University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Environmental factor effects on vegetation coverage using Neural Network Modeling in central Alborz protected area

Hannaneh Sadat Sadat Mousavi[1] | Ali Jahani[2] | Afshin Danehkar[3]✉ | Vahid Etemad[4] | Farnoush Attar Sahragard[5]

1. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: h.sadatmousavi@ut.ac.ir
2. Department of Assessment and Environment Risks, Research Center of Environment and Sustainable Development, Iran Environmental Protection Organization, Tehran, Iran. E-mail: ajahani@ut.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: danehkar@ut.ac.ir
4. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: vetemad@ut.ac.ir
5. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: attar.farnoush@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 11 January 2023

Received in revised form 08 March 2023

Accepted 13 March 2023

Published online 22 June 2023

Keywords:

Multilayer perceptron,

Coverage,

Artificial neural network,

Environmental factors.

ABSTRACT

Vegetation plays an important role in maintaining the balance of ecosystems and is considered as a significant indicator in assessing the environment of terrestrial ecosystems. The coverage of vegetation is considered as one of the important characteristics for the assessment of vegetation. Vegetation changes cause disorder in the ecosystem and act as a stimulus to change the composition of species and habitat conditions. The present research was conducted with the aim of modeling the effect of human activities on the coverage of vegetation with the help of artificial neural network and determining the most effective ecological and human variables on the coverage in the central Alborz protected area under the management of Alborz province. For this purpose, after the characterizing homogeneous ecological units, 101 plant square plots with dimensions of 2 x 2 meters and 101 soil samples were collected in these units. Modeling was done using multi-layer perceptron method, the input data included soil physical and chemical variables, physiographic variables (based on management plan maps) and variables related to human factors (based on the Euclidean distance map of sampling points). According to the values of the coefficient of determination in the three categories of training, validation and test data equal to 0.86, 0.79 and 0.81, the optimal structure of the model for the coverage of vegetation with a structure of 1-19-18 (18 input variables, 19 neurons in the hidden layer and one output variable) was selected. Based on the results of sensitivity analysis, slope variables, percentage of organic matter and height, the most effective variables on the abundance of vegetation in the study area were identified. The model presented in this research is used as a decision support system in assessing the effects of human activities on the coverage of vegetation in protected areas and provides the possibility of predicting the extent of these effects on the coverage of vegetation in protected areas.

Cite this article: Sadat Mousavi, H.S., Jahani, A., Danehkar, A., Etemad, V., & Attar Sahragard, F. (2023). Environmental factor effects on vegetation coverage using Neural Network Modeling in central Alborz protected area. *Journal of Natural Environment*, 76 (2), 185-201. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.353731.2514

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.353731.2514

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

کاربرد شبکهٔ عصبی در مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی

حنانه سادات سادات موسوی[۱] | علی جهانی[۲] | افشین دانه‌کار[۳]✉ | وحید اعتماد[۴] | فرنوش عطار صحراگرد[۵]

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: h.sadatmousavi@ut.ac.ir
۲. گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست کشور، تهران، ایران. رایانامه: ajahani@ut.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: danehkar@ut.ac.ir
۴. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: vetemad@ut.ac.ir
۵. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: attar.farnoush@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
پرسپترون چند لایه،
پوشش گیاهی،
شبکهٔ عصبی مصنوعی،
عوامل محیطی.

چکیده

پوشش گیاهی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک شاخص با اهمیت در ارزیابی اکوسیستم‌های خشکی به‌شمار می‌آید. انبوهی پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از خصوصیات مهم برای ارزیابی رستنی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. تغییرات پوشش گیاهی سبب به‌وجود آمدن بی‌نظمی در اکوسیستم شده و به‌عنوان یک محرک در تغییر ترکیب گونه‌ها و شرایط زیستگاهی عمل می‌کند. پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی با کمک شبکهٔ عصبی مصنوعی و تعیین اثرگذارترین متغیرهای اکولوژیک و انسانی بر انبوهی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز انجام شد. بدین‌منظور پس از تشکیل واحدهای همگن اکولوژیک، تعداد ۱۰۱ قطعه نمونهٔ مربعی شکل به ابعاد ۲ در ۲ متر، نمونهٔ گیاهی و ۱۰۱ نمونهٔ خاک در این واحدها برداشت و آنالیزهای مربوط به خاک و پوشش گیاهی بر روی آن‌ها انجام گرفت. مدل‌سازی با استفاده از روش پرسپترون چند لایه انجام شد، داده‌های ورودی شامل متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک، متغیرهای فیزیوگرافی (براساس نقشه‌های طرح مدیریت) و متغیرهای مربوط به عوامل انسانی (براساس نقشهٔ فاصلهٔ اقلیدسی از نقاط نمونه‌برداری) بود. با توجه به مقادیر ضریب تبیین در سه دسته دادهٔ آموزش، اعتبارسنجی و آزمون برابر با ۰/۸۶، ۰/۷۹ و ۰/۸۱، ساختار بهینهٔ مدل برای انبوهی پوشش گیاهی با ساختار ۱-۱۹-۱۸ (۱۸ متغیر ورودی، ۱۹ نورون در لایهٔ پنهان و یک متغیر خروجی) انتخاب شد. براساس نتایج آنالیز حساسیت، متغیرهای شیب، درصد مادهٔ آلی و ارتفاع، اثرگذارترین متغیرها بر انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه شناسایی شد. مدل ارائه‌شده در این پژوهش به‌عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسان بر انبوهی پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت کاربرد دارد و امکان پیش‌بینی میزان اثرات مذکور را بر انبوهی پوشش گیاهی در این مناطق فراهم می‌کند.

استناد: سادات موسوی؛ حنانه سادات، جهانی؛ علی؛ دانه کار، افشین، اعتماد، وحید؛ و عطار صحراگرد، فرنوش (۱۴۰۲). کاربرد شبکهٔ عصبی در مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی. *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (۲)، ۲۰۱-۱۸۵.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.353731.2514

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

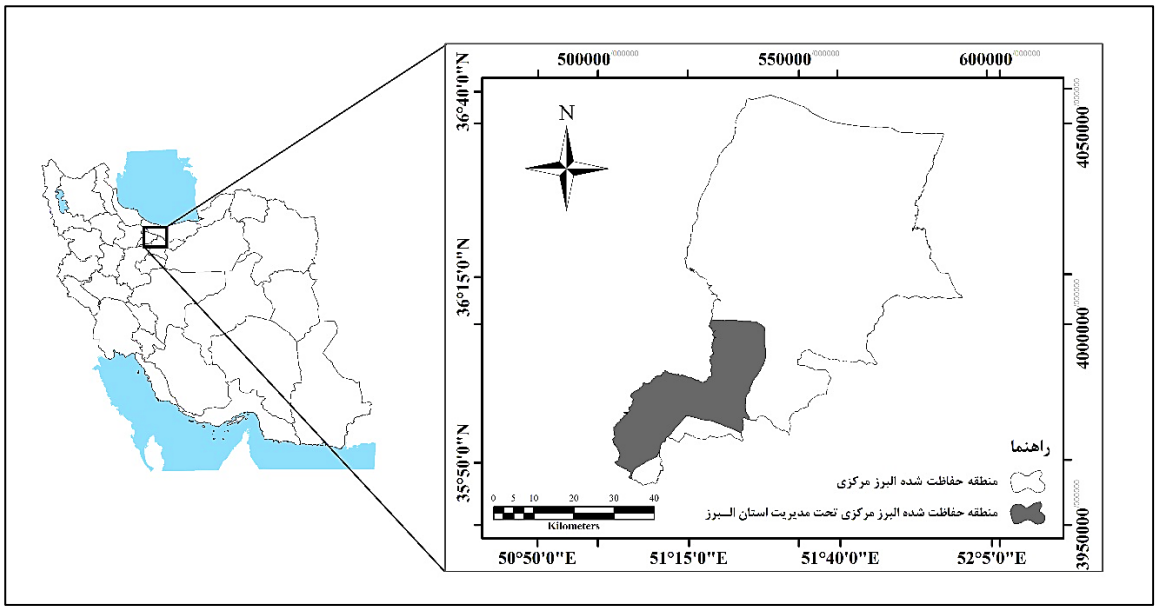
پوشش گیاهی یکی از اجزای ساختاری مؤثر در طبیعت است و نقش مهمی را در خدمات اکوسیستمی از جمله کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای، حاصلخیزی خاک، حفاظت و تنظیم هوا، آب و خاک، افزایش نفوذپذیری خاک و کنترل رواناب ایفا می‌کند. ایجاد هر گونه تغییر در پوشش گیاهی و تخریب آن، اثر زیادی بر محیط‌زیست طبیعی خواهد گذاشت. تغییرات ایجادشده در پوشش گیاهی به‌طور مستقیم بر تعادل انرژی اثرگذار است. پوشش گیاهی در کشور ایران به‌دلایل متعدد از جمله تغییر کاربری و تبدیل اراضی، استفاده بی اندازه از منابع گیاهی به‌منظور تأمین سوخت و همچنین تخریب اراضی رو به زوال و نابودی بوده و امروزه در اکثر مناطق در وضعیت بحرانی قرار گرفته است به گونه‌ای که میزان این تعارضات انسانی در مناطق طبیعی به اندازه‌ای افزایش یافته است که تخریب در کلیهٔ اکوسیستم‌های طبیعی به‌ویژه در مناطق تحت حفاظت روند افزایشی داشته است (Yaghmaei *et al*., 2016). بنیان بهره‌برداری صحیح و اصولی از طبیعت و توسعهٔ پایدار، شناخت اکوسیستم‌ها و نگهداری از پوشش گیاهی به‌عنوان یک بخش سرنوشت‌ساز در پایداری اکوسیستم است (Pourbabaei *et al*., 2012). بنابراین شناخت مستمر روند تغییرات پوشش گیاهی و وضعیت آن به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح و بهره‌برداری از آن ضروری و لازم است (Tatiyan et al., 2014).

حفاظت و پایش مناطق تحت حفاظت و اکوسیستم‌ها با هدف حفظ فرآیندهای اکولوژیک، تضمین بهره‌وری پایدار از گونه‌ها و اکوسیستم‌ها و دستیابی به شیوه‌های مدیریت مناسب هماهنگ با راهبرد جهانی حفاظت است (Wang *et al*., 2009; Jones *et al*., 2009; Mosaffaei *et al*., 2020). در مناطق تحت حفاظت، تفرج و گردشگری طبیعت محور رو به افزایش است که می تواند به‌عنوان عامل پتانسیل در جهت تخریب به‌شمار رود. همچنین وجود دام و دامداری در این مناطق از پیشران‌های مهم تخریب به‌شمار میآید. هرچند در مناطق حفاظت‌شده و پناه‌گاه‌های حیات وحش، امکان دامداری در چارچوب طرح ممیزی وجود دارد اما فقدان سامانه‌های پایش و ضعف ابزار تصمیم‌گیری می‌تواند بر ثبات و عملکرد بوم‌شناختی آن اثرگذار باشد. به‌طور کلی، فعالیت‌های انسانی شامل توسعهٔ دامپروری و فعالیت‌های تفرجی اثراتی مستقیم و غیر مستقیم بر پوشش گیاهی اغلب مناطق تحت حفاظت دارند (Sheydaei Karkaj *et al*., 2017; Pourmohammad, 2018; Shirani sarmazeh *et al*., 2018; Pongpattananurak, 2018). اثرات مستقیم شامل پایمال شدن و لگدکوبی پوشش گیاهی در اثر رفت و آمد گردشگر و دام‌ها، فشردگی خاک و تخریب پوشش گیاهی در اثر چرای بی‌رویهٔ دام، ساخت جاده و تأسیسات زیربنایی است. همچنین ظهور و گسترش گیاهان غیر بومی نیز از اثرات غیر مستقیم فعالیت‌های انسانی بر پوشش گیاهی می‌باشد (Eshaghi Rad *et al*., 2011). Ballantyne و همکاران (۲۰۱۴) نیز بر این موضوع تأکید دارند که فعالیت‌های انسانی، با پیامدهایی همچون تراکم و تغییر در میزان مواد مغذی خاک و تغییر در وضعیت آب‌شناختی را به‌دنبال دارند که در نهایت سبب تغییر در ساختار پوشش گیاهی می‌شود. به همین دلیل بسیاری از محققین سعی در کمی کردن و مدل‌سازی اثرات این متغیرها بر تخریب پوشش گیاهی دارند. برای مثال، Mosaffaei و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی به مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان مخاطرات محیطی در اثر افزایش تخریب در محیط‌های طبیعی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عواملی از جمله رطوبت وزنی، وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی، تخلخل خاک و فاصله از جاده‌ها نقش کلیدی در تخریب پوشش گیاهی، افزایش سیل و افزایش ریسک انقراض گونه‌های گیاهی در مناطق تحت حفاظت دارد. پوشش گیاهی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک شاخص با اهمیت در ارزیابی سلامت و سطح کارکرد محیط‌زیست در اکوسیستم‌های خشکی به شمار می‌رود (Pringle *et al*., 2012). همچنین پوشش گیاهی نه تنها بخش اساسی اکوسیستم‌های خشکی را تشکیل داده است، بلکه نقش مهمی در تبادل انرژی در سطح زمین ایفا می‌کند (Peng *et al*., 2012). یکی از مسائل محیط‌زیستی مهم تغییرات پوشش گیاهی است؛ زیرا سبب ایجاد بی‌نظمی در اکوسیستم شده و به‌عنوان یک محرک در تغییر ترکیب گونه‌ها و شرایط زیستگاهی عمل می‌کند (Rannow and Neubert, 2014). در همین راستا، Eshaghi Rad و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با استفاده از روش منظم تصادفی و شبکه‌هایی با اندازهٔ ۱۵۰ در ۱۰۰ متر به بررسی اثرات تغییر کاربری در پارک‌های جنگلی و اثرات فعالیت‌های تفرجی بر این مناطق پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی در مناطقی که فعالیت‌های تفرجی با شدت بالا داشته‌اند با مناطقی که شدت فعالیت‌های تفرجی در آن‌ها متوسط و یا کم بوده است، کاملاً متفاوت است. از طرفی، بررسی انبوهی گونه‌ها، علاوه بر

اهدافی مانند تحقیقات جامعه‌شناسی گیاهی، نقش مهمی در واکاوی و توصیف خصوصیات پوشش گیاهی، بررسی اثرات اقلیم بر روی گیاهان، بررسی‌های توالی و همچنین هم‌سنجی‌های دقیق در جغرافیای گیاهی دارد. انبوهی پوشش گیاهی، به‌عنوان یکی از خصوصیات مهم برای ارزیابی رستنی‌ها، بررسی خصوصیات و تغییرات جوامع گیاهی در دوره‌های مختلف، تشریح عکس‌العمل گیاهان به عملیات مختلف مدیریتی، اندازه‌گیری پوشش، تعیین ترکیب گونه‌ای و برآورد تولید و زی‌توده نقش مهمی دارد (Imani *et al*., 2013). بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزایش فعالیت‌های انسانی از قبیل کوه‌نوردی و پیاده‌روی سبب افزایش مسیرهای تفرجی و گذرگاه‌ها در نواحی دست نخورده و پارک‌های ملی می‌شود (Eagles, 2013). پاکوبی این گذرگاه‌ها و مسیرها سبب فشرده شدن و فرسودگی خاک، کم شدن گیاهان (Zhang and Lei, 2012)، تغییر خصوصیات شیمیایی، آب‌شناختی و زیستی خاک و سرانجام از بین رفتن آن می‌شود (Lucas Borja *et al*., 2011).

امروزه استفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی در مطالعات محیط زیست کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. مدل‌سازی با کمک روش شبکهٔ عصبی مصنوعی، به کشف روابط حاکم میان عناصر اکوسیستم، کمی کردن آن‌ها، ارتباط آن‌ها با تخریب اکوسیستم و بهبود مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی منجر می‌شود (Maier *et al*., 2010; Vali *et al*., 2012; Aghajani *et al*., 2014; Piri Sahragard *et al*., 2015; Jahani, 2016). مدل‌سازی عناصر محیطی به برنامه‌ریزی مؤثر در حفاظت از محیط‌زیست کمک شایانی می‌نماید و کاربرد بسیاری در شناخت اثرات و پیامدهای تخریب و تغییر پوشش گیاهی دارد (Borana and Yadav., 2017). Jahani (۲۰۱۶) در تحقیق خود آشفتگی انبوهی جنگل را با روش شبکهٔ عصبی، مدل‌سازی کرد و به این نتیجه رسید که عوامل انسانی مانند تراکم دام در واحد سطح به همراه عوامل طبیعی و اکولوژیک مانند متوسط قطر درختان توده، عمق و زهکشی خاک به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در میزان انبوهی جنگل دارند. در تحقیقات دیگری نیز بررسی تأثیرات عوامل مختلفی بر روی پوشش گیاهی صورت گرفته است. برای مثال، Sheydaei Karkaj و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به‌منظور ارزیابی پاسخ پوشش گیاهی به چرا در پنج منطقهٔ مختلف با استفاده از روش آماری، تراکم گیاهی، درصد تاج پوشش گیاهی، چرایی و خصوصیات عملکردی را اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که که شدت چرا تأثیر معنی‌داری بر روی پوشش گیاهی منطقه می‌گذارد. به‌طوری که کاهش تراکم گونه‌های مطلوب و افزایش تراکم گونه‌های نامطلوب در پی افزایش شدت چرا رخ می‌دهد. همچنین، Mosaffaei و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی و رگرسیون به شناسایی اثرگذارترین عوامل و برنامه‌های مدیریتی مؤثر بر تخریب پوشش گیاهی و ارائهٔ مدل پیش‌بینی تخریب در اثر برنامه‌های مدیریتی در مناطق تحت حفاظت پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که رطوبت وزنی خاک نقش مهمی در مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی دارد. Jahani و Saffariha (۲۰۲۱) نیز در تحقیقی برای پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی مرتبط با فعالیت‌های انسانی از مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی استفاده کردند. براساس نتایج، مدل شبکهٔ عصبی قابلیت زیادی در پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی داشته و شدت فعالیت‌های انسانی و رطوبت خاک مهم‌ترین ورودی‌های مؤثر بر شبکهٔ عصبی معرفی شدند. Yaghmaei و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی اثرات تغییرات کاربری اراضی را بر پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند و فعالیت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی را به‌عنوان عوامل مؤثر بر خشکیدن و نابودی مراتع و جنگل‌ها، معرفی کردند.

Jahani (۲۰۱۹) در پژوهش خود با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی به مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جنگل پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکهٔ عصبی از قابلیت مناسبی در مدل کردن کیفیت زیباشناختی منظر جنگل برخوردار است و مدل طراحی شده علاوه بر ارائهٔ معیارهای کاربردی در ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جنگل، به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری با قابلیت کاربرد در اکوسیستم‌های جنگلی مشابه به‌شمار می‌رود. Zhang و Lei (۲۰۱۲) در پژوهشی بیان کردند که افزایش فعالیت‌های انسانی سبب افزایش مسیرهای تفرجی و گذرگاه‌ها در نواحی دست‌نخورده و مناطق تحت حفاظت می‌شود و در نهایت کاهش گیاهان به سبب لگدکوبی گذرگاه‌ها و مسیرها، فشردگی و فرسودگی خاک، اتفاق می‌افتد. همچنین Piri Sahragard و همکاران (۲۰۱۵)، Jahani و همکاران (۲۰۲۰)، Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۴) و Tamrtash (۲۰۱۲) نیز در تحقیقاتی به بررسی اثر فعالیت‌های انسانی بر تغییرات انبوهی پوشش گیاهی و روابط بین تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی با عوامل محیطی پرداختند و بیان کردند که متغیرهای محیطی به همراه فعالیت‌های انسانی اثر بسیاری بر پوشش گیاهی می‌گذارند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی

منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی با برخورداری از منابع آب غنی، تنوع زیستی بالا، توپوگرافی جذاب و وجود گونه‌های گیاهی و جانوری منحصر به‌فرد، به‌عنوان منطقهٔ حفاظت‌شده شناخته شده است. همچنین وجود رودهای پر آب، دریاچهٔ سد امیرکبیر، راه‌های دسترسی مناسب، آثار تاریخی و مناظر طبیعی پر شکوه سبب شده است که سالانه گردشگران زیادی از این منطقه بازدید نمایند. از طرفی این منطقه زیستگاه علفخوارانی همچون کل و بز و قوچ و میش است، به همین دلیل تخریب و تغییر پوشش گیاهی باعث آسیب به جمعیت علفخواران و در نهایت گوشتخواران این منطقه می‌شود. بدین‌منظور اثرات عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی این منطقه مورد بررسی قرار گرفت. از این‌رو این پژوهش با هدف مدل‌سازی اثر عوامل محیطی و برخی عوامل اکولوژیک بر انبوهی پوشش گیاهی و با استفاده از روش شبکهٔ عصبی پرسپترون چندلایه به‌اجرا درآمد. علاوه بر این یک ابزار پشتیبان تصمیم گیری محیطزیستی برای مدیران مناطق تحت حفاظت طراحی شد تا قادر به پیش‌بینی اثر عوامل موثر بر پوشش گیاهی باشند.

روش‌شناسی پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه: این تحقیق در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز به انجام رسیده است. این منطقه میان استان‌های مازندران، البرز و تهران واقع شده است. مساحت کل آن ۳۹۸۰۹۱ هکتار است که استان مازندران دربرگیرندهٔ حدود ۷۴ درصد آن، استان تهران ۱۰ درصد آن و استان البرز دربرگیرندهٔ ۱۶ درصد آن است (Alborz Department of Environment, 2020). منطقهٔ مورد مطالعه محدود به حوزهٔ استحفاظی ادارهٔ کل حفاظت محیط زیست استان البرز در قسمت جنوب غربی این منطقه با مساحت حدود ۶۴۰۰۰ هکتار است که حد فاصل عرض جغرافیایی '۴۷°۳۵ تا '۰۹°۳۶ شمالی و طول جغرافیایی '۰۲°۵۱ تا '۲۷°۵۱ شرقی واقع شده است (شکل ۱). وضعیت و وسعت خاص پستی و بلندی و وضعیت متفاوت اقلیمی در استان البرز شرایط کم نظیری را برای رویش طیف وسیعی از گیاهان و زندگی گونه‌های مختلف حیات‌وحش فراهم نموده و سبب شده است تا تنوع گونه‌ای قابل توجهی در این منطقه به‌وجود آید. براساس طرح مدیریت منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی از ۳۰ تیپ گیاهی شناسایی شده در کل منطقهٔ البرز مرکزی ۹ تیپ گیاهی در حوزهٔ استحفاظی استان البرز وجود دارد (Mozaffarian, 2001). ازنظر تقسیم‌بندی رویشگاهی، قسمت جنوبی البرز مرکزی جزء ناحیهٔ ایران–تورانی به‌شمار می‌رود که یکی از ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی ایران است (Nezami Balouchi, 2014; Norouzi *et al.*, 2019). اقلیم منطقه براساس داده‌های هواشناسی بلند مدت، مطابق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن نیمه خشک با میانگین بارش سالانه ۳۸۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه حدود ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد، است. دامنهٔ تغییرات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه ۱۴۰۰ تا ۴۰۰۰ متر از سطح آزاد دریا است (Bayram Komaki., 2019). در شیب جنوبی البرز به‌علت وجود عوامل محدودکننده (ارتفاع، سرما، میزان بارندگی و نوع خاک) در شرایط رویشی هر

چند تراکم پوشش گیاهی قابل ملاحظه است اما تنوع گونه‌ای کم است به‌صورتی که عناصر تشکیل‌دهندهٔ جوامع گیاهی در بیش‌تر نواحی یکسان است و اغلب در دو گروه گیاهی متعلق به تیره‌های Papilionaceae و Gramineae دیده می‌شوند (Mozaffarian, 2001; Ataei *et al*., 2012; Ghaemi and Moghim., 2016 a/b). همچنین براساس مطالعات انجام شده در منطقه، بیان شده است که گونه‌های شناسایی شده متعلق به ۱۰۳ جنس از ۳۰ خانواده هستند. خانواده Asteraceae با ۲۱ گونه بالاترین تنوع گونه‌ای را در محدودهٔ مورد مطالعه دارا بوده و پس از این خانواده به‌ترتیب خانواده‌های Poaceae و Fabaceae با ۱۸ و ۱۷ گونه، بالاترین تنوع گونه‌ای را داشتند. نتایج شناسایی گونه‌ها همچنین نشان داده است در محدودهٔ مورد مطالعه جنس‌های *Salvia* با ۸ گونه و *Astragalus* با ۷ گونه، بیشترین تنوع گونه‌ها در میان جنس‌های شناسایی شده را به‌خود اختصاص دادند. همچنین گونهٔ *Lactuca orientalis* بیشترین درصد فراوانی (فرکانس) را به‌خود اختصاص داد و بالاترین فراوانی نیز به گونه‌های *Vaccaria pyramidata* و *Neslia apiculate* تعلق داشته است (Sadat Mousavi *et al*., 2023).

تهیهٔ واحدهای همگن اکولوژیک و نمونه‌برداری از خاک و پوشش گیاهی: در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از روش همپوشانی مک هارگ (Makhdoum, 2021) در نرم‌افزار Arc GIS، نقشهٔ واحدهای همگن اکولوژیک با مداخلهٔ نقشه‌های طبقات شیب، ارتفاع، جهت جغرافیایی، طبقات خاک (در قالب واحد اراضی) و پوشش گیاهی تشکیل شد (جدول ۱). بدین‌صورت که ابتدا با همپوشانی نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی، نقشهٔ نهایی شکل زمین تشکیل شد. سپس با تلفیق نقشهٔ نهایی شکل زمین با نقشه‌های طبقات خاک، نقشه مقدماتی واحدهای اکولوژیک و در نهایت با تلفیق این نقشه و نقشهٔ تیپ پوشش گیاهی، نقشهٔ واحدهای همگن اکولوژیک تشکیل شد. پس از تهیهٔ نقشهٔ واحدهای همگن اکولوژیک، تعداد ۱۰۱ واحد به‌منظور نمونه‌برداری از خاک و پوشش گیاهی انتخاب شد. در نهایت در این واحدها، به انتخاب محل تقریبی نقاط نمونه‌برداری پرداخته شد. به‌منظور نمونه‌برداری از خاک، از روش نمونه‌برداری مغزه‌ای با استفاده از رینگ فلزی با طول ۱۵ سانتی‌متر و قطر دهانهٔ ۵ سانتی‌متر (با حجم حدود ۷۵ سانتی‌متر مکعب) استفاده شد (شکل ۲). سپس خصوصیات خاک شامل بافت خاک (روش هیدرومتر)، وزن مخصوص حقیقی (روش استوانه مدرج)، وزن مخصوص ظاهری (روش کلوخه)، درصد رطوبت وزنی (روش استاندارد)، درصد تخلخل، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد مواد آلی (روش والکی و بلاک) و درصد آهک (روش کلسیمتری) اندازه‌گیری (Jafari Haghighi, 2004) و به‌عنوان داده‌های ورودی (Piri Sahragard *et al*., 2015; Jahani, 2016; Mosaffaei *et al*., 2019; Jahani *et al*., 2020; Jahani and Saffariha, 2021) در مدل‌سازی بکار برده شدند. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی، با استفاده از قطعات نمونه (پلات‌های) مربعی شکل با ابعاد ۲ در ۲ متر براساس روش پلات‌های حلزونی، (Moghaddam, 2008; Mosaffaei *et al*., 2019; Jahani and Saffariha, 2021) انجام شد. بدین‌صورت که در هر یگان، یک قطعه نمونه به‌صورت کاملاً تصادفی برداشت و در هر یک از این قطعات نمونه، گونه‌های گیاهی نمونه‌برداری و شمارش شد. در مجموع ۱۰۱ پلات در محدودهٔ مورد مطالعه برداشت شد (شکل ۳). در نهایت انبوهی (درصد پوشش) گیاهی در هر پلات براساس تاج پوشش گونه‌ها بدون در نظر گرفتن نوع گونه‌ها به‌منظور واردسازی در مدل‌سازی به عنوان دادهٔ خروجی محاسبه شد.

محاسبهٔ متغیرهای فیزیوگرافی: نقشه‌های این متغیرها که شامل ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت بود براساس نقشه‌های حاصل از مدل رقومی ارتفاع منطقه برگرفته از خطوط هم‌تراز طرح مدیریت منطقه، تهیه شد.

محاسبهٔ فاصله از فعالیت‌های انسانی: فاصلهٔ اقلیدسی نقاط نمونه‌برداری از فعالیت‌ها و زیرساخت‌های انسانی شامل فاصله از پاسگاه‌ها، فاصله از جاده‌ها، فاصله از روستاها و فاصله از تأسیسات و مراکز خدماتی–تفریحی در نرم‌افزار Google Earth و Arc GIS، محاسبه و به‌عنوان داده‌های ورودی در مدل‌سازی استفاده شدند.

مدل‌سازی با روش شبکه عصبی مصنوعی: به‌منظور مدل‌سازی با روش شبکهٔ عصبی پرسپترون چند لایه از نرم‌افزار MATLAB 2018 استفاده شد. در این پژوهش داده‌های ورودی (متغیرهای مستقل) شامل متغیرهای فیزیوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت)، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک (درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد ماده آلی، درصد آهک، وزن مخصوص حقیقی، وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، هدایت الکتریکی، اسیدیته و رطوبت وزنی) و متغیرهای انسانی (فاصله از جاده‌ها، فاصله از روستاها، فاصله از پاسگاه‌ها و فاصله از تأسیسات و مراکز خدماتی–تفریحی) و متغیر خروجی (متغیر

جدول ۱. طبقات نقشه‌های مورد استفاده جهت تشکیل نقشهٔ واحد همگن اکولوژیک

تیپ پوشش گیاهی	واحد اراضی	جهت جغرافیایی	شیب	ارتفاع
Astragalus verus + *Astragalus* spp. + grasses	1.1	P	<۱۰	۲۰۰۰–۱۴۰۰
Astragalus spp. + *Acantholimon* spp.+ *Psathyrostachys fragilis* + *Thymus* spp.	1.2	N	۲۰–۱۰	۲۶۰۰–۲۰۰۰
Astragalus spp. + *Onobrychis cornuta* + *Acantholimon* spp.+ grasses + *Cousinia* spp.		E	۳۰–۲۰	۳۲۰۰–۲۶۰۰
Rocks + *Astragalus* spp. + *Onobrychis cornuta* + *Acantholimon* + grasses + cousinia spp.		S	۴۰–۳۰	۳۸۰۰–۳۲۰۰
Astragalus verus + *Onobrychis cornuta* + grasses + *Thymus* spp.+ *Cousinia* spp.		W	۵۰–۴۰	۳۸۰۰<
Astragalus spp. + *Onobrychis cornuta* + *Acantholimon* spp.+ *Cousinia* spp. + *Cirsium lappaceum* + grasses + *Trifolium radicosum*			۵۰<	
Astragalus verus + *Astragalus* spp. + grasses + *Artemisia aucheri*				
Astragalus verus + *Onobrychis cornuta* + *Acantholimon* spp.+ grasses + *Thymus* spp.				
Rocks				

شکل ۲. نمونه‌برداری از خاک

شکل ۳. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی

وابسته) درصد پوشش (انبوهی) گیاهی بود که در مدل‌سازی بکار برده شد. ابتدا کل نمونه‌ها (۱۰۱ نمونه) به‌صورت تصادفی به سه دسته شامل آموزش شبکه (۶۰ درصد داده‌ها)، سنجش اعتبار شبکه (۲۰ درصد داده‌ها) و آزمون شبکه (۲۰ درصد داده‌ها) تقسیم شدند (Jahani, 2016; Aghajani *et al*., 2014; Shams *et al*., 2021). پس از مدل‌سازی با شبکه پرسپترون چند لایه، به منظور ارزیابی عملکرد شبکه، صحت مدل با مقایسهٔ خروجی آن و شاخص‌های محاسبه شده شامل ضریب تبیین (R^2)، میانگین

مربعات خطا (MSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) که با رابطه‌های ۱ تا ۴ قابل محاسبه هستند، برآورد شد (Jahani and Saffariha, 2021).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n} \quad \text{رابطهٔ ۱}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}} \quad \text{رابطهٔ ۲}$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|O_i - P_i| \quad \text{رابطهٔ ۳}$$

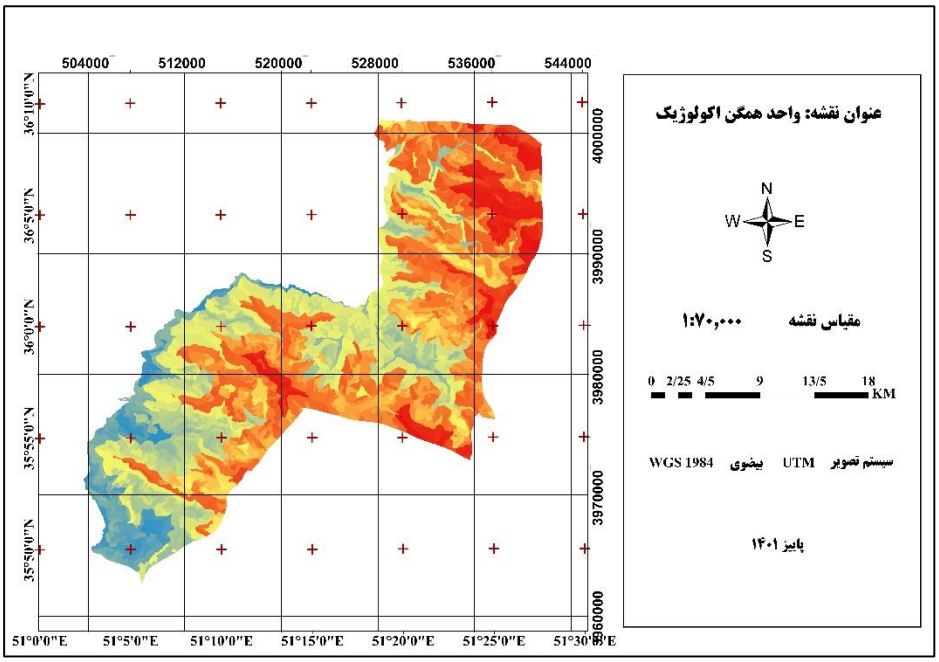
$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})(P_i - P_{ave})}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})\sum_{i=1}^{n}(P_i - P_{ave})} \quad \text{رابطهٔ ۴}$$

در رابطه‌های بالا، O_i: داده اندازه‌گیری شده، n: تعداد داده‌ها، P_i: داده پیش‌بینی شده، O_{ave}: میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده و P_{ave}: میانگین داده‌های پیش‌بینی شده است. با استفاده از این شاخص‌ها، ارزیابی بهترین برازش شبکه به‌منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه مناسب انجام شد که هدف کمینه کردن میانگین مربعات خطای مطلق (درصد) و میانگین مربعات خطا بود. در آموزش شبکهٔ عصبی می‌توان از ترکیبات مختلف لایه‌های پنهان با تعداد نورون مختلف استفاده کرد. بررسی ضرایب تبیین به‌دست آمده، میزان خطای شبکه در پیش‌بینی را نشان داد و ساختار شبکهٔ (توپولوژی) بکار رفته با بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد شبکهٔ عصبی در پیش‌بینی و مدل‌سازی را نشان داد. سپس میزان اثرگذاری هر یک از متغیرهای ورودی در مدل با استفاده از آنالیز حساسیت در محیط نرم‌افزار MATLAB مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور در محیط MATLAB بررسی حساسیت خروجی مدل نسبت به هر یک از متغیرها (متغیرهای مستقل) انجام گرفت.

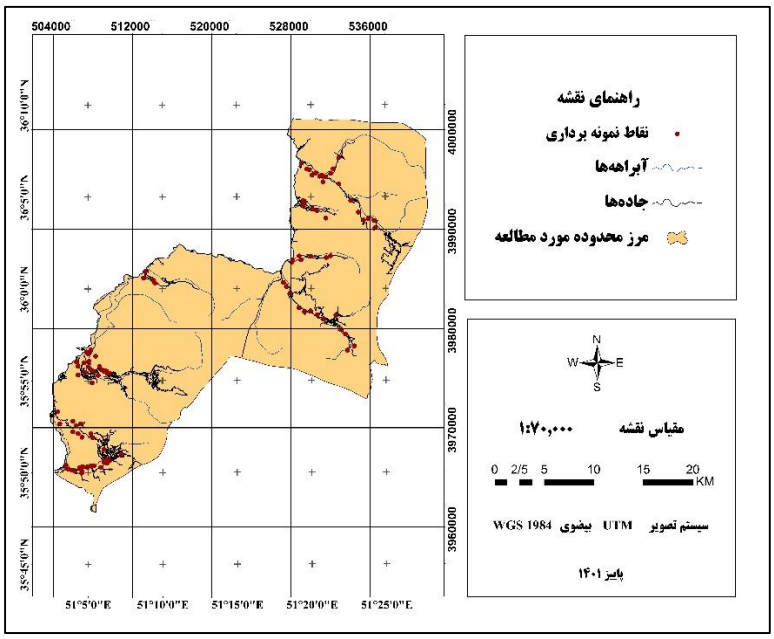
یافته‌های پژوهش

براساس نتایج حاصل از تشکیل واحد همگن اکولوژیک در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی در حوزهٔ استحفاظی استان البرز، ۱۳۵۸ واحد همگن در قالب ۳۴۰ ترکیب، شناسایی شد (شکل ۴) و طرح نمونه‌برداری برپایهٔ این نقشه و امکان دسترسی به واحدها به انجام رسید (شکل ۵). مطابق نتایج، متوسط انبوهی گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه ۱۸ درصد بود که از حداقل ۴ تا حداکثر ۴۶ درصد نوسان نشان داد (شکل ۶). در مجموع در محدودهٔ مورد مطالعه تعداد ۱۵۲ گونهٔ گیاهی شناسایی شد. نتایج شناسایی گونه‌ها نشان داد، گونه‌های شناسایی شده متعلق به ۱۰۳ جنس از ۳۰ خانواده هستند. در این تحقیق، ساختار شبکهٔ عصبی مصنوعی برای انبوهی پوشش گیاهی با تعیین تعداد لایه‌ها (یک یا دو لایه پنهان)، تعداد نورون‌ها در هر لایه (تعداد ۴ تا ۳۰ نورون)، توابع فعال‌سازی (لگاریتم سیگموئید و تانژانت سیگموئید) و الگوریتم بهینه‌سازی (Levenberg-Marquardt) تعیین شد. پس از آزمون شبکه‌های حاصل از ساختارهای گوناگون، شبکه با یک لایهٔ پنهان و تعداد ۱۹ نورون در هر لایه با در نظر گرفتن بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار را نشان داد. جدول ۲ ویژگی‌های ساختار بهینهٔ شبکه عصبی را نشان می‌دهد. برای ساختار بهینه شبکهٔ عصبی از الگوریتم بهینه‌سازی Levenberg-Marquardt و توابع خطی (برای لایه خروجی) و لگاریتم سیگموئید (برای لایه پنهان) استفاده شد. بررسی ضرایب تبیین (R^2) به‌دست آمده، کمترین میزان خطای شبکه در پیش‌بینی را نشان داد و ساختار شبکه بکار رفته با بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد شبکهٔ عصبی در پیش‌بینی و مدل‌سازی را نشان داد. نتایج ساختار بهینهٔ مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی به شرح جدول ۳ است. ساختار بهینه مدل برای انبوهی پوشش گیاهی با ساختار ۱-۱۹-۱۸ (۱۸ متغیر ورودی، ۱۹ نورون در لایه پنهان و یک متغیر خروجی) بود. با توجه به مقادیر ضریب تبیین در سه دسته دادهٔ آموزش، اعتبارسنجی و آزمون برابر با ۰/۸۶، ۰/۷۹ و ۰/۸۱ انتخاب شد.

براساس داده‌های ورودی و خروجی مدل که در مراحل پیشین به آن‌ها اشاره شد، ۶۱ نمونه برای آموزش شبکه، ۲۰ نمونه برای اعتبارسنجی حین آموزش و ۲۰ نمونه نیز برای آزمون نتایج شبکهٔ عصبی طراحی شده استفاده شد. شکل‌های ۷ تا ۱۰ اختلاف انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و میزان انبوهی برآورد شده توسط مدل شبکه عصبی را برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اختلاف ناچیزی بین انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و انبوهی پوشش

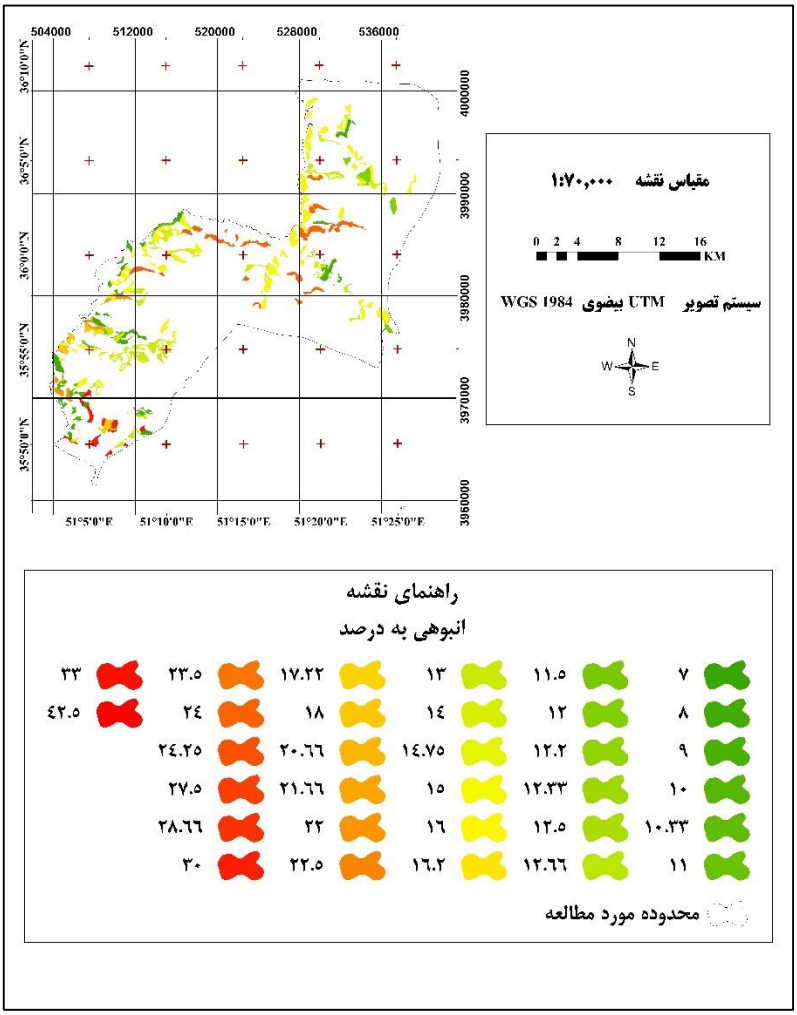


شکل ٤. نقشهٔ واحدهای همگن اکولوژیک در محدودهٔ مورد مطالعه



شکل ٥. نقشهٔ موقعیت نقاط نمونه‌برداری در محدودهٔ مورد مطالعه

گیاهی برآوردشده وجود دارد که نشان‌دهندهٔ دقت بالای شبکهٔ عصبی طراحی شده در برآورد میزان انبوهی پوشش گیاهی براساس متغیرهای ورودی است. این نتیجه بیانگر قابلیت زیاد مدل به‌دست آمده جهت پیش‌بینی انبوهی پوشش گیاهی با کاربرد در مناطق تحت حفاظت است. با توجه به ضریب تبیین شبکهٔ بهینه در مرحله آزمون (۰/۸۱)، دقت شبکهٔ عصبی در پیش‌بینی انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه از سطح بسیار مطلوبی برخوردار است. نتایج آنالیز حساسیت برای تمام متغیرهای ورودی در مدل در شکل ۱۱ نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش در جهت کشف رابطه متغیرهای اکولوژیک و متغیرهای انسانی با انبوهی پوشش گیاهی و مدل‌سازی آن، شکل ۱۱ ضریب تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای بکار برده شده در پیش‌بینی انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر این اساس درصد شیب، درصد مادهٔ آلی خاک و ارتفاع با ضریب اثرگذاری ۶/۲، ۲ و ۱/۸ به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه از خود نشان دادند. در صورتی که سایر متغیرهای ورودی در مدل اثر قابل توجهی در تعیین انبوهی پوشش گیاهی نداشتند.



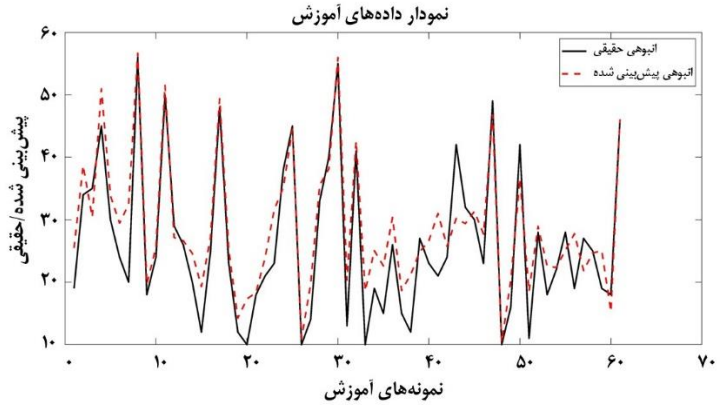
شکل ٦. نقشهٔ توزیع درصد پوشش گیاهی در واحدهای همگن اکولوژیک

جدول ۲. ویژگی‌های ساختار بهینهٔ شبکهٔ عصبی در مدل انبوهی پوشش گیاهی

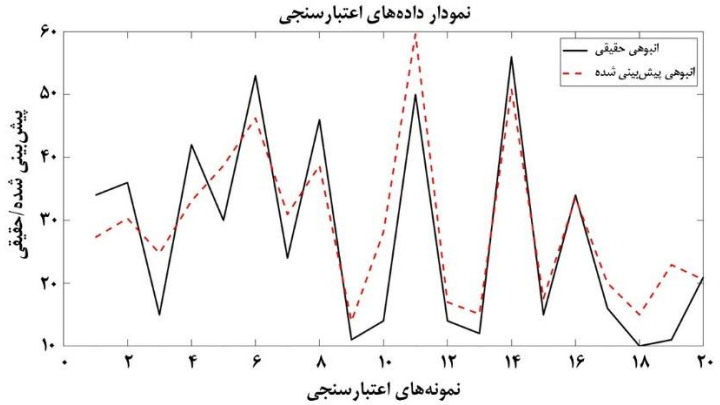
خصوصیات ساختار شبکه	لایهٔ پنهان	لایهٔ خروجی
نوع شبکه	پرسپترون چند لایه (MLP)	پرسپترون چند لایه (MLP)
تابع انتقال	Logarithm Sigmoid	Linear
الگوریتم بهینه‌سازی	Levenberg-Marquardt	Levenberg-Marquardt
تعداد نورون	۱۹	۱

جدول ۳. نتایج ساختار بهینهٔ مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی برای انبوهی پوشش گیاهی

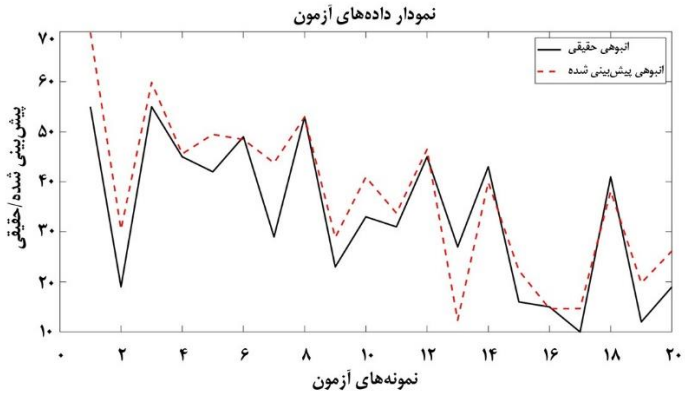
تعداد لایهٔ پنهان	تعداد نورون	داده‌ها	R^2	MAE	MSE	RMSE
۱	Logsig (19)	آموزش	۰/۸۶	۳/۹۹۴۴	۲۵/۰۶۸۴	۵/۰۰۶۸
		اعتبارسنجی	۰/۷۹	۶/۱۵۲۹	۵۰/۵۶۲۷	۷/۱۱۰۷
		آزمون	۰/۸۱	۵/۹۷۵۸	۵۸/۱۵۵۳	۷/۶۲۵۹
		کل داده‌ها	۰/۸۲	۴/۸۱۴۲	۳۶/۶۶۸۷	۶/۰۵۵۴



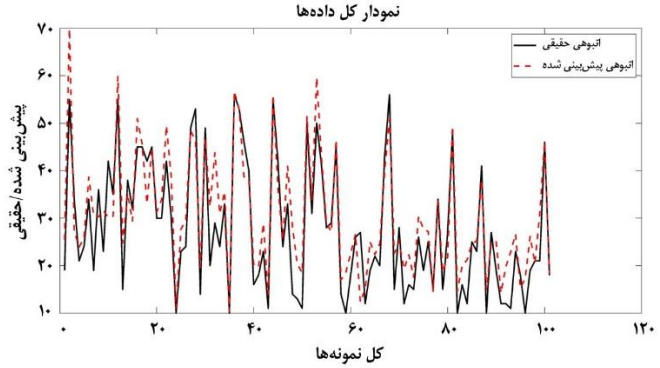
شکل ۷. نمودار اختلاف انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و پیش‌بینی شده توسط شبکهٔ عصبی برای داده‌های آموزش



شکل ۸. نمودار اختلاف انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و پیش‌بینی شده توسط شبکهٔ عصبی برای داده‌های اعتبارسنجی

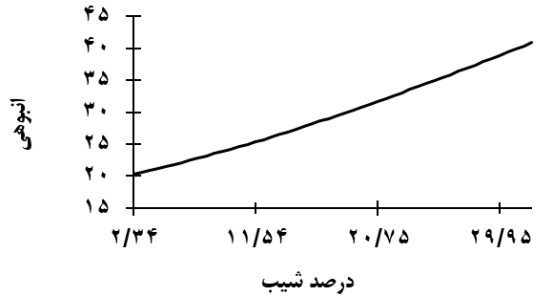


شکل ۹. نمودار اختلاف انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و پیش‌بینی شده توسط شبکهٔ عصبی برای داده‌های آزمون

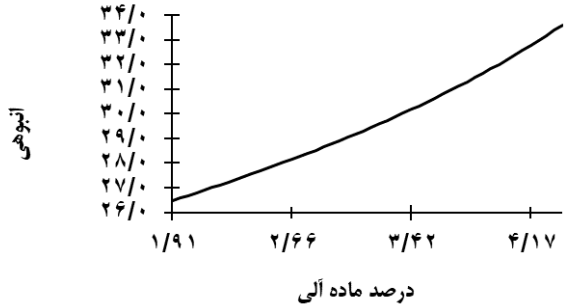


شکل ۱۰. نمودار اختلاف انبوهی پوشش گیاهی حقیقی و پیش‌بینی شده توسط شبکهٔ عصبی برای کل داده‌ها

شکل ۱۱. ضریب تأثیرگذاری متغیرهای ورودی در مدل در پیش‌بینی انبوهی پوشش گیاهی

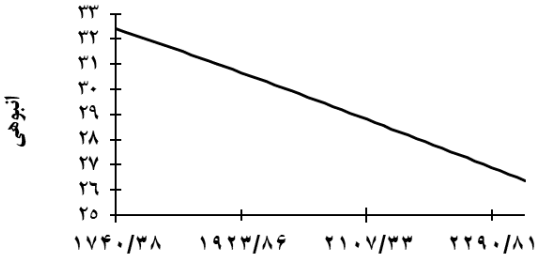


شکل ۱۲. نمودار روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب درصد شیب



شکل ۱۳. نمودار روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب مادهٔ آلی

نتایج آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که متغیر شیب بیش‌ترین اثرگذاری را در مدل داشته است. پس از آن به‌ترتیب درصد مادهٔ آلی خاک و ارتفاع نیز تأثیر به‌سزایی در مدل‌سازی انبوهی پوشش گیاهی دارند. همچنین به بررسی نتایج روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب تغییرات متغیرهای مذکور پرداخته می‌شود. روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب تغییرات شیب در شکل ۱۲ نشان می‌دهد با افزایش درصد شیب، انبوهی پوشش گیاهی به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. به‌طوری که با ۳۰ درصد افزایش شیب، افزایش ۲۰/۶ واحدی انبوهی مشاهده می‌شود. روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب تغییرات مادهٔ آلی خاک در شکل ۱۳ نشان می‌دهد که با افزایش مادهٔ آلی خاک، انبوهی پوشش گیاهی به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. به‌طوری که با ۲/۴ درصد افزایش این متغیر، افزایش ۷ درجه‌ای انبوهی مشاهده می‌شود. روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب تغییرات ارتفاع در شکل ۱۴ نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع، انبوهی پوشش گیاهی به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد به‌طوری که با ۵۹۹ متر افزایش ارتفاع، کاهش ۶ درجه‌ای انبوهی پوشش گیاهی رخ می دهد.



شکل ۱٤. نمودار روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی بر حسب ارتفاع

بحث و نتیجه‌گیری

پوشش گیاهی در کشور ایران به‌دلایل متعددی از جمله تغییرکاربری اراضی، تخریب اراضی و استفاده بیش از حد از مراتع و جنگل ها رو به زوال است و در حال حاضر در بیشتر مناطق کشور در وضعیت بحرانی قرار دارد (Yaghmaei *et al*., 2016). اثرات عوامل محیطی به‌ویژه مداخلات انسانی از جمله جاده‌سازی و تفرج بر خاک و پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت سبب ایجاد اثرات منفی بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی می‌شود که کوبیدگی و کاهش رطوبت از جمله این اثرات است (Pourmohammad, 2018; Shirani sarmazeh *et al*., 2018). Pongpattananurak (۲۰۱۸) در پژوهش خود بیان کرد که تراکم پوشش گیاهی در اثر فعالیت‌های انسانی در مناطقی که برای گردشگری و کشاورزی توسعه یافته بودند نسبت به سایر مناطق به‌صورت معنی‌داری کمتر بوده است. مطالعهٔ Sheydaei Karkaj و همکاران (۲۰۱۷) نیز کاهش معنی‌دار اثرات تراکم گونه‌های مطلوب و نامطلوب را در اثر فعالیت‌های انسانی در مراتع گزارش نمود. نتایج مطالعات عنوان شده نیز بیانگر تأثیر فعالیت‌های انسانی بر انبوهی و تراکم پوشش گیاهی است.

در این مطالعه تلاش بر این بود که یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری اثر فعالیت‌های محیطی انبوهی پوشش گیاهی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی طراحی شود تا به کمک آن بتوان در آینده به روند تغییرات انبوهی پوشش گیاهی براساس شدت فعالیت‌های انسانی و تغییرات متغیرهای اکولوژیک دست یافت. براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش برای مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه، شبکهٔ عصبی پرسپترون با یک لایهٔ پنهان و ۱۹ نورون، تابع انتقال لگاریتم سیگموئید و تابع خطی برای لایهٔ خروجی، از قابلیت خوبی برخوردار بود. ساختار ۱–۱۹–۱۸ به‌عنوان ساختار بهینهٔ مدل اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی با ضرایب تبیین ۰/۸۶، ۰/۷۹ و ۰/۸۱ در سه دسته آموزش شبکه، سنجش دقت و آزمون شبکه انتخاب شد. همچنین این مدل براساس مقادیر ضریب تبیین و خطا مورد بررسی قرار گرفت و به‌منظور بررسی اثربخشی مدل شبکهٔ عصبی، مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اختلاف میان مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده قابل قبول است و این امر قابلیت شبکهٔ عصبی مصنوعی را در مدل‌سازی انبوهی پوشش گیاهی نشان می‌دهد. نتایج آنالیز حساسیت مدل انبوهی پوشش گیاهی در پژوهش حاضر نشان داد که متغیرهای شیب، درصد مادهٔ آلی خاک و ارتفاع مؤثرترین متغیرها در مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی و پس از آن وزن مخصوص حقیقی، درصد رس و فاصله از مراکز خدماتی از اهمیت بیش‌تری برخوردار هستند. Jahani (۲۰۱۶) در پژوهشی به مدل‌سازی آشفتگی انبوهی جنگل پرداخت. نتایج نشان داد که عوامل انسانی مانند تراکم دام در واحد سطح جنگل (تعداد در هکتار) در کنار عوامل طبیعی و اکولوژیک مانند متوسط قطر درختان توده (سانتی متر) و عمق خاک به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در میزان انبوهی جنگل دارند که با نتایج حاصل از این پژوهش متفاوت است. Piri Sahragard و همکاران (۲۰۱۵) و Mosaffaei و همکاران (۲۰۲۰) نیز با این روش به مدل‌سازی پراکنش و تنوع پوشش گیاهی پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌دهندهٔ قابلیت بالای شبکهٔ عصبی در مدل کردن پیش‌بینی پراکنش و تنوع پوشش گیاهی است که با یافته‌های حاصل از مطالعهٔ حاضر مشابه است. نتایج آنالیز حساسیت برای مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی اشاره به نقش مؤثر درصد شیب در افزایش انبوهی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد مطالعه دارد. به‌طوری که با افزایش درصد شیب، بهصورت غیر خطی انبوهی گیاهی افزایش

می‌یابد. Tamrtash (۲۰۱۲) نیز بر این مسئله تأکید دارد که با افزایش درصد شیب در نواحی کوهستانی، انبوهی پوشش گیاهی افزایش می‌یابد، که با نتایج حاصل از این پژوهش هماهنگ است، که این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در مناطق پر شیب به‌دلیل محدود شدن فعالیت‌های انسانی به موجب کاهش میزان دسترسی و همچنین اثر کمتر دام، فشار بر پوشش گیاهی کمتر می‌شود و در نتیجه انبوهی پوشش افزایش می‌یابد (Tamrtash, 2012). براساس نتایج آنالیز حساسیت مدل انبوهی پوشش گیاهی، با افزایش درصد مادهٔ آلی خاک، انبوهی پوشش گیاهی به‌صورت غیر خطی افزایش می‌یابد. Jahani و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایجی مشابه مبنی بر اینکه درصد مادهٔ آلی خاک بر انبوهی پوشش گیاهی اثرگذار است، ارائه دادند اما به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد مادهٔ آلی خاک، انبوهی پوشش گیاهی کاهش می‌یابد که با نتایج حاصل از این پژوهش متفاوت است. نتایج آنالیز حساسیت مدل انبوهی پوشش گیاهی در البرز مرکزی نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از درصد انبوهی پوشش گیاهی کاسته می‌شود. Tamrtash (۲۰۱۲) بیان داشت که با افزایش ارتفاع، انبوهی پوشش کاهش می‌یابد که به علت کاهش دما در ارتفاعات بالاتر، این فاکتور به‌عنوان یک عامل محدودکننده عمل می‌کند و یک رابطهٔ منفی بین ارتفاع و انبوهی پوشش گیاهی به‌وجود می‌آید. در این میان برخی از محققان نیز بر اثرات عوامل ارتفاع و شیب در پراکنش گونه‌های گیاهی تأکید دارند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Zare Chahouki *et al*., 2014; Piri Sahragard, 2015).

نتایج به‌دست آمده از تاین مطالعه نشان داد که می‌توان با استفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی (پرسپترون چند لایه) به طراحی ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری در خصوص اثر عوامل محیطی و فعالیت‌های انسان بر انبوهی پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت پرداخت. با توجه به دقت مناسب مدل پرسپترون چند لایهٔ طراحی شده در این تحقیق، این مدل می‌تواند به‌عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری به‌منظور ارزیابی و مدیریت محدودهٔ مورد مطالعه کارساز باشد. براساس نتایج به‌دست آمده به‌منظور حفظ شرایط طبیعی پوشش گیاهی و گونه‌ها در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ البرز مرکزی (حوزهٔ استحفاظی استان البرز) لازم است که اثرات فعالیت‌های انسانی در این منطقه کاهش یابد. بدین‌منظور می‌بایست توجه بیش‌تری نسبت به متغیرهای اثرگذار در مدل‌سازی انبوهی پوشش گیاهی داشت و با توجه به اینکه متغیر درصد شیب اثرگذارترین متغیر در مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی شناسایی شد، می‌توان محدوده‌هایی با شیب زیاد که دارای عملکرد حفاظتی است می توانند برای ناحیهٔ سپر یا بافر نقش مفیدی داشته باشند. همچنین اقدامات لازم از جمله کنترل و نظارت بر فعالیت‌های انسان، نظارت و توجه بیش‌تر به جاده‌های دسترسی در منطقه و افزایش تعداد پاسگاه‌های محیطبانی در این منطقه برای جلوگیری از کاهش انبوهی پوشش گیاهی می‌تواند انجام گیرد.

References

Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A., Azaryan, M., 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 21(4), 9-19. (In Persian)

Alborz Department of Environment (website), 2020. Introduction of Central Alborz Protected Area. Available from https://alborz.doe.ir/. (Accessed on 22 August 2020). (In Persian)

Ataei, F., Karami, M., Kaboli, M., 2012. Modeling the suitability of the brown bear's summer habitat (*Ursus arctos syriacus*) in South Alborz protected area. Journal of Natural Environment 65(2), 235-245. (In Persian)

Ballantyne, M., Gudes, O., Pickering, C.M., 2014. Recreational Trails Are an Important Cause of Fragmentation in Endangered Urban Forests: A Case-Study from Australia. Landscape and Urban Planning 130(1), 112-124.

Bayram Komaki, CH., Asadi Kia, R., Niknahad Gharmakher, H., 2019. Estimating the percentage of plant coverage and biomass using remote sensing indicators (Case study: Central Alborz protected area-Karaj city). Remote sensing and Geographic Information System in Natural Resources 10(1), 1-16. (In Persian)

Borana, S.L., Yadav, S.K., 2017. Prediction of land cover changes of Jodhpur City using cellular automata markov modelling techniques. International Journal of Engineering Science 17(11), 15402-15406.

Eagles, P., 2013. Research Priorities in Park Tourism. Journal of Sustainable Tourism 22(4), 528-549.

Eshaghi Rad, J., Heydari, M., Mahdavi, A., Zeini Vandzadeh, M., 2011. The effect of recreational activities on the vegetation and soil of the forest park (case study: Chaghasabz Forest Park, Ilam). Journal of Iranian Forestry, Iranian Forestry Association, 3(1), 71-80. (In Persian)

Ghaemi, Z., Moghim, E., 2016a. Studies of planning Alborz province: Department of location of vicissitude. Management and Planning Organization of Alborz Province, Shargh ayand Consulting Engineering Company, 54 p. (In Persian)

Ghaemi, Z., Moghim, E., 2016b. Studies of planning Alborz province: Department of Environmental Studies (Volume I). Management and Planning Organization of Alborz Province, Shargh ayand Consulting Engineering Company, 201 p. (In Persian)

Imani, J., Arzani, H. and Zare Chahouki, M.A., 2013. Comparing the effectiveness of density estimation methods of three pasture species *Bromus tomentellus*, *Festuca ovina*, *Prangos ferullacea* (Case study: Saral pastures of Kurdistan). Pasture and Watershed Journal (Iranian Natural Resources Magazine) 66(2), 179-190. (In Persian)

Jafari Haghighi, M., 2004. Soil analysis methods, sampling and important physical and chemical analyzes with emphasis on theoretical and practical principles. Nedaye zoha press, Tehran, 236 p. (In Persian)

Jahani, A., 2016. Modeling of forest canopy density confusion in environmental assessment using artificial neural network. Journal of Forest and Poplar Research 24(2), 310-322. (In Persian)

Jahani, A., 2019. Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial neural networks. Journal of Forest Science 65(2), 61-69.

Jahani, A., Goshtasb, H., Saffariha, M., 2020. Tourism impact assessment modeling of vegetation density for protected areas using data mining techniques. Journal of Land Degradation & Development 31(12), 1502-1519.

Jahani, A., Saffariha, M., 2021. Human activities impact prediction in vegetation diversity of Lar National Park in Iran using artificial neural network model. Journal of Integrated Environmental Assessment and Management 17(1), 42-52.

Jones, D.A., Hansen, A.J., Bly, K., Doherty, K., Verschuyl, J.P., Paugh, J.I., Carle, R., Story, S.J., 2009. Monitoring land use and cover around parks: a conceptual approach. Remote Sensing of Environment 113(7), 1346-1356.

Lucas-Borja, M.E., Bastida, F., Moreno, J.L., Nicolás, C., Andres, M., Lopez, F.R., Del Cerro, A., 2011. The effects of human trampling on the microbiological properties of soil and vegetation in Mediterranean mountain areas. Journal of Land Degradation & Development 22(4), 383-394.

Maier, H.R., Jain, A., Dandy, G.C., Sudheer, K.P., 2010. Methods used for the development of neural networks for the prediction of water resource variables in river systems: Current status and future directions. Environmental Modelling & Software 25(8), 891-909.

Makhdoum, M., 2021. Fundamental of Land Use Planning. Tehran University press, Tehran, 300 p. (In Persian)

Moghaddam, M.R., 2008. Quantitative Plant Ecology. Tehran University press, Tehran, 285 p. (In Persian)

Mosaffaei, Z., Jahani, A., Zare Chahouki, M.A., Goshtasb, H., Etemad, V., 2019. Modeling vegetation destruction using Simpson's biodiversity index, (case study of Sorkheh Hesar National Park). National conference on modern studies of civil engineering, architecture and urban planning in the 21st century, Comprehensive University of Applied Sciences Organization of Municipalities Cooperation, Karaj, Iran, pp: 440-450. (In Persian)

Mosaffaei, Z., Jahani, A., Zare Chahouki, M.A., Goshtasb, H., Etemad, V., 2020. Modeling vegetation destruction in protected areas due to management plan, (case study of Sorkheh Hesar National Park). Journal of Plant Ecosystem Protection 8(16), 229-248. (In Persian)

Mosaffaei, Z., Jahani, A., Zare Chahouki, M.A., Goshtasb, H., Etemad, V., 2021. Modeling the risk of reducing the diversity and extinction of plant species in Sorkheh Hisar National Park. Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards 8(3), 157-170. (In Persian)

Mozaffarian, V., 2001. Studying the environmental management plan of central Alborz area. Bomabad consulting engineers, Department of Environment, Office of Management of Habitats and Regional Affairs, 359 p. (In Persian)

Nezami Balouchi, B., 2014. Investigating the seasonal food habits of the Syrian brown bear (*Ursus arctos syriacus* Linnaeus, 1758) in the central Alborz protected area. Journal of Taxonomy and Biosystematics 6(19), 27-36. (In Persian)

Norouzi, E., Pourebrahim, SH., Goshtasb, H., Jahani, A., 2019. Biodiversity risk zoning in Alborz Central Protected Area in the southern part (under the management of Alborz province) using the DANP technique. Quarterly Scientific Journal of Animal Environment Research 11(1), 97-104. (In Persian)

Peng, J., Liu, Z., Liu, Y., Wu, J., Han, Y., 2012. Trend analysis of vegetation dynamics in Qinghai–Tibet Plateau using Hurst Exponent. Ecological Indicators 14(1), 28-39.

Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., 2015. Modeling the distribution of plant species in dry and desert areas using artificial neural networks (Case study: Hoze sultan pastures of Qom province). Journal of Desert Management 3(5), 26-39. (In Persian)

Pongpattananurak, N., 2018. Impacts from tourism development and agriculture on forest degradation in Thap Lan National Park and adjacent areas. Agriculture and Natural Resources 52(3), 290-297.

Pourbabaei, H., Heydari, M., Faghir, M.B., Naghilou, M, 2012. Biodiversity and vegetation richness assessment in understory relation to soil physicochemical properties and topography in the Sefid Mazou forest, Asalem, Gilan. Quarterly Journal of Plant and Ecosystem 8(31), 15-26.

Pourmohammad, P., 2018. Road impact assessment on soil and vegetation in protected areas (Case Study: Khojir National Park). M.Sc. thesis. Department of Environment. Collage of Environment, Iran, 111 p. (In Persian)

Pringle, M.J., Denham, R.J., Devadas, R., 2012. Identification of cropping activity in central and southern queensland, australia, with the aid of modis Mod13q1 imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 19(1), 276-285.

Rannow, S. and Neubert, M., 2014. Managing protected areas in central and Eastern Europe under climate change. Springer Nature. 308 p.

Sadat Mousavi, H.S., Danehkar, A., Jahani, A., Etemad, V., Attar Sahragard, F., 2023. Modeling the effect of environmental factors on the diversity of vegetation in central Alborz protected area. Journal of Range and Watershed Management.

Shams, S.R., Jahani, A., Kalantary, S., Moeinaddini, M., Khorasani, N., 2021. The evaluation on artificial neural networks (ANN) and multiple linear regressions (MLR) models for predicting SO2 concentration. Urban Climate 37, 100837.

Sheydaei Karkaj, E., Motamedi, J., Alilou, F., Sirousi, H., 2017. The role of livestock grazing management on vegetation characteristics in Chaharbagh summer pastures of Golestan province. Pasture and Watershed Journal (Iranian Natural Resources Magazine) 69(4), 949-961. (In Persian).

Shirani sarmazeh, N., Jahani, A., Goshtasb Maygooni, H., Etemad, V., 2018. Ecological impacts assessment of recreation on quality of soil and vegetation in protected areas (case study: Qhamishloo National Park and Wildlife Refuge). Journal of Natural environment (Natural resources of Iran) 70(4), 881-891. (In Persian).

Tamrtash, R., 2012. Investigating the relationship between plant characteristics and topographical factors in the exploitation units of mountain pastures of Oz, Mazandaran. Pasture and Desert Research Scientific Journal 19(3), 469-481. (In Persian).

Tatiyan, M. R., Tamrtash, R., Ghordouyi Milan, G.H., Saeidi Garaghani., 2014. Investigating the effect of livestock grazing on vegetation changes (case study: pastures of Mako city). Quarterly Journal of Applied Research in Animal Sciences 3(12), 65-72.

Vali, A. A., Ramesht, M. H., Seif, A., Ghazavi, R., 2012. An assessment of the artificial neural networks technique to geomorphologic modeling sediment yield (case study Samandegan River system). Geography and Environmental Planning (University of Isfahan), 22, pp. 5-9. (In Persian).

Wang, Y., Mitchell, B. R., Nugranad-Marzilli, J., Bonynge, G., Zhou, Y., Shriver, G., 2009. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: a case study of the Northeast Temperate Network. Remote Sensing of Environment 113(7), 1453-1461.

Yaghmaei, L., Jafari, R., Soltani, S., Bashari, H. and Jahanbazi, H., 2016. The effect of human activities on the deterioration of forest and pasture vegetation using remote sensing (case study: Barez region, Chaharmahal and Bakhtiari province). The second international conference on landscape ecology, Isfahan University of Technology, Isfahan, pp: 1-11. (In Persian).

Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H., 2014. Modeling the distribution of plant species based on soil and topography factors using the logistic regression method in the pastures of East Semnan. Pasture and Watershed Journal (Iranian Natural Resources Magazine) 67(1), 45-59 (In Persian).

Zhang, H., Lei, S. L., 2012. A Structural Model of Residents' Intention to Participate in Ecotourism: The Case of a Wetland Community. Tourism Management 33(4), 916-925.