Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 76 (1)
Online ISSN: 2423-7795

Modeling the Effect of Environmental Factors on the Diversity of Vegetation in Central Alborz Protected Area

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

1- Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development, Iran Environmental Protection Organization, Tehran, Iran
3- Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
E-mail: danehkar@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 30 November 2022
Received in revised: 15 January 2023
Accepted: 30 January 2023
Published online: 21 June 2023

Keywords:
Artificial neural network,
Biodiversity index,
Human activities,
Multilayer perceptron,
Protected areas.

Abstract

Different forms of land use development and human activities in protected areas are considered to be the main drivers of change, which have many effects on habitats, sites, diversity and richness of species. The purpose of this research is to model the effect of human activities on the diversity of vegetation using the Artificial Neural Network method and determine the impact of ecological and human variables. The current research was done in the Central Alborz protected area under the management of Alborz Province. To achieve the mentioned purpose, firstly, 101 plots and 101 soil samples were collected and, soil and vegetation analysis were performed on the samples. Finally, modelling was done using the multilayer perceptron neural network method and using 18 input variables including 11 physical and chemical variables of the soil, three physiographic variables, and four variables related to human factors, the effect of human activities on the diversity of vegetation in the study area modeled. According to the results, the vegetation diversity model with the structure of 1-5-18 (18 input variables, five neurons in the hidden layer, and one output variable) according to the highest value of the coefficients of determination in the three categories of training, validation, and test data is equal to 0.82. 0.81 and 0.68 show the best structure optimization performance. According to this, distance from roads, electrical conductivity, and percentage of organic matter in the soil show the greatest effect on the diversity of vegetation in the study area. The model presented in this research is used as a decision support system in evaluating the effects of human activities on the diversity of vegetation in protected areas and provides the possibility of predicting the extent of these effects on the diversity of vegetation in protected areas.

Cite this article: 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 & Watershed Management*, 76 (1), 29-44.
DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2023.351879.1688

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری
دوره ۷۶ (۱)
شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر تنوع پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده البرز مرکزی

حنانه سادات سادات موسوی[۱]، افشین دانه‌کار[۱*]، علی جهانی[۲]، وحید اعتماد[۳]، فرنوش عطار صحراگرد[۱]

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- گروه ارزیابی و مخاطرات محیط‌زیست، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور، تهران، ایران
۳- گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه: danehkar@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

کلیدواژه‌ها:
پرسپترون چند لایه،
شاخص تنوع زیستی،
شبکه عصبی مصنوعی،
فعالیت‌های انسانی،
مناطق تحت حفاظت

چکیده

شکل‌های مختلف توسعه کاربری و فعالیت‌های انسانی در مناطق تحت حفاظت، از پیشران‌های اصلی تغییر محسوب می‌شوند که با آثار متعددی بر زیستگاه‌ها، رویشگاه‌ها، تنوع و غنای گونه‌ها همراه است. هدف از این پژوهش مدل‌سازی اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و تعیین میزان اثرگذاری متغیرهای اکولوژیک و انسانی بر آن است. پژوهش حاضر در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز انجام شده است. جهت دستیابی به هدف مذکور، ابتدا تعداد ۱۰۱ نمونه قطعه پلات گیاهی و ۱۰۱ نمونه خاک برداشت و آنالیزهای مربوط به خاک و پوشش گیاهی بر نمونه‌های برداشت شده، انجام شد. در نهایت با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و با استفاده از ۱۸ متغیر ورودی شامل ۱۱ متغیر فیزیکی و شیمیایی خاک، ۳ متغیر فیزیوگرافی و ۴ متغیر مربوط به عوامل انسانی، اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه مدل‌سازی شد. با توجه به نتایج، مدل با ساختار ۱-۵-۱۸ با توجه به بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۸۲، ۰/۸۱ و ۰/۶۸ بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار را نشان می‌دهد. بر این اساس فاصله از جاده‌ها، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه از خود نشان دادند. مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت کاربرد دارد و امکان پیش‌بینی میزان اثرات مذکور را بر تنوع پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت فراهم می‌کند.

استناد: سادات موسوی؛ حنانه سادات، دانه‌کار؛ افشین، جهانی؛ علی، اعتماد؛ وحید، عطار صحراگرد؛ فرنوش (۱۴۰۲). مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر تنوع پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده البرز مرکزی. *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۶(۱)، ۴۴-۲۹.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2023.351879.1688

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

حفاظت از مناطق طبیعی و اکوسیستم‌ها به منظور حفظ فرایندهای اکولوژیک، نگهداری سیستم‌های حیات‌بخش، حفظ تنوع ژنتیکی و تضمین بهره‌وری پایدار از گونه‌ها و اکوسیستم‌ها امری مهم و ضروری است. بر اساس تعریف IUCN مناطق تحت حفاظت، مناطقی از دریا یا خشکی هستند که به صورت خاص برای نگهداری و حفاظت از منابع طبیعی، منابع فرهنگی و تنوع زیستی کنار گذاشته شده‌اند و با شیوه‌های رایج سنتی و یا از طریق قانونی تحت مدیریت و حفاظت قرار می‌گیرند و اقداماتی چون شکار، توسعه کاربری‌ها و قطع رستنی‌ها در این گونه مناطق بدون اخذ مجوز ممنوع است (سبزقبایی و صالحی‌پور، ۱۳۹۲؛ مجنونیان، ۱۳۹۳). نیاز انسان به طبیعت، به تدریج فشار تخریب بر اکوسیستم‌ها را افزایش داده به طوری که این فشار، تنوع زیستی را نیز تحت تأثیر قرار داده است؛ بنابراین می‌توان اذعان نمود که شکل‌های مختلف توسعه کاربری و فعالیت‌های انسانی از عوامل مؤثر بر ساختار، فرایندها و عملکردهای بوم‌شناختی اکوسیستم‌های طبیعت است (سیاره و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین استفاده از مناطق تحت حفاظت بویژه افزایش فعالیت‌های تفرجی، این دسته از مناطق حساس و معرف را که واجد ارزش بالای خدمات محیط‌زیستی هستند در معرض خطر قرار داده است (Lucas-Borja et al., 2011). اتیک[1] و همکاران (۲۰۰۹) بر این موضوع تأکید دارند که افزایش شدت تفرج و کوبیدگی خاک سبب کاهش رویش پوشش گیاهی و در نهایت آسیب به مناطق تحت حفاظت می‌شود. در مناطق تحت حفاظت، کاربری‌های دیگری همچون توسعه روستایی، توسعه شهری (در برخی مناطق)، کان‌کنی و معدنکاری، توسعه کشاورزی و دامپروری از پیشران‌های اصلی تغییر محسوب می‌شوند که به دنبال خود توسعه زیرساخت های توسعه همچون شبکه انتقال آب، نیرو، انرژی و مهم‌تر از همه شبکه دسترسی را به مناطق تحت حفاظت می‌کشانند که با آثار مهم و متعددی بر زیستگاه‌ها، رویشگاه‌ها، تنوع و غنای گونه‌ها و فرایندهای زیستی آن‌ها همراه است (عبداللهی و فریادی، ۱۳۸۹؛ پورمحمد، ۱۳۹۶). دستیابی به راهکارهای علمی برای تبیین و تحلیل اثر فعالیت‌های انسانی بر منابع محیط زیستی و مناطق تحت حفاظت می‌تواند، ضمن مهار این تغییرات، اقدامات احیایی و ارتقاء کیفیت محیط‌زیست را نیز به دنبال داشته باشد.

در مناطق تحت حفاظت، فعالیت‌های انسانی، تفرج و گردشگری طبیعت محور رو به افزایش است (اسحاقی راد و همکاران، ۱۳۹۰؛ شیرانی سرمازه، ۱۳۹۶). همچنین در مناطق حفاظت شده و پناه‌گاه‌های حیات وحش، در برخی از زون‌های منطقه امکان دامداری در چارچوب طرح ممیزی وجود دارد. توسعه دامپروری و فعالیت‌های انسانی اثراتی مستقیم و غیر مستقیم بر پوشش گیاهی مناطق حفاظت‌شده دارند. اثرات مستقیم شامل لگدمال‌شدن پوشش گیاهی در اثر رفت و آمد انسان و دام، فشردگی خاک و تخریب پوشش گیاهی در اثر ساخت جاده و تأسیسات زیربنایی است. فزونی و پراکندگی گیاهان غیر بومی توسط انسان نیز از اثرات غیر مستقیم فعالیت‌های انسانی بر پوشش گیاهی به شمار می‌رود. اکثراً تغییر و حذف پوشش گیاهی از اثرات مستقیم فعالیت‌های انسانی است (اسحاقی راد و همکاران، ۱۳۹۰). به علاوه، بعضی از عوامل تخریب موجب آسیب‌هایی می‌شوند و به دنبال این آسیب‌ها ارزش تفرجی منطقه به شدت کاهش می‌یابد (Pickering & Hill., 2007). به طوری که شیرانی سرمازه (۱۳۹۶) با استفاده از رهیافت تجزیه و تحلیل سیستمی به ارزیابی اثرات تفرج بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و وضعیت پوشش گیاهی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در زون‌های تفرجی، گردشگری موجب ایجاد اثرات منفی بر روی کیفیت خاک و پوشش گیاهی می‌شود. پوشش گیاهی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند و به عنوان یک شاخص با اهمیت در ارزیابی محیط‌زیست در اکوسیستم‌های خشکی به شمار می‌رود (پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین پوشش گیاهی نه تنها بخش اساسی اکوسیستم‌های خشکی را تشکیل داده است، بلکه نقش بسیار مهمی در چرخه آب، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی و تبادل انرژی در سطح زمین ایفا می‌کند (Peng et al., 2012). امروزه یکی از مقوله‌های بسیار مهم محیط‌زیستی تغییرات پوشش گیاهی است؛ زیرا سبب به وجود آمدن بی نظمی در اکوسیستم شده و به عنوان یک محرک در تغییر ترکیب گونه‌ها و شرایط زیستگاهی عمل می‌کند (Rannow & Neubert., 2014). برای مثال، [یغمایی و همکاران،

[1] Atic

۱۳۹۵] در پژوهش خود با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اثرات تغییرات کاربری اراضی را بر پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی بررسی کردند و فعالیت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی را یکی از عوامل مؤثر بر خشک شدن و نابودی مراتع و جنگل‌ها، معرفی کردند.

مدل‌سازی نقش مهمی در شناخت اثرات و پیامدهای تخریب پوشش گیاهی ایفا و به برنامه‌ریزی مؤثر در حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کند (Borana et al., 2017). استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در مطالعات محیط زیست کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ جهانی، ۱۳۹۵؛ Jahani, 2019؛ Jahani et al., 2016؛ Maier et al., 2010؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۴؛ Vali et al., 2012). مدل‌سازی با کمک روش شبکه عصبی مصنوعی، به کشف روابط حاکم میان عناصر اکوسیستم، کمی کردن آن‌ها و ارتباط آن‌ها با تخریب اکوسیستم منجر می‌شود. همچنین به کمک این روش می‌توان مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی را بهبود بخشید (جهانی، ۱۳۹۵). پیری صحراگرد و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پراکنش گونه‌های گونه‌های گیاهی را مدل‌سازی کردند و نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه پرسپترون چند لایه در مدل‌سازی و برآورد گونه‌های گیاهی در یک محدوده جغرافیایی خاص از دقت قابل قبولی برخوردار است.

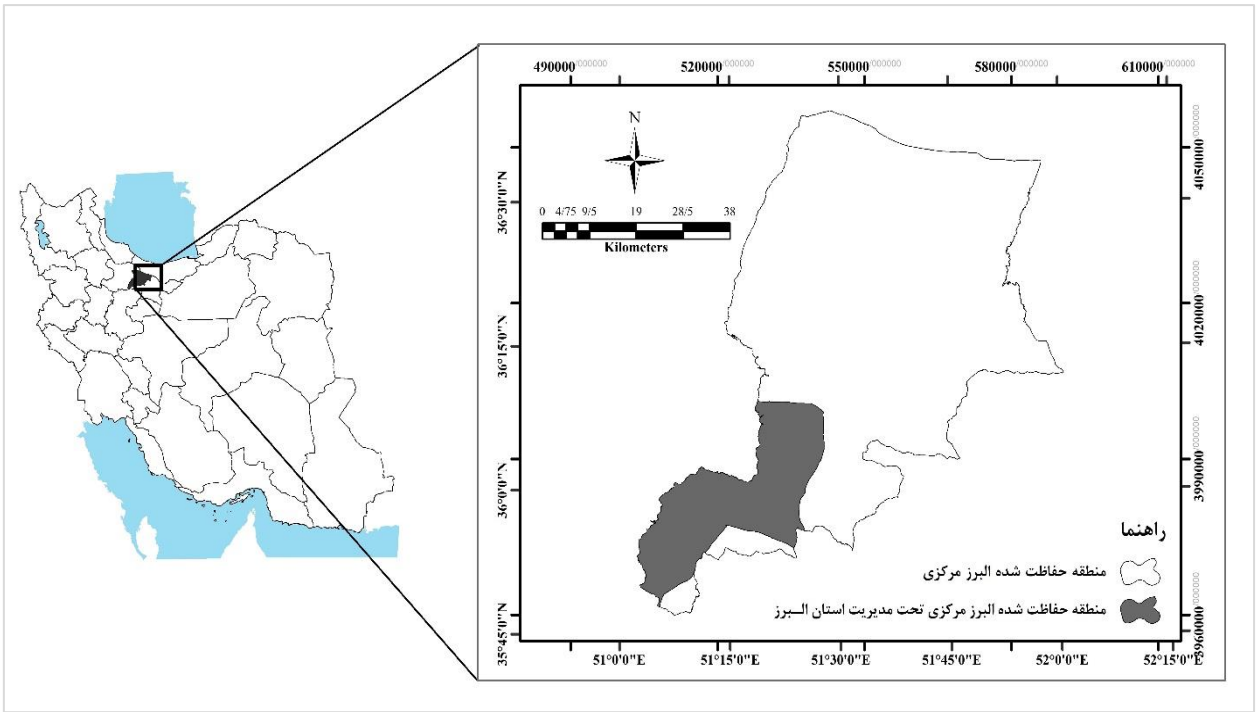
در سایر مطالعات نیز به تأثیرات عوامل مختلفی بر روی پوشش گیاهی پرداخته شده است. زنگ[1] و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی اثرات جاده بر ترکیب پوشش گیاهی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد غنای گونه‌ای در مناطق کنار جاده‌ای به طور معنی‌داری بیش‌تر از مناطق غیر جاده‌ای بود. نقدی و همکاران (۱۳۹۳) و پورمحمد (۱۳۹۶) در تحقیقاتی مشابه به بررسی اثرات جاده بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که جاده‌ها بر پوشش گیاهی مجاور خود اثر می‌گذارند و در پی آن تنوع پوشش گیاهی آسیب می‌پذیرد. همچنین مصفایی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی با استفاده از شاخص تنوع زیستی سیمپسون در پارک ملی سرخه حصار پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که متغیر رطوبت وزنی نقش کلیدی در تخریب پوشش گیاهی دارد و پیشنهاد نمودند که با اقدامات مدیریتی صحیح در بخش‌های تخریب‌یافته از روند تخریب جلوگیری شود. جهانی و صفاری‌ها (۲۰۲۱) از مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی مرتبط با فعالیت‌های انسانی استفاده کردند. بر اساس نتایج حاصله، مدل شبکه عصبی قابلیت به‌سزایی در پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی دارد و شدت فعالیت‌های انسانی و رطوبت خاک مهم‌ترین ورودی‌های مؤثر بر شبکه عصبی است. همچنین زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۸۷)، یاری و همکاران (۱۳۹۱) و ویس کرمی و همکاران (۱۳۹۸) نیز در پژوهش‌هایی به بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر تغییرات پوشش گیاهی و روابط بین تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی با عوامل محیطی پرداخته و بیان کردند که متغیرهای محیطی در کنار فعالیت‌های انسانی تأثیر زیادی بر تنوع پوشش گیاهی می‌گذارند. مناطق حفاظت شده یکی از طبقات چهارگانه مناطق تحت حفاظت در کشور است که بیشترین تکیه را بر تیپ و تنوع پوشش گیاهی دارد و منابع تهدید و تغییر پوشش گیاهی می تواند بر عملکرد بوم شناختی و اثربخشی مدیریت این دسته مناطق به شدت اثرگذار باشد. از سوی دیگر مناطق تحت حفاظت حامی جمعیت های حیات وحش هستند که علوفه خواران را می توان گروه اصلی و پایه زنجیره غذایی در این مناطق برشمرد که تنوع و رشد جمعیت آنها وابسته به تنوع و انبوهی پوشش گیاهی طبیعی منطقه دارد. لذا این تحقیق با هدف مدل‌سازی اثر فعالیت‌های انسان بر پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز در نیمه اول سال ۱۴۰۱ به انجام رسید. همچنین در این تحقیق یک ابزار سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی برای مدیران مناطق تحت حفاظت طراحی شد تا بتوانند اثرات فعالیت‌های انسانی را بر پوشش گیاهی پیش‌بینی کنند. جنبه جدید بودن پژوهش فعلی در این است که به صورت خاص و موردی در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی (حوزه استحفاظی اداره کل محیط‌زیست استان البرز) به بررسی روند تغییر تنوع پوشش گیاهی بر اساس تغییرات متغیرهای اکولوژیک و شدت فعالیت‌های انسان با استفاده از مدل‌سازی با روش شبکه عصبی مصنوعی می‌پردازد.

[1] Zeng

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. محدوده مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده البرز مرکزی مابین استان‌های مازندران، البرز و تهران واقع شده است. مساحت کل منطقه حفاظت شده البرز مرکزی ۳۹۸۰۹۱ هکتار است که حدود ۷۴ درصد آن در استان مازندران، ۱۰ درصد آن در استان تهران و ۱۶ درصد آن در استان البرز قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه محدود به حوزه استحفاظی اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز در قسمت جنوب غربی این منطقه با مساحت حدود ۶۴۰۰۰ هکتار است که حد فاصل عرض شمالی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۰۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه و طول شرقی ۵۱ درجه و ۰۲ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵۱ ثانیه واقع شده است (شکل ۱). تغییرات ارتفاعی این محدوده از ۱۴۰۰ تا ۴۰۰۰ متر از سطح آزاد دریا است. مطابق داده‌های هواشناسی بلندمدت، اقلیم منطقه براساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، نیمه خشک با میانگین دمای سالانه حدود ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۳۸۷ میلی‌متر است. وسعت و وضعیت خاص توپوگرافیک 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 گردیده است تا تنوع گونه‌ای قابل توجهی در این منطقه به وجود آید. در شیب جنوبی البرز به علت وجود عوامل محدودکننده (ارتفاع، سرما، میزان بارندگی و نوع خاک) در شرایط رویشی هر چند تراکم پوشش گیاهی چشم‌گیر است اما تنوع گونه‌ای کم است به صورتی که عناصر تشکیل‌دهنده جوامع گیاهی در بیش‌تر نواحی یکسان است و بیش‌تر دو گروه گیاهی متعلق به تیره‌های Papilionaceae و Gramineae دیده می‌شوند. تیپ غالب منطقه Astragalus spp. + grasses با ۳۸ درصد غلبه است (بایرام کمکی و همکاران، ۱۳۹۸؛ قائمی و مقیم، ۱۳۹۵؛ مظفریان، ۱۳۸۰).

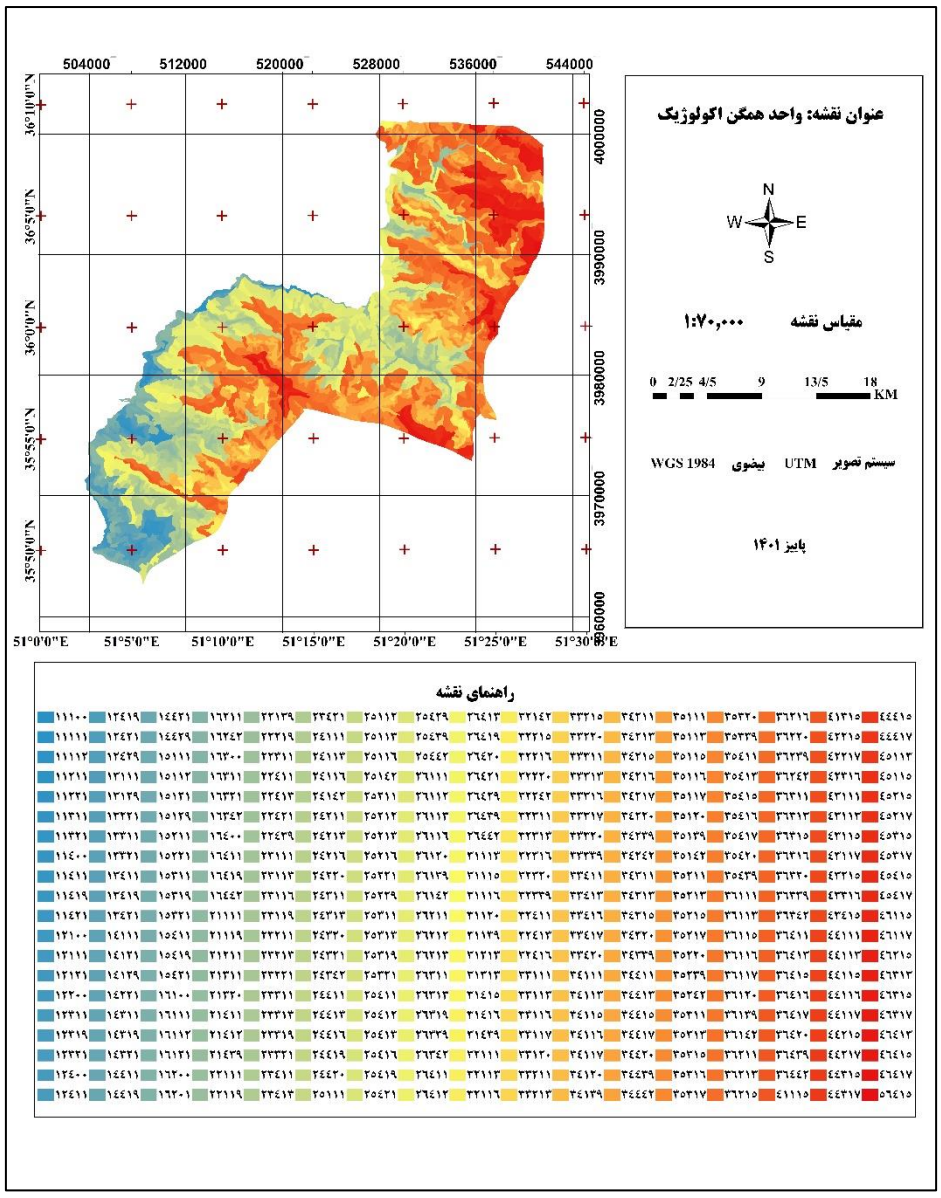


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (منبع: محاسبات پژوهش)

۲-۲. روش پژوهش

۲-۲-۱. تهیه واحدهای همگن اکولوژیک و تعیین نقاط نمونه‌برداری

در این پژوهش با استفاده از تکنیک روی‌هم‌گذاری مک هارگ (مخدوم، ۱۴۰۰)، اقدام به تهیه واحدهای همگن اکولوژیک در نرم‌افزار ArcGIS شد. پس از تهیه نقشه واحدهای همگن اکولوژیک، از میان آن‌ها واحدهایی انتخاب شدند که از لحاظ شرایط اکولوژیک (ارتفاع، شیب، جهت، خاک و پوشش گیاهی) حداقل در یک فاکتور با هم تفاوت داشته باشند. در مجموع تعداد ۱۰۱ واحد به منظور نمونه‌برداری انتخاب شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Google Earth در این واحدها، اقدام به انتخاب محل تقریبی نقاط نمونه‌برداری شد.



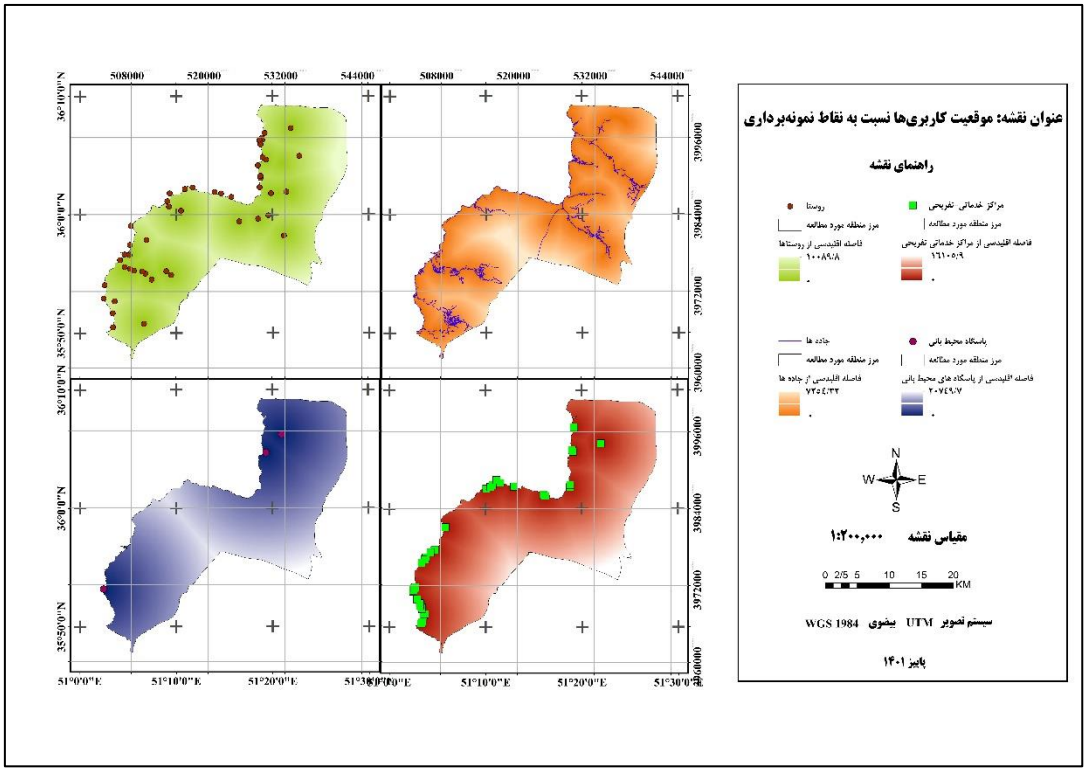
شکل ۲. واحدهای همگن اکولوژیک در محدوده مورد مطالعه (منبع: یافته‌های پژوهش)

۲-۲-۲. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک

نمونه‌برداری این پژوهش در خرداد ماه سال ۱۴۰۱ در محدوده مورد مطالعه صورت پذیرفت. به منظور نمونه‌برداری از پوشش گیاهی، از قطعات نمونه (پلات‌های) مربعی شکل استفاده شد که برپایه روش پلات‌های حلزونی، نمونه برداری در ابعاد ۲ در ۲ متر (Jahani & Saffariha., 2021؛ جعفری حقیقی، ۱۳۸۲) به انجام رسید. بدین صورت که در هر یگان، یک پلات به صورت کاملا تصادفی در نظر گرفته شد که در هر یک از این پلات‌ها، گونه‌های گیاهی نمونه‌برداری و شمارش، همچنین یک نمونه خاک داخل هر پلات برداشت شد. در مجموع این فرآیند در ۱۰۱ پلات در محدوده مورد مطالعه صورت گرفت. در نهایت گونه‌های گیاهی شناسایی شدند و میزان تنوع در سطح هر پلات با استفاده از نرم‌افزار PAST بر اساس نوع و تعداد گونه‌ها محاسبه شد. به منظور نمونه‌برداری از خاک، روش نمونه‌برداری مغزه‌ای با استفاده از رینگ فلزی با طول ۱۵ سانتی متر و قطر دهانه ۵ سانتی متر (با حجم حدود ۷۵ سانتی متر مکعب) به کار برده شد. در نهایت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی 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 شد (جعفری حقیقی، ۱۳۸۲).

۳-۲-۲. محاسبه فاصله از فعالیت‌های انسانی

با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و Arc GIS، فاصله اقلیدسی نقاط نمونه‌برداری از فعالیت‌ها و زیرساخت‌های انسانی شامل فاصله از جاده‌ها، فاصله از روستاها، فاصله از پاسگاه‌ها و فاصله از تأسیسات و مراکز خدماتی- تفریحی محاسبه شد.



شکل۳. فاصله اقلیدسی نقاط نمونه‌برداری از کاربری‌ها (منبع : یافته‌های پژوهش)

۴-۲-۲. محاسبه شاخص تنوع زیستی

شاخص تنوع، شاخصی اکولوژیک است که در آن تنوع گونه‌های موجود در یک جامعه زیستی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۲). تاکنون شاخص‌های زیادی برای محاسبه تنوع ابداع شده‌اند. از میان این شاخص‌ها، از شاخص شانون-وینر به دلیل دقیق‌تر بودن در محاسبات و کاربرد بیش‌تر در میان مطالعات استفاده شد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴؛ جاهدی پور و همکاران، ۱۳۹۵). به منظور محاسبه شاخص تنوع زیستی از نرم‌افزار PAST استفاده شد. بدین صورت که با استفاده از غنا و تعداد پایه‌های گیاهی در هر پلات (تراکم گیاهی)، شاخص تنوع شانون-وینر محاسبه شد.

۵-۲-۲. مدل‌سازی با روش شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB صورت پذیرفت. ابتدا کل داده‌ها به سه قسمت با نام‌های داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون تقسیم شدند. بعد از آن در فرایند آموزش شبکه، مقادیر ورودی در لایه اول وزن‌دار و به لایه میانی منتقل شد. سپس وزن‌های موجود در لایه میانی با اعمال تابع فعال‌سازی به تعداد مجموع مقادیر ورودی وزن‌دار شده، خروجی ساختند. سرانجام خروجی‌های به دست آمده توسط اتصالات بین لایه میانی و لایه خروجی، وزن‌دار و نتایج در لایه خروجی تولید شدند. ساختار یا توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی برای تنوع 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 (لونبرگ مارکوارت) تعیین شد. پس از مدل‌سازی با شبکه پرسپترون چند لایه، به منظور ارزیابی عملکرد شبکه، صحت مدل با مقایسه خروجی آن و شاخص‌های محاسبه شده شامل ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) که با رابطه‌های ۱ تا ۳ قابل محاسبه هستند، سنجیده شد (Jahani & Saffariha., 2021).

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

رابطه ۲) $$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|O_i - P_i|$$

رابطه ۳) $$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})\,(P_i - P_{ave})}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})\sum_{i=1}^{n}(P_i - P_{ave})}$$

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 به منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه مناسب انجام شد که هدف کمینه کردن میانگین مربعات خطای مطلق (درصد) و میانگین مربعات خطا بود. در آموزش شبکه عصبی می‌توان از ترکیبات مختلف لایه‌های پنهان با تعداد نورون مختلف استفاده کرد. بررسی ضرایب تبیین به دست آمده، میزان خطای شبکه در پیش‌بینی را نشان داد و ساختار شبکه (توپولوژی) به کار رفته با بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد شبکه 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. بدین منظور در محیط MATLAB بررسی حساسیت خروجی مدل نسبت به هر یک از متغیرها (متغیرهای مستقل) انجام گرفت. در این پژوهش متغیرهای 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 وابسته) شاخص تنوع زیستی شانون- وینر است که در مدل‌سازی با روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

۳. نتایج

در این پژوهش ۱۰۱ پلات نمونه‌برداری و در مجموع ۱۵۲ گونه گیاهی در این پلات‌ها شناسایی شد که متعلق به ۱۰۳ جنس از ۳۰ خانواده هستند. خانواده Asteraceae با ۲۱ گونه بالاترین تنوع گونه‌ای را در محدوده مورد مطالعه دارا بود و پس از این خانواده به ترتیب خانواده‌های Poaceae و Fabaceae با ۱۸ و ۱۷ گونه، بالاترین تنوع گونه‌ای را داشتند. نتایج شناسایی گونه‌ها همچنین نشان داد در محدوده مورد مطالعه جنس‌های Salvia با ۸ گونه و Astragalus با ۷ گونه، بیشترین تنوع گونه‌ها در میان جنس‌های شناسایی شده را به خود اختصاص دادند. فرم رویشی غالب در میان گونه‌های شناسایی شده نیز علفی بود و عناصر درختی و درختچه‌ای کمترین فرم شناسایی شده را دارا بودند. پس از آزمون شبکه‌های حاصل از ساختارهای گوناگون، شبکه با یک لایه پنهان و تعداد ۵ نورون در هر لایه با در نظر گرفتن بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد بهینه‌سازی توپولوژی را نشان داد. جدول ۱ ویژگی‌های ساختار بهینه شبکه عصبی را نشان می‌دهد. برای ساختار بهینه شبکه عصبی از الگوریتم بهینه‌سازی Levenberg-Marquardt و توابع خطی (برای لایه خروجی) و تانژانت سیگموئید (برای لایه پنهان) استفاده شد. بررسی ضرایب تبیین (R^2) به دست آمده، کمترین میزان خطای شبکه در پیش‌بینی را نشان داد و ساختار شبکه (توپولوژی) به کار رفته با بیش‌ترین مقدار ضریب تبیین، بهترین عملکرد شبکه عصبی در پیش‌بینی و مدل‌سازی را نشان داد. نتایج ساختار بهینه مدل شبکه عصبی مصنوعی به شرح جدول ۲ است. با توجه به نتایج شبکه‌های آموزش داده شده در جدول ۲، مدل با ساختار ۱–۵–۱۸ (۱۸ متغیر ورودی، ۵ نورون در لایه پنهان و یک متغیر خروجی: ۱–۵–۱۸) و با توجه به بیش‌ترین ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۸۲، ۰/۸۱ و ۰/۶۸ بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار را نشان می‌دهد.

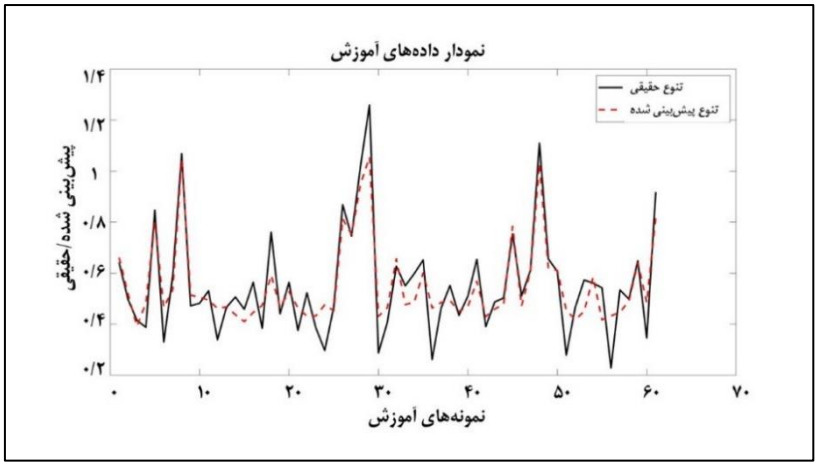
جدول ۱. ویژگی‌های ساختار بهینه شبکه عصبی در مدل تنوع پوشش گیاهی

خصوصیات ساختار شبکه	لایه پنهان	لایه خروجی
نوع شبکه	پرسپترون چند لایه (MLP)	پرسپترون چند لایه (MLP)
تابع انتقال	Tangent Sigmoid	Linear
الگوریتم بهینه‌سازی	Levenberg-Marquardt	Levenberg-Marquardt
تعداد نورون	۵	۱

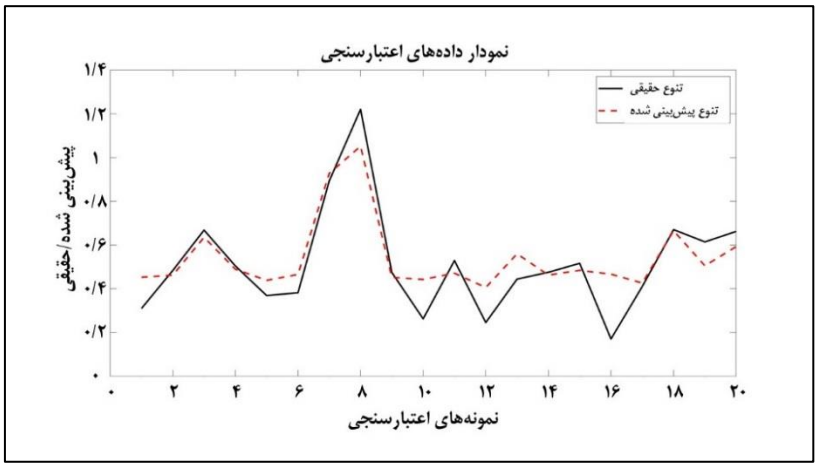
جدول ۲. نتایج ساختار بهینه مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تنوع پوشش گیاهی

تعداد لایه پنهان	تعداد نورون	داده‌ها	R^2	MAE	MSE
۱	Tansig (۵)	آموزش	۰/۸۲	۰/۰۶۸۳	۰/۰۰۷۷
		اعتبارسنجی	۰/۸۱	۰/۰۸۲۲	۰/۰۱۲۲
		آزمون	۰/۶۸	۰/۰۹۳۹	۰/۰۱۲۷
		کل داده‌ها	۰/۷۷	۰/۰۷۶۱	۰/۰۰۹۶

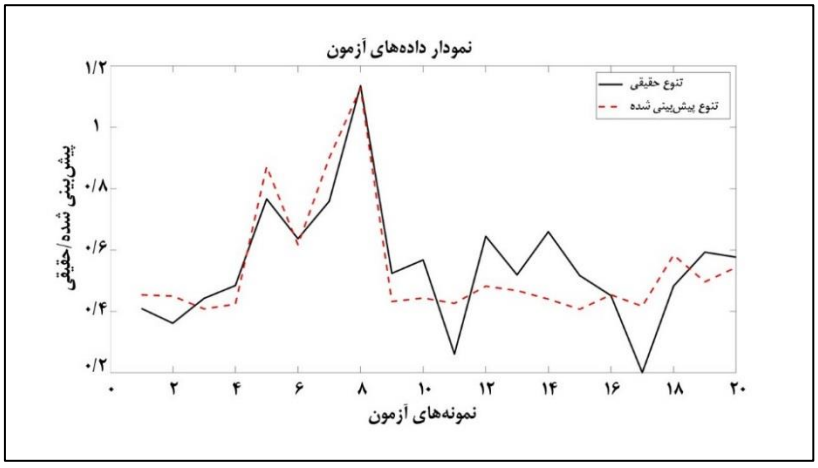
تعداد ورودی‌ها برابر با ۱۰۱ نمونه با ۱۸ متغیر و خروجی برابر با تنوع پوشش گیاهی است. ۶۱ نمونه برای آموزش شبکه، ۲۰ نمونه برای اعتبارسنجی حین آموزش و ۲۰ نمونه نیز برای آزمون نتایج شبکه عصبی طراحی شده استفاده شد. شکل‌های ۴ تا ۶ اختلاف تنوع پوشش گیاهی حقیقی و میزان تنوع برآورد شده توسط مدل شبکه عصبی را برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، اختلاف ناچیزی بین تنوع پوشش گیاهی حقیقی (Target) و تنوع پوشش گیاهی برآورد شده (Output) وجود دارد که نشان‌دهنده دقت بالای شبکه عصبی طراحی شده در برآورد میزان تنوع پوشش گیاهی بر اساس متغیرهای ورودی است. این نتیجه حاکی از قابلیت زیاد مدل به دست آمده جهت پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی با کاربرد در مناطق تحت حفاظت است.



شکل ۴. نمودار اختلاف تنوع پوشش گیاهی حقیقی و تنوع پوشش گیاهی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای داده‌های آموزش (منبع یافته‌های پژوهش)

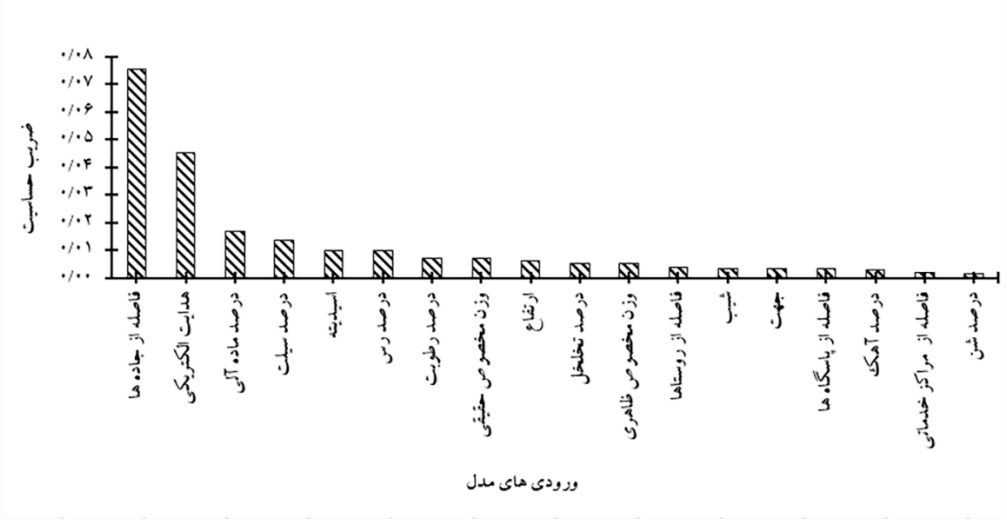


شکل ۵. نمودار اختلاف تنوع پوشش گیاهی حقیقی و تنوع پوشش گیاهی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای داده‌های اعتبارسنجی (منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل ۶. نمودار اختلاف تنوع پوشش گیاهی حقیقی و تنوع پوشش گیاهی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای داده‌های آزمون (منبع: یافته‌های پژوهش)

با توجه به ضریب تبیین شبکه بهینه در مرحله آزمون (۰/۶۸)، دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه از سطح مطلوبی برخوردار است. نتایج آنالیز حساسیت برای تمام متغیرهای ورودی در مدل در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش در جهت کشف رابطه متغیرهای اکولوژیک و متغیرهای انسانی با تنوع پوشش گیاهی و مدل‌سازی آن، شکل ۷ ضریب تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای به کار برده شده در پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر این اساس فاصله از جاده‌ها، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک با ضریب اثرگذاری ۰/۰۷، ۰/۰۴ و ۰/۰۱ به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه از خود نشان می‌دهند. در صورتی که سایر متغیرهای ورودی در مدل اثر قابل توجهی در تعیین تنوع پوشش گیاهی ندارند.

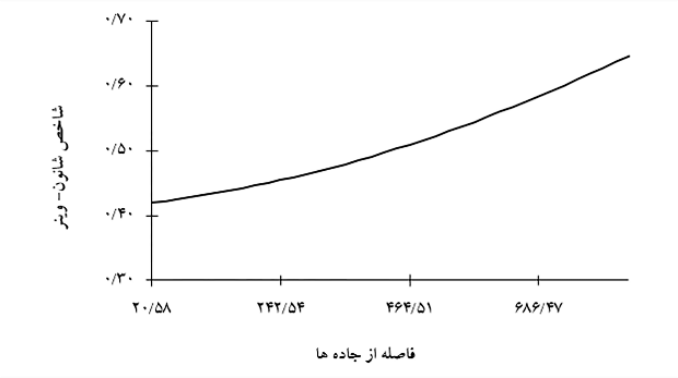


شکل ۷. ضریب تأثیرگذاری متغیرهای ورودی در مدل در پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی (منبع: یافته‌های پژوهش)

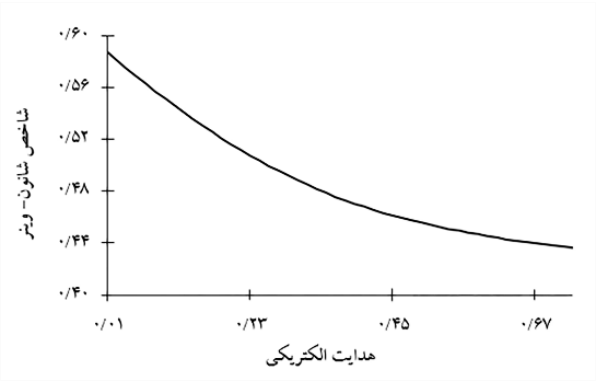
روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب تغییرات فاصله از جاده‌ها در شکل ۸ نشان می‌دهد با افزایش فاصله از جاده‌ها، تنوع پوشش گیاهی به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. به طوری که با ۸۲۱ متر افزایش فاصله از جاده‌ها، افزایش ۰/۲۵ واحدی تنوع مشاهده شد. روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی خاک در شکل ۹ نشان می‌دهد با افزایش هدایت الکتریکی خاک، تنوع پوشش گیاهی به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. به طوری که با ۰/۷ دسی زیمنس بر متر افزایش هدایت الکتریکی، کاهش ۰/۱۵ درجه‌ای تنوع را نشان داد. روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب تغییرات درصد ماده آلی خاک در شکل ۱۰ نشان می‌دهد با افزایش ماده آلی خاک، تنوع پوشش گیاهی به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. به طوری که با ۲/۴ درصد افزایش این متغیر، افزایش ۰/۰۶ درجه‌ای تنوع پوشش گیاهی مشاهده شد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پوشش گیاهی در اثر فعالیت‌های انسانی به شکل فزاینده‌ای تحت تأثیر تغییرات قرار می‌گیرد. از نظر بسیاری از محققین همچون (یغمایی و همکاران، ۱۳۹۵). در کشور ایران پوشش گیاهی به دلایل گوناگونی از جمله تغییر کاربری اراضی، تخریب اراضی و استفاده بی رویه از منابع مراتع و جنگل‌ها رو به نابودی است و در حال حاضر در بیشتر مناطق در وضعیت بحرانی قرار دارد. در این مطالعه تلاش شد تا به طراحی سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز پرداخته شود تا بتوان به روند تغییرات پوشش گیاهی بر اساس تغییر متغیرهای اکولوژیک و شدت فعالیت‌های انسانی دست یافت.



شکل ۸. نمودار روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب فاصله از جاده‌ها (منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل ۹. نمودار روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب هدایت الکتریکی (منبع: یافته‌های پژوهش)

شکل ۱۰. نمودار روند تغییرات تنوع پوشش گیاهی بر حسب ماده آلی (منبع: یافته‌های پژوهش)

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شبکه عصبی طراحی شده با یک لایه پنهان و ۵ نورون، تابع انتقال تانژانت سیگموئید و تابع خطی برای لایه خروجی، از قابلیت مناسبی برای مدل کردن اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه برخوردار است. ساختار ۱-۵-۱۸ در مدل شبکه عصبی با ضرایب تبیین در سه دسته آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۸۲، ۰/۸۱ و ۰/۶۸، به

عنوان ساختار بهینه مدل اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی انتخاب شد. همچنین این مدل بر اساس مقادیر ضریب تبیین و خطا مورد بررسی قرار گرفت و به منظور بررسی اثربخشی مدل شبکه عصبی، مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اختلاف میان مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده کم است و این امر دقت مطلوب و قابلیت بالای شبکه عصبی مصنوعی را در مدل‌سازی تنوع پوشش گیاهی نشان می‌دهد. پژوهشگرانی مانند پیری صحراگرد و همکاران (۱۳۹۴) نیز با استفاده از این روش به مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مراتع حوض سلطان قم پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌دهنده توانایی بالای روش شبکه عصبی در مدل‌سازی و پیش‌بینی پوشش گیاهی است که با نتایج این مطالعه در ارتباط با کارایی مدل شبکه عصبی همخوانی دارد. همچنین جهانی و همکاران (۲۰۲۰) با این روش اثر گردشگری را بر تراکم پوشش گیاهی در پارک‌های ملی خجیر، سرخه حصار و قمیشلو مدل‌سازی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که پرسپترون چند لایه (MLP) به عنوان یک روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند با موفقیت تأثیر گردشگری بر پوشش گیاهی را با دقت پیش‌بینی کند که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. نتایج آنالیزحساسیت مدل تنوع پوشش گیاهی در پژوهش حاضر نشان داد که متغیرهای فاصله از جاده، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک مؤثرترین متغیرها در مدل شبکه عصبی مصنوعی هستند. مصفایی و همکاران (۱۳۹۷) و جهانی و صفاری‌ها[1] (۲۰۲۱) نیز که به ترتیب در پارک‌های ملی سرخه حصار و لار به مدل‌سازی تنوع پوشش گیاهی پرداختند، بیان کردند که متغیر رطوبت وزنی خاک نقش کلیدی در مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی دارد، که با نتایج این مطالعه متفاوت است. همچنین پورمحمد (۱۳۹۶) و زنگ[2] و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهش‌هایی به بررسی اثرات جاده بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی به ترتیب در پارک ملی خجیر و در منطقه‌ی شمالی در کشور چین پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که جاده‌ها بر پوشش گیاهی مجاور اثر می‌گذارند که نتایج این مطالعه با نتایج آنالیز حساسیت مدل‌سازی تنوع پوشش گیاهی در مطالعه حاضر مطابقت دارد و با افزایش فاصله از جاده، تنوع پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. نقدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز اثرات جاده را بر پوشش گیاهی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های شفارود بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که جاده‌ها به میزان زیادی بر اکوسیستم‌های مجاور خود اثرگذار هستند که با یافته‌های پژوهش حاضر مشابه است. کاهش تنوع در اثر نزدیک شدن به جاده می‌تواند در اثر اختلالات فیزیکی و شیمیایی ناشی از ساخت و ساز جاده، تعمیر و نگهداری کنار جاده‌ای و گازهای گلخانه‌ای خودروها اتفاق بیفتد. همچنین جاده سبب فشردگی خاک شده و درنتیجه منجر به افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، کاهش تخلخل خاک و کاهش رطوبت اشباع خاک شده که با افزایش فاصله از جاده وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش و تخلخل خاک و رطوبت اشباع خاک افزایش یافته، درنتیجه تنوع پوشش گیاهی افزایش می‌یابد (پورمحمد، ۱۳۹۶). نتایج آنالیز حساسیت برای تنوع پوشش گیاهی در این پژوهش اشاره به نقش مؤثر هدایت الکتریکی خاک در کاهش تنوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه دارد؛ به طوری که با افزایش هدایت الکتریکی خاک، به صورت غیرخطی تنوع گیاهی کاهش می‌یابدکه این یافته‌ها با نتایج مطالعه زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۸۷) در مراتع پشت‌کوه یزد مشابهت دارد و بر این موضوع تأکید دارند که هدایت الکتریکی خاک بر تنوع گونه‌ای تأثیر زیادی می‌گذارد. با توجه به این موضوع که هدایت الکتریکی از جمله روش‌های اندازه‌گیری شوری خاک است، کاهش تنوع پوشش گیاهی در اثر افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌تواند به سبب افزایش محدودیت‌هایی ازجمله کاهش رطوبت و افزایش شوری خاک باشد که منجر به کاهش تنوع گونه‌ای می‌شود (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۸۷). یاری و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیقی در مراتع سرچاه عماری بیرجند، بر اثرگذاری هدایت الکتریکی بر تنوع پوشش گیاهی تأکید کردند و بیان نمودند که با افزایش هدایت الکتریکی خاک، تنوع گیاهی افزایش می‌یابد که نتایج آن‌ها از این نظر با نتایج این پژوهش مغایرت دارد. بر اساس نتایج آنالیز حساسیت مدل تنوع پوشش گیاهی، با افزایش درصد ماده آلی خاک، تنوع پوشش گیاهی به صورت غیر خطی افزایش می‌یابد. ویس کرمی و همکاران (۱۳۹۸) نیز بر این موضوع که ماده آلی خاک

[1] Jahani & Saffariha
[2] Zeng

سبب افزایش تنوع پوشش گیاهی می‌شود تأکید دارند. آن‌ها در پژوهش خود این مسئله را مطرح کرده‌اند که فعالیت‌های انسانی و چرای دام بر قابلیت تولید و تنوع گیاهان تأثیر دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. افزایش تنوع پوشش گیاهی در اثر افزایش میزان ماده آلی خاک می‌تواند به این امر مرتبط باشد که افزایش مواد آلی خاک منجر به بهبود شرایط خاک و حاصلخیزی آن می‌شود. همچنین مواد آلی قابلیت جذب و نگهداری آب زیاد را دارد که در نتیجه ذخیره رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد (جعفری حقیقی، ۱۳۸۲؛ زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین می‌توان بیان کرد که افزایش میزان ماده آلی خاک در منطقه و نمونه‌ها با توجه به این موضوع است که تردد در منطقه به سبب وجود راه‌های مواصلاتی زیاد است و بیشتر نمونه‌ها به دلیل امکان دسترسی و در نظر گرفتن فعالیت‌های انسانی از مناطق حاشیه‌ای جاده‌ها برداشت شده‌اند و ازجمله مواردی که سبب افزایش مواد آلی در این مناطق می‌شود و شرایط مساعدتری جهت رشد و نمو گیاهان در خاک‌های حاشیه جاده و افزایش تنوع پوشش گیاهی در این مناطق فراهم می‌کند، می‌توان به سرازیر شدن روان آب‌های بارشی جمع شده بر روی آسفالت جاده به سمت حاشیه جاده اشاره کرد که سبب افزوده شدن مقدار بالایی مواد آلی به خاک‌های این مناطق می‌شود (نجفی قیری، ۱۳۹۷).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که می‌توان با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (پرسپترون چند لایه) به طراحی سامانه پشتیبان اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت پرداخت. با توجه به دقت بالای مدل پرسپترون چند لایه طراحی شده در این پژوهش، این مدل می‌تواند به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری به منظور ارزیابی و مدیریت محدوده مورد مطالعه کارساز باشد. نتایج آنالیز حساسیت در این پژوهش برای تنوع پوشش گیاهی نشان داد که متغیرهای فاصله از جاده، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک مؤثرترین متغیرها در مدل شبکه عصبی مصنوعی هستند. بنابر نتایج به دست آمده با افزایش فاصله از جاده، تنوع پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. لذا می‌توان گفت که احداث جاده بر تنوع پوشش گیاهی در این منطقه اثر منفی می‌گذارد. به منظور حفظ شرایط طبیعی گونه‌ها و تنوع زیستی در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی (حوزه استحفاظی استان البرز) لازم است که اثرات فعالیت‌های انسان در این منطقه کاهش یابد. بدین منظور می‌بایست توجه بیش‌تری نسبت به متغیرهای اثرگذار در مدل‌سازی تنوع پوشش گیاهی داشت و با توجه به اثرگذاری زیاد متغیرهای هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک بر تنوع پوشش گیاهی، پیشنهاد می‌شود در محدوده‌هایی که خاک این خصوصیات را دارد، به عنوان اراضی با پتانسیل بالای تنوع زیستی گیاهی شناسایی و حفاظت شوند. همچنین اقدامات لازم همچون 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 تنوع پوشش گیاهی می‌تواند انجام گیرد.

References

Abdollahi, M. and Fayadi, M. (2010). Legal challenges of Iran Environmental Protection Organization. Journal of Environmental Sciences, 7 (4), 143-180 (in Persian).

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).

Atic, M., Seleuk, S. & Karaguzel, O. (2009). Impact of recreational trampling on the natural vegetation in Termessos National Park. Antalya-Turkey, Tarim Bilimeri Dergisi, 15(3), 249-258.

Bahmani, H., Ataei, I. & Moradmand Jalali, A. (2014). Comparison of biodiversity indices of tree species in Darabkala forest. Journal of Environment sciences and technology, 15 (4), 55-64 (in Persian).

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.

Eshaghi Rad, J., Heydari, M., Mahdavi, A. & Zeinivandzadeh, 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. (2016). 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).

Heydari, M., Pourbabaei, H. & Esmaeilzadeh, O. (2015). Investigating the impact of habitat characteristics and human destructions on the diversity of plant species understorey and soil in the forest ecosystem of Zagros using the path analysis method. Plant Research Journal (Iranian Biology Journal), 28 (3), 535-548 (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. & 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.

Jahani, A., Feghhi, J., Makhdoum, M.F. & Omid, M. (2016). Optimized forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network. Journal of Environmental Planning and Management, 59(2), 222-244.

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.

Jahedipour, S., Kouchaki, A.R., Nasiri Mahallati, M. & Rezvani Moghadam, P. (2017). The effect of physiographic factors on the biodiversity of plant species in the desert ecosystem of Gonabad Kakhak. Desert Ecosystem Engineering Journal, 5 (13), 1-12 (in Persian).

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.

Majnounian, H. (2014). *Protected areas: Basics and protection measures of parks and areas in Iran and the world (along with scientific and technical guides).* Deynegar press, Tehran, 414 p. (in Persian).

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. 440-450 (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).

Naghdi, R., Pourbabaei, H., Heydari, M. & Nouri, M. (2014). Investigating the effects of a forest road on vegetation and some physical and chemical properties of the soil (case study: Shafarood forests, series 2). Iranian Forest Ecology Journal, 2 (3), 49-65 (in Persian).

Najafi Ghiri, M., Kiasi, Y., Khademi. F., Mahmoudi, A.R., Boustani, H.R., Mokarram, M. & Gholami, M.J. (2018). Effects of roads on vegetation and some physical and chemical characteristics and ability to use soil elements. Journal of Water and Soil Sciences, 22 (3), 299-310 (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.

Pickering, C.M. & Hill, W. (2007). Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia. Journal of environmental management, 85(4), 791-800.

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).

Pourmohammad, P. (2018). Road impact assessment on soil and vegetation in protected areas (Case Study: Khojir National Park). MS.c thesis. Environment group. Collage of Environment, Karaj, Iran, 111 p. (in Persian)

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

Sabzeghabaei, G.R. & Salehipour, F. (2013). Zoning of protected areas as a way to achieve effective management in protected areas. The first national conference on environment, energy and biodefense, Promotional group of environmental lovers- Mehr Arvand Institute of Higher Education, Tehran. 1-9 (in Persian).

Sayareh, V., Sadeghi Rad, A. & Moradi, H. (2019). Investigating the effect of natural tourism on the richness and diversity of vegetation parameters (case study: Kalashk pastures, Kermanshah province). Journal Rangeland, 13 (4), 584-595 (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).

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: 5-9 (in Persian).

Veis Karami, Z., Pilehvar, B. & Haghizadeh, A. (2019). Investigating the impact of human-caused disturbance on vegetation and soil changes in Darmazu forests of Lorestan province. Journal of watershed engineering and management, 11 (1), 233-251 (in Persian).

Yaghmaei, L., Jafari, R., Soltani, S., Bashari, H. & 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. 1-11 (in Persian).

Yari, R., Azarnivand, H., Zare Chahouki, M.A. & Farzad Mehr, J. (2012). Investigating the relationship between species diversity and environmental factors in Sarchah Amari pastures in Birjand. Iran's grassland and desert research, 19 (1), 95-107 (in Persian).

Zare Chahouki, M.A., Jafari, M. & Azarnivand, H. (2008). Investigating the relationship between species diversity and environmental factors in the pastures of Poshtkooh, Yazd province. Journal of Research and Construction, 21 (1), 192-199 (in Persian).

Zeng, S.L., Zhang, T.T., Gao, Y., Li, B., Fang, C.M., Flory, S.L. & Zhao, B. (2012). Road effects on vegetation composition in a saline environment. Journal of Plant Ecology, 5(2), 206-218.