دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره شانزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت در اثر برنامه مدیریتی(مطالعه موردی: پارک ملی سرخه‌حصار)

زهرا مصفایی[1]، علی جهانی[2*]، محمدعلی زارع چاهوکی[3]، حمید گشتاسب میگونی[4]، وحید اعتماد[5]

[1]کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکده‌ی محیط‌زیست، سازمان حفاظت محیط‌زیست، کرج

[2]دانشیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع‌زیستی، دانشکده محیط‌زیست، کرج

[3]استاد گروه آموزشی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

[4] دانشیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع‌زیستی، دانشکده محیط‌زیست، کرج

[5]دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۳۰

چکیده

پژوهش حاضر در پارک ملی سرخه‌حصار باهدف شناسایی اثرگذارترین عوامل و برنامه‌های مدیریتی مؤثر بر تخریب پوشش گیاهی و ارائه مدل پیش‌بینی تخریب در اثر برنامه‌های مختلف مدیریتی با استفاده از روش رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. بدین منظور، پس از تعیین واحدهای همگن اکولوژیکی به کمک نقشه رقومی ارتفاعی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تعداد ۴۸۰ نمونه خاک با روش ترانسکت نواری و با توجه به عمق خاک و ریشه‌دوانی گیاهان منطقه چهار پروفیل با عمق‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر حفر شد.تعداد ۶۰۰ نمونه پوشش گیاهی نیزبا استفاده از پلات مربع ۲×۲ و روش سطح حداقل با توجه به نوع، تراکم و پراکنش گونه‌های گیاهی انجام گرفت. به‌منظورمدل‌سازی رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی عوامل انسانی، اکولوژیک و خصوصیات خاکبه‌عنوان متغیرهای ورودی و شاخص تنوع زیستی شانون به‌عنوان متغیر خروجی انتخاب شد. مدل رگرسیون در نرم‌افزارSPSS و مدل شبکه در نرم‌افزارMATLAB طراحی شد. نتایج روش توأم و حذف بامقدار R=۰/۴۲۲ در مدل رگرسیون (MSE=۱/۸۱۱) و مقدار R=۰/۵۰۶ در مدل شبکه عصبی مصنوعی (MSE=۰/۶۹۴) نشان داد مدل شبکه با ساختار پرسپترون چندلایه و یک‌لایه مخفی و ۱۸ نورون، با توجه به مقدار ضریب تبیین کل بالاتراز مدل رگرسیون (۰/۵۰۶) و خطای کمتر (۰/۶۹۴) در پیش‌بینی تخریب مدل کارآمدتری می‌باشد. نتایج آنالیز حساسیت نشان داد

*نویسنده مسئول: ajahani@ut.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

رطوبت وزنی خاک نقش کلیدی در تخریب پوشش گیاهی دارد که پیشنهاد می‌شود با احیای خاک و پوشش گیاهی در بخش‌های تخریب‌یافته از روند تخریب جلوگیری شود.

واژگان کلیدی: **شبکه عصبی مصنوعی، پارک ملی، مدل‌سازی پوشش گیاهی، رگرسیون، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی**

مقدمه

حفاظت و پایش دائمی مناطق تحت حفاظت که از با ارزش‌ترین و متنوع‌ترین زیستگاه‌ها هستند و یافتن شیوه‌های مدیریتی مناسب جهت پیشگیری از تخریب در این مناطق امری ضروری تلقی می‌شود (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۸؛مصفایی و همکاران، ۱۳۹۷؛Wang et al.,2008). بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین جهت آگاهی از این تخریب‌ها حائز اهمیت است (جهانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Tiwari and Jain, 2014). از طرفی تراکم جمعیت انسانی، شدت فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در نواحی شهری و همچنین ایجاد ضایعات و آلودگی‌ها، یکپارچگی زیستگاه‌ها را در مناطق تحت حفاظت کاهش دادهو سبب تخریب محیط‌زیست شده است (براتی و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی به ایجاد درک صحیحی از نحوه‌ی تعامل انسان و محیط‌زیست منجر می‌شودکه این مسئله در ارتباط با پارک‌های ملی از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

مدل‌سازی نقش مهمی در شناخت اثرات و پیامدهای تخریب پوشش گیاهی ایفا می‌کند؛ و به برنامه‌ریزی مؤثر در حفاظت از محیط‌زیست کمک شایانی می‌نماید (مصفایی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Borana and Yadav, 2017; Jafari et al., 2014). به عبارتی، مدل‌سازی به‌عنوان ابزاری جهت شناسایی تغییرات کاربری و اثرات آن‌ها برمحیط‌زیست، بسیار کارآمد هستند. امروزه مطالعات متعددی جهت بررسی و مدل‌سازی پراکنش پوشش گیاهی و ارتباط آن با عوامل محیطی اثرگذار انجام‌شده است. در این میان می‌توان به مطالعات زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۹۳) در رابطه با استفاده از روش‌های آماری جهت مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه با استفاده از عوامل محیطی مانند خصوصیات خاک اشاره کرد. همچنین خلاصی اهوازی و همکاران (۱۳۹۴) و پیری صحراگرد و همکاران (۱۳۹۵) به مدل‌سازی پراکنش پوشش گیاهی با استفاده از روش آنتروپی حداکثر و با کمک عوامل محیطی، پرداختند. جعفریان جلودار و همکاران (۱۳۸۷) نیز با استفاده از روش طبقه‌بندی به تحلیل روابط میان توزیع پوشش گیاهی با عوامل اقلیمی و فیزیوگرافیک پرداختند.

در این میان استفاده از روش‌های رگرسیون در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی به‌منظور اعمال برنامه‌های حفاظتی به‌سرعت در حال افزایش می‌باشد(مصفایی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Coops et al., 2009; Aguilera et al., 2006; Carl & Ku, 2007).باوجوداینکه روش‌های رگرسیون به نسبت سایر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

روش‌های ذکرشده کاربرد بیشتری داشته و مدل‌های بهتری را ارائه نمودند (Pearce & Ferrier, 2000; Carl & Ku, 2007). ولیکن امروزه استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در مطالعات محیط‌زیست کاربرد گسترده‌ای داشته است (جهانی، ۱۳۹۶؛ جهانی، ۱۳۹۵؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۴؛ Jahani, 2019;Jahani et al., 2020; Mosaffaei et al., 2020; Shams et al., 2020; Kalantary et al., 2019; Pourmohammad et al., 2020). مدل‌سازی با کمک شبکه عصبی مصنوعی، کشف روابط میان عناصر اکوسیستم، کمی کردن آن‌ها و ارتباط آن با تخریب اکوسیستم می‌باشد. به کمک این روش می‌توان مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی را بهبود بخشید (جهانی، ۱۳۹۵). مطالعات بسیاری نیز قابلیت و دقت بالاتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های رگرسیونی را اثبات می‌کنند (جهانی، ۱۳۹۶).

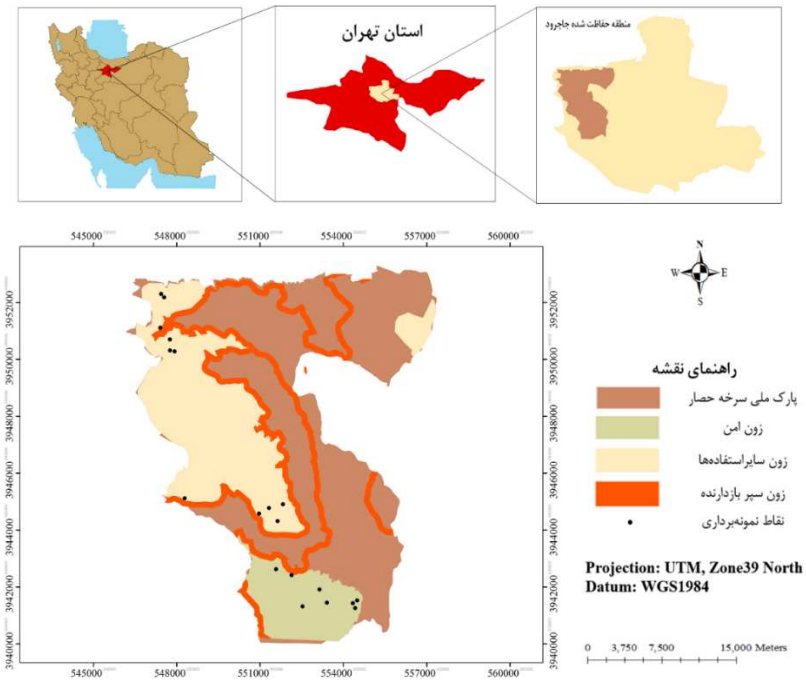
تراکم جمعیت انسانی در شهر تهران، نزدیک بودن پارک ملی سرخه‌حصار به این کلان‌شهر،تعارضات نیروی سپاه، مناطق مسکونی موجود در زون سایر استفاده‌ها، وجود جاده‌ها، اتوبان، چرای دام و ورود افراد متفرقه، سببافزایش تخریب در اکوسیستم این پارک شده است. ضرورت انجام این تحقیق این است که در صورت ادامه روندابن تعارضات، یکی از زیستگاه‌های مهم البرز مرکزی دچار تخریب غیرقابل‌جبران و کاهش تنوع زیستی خواهد شد. لذا این تحقیق باهدفشناسایی اثرگذارترین عوامل و برنامه‌های مدیریتیمؤثر بر تخریب پوشش گیاهی و ارائه مدل پیش‌بینی تخریب در اثر برنامه‌های مختلف مدیریتی با استفاده از روش رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی انجام شد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

پارک ملی سرخه‌حصار با وسعت ۹۳۸۰ هکتار یکی از قدیمی‌ترین پارک‌های ایران است که در شرق استان تهران و در ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است. به‌منظور عملیات نمونه‌برداری و پژوهش در این تحقیق از دو زون امن به‌عنوان زون تخریب نشده و زون سایر استفاده‌ها به‌عنوان زون تخریب‌شده به دلیل شدت تعارضات موجود در آن استفاده شد. زون ۱ محدوده امن (طبیعت محدودشده)۱۴/۱ درصد از مساحت کل پارک و زون ۱۱ سایر استفاده‌ها به‌عنوان زون تخریب‌شده در این پژوهش ۱۲/۳ درصد از مساحت کل پارک را به خود اختصاص داده‌اند. این پارک با تنوع بسیار بالای پوشش گیاهی و ۲۹ تیپ گیاهی از بهترین زیستگاه‌های البرز مرکزی محسوب می‌شود. پوشش گیاهی غالب پارک ملی سرخه‌حصار شامل دو جنس *Astragalus spp* و*Artemisia spp* می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در زون‌های امن و سایر استفاده‌های پارک ملی سرخه‌حصار

تعیین نقاط نمونه‌برداری

پس از تهیه نقشه واحدهای شکل زمین بر اساس روش مخدوم و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS واحدهای همگن اکولوژیکی یکسان بر اساس طبقات شیب، جهت، ارتفاع، خصوصیات فیزیکی خاک و پوشش گیاهی، در هر دو زون انتخاب شد. درمجموع تعداد ۲۰ واحد اکولوژیک انتخاب شد و پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری در واحدهای اکولوژیک و یافتن محل تقریبی هر قطعه‌نمونه در نرم‌افزار Google Earth اقدام به عمل نمونه‌برداری شد.

نمونه‌برداری خاک و پوشش گیاهی

نمونه‌برداری از خاک به روش ترانسکت نواری انجام شد، در هر یگان سه ترانسکت به روش تصادفی – سیستماتیک گرفته شد. ابتدا و انتهای هر ترانسکت با توجه به عمق خاک وعمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه‌های گیاهی موردمطالعه، پروفیل خاک با چهار عمق ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر حفر شد (زارع چاهوکی و ناصری، ۱۳۹۷). درمجموع ۴۸۰ نمونه خاک تهیه شد. درنهایت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری (روش کلوخه) و حقیقی (روش استوانه مدرج)، تخلخل، رطوبت وزنی (روش

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

استاندارد)، بافت خاک (روش هیدرومتر)، درصد سنگریزه، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد (زارع چاهوکی و ناصری، ۱۳۹۷؛ جعفری حقیقی، ۱۳۸۲). نمونه‌برداری از پوشش گیاهی با توجه به نوع، تراکمو پراکنش گونه‌های گیاهی، با استفاده از پلات مربع ۲×۲ انجام شد.تعیین سطح مناسب پلات به روش سطح حداقل و تعداد هر پلات پس از نمونه‌برداری اولیه با توجه به تغییرات پوشش با روش آماری تعیین شد. ترانسکت‌ها در جهت شیب در نظر گرفته شد و در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات به فاصله ۱۰۰ متر قرارداده شد؛ که این فاصله به دلیل وسعت طول هر دامنه و تغییر شرایط محیطی در طول دامنه انتخاب شد (زارع چاهوکی و ناصری، ۱۳۹۷). درمجموع تعداد ۳۰ پلات در هر واحد شکل زمین و ۶۰۰ پلات در کل منطقه موردمطالعه گرفته شد. نمونه‌های گیاهی شناسایی شدند و میزان تنوع (نوع و تعداد گونه‌ها در منطقه موردمطالعه) در سطح پلات، واحد اکولوژیک و زون شناسایی شد و اطلاعات اندازه‌گیری شده در هر واحد اکولوژیک به همراه اطلاعات ارتفاع، شیب، جهت، طول و عرض جغرافیایی و مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری به‌منظور تهیه نقشه تخریب پوشش گیاهیبرداشت شد.

شاخص تنوع زیستی

تاکنون تعداد زیادیشاخص تنوع زیستی ابداع‌شده است که از میان آن‌ها، شاخص شانون- وینر پرکاربردتر می‌باشد (فخرآبادی و همکاران، ۱۳۹۴؛ جاهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۳). این شاخص به‌صورت رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌گردد.

رابطه ۱

$$H' = \sum_{i}^{s} p_i ln(p_i)$$

که در رابطه‌ی فوق H' شاخص تنوع شانون- وینر، S تعداد گونه در نمونه و P_i نسبت تعداد گونه i ام به تعداد کل گونه‌ها می‌باشد.

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

نمونه‌ها (متغیرهای مستقل و وابسته بر اساس جدول (۱)) به‌طور تصادفی به سه دسته آموزش شبکه (۷۰ درصد)، سنجش دقت (۱۵ درصد) و آزمون شبکه (۱۵ درصد) تقسیم شدند (جهانی و محمدی فاضل، ۱۳۹۵). تعداد نمونه‌های واردشده در مدل ۶۰۰ نمونه بود. صحت مدل‌ها با مقایسه نتایج و شاخص‌های محاسبه‌شده شامل ضریب تعیین (R)، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (MSE)و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)سنجیده شد. انتخاب ساختار بهینه شبکه بر اساس این مؤلفه‌ها انجام گرفت. این شاخص‌ها بر طبق رابطه‌های (۲ تا ۴) محاسبه شد (جهانی، ۱۳۹۵، Jahani et al., 2016).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

رابطه ۲
$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}$$

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

رابطه ۴
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}}$$

که در رابطه‌های فوق: O_iداده اندازه‌گیری‌شده، P_iداده پیش‌بینی‌شدهو nتعداد داده‌ها است. متغیرهای ورودی(متغیرهای مستقل) شامل شیب (S)، جهت (A) و ارتفاع (H)، فاصله از جاده (R)، فاصله از پارک جنگلی (Fp)، فاصله مناطق نظامی (Ma)، فاصله از مناطق مسکونی (Ra)، فاصله از منابع آب (So)، فاصله از پاسگاه محیط‌بانی (Ps)، وزن مخصوص ظاهری (Bd)، وزن مخصوص حقیقی (Pd)، درصد تخلخل (P)، درصد رطوبت وزنی خاک (WHC)، درصد سنگریزه (G)، بافت خاک (St) (شن (C)، رس (Sa)، سیلت (Si))، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی خاک (Ec)و خروجی(متغیر وابسته) شاخص شانون می‌باشد که در مدل رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعیاستفاده شد

مدل‌سازی رگرسیونی

باوجوداینکه مدل‌های رگرسیون ناپارامتری به‌خصوص روش لجستیک در مطالعات مرتبط با پوشش گیاهی کاربرد بیشتری دارد. ولیکن این روش برای مدل‌سازی رویش جوامع تک‌گونه کاربرد دارد و هنگامی‌که تعداد متغیرهای مستقل در مدل زیاد باشد این روش چندان کارآمد نیست (چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳). به همین دلیل استفاده از رگرسیون چند متغیره پارامتری در این پژوهش مناسب‌تر می‌باشد. روش‌های رگرسیون چند متغیره که در این پژوهش استفاده شد. شامل روش توأم[×] (تمام متغیرهای مستقل بدون در نظر گرفتن رابطه معنی‌دار با متغیر وابسته وارد مدل می‌شوند)، گام‌به‌گام[†] (مهم‌ترین متغیرها مرحله‌به‌مرحله وارد مدل می‌شوند)، حذف[‡] (متغیرها که درروشگام‌به‌گام وارد مدل شدند، در یک مرحله حذف می‌شوند)، پس‌رونده[§] (تمام متغیرها مانند روش توأم وارد مدل شده و متغیرهای ضعیف از معادله حذف می‌شوند تا سطح معنی‌داری قابل‌قبول شود) و پیش‌رونده[××] (این روش

[×] Enter
[†] Stepwise
[‡] Remove
[§] Backward
[××] Forward

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

مانند روش گام‌به‌گام می‌باشد که متغیرهای قوی‌تر وارد مدل شده تا سطح معنی‌داری به ۵ درصد برسد) بود (زارع چاهوکی، ۱۳۹۲).

نتایج

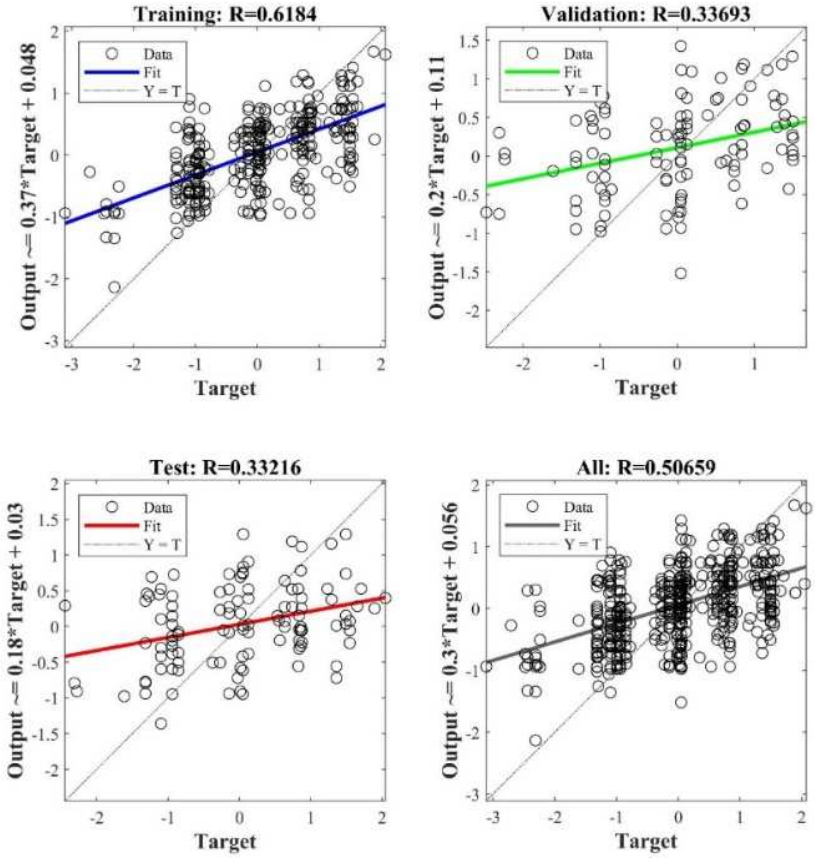
در این پژوهش ۶ مدل به کمک شبکه عصبی مصنوعی، جهت آزمون داده‌ها طراحی شد، شبکه‌ها با حداقل یک و حداکثر دولایه پنهان، حداقل ۵ و حداکثر ۳۰ نورون طراحی شدند که در آن‌ها الگوریتم یادگیری متفاوتی اجرا شد،انتخاب شبکه بهینه با آزمون‌وخطا انجام گرفت. ساختار بهینه این مدل‌ها به شرح جدول (۱) می‌باشد. نتایج اجرای شبکه‌های مختلف، بیشترین مقدار ضریب تعیین (R) را در مدل اول نشان می‌دهد، این شبکه با یک‌لایه پنهان و ۱۸ نورون بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار شبکه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج ساختارهای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی تخریب خاک و پوشش گیاهی

ساختار توابع شبکه (تعداد نورون‌ها)، الگوریتم بهینه‌سازی-دوره یادگیری	داده‌ها	R	RMSE	MAE	MSE
Sigmoid tangent, Linear(17), Levenberg-Marquardt-227	آموزش	۰/۶۱	۰/۸۹۵۶	۰/۶۲۵۲	۰/۶۱۹۸
	اعتبارسنجی	۰/۳۳	۰/۹۱۱۶	۰/۷۸۸۳	۰/۹۵۴۸
	آزمون	۰/۳۳	۰/۳۸۴۱	۰/۹۴۶۴	۰/۹۴۶۴
	کل داده‌ها	۰/۵۰	۰/۵۶۵۶	۰/۶۹۴۹	۰/۷۵۲۱

نمودار رگرسیون نمونه‌های آموزش، آزمون، اعتبارسنجی و کل داده‌ها به همراه مقادیر R هرکدام، در شکل (۲) نمایش داده شده است؛ کهمقادیر x روی نمودار داده‌های واقعی و محاسبه شده و مقادیر y خروجی شبکه را به‌صورت ابر نقاط در نمودار نشان می‌دهد. خط منحنی برازش در نمودار نیز جهت نشان دادن میزان پراکنش ابر نقاط می‌باشد.

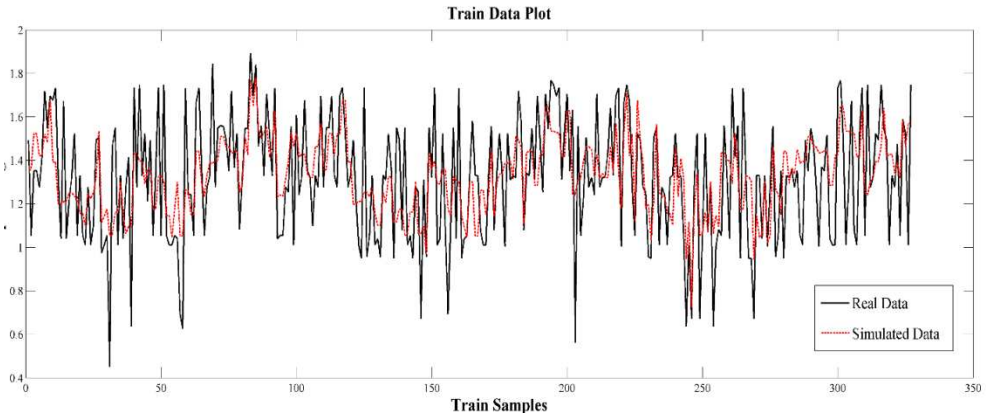
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]



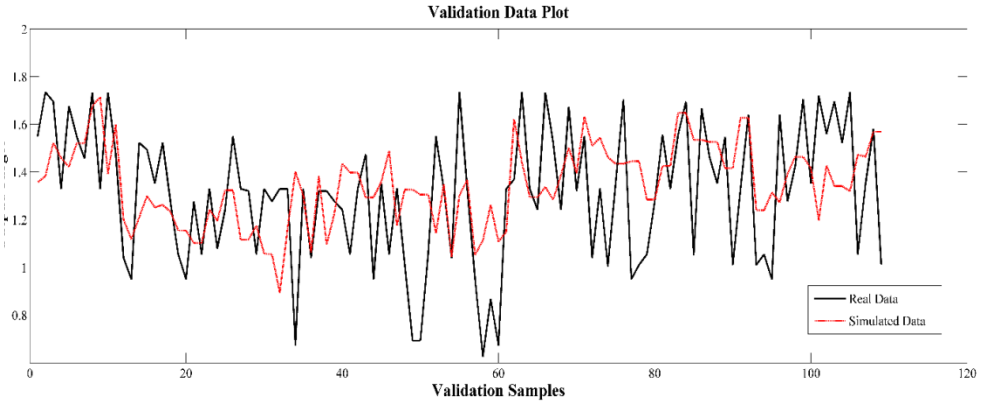
شکل ۲- نمودار رگرسیون نمونه‌ها در مدل بهینه شبکه عصبی مصنوعی

شکل (۳) اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و مقادیر قابل پیش‌بینی تنوع پوشش گیاهی توسط مدل ارائه شده به کمک شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد. اختلاف کم مقادیر واقعی و محاسبه شده تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده توسط مدل شبکه عصبی طراحی‌شده دقت مناسب این مدل را نشان می‌دهد. در این نمودار مقادیر X مربوط به مقادیر نمونه‌های آموزش، اعتبار سنجی، آزمون و کل نمونه‌ها می‌باشد و مقادیر Y نیز مقادیر خروجی می‌باشد. منحنی ساده مقادیر واقعی محاسبه شده و منحنی خط‌چین مقادیر پیش‌بینی‌شده به کمک مدل را نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]



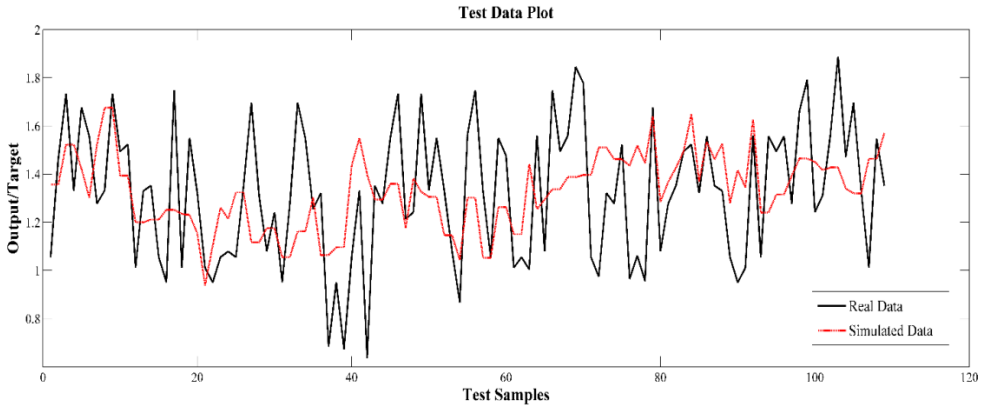
الف) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در داده‌های آموزش توسط شبکه عصبی مصنوعی



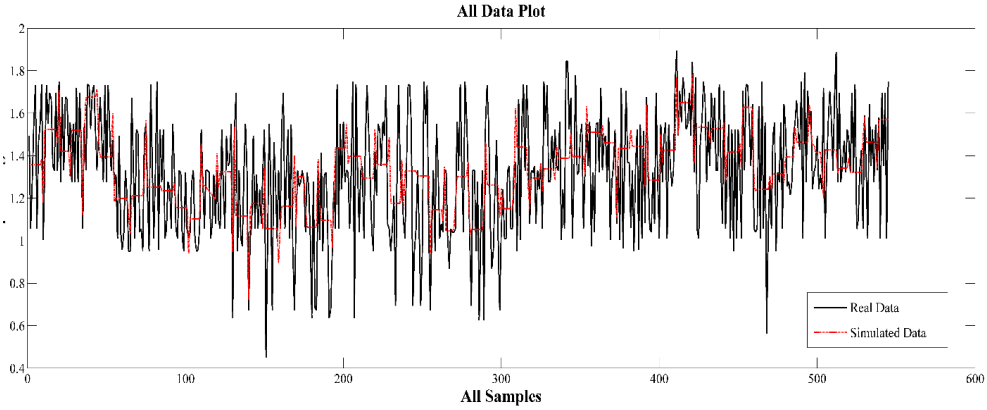
ب) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در داده‌های اعتبار سنجی توسط شبکه عصبی مصنوعی

شکل ۳- نمودارهای اختلاف مقادیر محاسبه شده تنوع پوشش گیاهی و مقادیر پیش‌بینی‌شده در داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و داده‌های کل توسط مدل شبکه عصبی طراحی‌شده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]



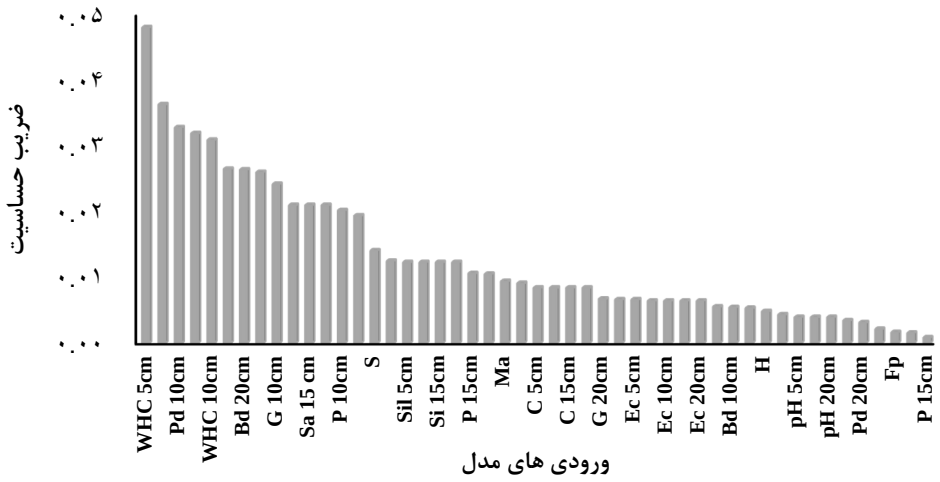
ج) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در داده‌های آزمون توسط شبکه عصبی مصنوعی



د) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در کل داده‌ها توسط شبکه عصبی مصنوعی

لدامه شکل (۳)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

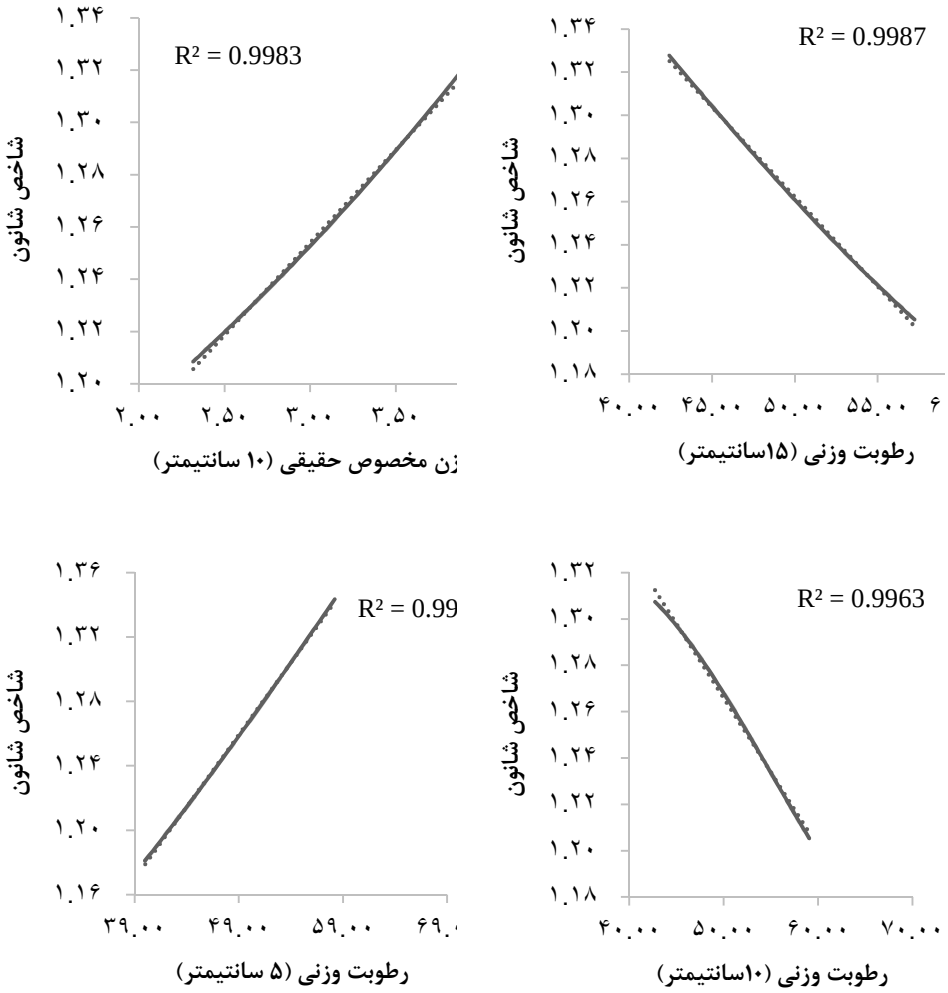


شکل ۴- نتایج تحلیل حساسیت در مدل بهینه شبکه عصبی مصنوعی

به‌منظور بررسی اثرگذاری هر مؤلفه در خروجی مدل، آنالیز حساسیت در محیط متلب انجام شد، برای این منظور انحراف معیار و میانگین هر متغیر در مدل محاسبه شد. سپس به‌منظور محاسبه حساسیت خروجی شبکه، نسبت به هر یک از متغیرهای مدل، اقدام به ثابت نگه‌داشتن تمام متغیرها برابر با میانگین آن‌ها شد و متغیر مورد نظر در دامنه انحراف معیار، تغییر نمود. با پیش‌بینی و شبیه سازی تخریب پوشش گیاهی، انحراف معیار خروجی‌های مدل محاسبه شد. این فرایند در تک تک متغیرهای ورودی (متغیرهای مستقل) انجام شد و حساسیت نتایج مدل نسبت به هر یک از متغیرها بررسی شد (جهانی، ۱۳۹۶). نتایج این آنالیز برای تمام متغیرهای به‌کارگرفته شده در شکل (۴) نمایش داده شده است. در این میان متغیرهای رطوبت وزنی (در عمق‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر)، وزن مخصوص حقیقی (۱۰ سانتی‌متر) و فاصله از جاده بیشترین اثرگذاری را در پیش‌بینی میزان تخریب خاک و پوشش گیاهی دارند.

نمودار انحراف معیار خروجی هر مؤلفه اثرگذار در مدل شبکه در شکل (۵) نمایش داده شده است. این نمودار که میزان تأثیر متغیرهای اثرگذار را نسبت به تنوع پوشش گیاهی نشان می‌دهد، بیشترین تأثیر تخریب با توجه به نوع منطقه در متغیر رطوبت وزنی و در عمق ۵ سانتی‌متر و خاک سطحی می‌باشد. سایر عوامل که در عمق‌های بیشتر اثرگذار هستند، تأثیر کمتری در خروجی داشتند که روندهای آن‌ها همخوانی دقیق با تنوع ندارد. به همین علت ممکن است تنوع زیستی در عمق‌ها بیشتر کاهش یابد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]



شکل ۵- انحراف معیار مؤلفه‌های اثرگذار در مدل شبکه عصبی مصنوعی

تحلیل مدل رگرسیون خطی چند متغیره

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک[††] بررسی شد. سپس همبستگی داده‌ها از آزمون پیرسون در سطح ۰/۰۵ بررسی شد که نتایج آن نشان‌دهنده وجود همبستگی بالای داده‌ها و معنی‌دار

[††] Shapiro-Wilk

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

بودن آن‌ها با اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.به این ترتیب می‌توان از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده کرد. نتایج مدل رگرسیون در منطقه موردمطالعه به شرح جدول (۲) می‌باشد. انتخاب مناسب‌ترین روش بر اساس مقایسه ضریب همبستگی داده‌های آموزش، اعتبار سنجی، آزمون و کل، انجام شد. به‌این ترتیب روش‌های توأم، حذف و پس‌رونده مناسب‌تر هستند

جدول ۲- مقایسه روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی تخریب خاک و پوشش گیاهی

روش‌های مورد استفاده		ضریب همبستگی کل دادهها	ضریب همبستگی داده‌های آموزش	ضریب همبستگی داده‌های اعتبار سنجی	ضریب همبستگی داده‌های آزمون
روش رگرسیون	روش توأم	۰/۴۲۲	۰/۴۵۰	۰/۷۲۸	۰/۶۱۰
	روش گام به گام	۰/۳۰۲	۰/۳۲۱	۰/۴۷۷	۰/۱۹۹
	روش حذف	۰/۴۲۲	۰/۴۵۰	۰/۷۲۸	۰/۶۱۰
	روش پس‌رونده	۰/۴۲۲	۰/۴۵۰	۰/۷۲۸	۰/۶۱۰
	روش پیش‌رونده	۰/۳۰۲	۰/۳۲۱	۰/۴۷۷	۰/۱۹۹

متغیرهای اثرگذار در این جدول بر اساس عدد ضریب بتا در جدول ضرایب رابطه‌ی رگرسیون[#] انتخاب شدند، به این ترتیب که هرچه مقدار ضریب بتا در یک متغیر بیشتر باشد، نقش آن متغیر در پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته (شاخص شانون) بیشتر خواهد بود.نتایج معنی‌داری رابطه رگرسیون در جدول (۳) نمایش داده شده است. که در آن مجموع و میانگین مربعات برای منابع رگرسیون و باقی‌مانده ذکرشده است. تجزیه واریانس رگرسیون فرض وجود رابطه معنی‌دار بین متغیرهای را نشان می‌دهد و مقدار معنی‌داری، رابطه خطی میان متغیرهای وابسته و مستقل را با اطمینان ۹۹ درصداثبات می‌کند.

جدول ۳- نتایج معنی‌داری رابطه رگرسیون در متغیرهای مستقل و وابسته

مدل		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	فراوانی	معنی‌داری
۱	رگرسیون	۷/۶۶۷	۳۹	۰/۱۹۷	۲/۷۹۷	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۳۵/۴۲۱	۵۰۴	۰/۰۷۰	-	-

[#]Coefficients

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

کل	۴۳/۰۸۸	۵۴۳	-	-	-

متغیرهای اثرگذار در این مدل به‌ترتیب با مقدار بتای، فاصله از پارک جنگلی (Fp) (۸/۲۷۰)، فاصله از مناطق نظامی (Ma) (۷/۵۹۰-)، فاصله از مناطق مسکونی (Ra) (۳/۶۲۲)، فاصله از پاسگاه محیط‌بانی(Ps) (۳/۰۶۰-)، رطوبت وزنی(WHC) در عمق ۵ سانتی‌متر (۸/۵۳۰-)، اسیدیته (pH) در عمق ۱۰ سانتی‌متر (۱/۳۲۷-) می‌باشد. به این ترتیب مدل تخریب خاک و پوشش‌گیاهی (H) با سطح اطمینان ۹۹ درصد به‌صورت رابطه (۵) می‌باشد.

رابطه ۵

$$H= ۸/۲۷۰Fp-۷/۵۹۰Ma +۳/۶۲۲Ra -۳/۰۶۰Ps -۸/۵۳۰WHC -۱/۳۲۷ pH+۱/۶۴۴$$
$$R=۰/۴۲۲$$

پس از بررسی مقدار ضریب همبستگی داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل در میان دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون، به بررسی مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق و ریشه میانگین مربعات خطاپرداخته شد. با توجه به جدول (۴) مقدار خطای مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل رگرسیون کمتر از یک می‌باشد که همین امر سبب شد تا مدل شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان مدل بهینه در مدل‌سازی تخریب خاک و پوشش گیاهی در زون‌های امن و سایر استفاده‌ها پارک ملی سرخه‌حصار انتخاب شود.

جدول ۴- مقایسه مقادیر خطا در دو مدل رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی طراحی‌شده

	آموزش		اعتبارسنجی		آزمون		کل داده‌ها	
	مدل رگرسیون	مدل شبکه	مدل رگرسیون	مدل شبکه	مدل رگرسیون	مدل شبکه	مدل رگرسیون	مدل شبکه
MSE	۱/۰۲۹	۰/۶۲۵	۱/۷۸۴	۰/۷۸۸	۱/۸۳۰	۰/۹۴۶	۱/۸۱۱	۰/۶۹۴
RMSE	۱/۰۵۸	۰/۸۹۵	۳/۱۸۲	۰/۹۱۱	۳/۳۴۸	۰/۳۸۴	۳/۲۷۹	۰/۵۶۵
MAE	۱/۳۱۶	۰/۶۱۹	۱/۳۱۶	۰/۹۵۴	۱/۳۲۳	۰/۹۴۶	۱/۳۱۰	۰/۷۵۲
R	۰/۴۵	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۳۳	۰/۶۱	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۵۰

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به‌منظور مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی از دو روش رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. بر اساس نتایج، شبکه عصبی مصنوعی با یک‌لایه پنهان، ۱۸ نورون در هر لایه با تابع انتقال تانژانت هایپربولیک و ضریب تبیین۰/۵۰۶ به‌عنوان روش بهینه در مدل‌سازی انتخاب شد. این دو مدل بر اساس مقادیر ضریب تبیین داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل و همچنین مقادیر میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق و ریشه میانگین مربعاتخطا موردبررسی قرار گرفتند و درنهایت نتایج نشان داد روش شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تبیین بیشتر و خطای کمتر از یک کارآمدتر از روش رگرسیون می‌باشد. برخی محققان نیز با مقایسه این دو روش مدل‌سازی در حوزه محیط‌زیست، به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی مصنوعی کارایی بهتری نسبت به روش‌های رگرسیونی دارد (ارشد و همکاران، ۱۳۹۱).

در این پژوهش علاوه بر اینکه مدل رگرسیونی و مدل شبکه عصبی مصنوعی بر اساس مقادیر ضریب تبیین و خطا موردبررسی قرار گرفتند، به‌منظور بررسی اثر بخشی مدل شبکه عصبی مصنوعی مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی تخریب پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه نیز باهم مقایسه شدند. درنتیجه با بررسی نمودار مدل پیش‌بینی‌شده با مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف این دو نمودار نیز قابل‌قبول بودکه این امر قابلیت شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. پژوهشگرانی مانند جهانی (۱۳۹۶)؛ نیز با مقایسه مقادیر قابل پیش‌بینی و حقیقی، مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جنگل را موردبررسیقرارداد. در مطالعه‌ای نیز جهانی و همکاران (Jahani et al., 2016)؛ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به مدل‌سازی تخریب جنگل پرداختند و مدل OFDM را برای طرح‌های جنگلداری ارائه نمودند. همچنین پیری صحراگرد و همکاران (۱۳۹۴)؛ با استفاده از این روش به مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی پرداختند.

نتایج تحلیل حساسیت نیز نشان داد، متغیرهای رطوبت وزنی، وزن مخصوص حقیقیوفاصله از جادهتأثیرگذارترین متغیرها در مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشند؛ وپس‌ازآن جهت شیب، وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و درصد سنگریزه از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. پیری صحراگرد و همکاران (۱۳۹۵) و صفاریها و همکاران (۱۳۹۸) نیز در مطالعه‌ای که به مدل‌سازی پراکنش رویشگاه پرداختند، عوامل سنگریزه و جهت شیب را به‌عنوان یکی از عوامل مهم اثرگذار در پراکنش گونه‌های گیاهی معرفی نمودند. برخی مطالعات نشان می‌دهد خصوصیات توپوگرافی مانند جهت شیب و همچنین

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

برخی خصوصیات خاک از قبیل رطوبت وزنی می‌توانند در کاهش احتمال حضور گونه‌های گیاهی مؤثر باشند (Ashcroft, 2006; Biglouei et al., 2008).در این میان برخی محققان نیز بر اثرات عوامل ارتفاع و شیب در پراکنش گونه‌های گیاهی تأکیددارند که در تحقیق حاضر این دو عامل از اهمیت کمتر برخوردار بودند (جعفریان جلودار و همکاران، ۱۳۸۷؛ زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۵).

اهمیت متغیر رطوبت وزنی در میان هر دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون مشترک می‌باشد که اهمیت این متغیر را به‌خصوص در لایه‌های سطحی نشان می‌دهد. تحقیقات برخی محققان نیز نشان می‌دهد وجود رطوبت در خاک سطحی که با میزان سنگریزه ارتباط دارد، بر پوشش گیاهی اثرگذار است (Abella&Convington, 2006). شیرانی و همکاران (۱۳۹۶)؛ نیز دریافتند فشردگی خاک و فعالیت‌های انسانی در لایه‌های سطحی خاک موجب کاهش فضای خالی بین خاک و درنتیجه کاهش رطوبت در خاک می‌گرددکه این امر رشد گیاه را کاهش می‌دهد و کیفیت پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر به‌منظور کاهش اثرات تخریب در منطقه باید توجه بیشتری به متغیرهای اثرگذار در مدل‌سازی داشت. باتوجه به اینکه رطوبت وزنی در عمق سطحی به‌عنوان اثرگذارترین متغیر در مدل‌سازی شناخته شد، پیشنهاد می‌شود اقدامات لازم جهت احیای خاک منطقه موردمطالعه در لایه‌های سطحی خاک انجام شود. همچنین احیای پوشش گیاهی در بخش‌های تخریب یافته علاوه بر احیای خاک در کاهش روند تخریب منطقه موردمطالعه اثرگذار خواهد بود. مدل شبکه عصبی طراحی‌شده در این تحقیق با توجه به‌دقتقابل‌قبول در منطقه موردمطالعه در ارزیابی و مدیریت منطقه به‌عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری کارساز خواهد بود.

منابع

ارشد، ر.، صیاد، غ.، مظلوم، م.، شرفا، م.، جعفرنژادی، ع. ۱۳۹۱. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی برای پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های استان خوزستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، ۱۶(۶۰): ۱۰۷-۱۱۸.

براتی، ب.، جهانی، ع.، زبردست، ل.، رایگانی، ب. ۱۳۹۶. ارزیابی یکپارچگی مناطق حفاظت‌شده با به‌کارگیری رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (منطقه موردمطالعه: پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش کلاه قاضی). مجله آمایش سرزمین، ۹(۱): ۱۵۳-۱۶۸.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

پیری صحراگرد، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.،آذرنیوند، ح. ۱۳۹۴. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مناطق خشک و بیابانی با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (بررسی موردی: مراتع حوض سلطان استان قم). نشریه مدیریت بیابان، ۳(۵): ۲۶-۳۹.

پیری صحراگرد، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، آذرنیوند، ح. ۱۳۹۵. کاربرد روش آنتروپی حداکثر در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع بخش خلجستان استان قم). مجله مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)، ۶۹(۴): ۸۱۹-۸۳۴.

جاهدی پور، س.، کوچکی، ع.، محلاتی، م.ن.، مقدم، پ.ر. ۱۳۹۵. تأثیر عوامل فیزیوگرافیک بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی اکوسیستم بیابانی کاخک گناباد. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵(۱۳): ۱-۱۲.

جعفری حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک- نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی، انتشارات ندای ضحی، چاپاول، ۲۳۶.

جعفریان جلودار، ز.، ارزانی، ح.، جعفری، م.، زاهدی، ق.، آذرنیوند، ح. ۱۳۸۷. تحلیل ارتباط بین توزیع جوامع گیاهی و عوامل اقلیمی و فیزیوگرافیک با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی و رسته‌بندی در مراتع رینه. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۲(۲):۱۲۵-۱۴۰.

جهانی، ع. ۱۳۹۵. مدل‌سازی آشفتگی انبوهی جنگل در ارزیابی محیطی با استفاده از شبکهعصبی مصنوعی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران،۲۴(۲): ۳۲۲-۳۱۰.

جهانی، ع. ۱۳۹۶. مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جنگل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۴(۳): ۱۷-۳۴.

جهانی، ع.، محمدی فاضل، ا. ۱۳۹۵. مدل‌سازی کیفیت زیباشناختی منظر در فضای سبز شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی.محیط‌زیست طبیعی ۶۹(۴): ۹۵۱-۹۶۳.

جهانی، ع.، مخدوم، م.، فقهی، ج.، اعتماد، و.۱۳۹۰.تعیین کیفیت منظر و نقاط چشم‌اندازبه‌منظور کاربری اکوتوریسم (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود). پژوهش‌های محیط زیست ۲(۳): ۱۳-۲۰.

حیدری، م.، پوربابائی، ح.، اسماعیل‌زاده، ا. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر خصوصیات رویشگاهی و تخریب‌های انسانی بر تنوع گونه‌های گیاهی زیر اشکوب و خاک در اکوسیستم جنگلی زاگرس با استفاده از روش تحلیل مسیر. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۸(۳): ۵۳۵-۵۴۸.

خلاصی اهوازی، ل.، زارع چاهوکی، م.ع.، حسینی، س.ز. ۱۳۹۴. مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی رویشگاه گونه‌های*Artemisiaaucheri*و*Artemisia sieberi*بر اساس روش‌های مبتنی بر حضور (MaxEntوENFA) تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۶(۱-۱۹): ۵۷-۷۴.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

رضازاده، س.، جهانی، ع.، گشتاسب میگونی، ح.، مخدوم فرخنده، م. ۱۳۹۸. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی توسعه در منطقه حفاظت شده باشگل با کاربرد مدل تخریب سیمای سرزمین. مجله پژوهش‌های محیط زیست، ۱۰ (۱۹): ۲۶-۱۵.

زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل داده‌های در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، چاپ دوم، ۳۱۰.

زارع چاهوکی، م.ع.، ناصری حصار، ن. ۱۳۹۷. مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لجستیک در مراتع نیمه خشک (مطالعه موردی: مراتع اشتهار) مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۱(۱): ۲۹-۴۴.

زارع چاهوکی، م.ع.، خلاصی اهوازی، ل.، آذرنیوند، ح. ۱۳۹۳. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی بر اساس عوامل خاک و توپوگرافی با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک در مراتع شرق سمنان. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۷(۱): ۴۵-۵۹.

شیرانی، ن.، جهانی، ع.، گشتاسب، ح.، اعتماد، و. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات اکولوژیک تفرج بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت (مطالعه موردی: پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش قمیشلو). مجله محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۷۰(۴): ۸۸۱-۸۹۱.

صفاریها، م.،آذرنیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.ع.، طویلی، ع.، نژادابراهیمی، ص.، پاتر، د. ۱۳۹۸. بررسیتأثیر مرحلهٔ گلدهی بر کمیت و کیفیت اسانس Salvia limbata درطبقات ارتفاعی مختلف درمراتع طالقان. مرتع و آبخیزداری. ۷۲(۱): ۱۳۹-۱۴۹.

فخرآبادی، س.، جعفریان، ز.، حیدری، ق.ا.، قلیچ نیا، ح. ۱۳۹۴. مطالعه شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در شیوه‌های مختلف بهره‌برداری از مراتع (مطالعه موردی: مراتع پلور). نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان،۳(۶): ۱۵-۲۶.

مصفایی، ز.، جهانی، ع.، زارع چاهوکی، م.ع، گشتاسب میگونی، ح.، اعتماد، و . ۱۳۹۷. بررسی تأثیر بافت خاک بر میزان تخریب در مناطق تحت حفاظت (مطالعه موردی: پارک ملی سرخه‌حصار). کنفرانس بین‌المللی جامعه و محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران.

مصفایی، ز.، جهانی، ع.، زارع چاهوکی، م.ع، گشتاسب میگونی، ح.، اعتماد، و. ۱۳۹۶. مدل‌سازی رگرسیونی ضخامت پوست بر اساس متغیرهای فیزیکی درخت زبان‌گنجشک *Fraxinus excelsior*در محیط‌زیست شهری. پنجمین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری. تهران.

مصفایی، ز.، جهانی، ع.، زارع چاهوکی، م.ع، گشتاسب میگونی، ح.، اعتماد، و. ۱۳۹۷. مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی با استفاده از شاخص تنوع‌زیستی سیمپسون مطالعه موردی: پارک ملی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

سرخه‌حصار. کنفرانس ملی مطالعات نوین مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط‌زیست در قرن ۲۱، کرج.

Abella, S.R., Covington, W.W. 2006. Vegetation environment relationships and ecological speciesgroups of an arizona*Pinus ponderosa* landscape, Plant Ecology, 185 (2): 225-268.

Aguilera, A.M., Escabias, M., Valderrama, M.J. 2006. Using principal components for estimating logistic regression with high-dimensional multicollinear data. Computational Statistics & Data Analysis, 50(8): 1905-1924.

Ashcroft, M.B. 2006. A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. Ecological Modelling, 197(3-4): 394-404.

Biglouei, M.H., Akbarzadeh, A., Yousefi, K. 2008. Effect of composted wood barks (CWBs) on some soil physical and hydraulic properties. International Journal of Applied Agricultural Research, 4(1): 1-14.

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.

Carl, J., Ku hn, I. 2007. Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using Gaussian and logit models. Ecological Modelling, 207(2-4): 159-170.

Coops, N.C., Waring, R.H., Schroeder, T.A. 2009. Combining a generic process-based productivity model and a statistical classification method to predict the presence and absence of tree species in the Pacific Northwest, U.S.A. Ecological Modelling, 220(15): 1787-1796.

Jafari, M.J., Kalantary, S., Zendehdel, R., Sarbakhsh, P. 2014. Feasibility of substituting ethylene with sulfur hexafluoride as a tracer gas in hood performance test by ASHRAE-110-95 method. International journal of occupational hygiene, 6(1): 31-36

Jahani A. 2019. Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modeling using regression analysis and artificial neural networks. Journal of Forest Science. 65(2):61-9.

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 in vegetation density of protected areas using data mining techniques, Land Degradation & Development. https://doi.org/10.1002/ldr.3549

Kalantary, S., Jahani, A., Pourbabaki, R., Beigzadeh, Z. 2019. Application of ANN modeling techniques in the prediction of the diameter of PCL/gelatin

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]

nanofibers in environmental and medical studies. RSC Advances, 9 (43), 24858-24874.

Mosaffaei, Z., Jahani, A., ZareChahouki, M.A., GoshtasbMeygoni, H., Etemad, V., Saffariha, M. 2020. Soil texture and plant degradation predictive model (STPDPM) in national parks using artificial neural network (ANN). Modeling Earth System and Environment, 33 (6): 715-729.

Pearce, J., Ferrier, S. 2000. An evaluation of alternative algorithms for fitting species distribution models using logistic regression. Ecological Modelling, 128(2-3): 127-147.

Pourmohammad, P., Jahani, A., ZareChahooki, M.A., GoshtasbMeygooni, H. 2020. Road impact assessment modeling on plants diversity in national parks using regression analysis in comparison with artificial intelligence. Modeling Earth System and Environment, 13, https://doi.org/10.1007/s40808-020-00799-6.

Shams, R., Jahani, A., Moeinaddini, M., Khorasani, N. 2020. Air carbon monoxide forecasting using an artificial neural network in comparison with multiple regression. Modeling Earth System and Environment, 41, https://doi.org/10.1007/s40808-020-00762-5.

Tiwari, A., Jain, K. 2014. GIS Steering smart future for smart Indian cities. International Journal of Scientific and Research Publications, 4(8): 442-446.

Wang, X.D., Zhong, X.H., Liu, S.Z., Liu, J.G.,Wang, Z.Y., Li, M.H. 2008. Regionalassessment of environmental vulnerability inthe Tibetan Plateau: development andapplication of a new method. Journal of AridEnvironments, 72(10): 1929-1939.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-26]