Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11, Issue 2, 2023 p: 62-72

OPEN ACCESS

Research Paper

Spatial Distribution Modeling of Pistacia atlantica using Artificial Neural Network in Khohir National Park

Shahab Bakhtiari[1], Teimour Rostami Shahraji[2], Reza Akhavan[3] and Reza Ebrahimi Atani[4]

1- Ph.D. Student of Forest science, Guilan University, Rasht, Iran, (Corresponding author: sh.bakhtiari@frw.ir)
2- Professor, Guilan University, Rasht, Iran
3- Associate Professor, Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4- Associate Professor, Guilan University, Rasht, Iran

Received: 6 March, 2023 Accepted: 13 June, 2023

Extended Abstract

Background: Investigating the presence of species in forest habitats is crucial for identifying areas suitable for planting and successfully restoring species, as well as understanding the relationship between species presence and environmental factors. This research focuses on predicting the probability of the presence and absence of the Pistacia atlantica forest species in relation to environmental variables, specifically topography and soil science data. The study was conducted in a section of Khojir National Park in Tehran province, covering an area of 120 hectares. Modeling was performed using artificial neural networks and geostatistics to achieve reliable predictions.

Methods: o prepare the necessary maps, slope, aspect, and altitude data were derived from the Digital Elevation Model (DEM) of the study area. Tree sampling in the region was conducted using a regular-random sampling method based on a grid of 100 x 150 meters, resulting in 61 sampling points. Soil sampling was carried out in 17 sample plots, taking into account the diversity of soil conditions by recording the spatial coordinates of each plot. A variety of soil variables were measured in the laboratory, including apparent specific gravity, true specific gravity, absorbable potassium, nitrogen percentage, absorbable phosphorus, organic carbon percentage, electrical conductivity, acidity, soil saturation percentage, lime percentage, and the percentages of sand, silt, and clay. The environmental factors related to soil variables were mapped using geostatistics and GS+ software. Subsequently, a multi-layer perceptron artificial neural network model was designed and validated, correlating the environmental features as model inputs with the presence and absence of Pistacia atlantica as the model output. This validation was conducted using SPSS Modeler software. Finally, based on the model results and the digital map of environmental factors, a prediction map indicating the probability of the presence and absence of Pistacia atlantica was generated using ArcGIS software.

Results: The results of the study revealed that the artificial neural network demonstrated high accuracy, achieving a prediction accuracy of 91% for the presence and absence of Pistacia atlantica. The analysis indicated significant relationships between the presence of Pistacia atlantica and several environmental variables, including electrical conductivity, apparent specific gravity, geographical direction, nitrogen percentage, and altitude. The importance coefficients for these variables were determined to be 0.43, 0.21, 0.17, 0.15, and 0.05, respectively. Furthermore, the agreement between the prediction map and the ground reality map was assessed as good, with a Kappa coefficient of 0.651, indicating a reliable model performance.

Conclusion: In conclusion, the results of this study demonstrate that it is possible to utilize a combination of topographic and soil data to accurately estimate the characteristics influencing the presence of Pistacia atlantica in the researched forests. The generated maps can serve as

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

Copyright ©2023 Bakhtiari 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.

valuable tools for identifying areas that are conducive to the restoration of this species' habitat. This approach not only enhances our understanding of species distribution in relation to environmental factors but also provides practical applications for conservation efforts aimed at restoring and managing forest ecosystems. By integrating advanced modeling techniques with ecological data, we can better inform strategies for biodiversity conservation and habitat restoration in forested areas.

Keywords: Multilayer perceptron, Presence and absence, Soil properties and Topographic features

How to Cite This Article: Bakhtiari, S., Rostani Shahraji, T., Akhavan, R., & Ebrahimi Atani, R. (2023). Spatial Distribution Modeling of Pistacia atlantica using Artificial Neural Network in Khohir National Park. *Ecol Iran For*, 11(2), 62-72. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.57

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی پراکنش مکانی بنه (*Pistacia atlantica*) به‌کمک شبکه عصبی مصنوعی در پارک ملی خجیر

شهاب بختیاری[۱]، تیمور رستمی شاهراجی[۲]، رضا اخوان[۳] و رضا ابراهیمی آتانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، (نویسنده مسوول: sh.bakhtiari@frw.ir)
۲- استاد، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- دانشیار پژوهش، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۳
صفحه:۶۲ تا ۷۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بررسی حضور گونه‌ها در رویشگاه‌های جنگلی به‌منظور مکان‌یابی و شناسایی مناطق دارای توانایی کاشت و احیاء موفق گونه‌ها و ارتباط حضور گونه‌ها با عوامل محیطی بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، پیش‌بینی احتمال حضور و عدم‌حضور گونه جنگلی بنه در ارتباط با متغیرهای محیطی (داده‌های توپوگرافی و خاکشناسی) در بخشی از پارک ملی خجیر استان تهران به مساحت ۱۲۰ هکتار مورد بررسی و مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه تهیه گردید، نمونه‌برداری از درختان بنه در سطح موردمطالعه و در قالب نمونه‌برداری منظم- تصادفی براساس شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰*۱۵۰ متر با ۶۱ قطعه نمونه ۱۲ آری انجام شد. نمونه‌برداری از خاک در ۱۷ قطعه نمونه با توجه به تنوع شرایط خاکی با برداشت مختصات مکانی قطعات نمونه انجام شد و متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی، پتاسیم قابل جذب، درصد ازت، فسفر قابل جذب، درصد کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد اشباع خاک، درصد آهک خاک، درصد شن، درصد سیلت و درصد رس در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نقشه عوامل محیطی متغیرهای خاک به‌کمک زمین‌آمار و با استفاده از نرم‌افزار GS+ تهیه شد. سپس مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه بین ویژگی‌های محیطی به‌عنوان ورودی‌های مدل و حضور و عدم حضور بنه به‌عنوان خروجی مدل با استفاده از نرم‌افزار SPSS Modeler طراحی و اعتبارسنجی شد. در نهایت براساس نتایج مدل و نقشه رقومی عوامل محیطی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقشه پیش‌بینی احتمال حضور و عدم‌حضور بنه تهیه گردید.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده از مدل شبکه عصبی تدوین شده نشان از صحت زیاد شبکه عصبی مصنوعی (۹۱ درصد) در پیش‌بینی احتمال حضور و عدم حضور بنه داشت و حاکی از ارتباط حضور بنه با متغیرهای هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری، جهت جغرافیایی، میزان درصد ازت و ارتفاع از سطح دریا با ضریب اهمیت به‌ترتیب برابر با ۰/۴۳، ۰/۲۱، ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۰۵ می‌باشد. همچنین، تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعیت زمینی با ضریب کاپا ۰/۶۵۱ در حد خوب ارزیابی گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که با دقت قابل‌قبولی امکان استفاده از ترکیب داده‌های توپوگرافی و خاکی برای برآورد مشخصه حضور گونه بنه در جنگل‌های مورد تحقیق وجود دارد که می‌توان از نقشه‌های آن در شناسایی مناطق مستعد احیای رویشگاه این گونه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: احتمال حضور و عدم حضور، پرسپترون چندلایه، خصوصیات خاک و توپوگرافی

مقدمه:

آگاهی از مکان مناسب کشت گونه‌های جنگلی موجب موفقیت در عملیات جنگلکاری و استقرار ماندگار گونه‌ها می‌شود و عدم آگاهی از این موضوع سبب صرف هزینه‌های گزاف و عدم موفقیت و پایداری این عملیات خواهد شد. در احیاء رویشگاه یک گونه جنگلی دانستن حوزه حضور آن گونه می‌تواند در احیاء موفق رویشگاه گونه کمک کند، بنابراین آگاهی از مناطق مستعد حضور و وقوع گونه‌های جنگلی، در جنگلکاری و احیاء رویشگاه آن گونه‌ها یاری‌رسان خواهد بود.

گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf. FL. Atlant) به‌لحاظ حفاظت از آب و خاک و جلوگیری از فرسایش خاک، استفاده از میوه، حفاظت از حیات‌وحش، تولید صمغ (سقز) و استفاده آن در تولید مواد داروئی و بهداشتی و همچنین به‌عنوان یک درخت که در مقابل شرایط سخت محیطی تحمل زیادی دارد از اهمیت بسیاری برخوردار است (Haji Lee Doji, 2015). درخت بنه به‌همراه بادام کوهی (*Amygdalus orientalis* mill) در مناطق رویشی ایران تورانی و زاگرسی از گونه‌های مهم و اصلی محسوب می‌شوند، این گونه‌ها نورپسند بوده و به‌واسطه محصولات فرعی غیرچوبی در بیلان اقتصادی طرح‌های جنگلداری دارای اهمیت می‌باشند. این گونه در این نواحی در سطح وسیعی گسترده بوده و تشکیل تیپ می‌دهد. با توجه به نقش این جنگل‌ها در حفاظت از آب و خاک، احیاء این جنگل‌ها اهمیت دوچندان خواهد داشت.

تحلیل اطلاعات مکانی در بوم‌شناسی و علوم‌محیطی وابسته، گام مهمی در تصمیم‌سازی و برنامه‌ریزی برای حل مشکلات در یک بوم‌سازگان است، اما چند بعدی بودن داده‌های بوم‌شناختی و برهم‌کنش‌های غیرخطی و پیچیده متغیرها با همدیگر یکی از مشکلات اساسی در این زمینه است (Cutler et al., 2007). از این‌رو درک روابط بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی تأثیرگذار بر آن، یکی از چالش‌های مدیریت پوشش گیاهی است. با توجه به پیشرفت‌هایی که امروزه در علم جغرافیا و علوم محیطی دیگر صورت گرفته است می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های آماری پیشرفته و استفاده از روش‌های مدل‌سازی پیش‌بینی مکانی پوشش گیاهی این روابط را کمّی کرد و به حل این مشکل و درک این پیچیدگی‌ها کمک کرد (Piri Sahragard, 2022; Piri Sahragard et

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

al., 2013). بیشتر طبقه‌بندی‌های بوم‌شناختی پوشش بالقوه، از گونه‌های گیاهی شاخص، برای توصیف محیط‌هایی با توان مشابه برای مدیریت استفاده می‌کنند. پوشش گیاهی، اقلیم، خاک، زمین‌شناسی و دیگر اطلاعات در سایت‌های مرجع جمع‌آوری می‌شود تا اجزای بوم‌سازگان به‌طور کامل تشریح شود. تهیه نقشه تیپ‌های پوشش بالقوه از تحقیقات مدلسازی پیش‌بینی پوشش امکان‌پذیر شده است (Franklin, 1995).

لیو و همکاران (Liu et al., 2005) با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی پراکنش گونه‌های *Fagus sylvatica* L. و *Puccinellia maritima* را در دو کشور رومانی و لهستان مدلسازی کردند. در این بررسی از یک شبکه پیش‌خور چندلایه با الگوریتم آموزشی انتشار به عقب خطا (propagation error Back) استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که این روش می‌تواند بهتر از روش‌های سنتی موجود، روابط غیرخطی پیچیده بین پدیده‌ها را مدل‌سازی کند. آنها این روش را در گروه روش‌های خوب و مناسب برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها قرار دادند. پیری صحراگرد و زارع چاهوکی (piri Sahragard & Zare Chahouki, 2015) در تحقیقی با مقایسه عملکرد پیش‌بینی سه روش رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی نتیجه گرفتند که برای همه رویشگاه‌های مورد بررسی، نقشه پیش‌بینی حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای دقّت زیادی است و این روش در مقایسه با دو روش دیگر دارای عملکرد پیش‌بینی بهتری است.

پیری صحراگرد و همکاران (Piri Sahragard, 2016) اظهار داشتند شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه پراکنش مکانی گونه‌های *Pteropyrum olivieri-Stipa barbata* دارای تطابق عالی و نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌های *Artemisia aucheri-Astragalus Scarigla orientalis- Stipa barbata* دارای تطابق خیلی خوب با نقشه واقعیت زمینی هستند.

حیدری و همکاران (Heydari et al, 2016) اظهار داشتند استقرار بنه در طبیعت، خصوصیات کمی و مراحل فنولوژی بنه تحت تأثیر شرایط فیزیوگرافی بخصوص جهت دامنه و خصوصیات خاک قرار گرفته است. بر اساس تحلیل افزونگی (RDA)دو گروه مشخص در منطقه تشکیل شد که گونه‌های بلوط ایرانی و بنه در یک گروه در جهت جنوبی منطقه در شرایطی که کربن آلی، فسفر کل، پتاسیم کل و ازت کل بیشتر بود استقرار داشتند.

وحیدی‌نیا و همکاران (Vahidinia et al., 2016) اظهار داشتند بین عوامل محیطی مورد بررسی و الگوی پراکنش مکانی گیاهان رابطه وجود دارد و مهمترین خصوصیات محیطی موثر بر الگوی پراکنش تیپ‌های گیاهی منطقه ارتفاع، بافت، فسفر، پتاسیم، ازت و ماده آلی می‌باشند.

باقری و همکاران (Bagheri et al., 2019) در مدل‌سازی پراکنش مکانی دوگونه *Limonium iranicum* (Bornm.) Lincz. و *Aeluropus littoralis* در مراتع کویر میقان اراک، مهمترین ویژگی که باعث تفکیک رویشگاه *L. iranicum* شدند را متغیرهای آهک و سیلت عمق دوم و شن عمق اول و برای گونه *A. littoralis* را متغیرهای آهک عمق اول و ارتفاع از سطح دریا عنوان نمودند و تطابق نقشه واقعی و نقشه پیش‌بینی را به‌ترتیب خوب و خیلی خوب برای این دو گونه ارزیابی نمودند.

عزیزی کله‌سر و همکاران (Azizi Kalesar et al., 2021) در مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه قره‌قات در ارتباط با عوامل محیطی و با استفاده از روش رگرسیون لجستیک عوامل موثر در پراکنش را شیب دامنه، جهت جغرافیایی، میزان فسفر و سیلت عنوان نمود و میزان تطابق نقشه واقعی و پیش‌بینی را در سطح خوب ارزیابی نمود.

سادات موسوی و همکاران (Sadat Mousavi et al., 2023) در کاربرد شبکهٔ عصبی در مدل سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پو شش گیاهی در منطقهٔ حفاظت شدهٔ البرز مرکزی دریافتند متغیرهای شیب، درصد مادهٔ آلی و ارتفاع، اثرگذارترین متغیرها بر انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه بودند.

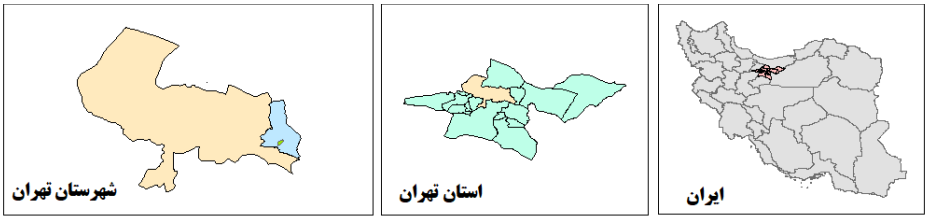
در یک بوم‌سازگان بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی مختلف ارتباط تنگاتنگی وجود داشته و برهم اثرات متقابلی دارند. از این ارتباط می‌توان برای رسیدن به هدف تحقیق حاضر که بررسی عوامل محیطی موثر بر احتمال حضور بنه با استفاده از مدلسازی پراکنش پوشش بنه بر اساس تغییرات عوامل محیطی موثر بر آن، دست یافت. برای اینکه عواملی خارج از عوامل محیطی تأثیر بر پراکنش گونه بنه نداشته باشند، تحقیق در یک منطقه حفاظت شده و بکر از پارک ملی خجیر استان تهران انجام می‌شود. در این تحقیق امکان پیش‌بینی حضور و عدم حضور بنه براساس عوامل محیطی خاک و توپوگرافی عرصه به‌کمک روش شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار و ارتباط حضور با عوامل محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. با شناسایی مناطق مناسب حضور گونه موردمطالعه می‌توان به احیاء موفق رویشگاه گونه اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

این پژوهش بر روی پوشش جنگلی بنه در منطقه‌ای از پارک ملی حفاظت شده و بکر از پارک ملی خجیر استان تهران انجام شد. پارک ملی خجیر در داخل منطقه حفاظت شده جاجرود و در شرق تهران بزرگ در فاصله ۲۲ کیلومتری و در جنوب جاده هراز قرار گرفته است و بخشی از آن با تهران مرز مشترک دارد (شکل ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]



شکل ۱- موقعیت پارک ملی خجیر و جانمایی در نقشه شهرستان، استان و کشور
Figure 1. Location of the Khojir National Park and location on the map of the province and the country

این پارک با وسعت ۱۱۵۷۰ هکتار در فاصله بین ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است.

پارک ملی خجیر در زون البرز و زیر زون البرز مرکزی قرار دارد. براساس نقشه زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی و نقشه خاکشناسی موسسه تحقیقات خاک و آب، زمین‌شناسی پارک ملی خجیر دارای مناطقی با ویژگی‌های شیل توفی سبز با بستر خوب، کنگلومرا پلی‌میکتیک و ماسه سنگ، محدوده خاکستری روشن با بستر نازک و سنگ آهک انبوه و سنگ آهک دارای بستر ضخیم تا عظیم با مدارهای سفید و صورتی بوده و خاکشناسی پارک دارای مناطق با رخنمون‌های سنگی و خاک انتیسول، رخنمون سنگی و خاک اینسپتی‌سول، لیتوسل و بدلند می‌باشد (Bagheri et al., 2014).

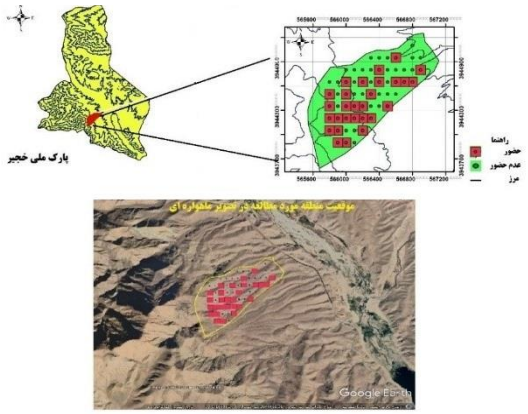
از نقطه نظر آب و هوایی، اقلیم پارک ملی خجیر متاثر از ارتفاعات آن بوده و براساس روش آمبرژه این پارک از نظر آب و هوائی، دارای اقلیم خشک و سرد است. بر اساس اطلاعات ایستگاه ماملو، میانگین بارش سالانه ۲۵۶/۸ میلیمتر است. حداقل مطلق سالانه دما روزانه ۱۳/۸- درجه سانتی‌گراد و حداکثر مطلق سالانه ۴۰ درجه سانتیگراد و میانگین سالانه برابر با ۱۵/۳ درجه سانتیگراد است (Bagheri et al., 2014).

در محدوده مطالعاتی انواع فرم‌های رویشی شامل درخت، درختچه، بوته و گونه های علفی مشاهده می‌شود، تیپ غالب جنگلی بنه-بادام است.

بنه (*Pistacia atlantica* Desf. FL. Atlant)، *بادام* (*Amygdalus lycioides* spach.) که گونه‌هایی نظیر ارس (*Juniperus excelsa* M. Bieb)، شیرخشت *nammularia* (*Cotoneaster* K.koch)، زرشک (*Berberis spp.*)، نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm)، گون (*Astragalus* spp.)، کلاه میرحسن (*Acantholimon macrocarpa* Boiss.)، راناس (*Cerasus* sp.) و غیره همراه آن می‌باشد (Arta, 2000).

انتخاب عرصه و آماربرداری

براساس جنگل گردشی انجام شده در پارک ملی خجیر عرصه‌ای که واجد انبوهی مناسبی (درصد تاج‌پوشش) از گونه بنه نسبت به مناطق دیگر عرصه بوده و همچنین حائز شرایط مختلف توپوگرافی بوده، به مساحت ۱۲۰ هکتار با مختصات جغرافیایی ۵۶۵۶۷۲ الی ۵۶۶۹۲۶ طول شرقی و ۳۹۴۴۱۱۱ الی ۳۹۴۴۹۲۲ عرض شمالی انتخاب شد (شکل ۲).

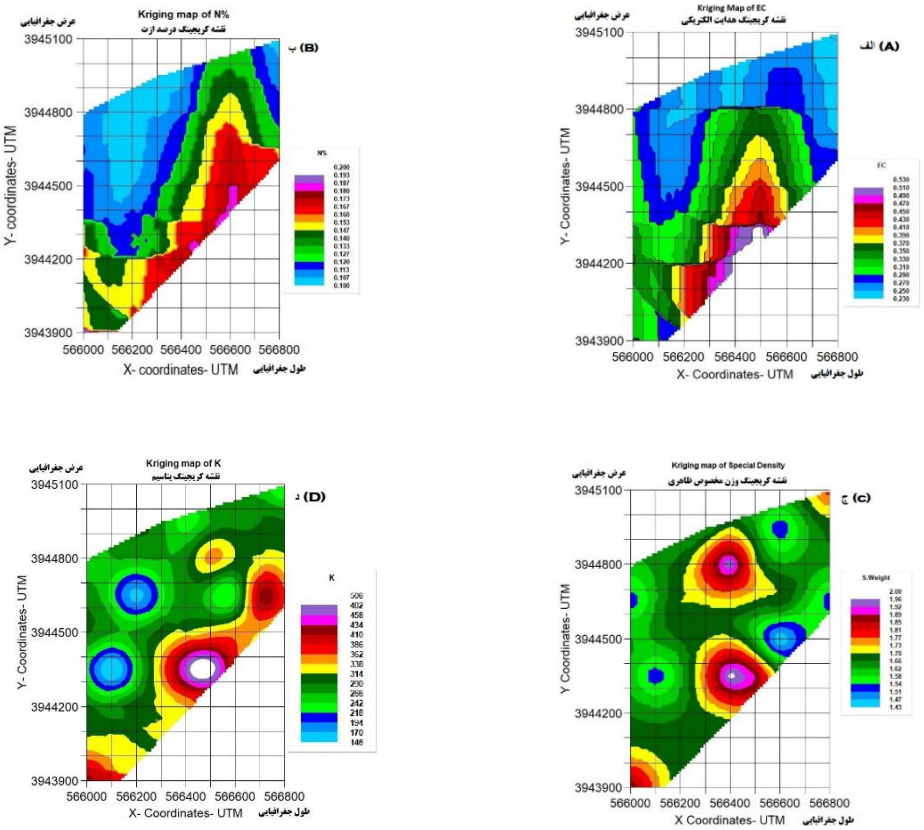


شکل ۲- موقعیت محدوده مورد مطالعه و جانمایی در نقشه پارک ملی خجیر
Figure 2. Location of the studied area and location on Khojir National Park

از بین عوامل محیطی، مشخصه‌های فیزیوگرافی عرصه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک که در محدوده مورد مطالعه دارای تغییرات بوده، انتخاب شدند. نمونه‌برداری از پوشش‌گیاهی به‌روش منظم- تصادفی بر اساس شبکه‌ای به ابعاد شبکه ۱۵۰×۱۰۰ متر و با قطعات نمونه دایره‌ای شکل ۱۲ آری در خرداد ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد (Zobeiry, 1994). در نهایت بررسی حضور و عدم حضور بنه و شمارش تعداد پایه‌ها برای ۶۱ قطعه نمونه پیاده شده انجام گرفت. نمونه‌برداری از خاک در محدوده قطعات نمونه به گونه‌ای انجام شد که از هر سیمای همگن از منطقه (بر اساس رنگ، بافت خاک، پوشش گیاهی و وضعیت توپوگرافی) نمونه‌ای برای بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک وجود داشته باشد (Lotfollahi et

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

al. 2020). در نتیجه در ۱۷ قطعه نمونه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری شد و مختصات مکانی این قطعات نمونه نیز ثبت شد. سپس در آزمایشگاه متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی، پتاسیم قابل جذب، درصد ازت، فسفر قابل جذب، درصد کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد رطوبت اشباع خاک، درصد آهک، درصد شن، درصد سیلت و درصد رس نمونه‌های خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. از بین ۱۳ متغیر مورد اندازه‌گیری خاک تنها برای چهار متغیر (پتاسیم قابل جذب، درصد ازت، هدایت الکتریکی و وزن مخصوص ظاهری) مدل واریوگرام معتبر برای برآورد مقدار متغیر در سایر نقاط به‌روش کریجینگ زمین‌آمار وجود داشت (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه هدایت الکتریکی (الف)، درصد ازت (ب)، وزن مخصوص ظاهری (ج) و پتاسیم قابل جذب (د) در محدوده مورد مطالعه
Figure 3. Electricity conductivity (A), Nitrogen (B), Special Density (C) and Potassium (D) on location of the studied area

از نقشه رقومی ارتفاع (DEM) منطقه با اندازه سلول ۱۰ متر به‌عنوان ورودی در نرم‌افزار ArcGIS به‌منظور تهیه نقشه متغیرهای توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) استفاده شد. برای تهیه نقشه ویژگی‌های خاک و برآورد متغیرهای آن برای سایر قطعات نمونه از نرم افزارهای ArcGIS 10.4.1 و GS+ نسخه ۵,۱ استفاده شد.

پیش پردازش داده‌ها، اجرای مدل و انتخاب مدل بهینه تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و ارزیابی مدل‌ها

از آنجاکه متغیرهای اندازه‌گیری شده از ابعاد یکسانی برخوردار نیستند، برای یکسان‌سازی آنها از روش نرمال‌سازی داده‌ها بین صفر و یک استفاده شد (Mahmoudabadi & Seyedhosseini, 2012). برای یکسان‌سازی داده‌های ورودی مدل که دارای واحدهای مختلفی می‌باشند از روش استانداردسازی با رابطه $\frac{Xmax-Xi}{Xmax-Xmin}$ استفاده شده است (Xmax میزان حداکثر مشخصه، Xmin میزان حداقل مشخصه و Xi میزان مشخصه) و مشخصه‌های طبقه‌ای در نرم‌افزار SPSS Modeler به‌عنوان داده‌های طبقه‌بندی شده معرفی شدند.

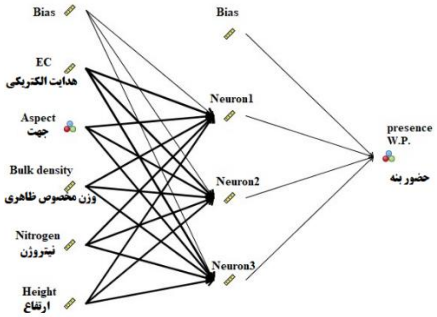
یکی از معماری‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی که از آن به‌عنوان تخمین‌گر جهانی یاد می‌شود و کاربرد گسترده‌ای دارد، روش پرسپترون چندلایه است. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه‌ی ورودی جهت اعمال ورودی‌های مسئله، یک لایه‌ی پنهان و یک لایه‌ی خروجی که نهایتاً پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌نمایند، استفاده می‌شود (Dayhoff, 1990). آموزش اینگونه شبکه‌ها معمولاً با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا انجام می‌شود و ویژگی اصلی این شبکه‌ها قابلیت جداسازی الگوهای غیرخطی است (Menhaj, 2000). در این مطالعه برای تدوین مدل شبکه عصبی مصنوعی از برنامه IBM Spss Modeler نسخه ۱۸ استفاده شد.

ابتدا نوع و نقش متغیرهای مستقل تعیین گردید، متغیرهای پتاسیم قابل جذب، درصد شیب، درصد ازت، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری، ارتفاع ازسطح دریا و جهت جغرافیایی به‌عنوان ورودی مدل و حضور و عدم‌حضور به‌عنوان خروجی مدل معرفی شدند، سپس متغیرها به‌لحاظ مشخصه‌های آماری و داده‌های پرت مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجاکه استفاده از

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

تعداد بیشتر متغیر، مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتر برای جمع‌آوری آنها می‌باشد، ضمن اینکه جمع‌آوری برخی متغیرها نیز مشکل است، بنابراین کلیه متغیرها مورد بررسی قرار گرفتند و متغیرهایی که اثرات ناچیزی بر روی مدل داشتند (پتاسیم قابل جذب و درصد شیب) از مجموعه متغیرها به‌کمک دستور Feature selection and generate در نرم‌افزار IBM Spss Modeler حذف شدند (متغیرهایی که بیش از ۷۰ درصد، داده برای تمامی قطعات نمونه وجود نداشت، متغیری که ۹۰ درصد داده‌های آن در یک طبقه قرار داشته، داده‌هایی که حداقل ضریب تغییرات را داشته و داده‌هایی که حداقل انحراف معیار را داشته باشند). در مرحله بعد داده‌های در دسترس به نسبت ۷۰، ۲۰و۱۰درصد و به‌روش تصادفی به سه مجموعه آموزش، آزمون و اعتبارسنجی به‌کمک دستور Partition تقسیم شدند (Jahani & Fazel, 2016; piri Sahragard & Zare Chahouki, 2015).

با اجرای دستور Neural Net شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه با ۵ نرون ورودی، یک لایه پنهان و ۴ نرون و خروجی مدل (حضور و عدم حضور بنه) طراحی گردید. در شکل ۴ متغیرهایی که تأثیر بیشتری در مدل پیش‌بینی دارند با خطوط ضخیم‌تری به نرون‌های لایه پنهان متصل گردیده‌اند.



شکل ۴- طرح شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی حضور بنه
Figure 4. Artificial neural network design for predicting the presence of Wild Pistachio

با اجرای مدل مذکور برای تمامی مناطق نمونه‌برداری شده، برآورد احتمال حضور و عدم‌حضور تعیین گردید.

نتایج و بحث

اطلاعات و نتایج آماری

در جدول ۱ اطلاعات آماری متغیرهای معرفی شده به مدل ارائه شده است. بیشترین تغییرات در دامنه متغیرهای پتاسیم قابل جذب و ارتفاع از سطح دریا و کمترین تغییرات در میزان درصد ازت می‌باشد.

جدول ۱- اطلاعات آماری متغیرهای ورودی در تهیه مدل شبکه عصبی مصنوعی
Table 1. Statistical information of the input variables in preparing the artificial neural network model

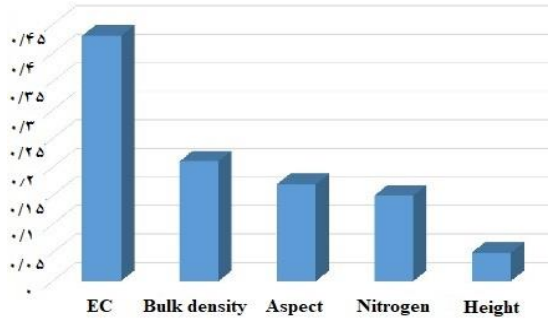
متغیر مستقل independent variable	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Average	انحراف معیار standard deviation
تعداد بنه Number of Wild Pistachio	0	37	10/344	7/414
هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتیمتر) Electrical conductivity (millimos/cm)	0/21	0/5	0/314	0/580
ازت(درصد) N%	0/1	0/2	0/133	0/260
پتاسیم قابل جذب (p.p.m) P(p.p.m)	146	495	293/31	62/689
وزن مخصوص ظاهری (گرم برسانتیمتر مکعب) Apparent specific gravity (grams per cubic centimeter)	1/44	2	1/657	0/095
ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above sea level (meters)	1412	1600	1496/5	43/264
شیب (درصد) Slope (percentage)	5	60	28/082	15/801
*جهت Direction				

*جهت متغیر طبقه‌ای است و فاقد حداقل و حداکثر و میانگین می‌باشد.
*. The direction of the variable is stratified and has no minimum, maximum, and average

مدل پیش‌بینی حضور و عدم‌حضور بنه پرسپترون چند لایه بوده و صحت پیش‌بینی مدل برابر با ۹۰/۷ ٪ می‌باشد. این مدل دارای ۵ پارامتر مستقل به‌عنوان ورودی و یک لایه پنهان با ۴ گره عصبی و خروجی مدل است که حضور و عدم حضور بنه می‌باشد.

در مدل پیش‌بینی حضور و عدم‌حضور بنه براساس مدل تهیه شده، شکل ۴ (پارامترهای موثرتر با خطوط ضخیم‌تر نشان داده شده) و بر اساس مدل تدوین شده (شکل ۵) به‌ترتیب متغیرهای مستقل هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری، جهت جغرافیایی، درصد ازت و ارتفاع از سطح دریا بیشترین اهمیت را به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۴۳، ۰/۲۱، ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۰۵ در پیش‌بینی احتمال حضور و عدم‌حضور بنه داشتند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]



شکل ۵- میزان اهمیت متغیرهای ورودی در مدل شبکه عصبی مصنوعی بنه
Figure 5. Importance of the input variables in the artificial neural network model

در جدول ۲ بررسی حضور و عدم‌حضور بنه در کل مناطق مشاهده‌شده و پیش‌بینی مدل برای همان مناطق می‌باشد که نشان از میزان بالای صحت مدل در طبقه‌بندی حضور و عدم حضور می‌باشد.

جدول ۲- طبقه‌بندی حضور بنه، میزان درصد طبقه‌بندی صحیح = ۹۰/۷٪
Table 2. Classification of the presence of Wild Pistachio, the percentage of correct classification = 90/7%

مشاهده Observation	پیش بینی Prediction	
	عدم حضور Absence	حضور Presence
عدم حضور Absence	86/4%	13/6%
حضور Presence	4/8%	95/2%

مدل شبکه عصبی در رویشگاه مورد مطالعه با استفاده از تابع انتقال تانژانت سیگموئید با لایه ورودی با ۵ گره و یک لایه پنهان و ۴ گره و خروجی مدل با ۲ گره که نتایج آماری اجرای آن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- ساختار بهترین مدل شبکه عصبی برای گونه بنه و نتایج آماری اجرای آن
Table 3. The structure of the best neural network model and the statistical results of its implementation

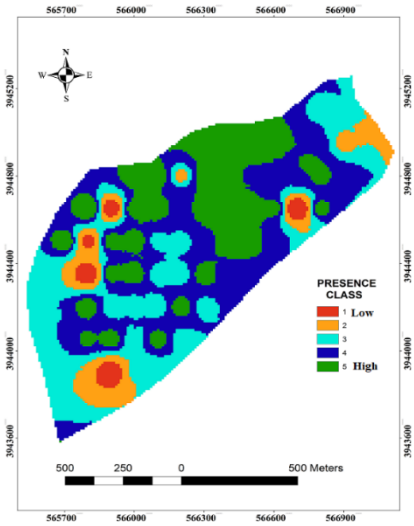
نام رویشگاه Habitat name	معماری Architecture ورودی/ میانی/ خروجی Input /Intermediate/ Output	تعداد لایه پنهان Number of hidden layers	تابع انتقال Transfer function	نتایج آماری Statistical results	
				ضریب تبیین R^2	خطای میانگین مربعات MSE
Pistacia atlantica	5:4:2	1	تانژانت سیگموئید	0/91	0/0025

نقشه پیش‌بینی احتمال حضور بنه

در نرم‌افزار ArcGIS با روی‌هم گذاری لایه‌های رقومی متغیرهای ورودی مدل شبکه عصبی با اندازه پیکسل‌های یکسان و تاثیر ضریب وزنی اهمیت داده‌ها که پس از تدوین مدل شبکه عصبی مشخص شده بود (شکل ۵)، نقشه رقومی احتمال حضور و عدم حضور بنه در محدوده مورد مطالعه به‌دست می‌آید. (شکل ۶).

بر اساس نقشه به‌دست آمده از پیش‌بینی مدل برای حضور و عدم حضور بنه (شکل ۶)، این نقشه برای رویشگاه بنه دارای تطابق خوب با نقشه واقعیت زمینی است (ضریب کاپا:۰/۶۵۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]



شکل۶- نقشه پیش‌بینی احتمال حضور بنه در منطقه مورد بررسی حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی
Figure 6. Predicted map of the presence and absence of Wild Pistachio in the area under study from the artificial neural network model

جدول ۴- بررسی میزان تطابق نقشه واقعی با نقشه پیش بینی
Table 4. Checking the match of the actual map with the forecast map

Approximate Significance	T تقریبی Approximate T	خطای استاندارد مجانبی Asymptotic Standard Error	ارزش کاپا Kappa Value	تعداد نمونه معتبر N of Valid Cases	اندازه‌گیری توافق Measure of Agreement
0/000	4/939	0/97	0/651	61	

لازمه احیاء ماندگار و موفق رویشگاه جنگل‌های بنه دقت در انتخاب عرصه‌های مستعد و دارای توان بالقوه برای رویش این گونه می‌باشد. مشخصه‌های محیطی و حضور گونه‌های جنگلی در رویشگاه جنگلی ارتباط تنگاتنگی با هم دارند، علاوه براین مشخصه‌های محیطی اثرات متقابلی نسبت به هم داشته و در پیش‌بینی حضور یک گونه در رویشگاه دارای میزان اثرگذاری متفاوتی هستند. برخی مشخصه‌ها اثرات بیشتر و برخی اثرات کمتر و یا بی تأثیر می‌باشند، تجزیه و تحلیل این عوامل در طرح‌های احیایی و جنگلکاری برای یافتن مشخصه‌های موثر و دارای همبستگی برای مکان‌یابی مناسب گونه‌های جنگلی حائز اهمیت می‌باشند.

پژوهش‌های زیادی عملکرد روش شبکه عصبی مصنوعی و دیگر روش‌های مدل‌سازی رایج در پراکنش گونه‌ها را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که روش شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌دلیل قابلیت زیاد در شناسایی روابط غیرخطی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با دیگر روش‌ها هستند و به‌طور خاص این روش‌ها از نظر عملکرد بر روش‌های رگرسیونی برتری دارند (Bedia et al., 2011; Melesse & Hanley, 2005; Moisen & Frescino, 2002; piri Sahragard & Zare Chahouki, 2015).

براساس نتایج، مدل برآورد حضور و عدم حضور بنه شبکه عصبی مصنوعی با ۵ نرون ورودی شامل متغیرهای ازت، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری، ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی و خروجی مدل حضور و عدم حضور گونه بنه بود که دو متغیر از متغیرهای ورودی به‌دلیل اینکه تأثیر مثبت در ساخت مدل نداشتند، حذف شدند و شبکه‌ای با یک لایه پنهان و ۴ نرون طراحی شد.

براساس جدول ۳ شبکه طراحی شده بهترین نتیجه را در برآورد حضور و عدم حضور گونه بنه با MSE به‌میزان ۰/۰۰۲۵ و R^2 به‌میزان ۰/۹۱ ارائه داد.

تحقیق محبوبه عباسی و محمد علی زارع چاهوکی (Abbasi, M., Zare Chahouki, M. A. 2014) دقت بالای مدل شبکه عصبی را در تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه را تایید می‌نمایند.

آنها به صحت مدل شبکه عصبی مصنوعی برابر ۹۸/۷ و ۹۷/۶ در تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های *Agropyron intermedium* و *Stipa barbata* به‌ترتیب با تطابق عالی و خوب با نقشه واقعیت زمینی دست یافتند (Abbasi, 2014).

شبکه عصبی توانسته است مشخصه‌های حضور درختان بنه را برپایه داده‌های خاک، ویژگی‌های توپوگرافی با دقت زیاد پیش‌بینی کند و بر اساس جدول ۴ مقدار تطابق نقشه پیش‌بینی حضور بنه حاصل از این مدل با داده واقعی خوب ارزیابی گردد (ضریب کاپا: ۰/۶۵۱) و نشان از تاثیر انتخاب متغیرهای ورودی مدل در پراکنش گونه مورد مطالعه می‌باشند.

مطالعه پیری صحراگرد و همکاران (Piri Sahragard, 2016) نیز تاییدی در توانایی شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه پراکنش مکانی گونه‌های *Pteropyrum olivieri-Stipa barbata* با تطابق عالی و نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌های *Artemisia aucheri-Astragalus*، *Scarigla orientalis- Stipa barbata* با تطابق خیلی خوب با نقشه واقعیت زمینی هستند.

در مدل پیش‌بینی حضور و عدم حضور بنه براساس شکل ۵ تاثیر متغیرهای مستقل (هدایت‌الکتریکی ، وزن مخصوص، جهت جغرافیایی، ازت و ارتفاع از سطح دریا) در بررسی‌های

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

دیگر نیز تناسب رویشگاه برای این گونه را مورد تاکید قرار داده‌اند.

هدایت الکتریکی (میزان شوری) با بیشترین ضریب اهمیت نشان از اهمیت این متغیر در محدوده رویشگاه این گونه دارد و تحقیق قاضی جهانی و همکاران (Abdi Ghazi Jahani, 2018). نیز تاییدی بر این یافته است که از ویژگی‌های مهم درختان بنه مقاومت به خشکی، سرما و شوری است.

تحقیق‌های زیر نقش متغیرهای محیطی ورودی به مدل را در پیش‌بینی حضور بنه تایید می‌نمایند.

باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014) اظهار داشتند بیشترین تعداد درختان بنه در ارتباط با جهت و ارتفاع است و درصد ازت، رطوبت اشباع و بافت خاک را موثر در تفکیک رویشگاه دانستند. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2013) بیشترین حضور پایه‌های بنه را در ارتباط با جهت جغرافیایی، عمق خاک و طبقه ارتفاعی دانستند (Hosseini et al., 2013). جوادی و همکاران (Javadi et al., 2015) اظهار داشتند همبستگی معنی‌داری بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از جمله خصوصیات و ویژگی‌های خاک بافت خاک، میزان آهک، اسیدیته و درصد ازت و همچنین مشخصه ارتفاع از سطح دریا وجود دارد. حیدری و همکاران (Heydari, 2016) در مطالعه آتواکولوژی بنه دریافتند که استقرار، خصوصیات کمی و مراحل فنولوژی بنه تحت تأثیر شرایط فیزیوگرافی بخصوص جهت دامنه و خصوصیات خاک قرار گرفته است و حضور گروه شامل بنه و بلوط تحت تأثیر خصوصیات خاک از جمله میزان ازت کل و ارتفاع از سطح دریا می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با دقت قابل قبولی (۹۰٪/۷) امکان استفاده از ترکیب داده‌های توپوگرافی و خاکی برای برآورد مشخصه مهم حضور گونه بنه در جنگل‌های مورد تحقیق وجود دارد و می‌توان از مدل شبکه عصبی مصنوعی که صحت زیادی در برآورد این مشخصه مهم داشت، بهره برد و به شناسایی مناطق مستعد احیای رویشگاه این گونه استراتژیک برای استقرار ماندگار جنگلکاری‌ها و احیای رویشگاه دست یافت.

همچنین باید پذیرفت که شبکه‌های عصبی به‌دلیل قابلیت این روش در مدل‌سازی روابط غیرخطی بین متغیرها و پدیده‌ها می‌تواند جایگزین معتبری نسبت به روش‌های آمار مکانی باشد، با این‌حال، باید این نکته را هم مدنظر قرار داد که به هر حال این روش نیز دارای خطاها و عدم قطعیت‌هایی است که حتماً باید مورد توجه کاربران آن قرار گیرد (piccinini, 2011).

پیشنهاد می‌گردد درعرصه‌های گسترده و برای کاهش هزینه اجرایی این بررسی را با لایه‌های رقومی اطلاعاتی تولیدی دستگاه‌های مرجع مورد بررسی قرار داد و در صورت دستیابی به نتایج مطلوب در پروژه‌های اجرایی مورد استفاده قرار داد.

References

Abbasi, M., Zare Chahouki, M. A. (2014). Modeling of potential habitat for Stipa barbata And Agropyron intermedium species using artificial neural network model in rangeland of Central Taleghan. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, *5*(2), 45-56.

Abdi Ghazi Jahani, A. A., J.; Sheykhzade, J.; Nourmand moayed, F. (2018). *Investigating the ecological factors influencing the adaptation of pistil (Pistacia atlantica) in Arsbaran forests* The first national conference on protection and protection of Arsbaran forests, Tabriz, IRAN.

Arta, F. (2000). *Investigating the environmental values of pistacia atlantica species in Khajir National Park in order to provide management guidelines* Azad University of Science and Research].

Azizi Kalesar, M., Moameri, M., Ghorbani, A., Khalasi Ahvazi, L., Fathi, M., & Samadi, S. (2021). Habitat assessment for Vaccinium arctostaphylos L. by logistic regression method in the rangelands of Namin-Ardabil [Research]. *Journal of Rangeland*, *15*(3), 522-533. https://doi.org/20-1001

Bagheri, H., Ghorbani, A., Zare Chahouki, M. A., Jafari, A. A., & Sefidi, K. (2019). Modelling spatial distribution of Limonium iranicum and Aeluropus littoralis species by logistic regression method: a case study of Meighan playa rangelands [Research]. *Journal of Rangeland*, *13*(4), 560-570. https://doi.org/20-1001

Bagheri, J., Salehi, A., & Taheri Abkenar, K. (2014). Factors affecting the establishment of reproduction and quantitative and qualitative characteristics of Pistacia atlantica trunk species in different physiographic conditions. *Iranian Forest Ecology Journal*, *2*(3), 1-12.

Bedia, J., Busqué, J., & Gutiérrez, J. (2011). Predicting plant species distribution across an alpine rangeland in northern Spain. A comparison of probabilistic methods. *Applied Vegetation Science*, *14*(3), 415-432. https://doi.org/10.1111

Cutler, D., Richard Edwards, J., Thomas, C., Beard Karen, H., Cutler Adele, H., Kyle, T., Gibson Jacob, L., & Joshua, J. (2007). Random forests for classification in ecology. *Ecology*, *88*(11), 2783-2792. https://doi.org/10.1890

Dayhoff, J. E. (1990). *Neural network architectures: an introduction*. Van Nostrand Reinhold Co. https://doi.org/10.1007

Franklin, J. (1995). Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in physical geography*, *19*(4), 474-499. https://doi.org/10.1177

Haji Lee Doji, I. (2015). Ecology and physiology of Pistacia atlantica. (the first national perennial of aromatic and spicy medicinal plants.)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]

Heydari, M. (2016). Autecology and phenology of Pistacia atlantica in relation to edaphic and physiographic factors in Kabirkoh forests of Darreh Shahr county, Ilam province. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *29*(1), 80-95. https://doi.org/20.1001

Hosseini, S. Z., Kappas, M., Chahouki, M. Z., Gerold, G., Erasmi, S., & Emam, A. R. (2013). Modelling potential habitats for Artemisia sieberi and Artemisia aucheri in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics. *Ecological Informatics*, *18*, 61-68. https://doi.org/10.1016

Jahani, A., & Fazel, A. M. (2016). Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. *Journal of Natural Environment*, *69*(4), 951-963.

Javadi, S. A., Khan Armoui, A. r., & Jafari, M. (2015). Investigating the relationship between vegetation factors and soil properties. *Iranian Journal of Natural Resources*, *69*, 353-366.

Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P., & Pearson, R. G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, *28*(3), 385-393. https://doi.org/10.1111

Mahmoudabadi, A., & Seyedhosseini, S. M. (2012). Time-risk tradeoff of hazmat routing problem in emergency situation. Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey,

Melesse, A. M., & Hanley, R. S. (2005). Artificial neural network application for multi-ecosystem carbon flux simulation. *Ecological Modelling*, *189*(3-4), 305-314. https://doi.org/10.1016

Menhaj, M. b. (2000). Computational Intelligence Basics of Neural Networks. *1*. (Amirkabir University of Technology Publishing Center)

Moisen, G. G., & Frescino, T. S. (2002). Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, *157*(2-3), 209-225. https://doi.org/10.1016

piccinini, C. (2011). *Assessing the impact of climate change on plant distributions using Artifical Neural Networks* [Applied GIS, Kingston university London].

Piri Sahragard, H. (2022). An estimation of spatial distribution domain of plant species using artificial neural networks in west rangelands of Taftan. *Desert Ecosystem Engineering*, *5*(12), 23-36.

piri Sahragard, H., & Zare Chahouki, M. A. (2015). An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. *Ecological Modelling*, *309*, 64-71. https://doi.org/10.1016

Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M. A., & Azarnivand, H. (2013). Modeling the habitat distribution of plant species in pastures west of Hoz Sultan in Qom province using logistic regression method. *Pasture Journal*, *1*, 94-113.

Piri Sahragard, H. z. c., M.A.; Ebrahimi, M. (2016). Predictive Spatial Distribution Maps of Plant Species Habitats in the Khalejestan Rangelands of Qom province. *Watershed Management Research*, *28*(4), 29-39. https://doi.org/10.22092

Sadat Mousavi, H.S., Jahani, A., Danekar A., Etemad V., Sahragard F.A., (20203). Enviromental factor effects on vegetation coverage using Neural Network Modeling in central Alborz protected area. Journal of natural environment, 76(2), 185-201. 10.22059/jne.2023.353731.2514

Vahidinia, K., Gholinejad, B., & Karami, P. (2016). Check environmental factors affecting the distribution pattern of dominant species rangeland types (case study: rangeland ariz.), 40-47.

Zobeiry, M. (1994). *Forest Inventory* (Vol. 1). Tehran University Publications.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.13.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.57]