L.	سنجد
20	0.48927	29	0.00005	14	0.00117	6	0.02100	26	0.00008	29	0.00756	29	0.00076	*Salix alba* L.	بید
21	0.48927	8	0.00180	20	0.00052	4	0.02100	10	0.00190	3	0.00756	27	0.00076	*Platanus orientalis* L.	چنار
22	0.48903	21	0.00020	27	0.00013	23	0.00233	20	0.00030	18	0.00189	22	0.00302	*Punica granatum* L.	انار
23	0.48901	14	0.00045	18	0.00117	29	0.00058	27	0.00008	26	0.01701	17	0.00302	*Cerasus microcarpa* C.	آلبالو وحشی
24	0.48901	17	0.00045	17	0.00117	27	0.00233	28	0.00008	27	0.01701	21	0.00302	*Pyrus communis* Boiss.	گلابی
25	0.48900	10	0.00125	7	0.00326	14	0.00525	4	0.00274	4	0.00756	19	0.00302	*Fraxinus rotundifolia* L.	زبان گنجشک
26	0.48900	11	0.00125	24	0.00013	18	0.00233	11	0.00190	9	0.00756	20	0.00302	*Sorbus aucuparia* L.	بارانک
27	0.48896	16	0.00045	9	0.00209	5	0.02100	21	0.00030	19	0.01701	18	0.00302	*Crataegus microphylla* C.Koch.	زالزالک
28	0.48891	9	0.00125	29	0.00013	28	0.00233	29	0.00008	28	0.03025	14	0.00680	*Celtis caucasica* Willd.	داغداغان
29	0.48774	7	0.00180	19	0.00052	2	0.03733	13	0.00122	20	0.00756	12	0.01209	*Lonicera nmmularifolia* Jaub and Spach.	شن

جدول ۵- وزن نسبی و اولویت‌بندی گونه‌های مناسب برای جنگلکاری در رویشگاه‌های ضعیف جنگل‌های زاگرس شمالی بر اساس روش تاپسیس
Table 5. Relative weight and prioritization of suitable species for afforestation in week habitats of northern Zagros forests based on TOPSIS method

نام گونه Species name	نام علمی Scientific name	قدرت سازگاری Power of adaptation	رتبه Rank	حفاظت از آب و خاک Water and soil protection	رتبه Rank	هزینه نگهداری Maintenance costs	رتبه Rank	مقاومت به خشکی Drought resistance	رتبه Rank	سرعت رشد Growth rate	رتبه Rank	قیمت خرید Purchase price	رتبه Rank	وزن نهایی Final weight	رتبه Rank
ارس	*Junipers excelca* M.Koch.	0.052	3	0.01454	5	0.0048	1	0.04479	2	0.0050	5	0.0040	3	0.63737	1
زرش ک	*Berberis integerrima* Bge.	0.041	4	0.01700	3	0.0038	5	0.04479	1	0.0050	4	0.0024	5	0.63198	2
کیکم	*Acer monspessulanum* L.	0.052	1	0.01900	1	0.0038	3	0.03539	3	0.0083	1	0.0040	1	0.60127	3
ارژن	*Amygdalus orientalis* M.	0.052	2	0.01840	2	0.0038	4	0.03539	4	0.0083	2	0.0040	2	0.60127	4
بنه	*Piatacia atlantica* Desf.	0.041	5	0.01600	4	0.0038	6	0.01991	6	0.0065	3	0.0031	4	0.53632	5
بلوط ایرانی	*Quercus brantii* Lindl.	0.031	6	0.01454	6	0.0048	2	0.01991	7	0.0050	6	0.0018	7	0.5258	6
بادام تلخ	*Amygdalus communis* L.	0.016	9	0.00204	13	0.0015	8	0.01991	5	0.0037	7	0.0008	8	0.50559	7
سماق	*Rhus coriaria* L.	0.023	8	0.00568	9	0.0021	7	0.01382	9	0.0025	9	0.0004	16	0.49459	8
خنجو ک	*Pistacia khinjuk* Desf.	0.023	7	0.00568	8	0.0002	22	0.01382	8	0.0009	13	0.0024	6	0.49441	9
بلوط دارمازو	*Quercus infectoria* Oliv.	0.006	17	0.00091	23	0.0001	29	0.00885	11	0.0009	14	0.0008	10	0.48738	10
شن	*Lonicera nmmularifolia* Jaub and Spach.	0.006	16	0.00204	16	0.0002	19	0.00885	10	0.0004	19	0.0002	20	0.48737	11
بلوط وی‌ول	*Quercus libani* Oliv.	0.010	14	0.00363	12	0.0005	16	0.00885	12	0.0016	10	0.0004	15	0.48704	12
بارانک	*Sorbus aucuparia* L.	0.001	25	0.00023	28	0.0002	20	0.00055	24	0.0001	29	0.0002	21	0.48603	13
سیاه ال	*Cornus australis* C.A.Mey	0.001	24	0.00091	19	0.0001	26	0.00055	21	0.0004	17	0.0000	23	0.48601	14
سنجد	*Elaeagnus angustifolia* L.	0.001	27	0.00091	24	0.0002	23	0.00055	27	0.0004	23	0.0004	14	0.48599	15
چنار	*Platanus orientalis* L.	0.001	26	0.00023	29	0.0005	15	0.00055	26	0.0004	21	0.0000	27	0.48599	16
انار	*Punica granatum* L.	0.001	29	0.00204	17	0.0002	25	0.00055	29	0.0004	25	0.0000	29	0.48599	17
بید	*Salix alba* L.	0.001	28	0.00091	25	0.0002	24	0.00055	28	0.0004	24	0.0000	28	0.48599	18
گردو	*Juglans regia* L.	0.003	21	0.00023	27	0.0001	28	0.00055	23	0.0001	23	0.0000	26	0.48578	19
گز پر شاخه	*Tamarix ramosissima* Ledeb.	0.003	22	0.00091	22	0.0002	21	0.00055	25	0.0004	20	0.0004	13	0.48572	20
آلبالو وحشی	*Cerasus microcarpa* C.	0.001	23	0.00091	18	0.0005	13	0.00221	17	0.0004	16	0.0002	17	0.48571	21
انجیر	*Ficus carica* L.	0.003	19	0.00091	21	0.0002	17	0.00055	22	0.0004	22	0.0000	25	0.48571	22
زبان گنج شک	*Fraxinus rotundifolia* L.	0.003	20	0.00204	15	0.0002	18	0.00221	20	0.0001	27	0.0002	19	0.48547	23
شیر خشت	*Cotoneaster spp* L.	0.003	18	0.00023	26	0.0005	14	0.00221	18	0.0009	12	0.0000	24	0.48545	24
محلب	*Cerasus mahaleb* mill.	0.010	12	0.00568	7	0.0005	12	0.00498	15	0.0004	15	0.0004	12	0.48522	12
زالزالک	*Crataegus microphylla* C.Koch.	0.006	15	0.00091	20	0.0001	27	0.00221	19	0.0001	26	0.0002	18	0.48501	18
گلابی	*Pyrus communis* Boiss.	0.010	13	0.00363	11	0.0015	10	0.00498	16	0.0004	22	0.0008	9	0.48465	9
تابله	*Celtis tournefortii* Lam.	0.010	11	0.00204	14	0.0009	11	0.00498	14	0.0009	11	0.0000	22	0.48451	22
داغداغان	*Celtis caucasica* Willd.	0.016	10	0.00363	10	0.0015	9	0.00498	13	0.0025	8	0.0004	11	0.484	29

در تحقیق حاضر با در نظر گرفتن نقاط ضعف و قدرت آن و همچنین معیارهای کیفی و کمی مختلف، بر اساس قضاوت صاحب‌نظران و کارشناسان متخصص مشخص شد که معیار قدرت سازگاری بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده است که این امر با نتایج (Afrokhte *et al*., 2013؛ Rayer *et al*., 2009؛ Reisman-Berman *et al*., 2019) مطابقت دارد. این نکته را می‌توان به‌دلیل ناکارآمدی جنگلکاری‌های گذشته و نامناسب بودن شرایط اقلیمی حاکم بر این منطقه رویشی، به‌خصوص طولانی بودن فصل سرما دانست (Ehara *et al*., 2023).

نتایج حاصل از اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از فرآیند تاپسیس در رویشگاه‌های مورد بررسی نشان داد که با توجه به اینکه یگان‌های زیست‌محیطی استخراج شده، لکه‌های با پوشش بسیار ضعیف با گونه‌های درختی و درختچه‌ای است، ویژگی خاک‌شناسی تنها منبع برای انتخاب گونه به‌منظور جنگلکاری است، در این پژوهش گونه‌های منتخب براساس پارامترهای استخراج شده از نمونه‌های خاک در محل یگان‌های

زیست‌محیطی انتخاب شده است. از جمله دلایل عدم حضور گونه‌های بلوط ایرانی، ویول و دارمازو در لیست گونه‌های منتخب و با اولویت بالا، با در نظر گرفتن اینکه گونه‌های مذکور جزو گونه‌های اوج (کلیماکس) جنگل‌های زاگرس هستند، از این‌رو عدم انتخاب این گونه‌ها به‌دلیل تجربه ناموفق جنگلکاری‌های انجام شده در مناطق مشابه با پژوهش حاضر بود؛ زیرا به عقیده کارشناسان تصمیم‌گیر، گونه‌های مذکور در حضور و رقابت با گونه‌های پرستار درصد رشد و زنده‌مانی پایین‌تری را دارند، صحت موارد بالا در پژوهش (Fazlollahi Mohammadi *et al*., 2014) نیز تأیید شده است؛ زیرا دلیل انتخاب نشدن گونه بلوط وی‌ول (*Quercus libani*) را سرعت رشد پایین و پایین بودن رویش جاری سالیانه (۳/۵ میلی‌متر در سال) و پرنیاز بودن آن بیان کرده‌اند.

در رویشگاه خوب با توجه به مقادیر بالاتر درصد رطوبت وزنی و کربنات کلسیم و ماده آلی نسبت به سایر رویشگاه‌ها (فقیر و متوسط) گونه‌های ارژن (*Amygdalus orientalis* M)، کیکم (*Acer monspessulanum* L)، بادام تلخ (*Amygdalus communis* L)، گردو (*Juglans regia* L)، بارانک (*Sorbus aucuparia* L) به‌ترتیب اولویت اول تا پنجم برای جنگلکاری در این ناحیه قرار گرفته‌اند. ارجحیت این گونه‌ها را می‌توان به این‌صورت توجیه کرد که این در میان این گونه‌ها، گونه‌های با نیاز اکولوژیکی بالاتر دیده می‌شود و با توجه به اینکه در این منطقه شرایط کاشت نسبت به سایر رویشگاه‌ها مناسب‌تر است، جنگلکاری با این گونه‌ها از موفقیت با درصد بالایی برخوردار باشد که نتایج این پژوهش نیز مؤید صحت این ادعا است. این نتایج با (Pourbabaei *et al*., 2012؛ Ravanbakhsh *et al*., 2014؛ Behdarvand *et al*., 2012 و Maroofi *et al*., 2005) در بررسی گونه‌های جنگلی بر اساس توان بوم‌شناختی و رویشی در ناحیه رویشی زاگرس مطابقت دارد.

در رویشگاه متوسط گونه‌های ارژن (*A. orientalis* M)، ارس (*Junipers excelc* M.Koch)، بنه (*Piatacia atlantica* Desf)، سماق (*Rhus coriaria* L) و خنجوک (*Pistacia atlantica* Desf.) به‌ترتیب اولویت اول تا پنجم برای جنگلکاری در این ناحیه قرار گرفته‌اند. ارجحیت این گونه‌ها را می‌توان به این‌صورت استدلال کرد که این گونه‌ها، گونه‌های بومی منطقه بوده و با شرایط حاکم بر منطقه و با توجه به شرایط خاک‌شناسی ناحیه متوسط که مقادیر کربنات کلسیم و رطوبت وزنی و ماده آلی بیشتر از ناحیه فقیر را دارند، است. از این‌رو، انتظار می‌رود که جنگلکاری با این گونه‌ها از بالاترین درصد موفقیت برخوردار باشد که نتایج این پژوهش نیز مؤید صحت این ادعا است. این نتایج با پژوهش‌های (Ravanbakhsh *et al*., 2014 و Shekarchian *et al*., 2019) در بررسی گونه‌های جنگلی بر اساس توان بوم‌شناختی و رویشی در ناحیه رویشی زاگرس مطابقت دارد.

در رویشگاه ضعیف گونه‌های ارس (*J. excelsa* M.-Bieb.)، زرشک (*Berberis integerrima* Bge.)، کیکم (*A. monspessulanum* L.)، ارژن (*A. orientalis* Mill.)، خنجوک (*P. atlantica* Desf.) به‌ترتیب اولویت اول تا پنجم برای جنگلکاری در این ناحیه قرار گرفته‌اند. در توجیه ارجحیت گونه‌های اتخاب شده، می‌توان گفت که گونه‌های ذکر شده، از گونه‌های بومی منطقه بوده و با توجه به فقیر بودن ناحیه مذکور و مقاومت بالای این گونه‌ها در شرایط سخت و با سازگاری آنها با شرایط حاکم بر منطقه است. همچنین، جنگلکاری با گونه‌های بومی می‌تواند به‌صورت طبیعی شرایط را برای تجدید حیات جنگل فراهم کند و در یک مقطع زمانی دیگر شاهد غنی‌سازی طبیعی جنگل‌ها به‌کمک طبیعت و بدون صرف هزینه است (Iranmanesh and Gojani., 2008). از این‌رو، انتظار می‌رود که جنگلکاری با این گونه‌ها از بالاترین درصد موفقیت برخوردار باشد که نتایج این پژوهش نیز مؤید صحت این ادعا است. این نتایج با پژوهش‌های (Zarafshar *et al*., 2009؛ Pourbabaei *et al*., 2012؛ Behdarvand *et al*., 2012 و MacKenzie and Mohony, 2021) در بررسی گونه‌های جنگلی بر اساس توان بوم‌شناختی و رویشی در ناحیه رویشی زاگرس مطابقت داشته است.

در نهایت با توجه به در نظر گرفتن این موضوع که مشکل مورد بررسی شامل مشکلات محیط زیستی است و از جمله مباحث مدیریت پایدار جنگل است، می‌توان بیان کرد که نتایج این پژوهش در این خصوص با نتایج مطالعه (Grošelj *et al*., 2023) که اشاره به کاربرد روش‌های سلسله مراتبی در مدیریت پایدار با در نظر گرفتن نقاط ضعف و قدرت و همچنین در نظر گرفتن معیارهایی غیر از مشکلات اقتصادی دارد، دارای مطابقت است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش انتخاب مناسب‌ترین گونه‌های درختی/درختچه‌ای با هدف غنی‌سازی مناطق جنگلی تخریب‌یافته جنگل‌های زاگرس شمالی با استفاده از روش تاپسیس مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به معیارهای درنظر گرفته شده در این پژوهش، به‌نظر می‌رسد ماهیت روش تاپسیس که مقدار نزدیکی نسبی به پاسخ مطلوب و دوری از جواب نامطلوب را ملاک طبقه‌بندی قرار می‌دهد، یافته‌های این تحقیق به واقعیت نزدیک‌تر هستند. نتایج حاصله از این تحقیق بیانگر این است که منطقه موردنظر به‌دلیل ویژگی‌های خاک‌شناسی قابلیت تقسیم به رویشگاه‌های قوی، متوسط و ضعیف را داشته و هرکدام از این مناطق پتانسیل لازم برای جنگلکاری را دارد. البته با توجه به این‌که هر گونه نیازهای اکولوژیکی خاصی دارد، متناسب بودن نیازهای اکولوژیکی گونه با شرایط اکولوژیکی موجود در منطقه شرط موفقیت در امر جنگلکاری است. به‌همین دلیل بعد از طبقه‌بندی منطقه مورد بررسی برای جنگلکاری، لیست گونه‌های بومی با قابلیت کاشت در منطقه، به‌منظور احیای جنگل‌های این منطقه پیشنهاد و اندازهٔ تناسب نیازهای اکولوژیکی این گونه‌ها با شرایط اکولوژیکی هر ناحیه توسط متخصصین جنگلکاری انتخاب شد و در واقع مکان و گونهٔ مناسب برای جنگلکاری تعیین شدند.

References

Abbasi Ghadi, V., Azadbakht, M., Tajvar, Y., & Akbarzadeh, M. (2017). Aesthetics assessment of Hyrcanian native tree plants (Case study: Sari city). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *149*(2), 515-527 (In Persian).

Afrokhte, H., Hajipour, M., Gerzin, M., & Nejati, B. (2013). The Situation of Sustainable Agricultural Development in Iran Development Plans Case: Five-year plans After the Revolution. *Jornal of The Marco and Strateghic Policies*, *1*(1), 43-62 (In Persian).

Alvaninejad, S., & Ebadianinejad, V. (2017). Effect of seed source on seed Morphological, viability and emergence traits of Ash in southern Zagros forests. *Forest Research and Development*, *3*(1), 51-62 (In Persian).

Bakhtiarvand, S., Yarali, N., & Mahmoudi, B. (2022). Criteria and Indicators of Species Selection for Planted Forest in Arid and Semi-arid Industrial Regions. *Iranian Forest Ecology Journal*, *10*(20), 110-119 (In Persion).

Bayram, B. Ç. (2020). Evaluation of forest products trade economic contribution by Entropy-TOPSIS: Case study of Turkey. *BioResources*, *15*(1), 1419-1429.

Behdarvand, M., Hosseini, S.M., Nabavi, S.M.B., & Sayad, A. (2012). Investigating the effects of grass cover in the afforested area with the mountain almond species (*Amygdalus scoparia*) on the physical and chemical characteristics of the soil in Middle Zagros. *Natural Ecosystems of Iran*, *1*(3), 29-36 (In Persian).

Beygi Heidarlou, H. B., Shafiei, A. B., Erfanian, M., Tayyebi, A., & Alijanpour, A. (2019). Effects of preservation policy on land use changes in Iranian Northern Zagros forests. *Land Use Policy*, *81*, 76-90. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.036

Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., & Erfanian, M. (2014). Preparing a forest fire risk map using the hierarchical analysis process technique and frequency ratio method (case study: Sardasht forests, northwestern Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *22*(4), 559-573 (In Persian).

Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., Tayyebi, A., & Borz, S. A. (2023a). Evaluating the effect of ongoing conservation policies and forest cover changes in Iranian Zagros forests based on a Land Transformation Model: transition to forest or deforestation? *Annals of Forest Research*, *66*(1), 79-97.

Beygi Heidarlou, H., Karamat Mirshekarlou, A., Sasanifar, S., & Khezryan, B. (2023b). Forest cover density mapping of Zagros forests using Landsat-9 imagery and hemispherical photographs. *Forest Research and Development*, *9*(1), 47-65.

Bordbar, S. K. (2020). Estimation of carbon sequestration potential stand coppice pertion oak (*Quercus brantii*) in kamfirooz (Fars provience). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *7*(15), 141-154 (In Persian).

Bottaro, G., Roco, L., Pettenella, D., Micheletti, S., & Vanhulst, J. (2018). Forest plantations' externalities: An application of the analytic hierarchy process to non-industrial forest owners in central Chile. *Forests*, *9*(3), 141. https://doi.org/10.3390/f9030141

Dahlgren, R.A., Richards, J.H., & Yu, Z. (1997). Soil and groundwater chemistry and vegetation distribution in a desert playa, Owens Lake, California. *Arid Land Research and Management*, *11*(3), 221-244. https://doi.org/10.1080/15324989709381475

Dehnavi, S., Metinkhah, S. H., & Noorbakhsh, F. (2012). Investigating the role of Dagdaghan "Celtis caucasica" as a nitrogen-fixing tree on the characteristics of subsoil in Ardeste Dahaghan Forest Reserve - Isfahan. *Iranian Forest and Spruce Quarterly*, *21*(4), 653-643 (In Persian).

Ehara, M., Matsuura, T., Gong, H., Sokh, H., Leng, C., Choeung, H.N., Sem, R., Nomura, H., Tsuyama, I., Matsui, T. & Hyakumura, K. (2023). Where do people vulnerable to deforestation live? Triaging forest conservation interventions for sustainable non-timber forest products. *Land Use Policy*, *131*, 106637. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106637

Fazlollahi Mohammadi, M., Najafi, A., & Jalali, S. Gh. (2016). Selection of the best area for afforestation with almond species using network analysis process (ANP), 5th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran, (In Persian).

Ghanbari, S., Fathizadeh, O., & Aghajani, H. (2022). Ecological Relationships of Slope and Elevation with Rowan (Sorbus aucuparia L.) in Arasbaran Forests. *Ecology of Iranian Forests*, *10*(19), 1-8. doi:10.52547/ifej.10.19.1

Ghasempour, S., Alijanpour, A., & Banj Shafiei, A. (2015). Vegetation and soil characteristcs of natural stands of sumac (*Rhus coriaria* L) in Urmia city. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *2*(24), 332-343 (In Persian).

Gheyratie Arani, L., & Moradi, S. (2018). Investigating the Distribution of Genetic Resources of Forest Trees and Shrubs in Alborz Province. *Taxonomy and Biosystematics*, *36*(10), 59-70 (In Persian).

Giri, S., & Nejadhashemi, A. P. (2014). Application of analytical hierarchy process for effective selection of agricultural best management practices. *Journal of Environmental Management*, *132*, 165-177. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.10.021

Grošelj, P., Zandebasiri, M., & Pezdevšek Malovrh, Š. (2023). Evaluation of the European experts on the application of the AHP method in sustainable forest management. *Environment, Development and Sustainability*, 1-27.

Hamzehpour, M., Sagheb-Talebi, Kh., Bardbar, K., Joukar, L., Pakparor, M., & Abbasi, A. (2010). Impact of environmental factors on distribution of wild pear (Pyrus glabra Boiss.) in Sepidan region, Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *18*(4), 449-516 (In Persian).

Iranmanesh, Y., & Jahanbazi Gojani, H. (2008). Comparison of wild almond plantation on north and south aspects of degraded forest in Zagros region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15*(1), 19-31 (In Persian).

Jafari, A., Kaji, H. S., Azadi, H., Gebrehiwot, K., Aghamir, F., & Van Passel, S. (2018). Assessing the sustainability of community forest management: A case study from Iran. Forest policy and economics, 96, 1-8.

Jozi, S.A., & Moradi Majd., N. (2013). Evaluation of capability in Bolhasan Dezfol habitat for Punica granatum using MADM method. *Science of Agriculture and Sustainable Production*, *22*(1), 25-40 (In Persian).

Khanhasni, M., Khodakarmi, Y., Saqeb Talebi, Kh., & Safari, H. (2013). Effect of pedological properties on Hawthorn (*Crataegus pontica* C.Koch) distribution in forests of Kermanshah province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *20*(3), 155-166 (In Persian).

Luedeling, E., Börner, J., Amelung, W., Schiffers, K., Shepherd, K., & Rosenstock, T. (2019). Forest restoration: Overlooked constraints. *Science*, *366*(6463), 315-315. DOI: 10.1126/science.aay7988

MacKenzie, W. H., & Mahony, C. R. (2021). An ecological approach to climate change-informed tree species selection for reforestation. *Forest Ecology and Management*, *481*, 118705.

Mahdifar, D., & Saqeb Talebi, Kh. (2006). Silvicultural characteristics and site demands of Gall Oak (Quercus infectoria Oliv.) in Shineh, Lorestan province Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *3*(14), 193-206 (In Persian).

Maroofi, H., Saqeb Talebi, Kh., Fattahi, M., & Sadri, M.h. (2005). Site demands and some quantitative characteristics of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Kurdistan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *3*(419), 417-447 (In Persian).

Mehrgan, M.R. (2010). Operations research. Academic publishing house, Tehran (In Persian).

Mirjalili, S.A., Jaberalansar, Z., & Qavampour, M. (2021). Modeling the distribution of Tamarix ramosissima Ledeb in Isfahan province based on the maximum entropy model (MAXENT). *Dry Canvas Scientific Journal*, *211*(2), 45-55 (In Persian).

Mirzaei, J., Naderi, M., Mosleh Arani, A., Heydari, M., & Jafarzadeh, A.A. (2016). Environmental Factors Affecting the Distribution of Lonicera nummulariifolia Jaub. & Spach in Zagros Forest. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *4*(6), 1-14 (In Persian).

Mousavi Mirkala, S.R., Menbari, M., & Eshaghi Rad, J. (2016). Study on ecological and growth characteristics of Elaeagnus angustifolia in West Azerbaijan. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal*), *1*(30), 200-213 (In Persian).

Owfi, R. E. (2017). Reclamation of Vegetation with Introduction of Adaptable Species in the Western Rangelands of Salt Lake at Fars Province, Iran. *Electronic Journal of Biology*, *13*(4), 291-298.

Pirozi, F., & Tavakoli, M. (2012). Preliminary investigation and causes of drying and deterioration of Arjan shrubs in Lorestan province. National Conference of Central Zagros Forests, capabilities and bottlenecks. Nature Support Center, Cultural Vice-Chancellor of Jihad, University of Lorestan (In Persian).

Pokhriyal, P., Rehman, S., Areendran, G., Raj, K., Pandey, R., Kumar, M., Sahana, M. & Sajjad, H. (2020). Assessing forest cover vulnerability in Uttarakhand, India using analytical hierarchy process. *Modeling Earth Systems and Environment*, *6*, 821-831.

Pourbabaei, H., Babaeian, M., Bonyad, A. E. & Adel, M. N. (2012). Investigation Aouecology of Montpellier maple (Acer monspessulanum subsp. Cinerascens) Fars Province forest. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biologyi)*, *27*(3), 376-385 (In Persian).

RasheShaari, S., Salehi, A., and Pourbabai, H., Ishaghi Rad, J., Jokar, M., & Masoudi, M. (2014). The effect of plowing on the physical properties of soil, a case study: Piranshahr forests, the first international conference on landscape ecology, Isfahan, (In Persian).

Ravanbakhsh, H. (2013). Forestry and physiognomic study of Shirakhsht (*Cotoneaster* spp) Rote habitat in Central Alborz. The second national and specialized conference on environmental research in Iran (In Persian).

Ravanbakhsh, M., Marvi Mohajer, M., Asadi, M., Zobeiri, M., & Etemad, V. (2014). Vegetation classification of Urs forests (Juniperus excelsa M.Bieb) and its analysis in relation to environmental variables. Journal of forest and wood products, *Journal of Natural Resources of Iran*, *3*(66), 277-292 (In Persian).

Reisman-Berman, O., Keasar, T., & Tel-Zur, N. (2019). Native and non-native species for dryland afforestation: bridging ecosystem integrity and livelihood support. *Annals of Forest Science*, *76*(4), 1-13.

Reyer, C., Guericke, M., & Ibisch, P. L. (2009). Climate change mitigation via afforestation, reforestation and deforestation avoidance: and what about adaptation to environmental change? *New Forests*, *38*, 15-34.

Rostami kia, Y., Khoshnavis, M., Mohamadi, A., Mohammadi, D., & Mohammadi, H. (2019). Walnut long-lived trees of Ardabil province. *Iran Nature Quarterly*, *5*(4), 59-69 (In Persian).

Saaty, T. L. (1996). Decision making with dependence and feedback. The analytic network process.

Shahriari, H., Abrari Vajari, K., Pilehvar, B., & Heydari, M. (2018). Response of plant functional groups to some environmental variables in Mountain forests of southern Zagros (Khouzestan province, Baghmalek). *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, *4*(32), 719-814 (In Persian).

Shekarchian, A., Khodashanas, M., Kodoori, M., Poursafari, B., Ghonchepour, M., & Fattahi, M. (2019). Quantitative and qualitative study of Pistacia Forests in Kerman Province and suggestions to improve their management. *Iran Nature Quarterly*, *1*(3), 27-33 (In Persian).

Sheppard, S.R., & Meitner, M. (2005). Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management*, *207*(1-2), 171-187. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.032

Yang, T., & Hung, C. C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *23*(1), 126-137. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.12.002

Yousefi, B. (2012). Collection, identification and morphological and phenological assessment of willows in Kurdistan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 1*(21), 184-202 (In Persian).

Zandebasiri, M., Azadi, H., Viira, A. H., Witlox, F., Jahanbazi Goujani, H., & Iranmanesh, Y. (2023). Modeling ecosystem functions' failure modes: formulating fuzzy risk priorities in the forests of western Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(3), 2581-2600.

Zandebasiri, M., Groselj, P., Azadi, H., Serio, F., & Abbasi Shureshjani, R. (2021). DPSIR framework priorities and its application to forest management: a fuzzy modeling. Environmental monitoring and assessment, 193(9), 598.

Zarafshar, M., Akbarinia, M., & Satarian, A. (2009). Identifying seed of Celtis genus by means of endocarp morphology. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 1*(1), 90-83 (In Persian).

Zeng, Y., Sarira, T.V., Carrasco, L.R., Chong, K.Y., Friess, D.A., Lee, J.S.H., Taillardat, P., Worthington, T.A., Zhang, Y., & Koh, L.P. (2020). Economic and social constraints on reforestation for climate mitigation in Southeast Asia. Nature Climate Change, 10(9), 842-844.