

## مدلسازی ریسک کاهش تنوع و انقراض گونه‌های گیاهی در پارک ملی سرخه حصار

زهرا مصفايي؛ کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران.  
علی جهانی<sup>۱</sup>؛ دانشیار و عضو هیئت علمی گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران.

محمد علی زارع چاهوکی؛ استاد و عضو هیئت علمی گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

حمید گشتاسب میگونی؛ دانشیار و عضو هیئت علمی گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران.

وحید اعتماد. دانشیار و عضو هیئت علمی گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۴

### چکیده

شناسایی کامل مخاطرات و اولویت‌بندی آن‌ها در جهت عدم آسیب به طبیعت از اولین گام‌های مدیریت منابع طبیعی می‌باشد. لذا معرفی یک سیستم جامع قابل ارزیابی، درک و ارزشیابی، در جهت کنترل مخاطرات ضروری می‌باشد این پژوهش با هدف مدلسازی و پیش‌بینی میزان مخاطرات محیطی به دنبال افزایش تخریب در محیط‌های طبیعی به کمک شبکه عصبی مصنوعی (ANN) انجام گرفت. به این ترتیب تعداد ۶۰۰ نمونه خاک و پوشش گیاهی در واحدهای همگن اکولوژیک برداشت شد. نمونه‌های خاک با روش ترانسکت نواری به توجه به عمق خاک و در چهار پروفیل (۵،۱۰،۱۵،۲۰cm) تهیه شد. نمونه‌های گیاهی نیز با روش سطح حداقل و با استفاده از پلات‌های مربع ۲×۲ با توجه به نوع، تراکم و پراکنش پوشش گیاهی برداشت شد. نمونه‌برداری در دو زون امن و سایر استفاده‌ها مدل‌سازی با کمک ANN در محیط متلب انجام شد. مدل بهینه پرسپترون چندلایه با دو لایه پنهان، تابع تانژانت سیگموئید و ۱۹ نورون در هر لایه و ضریب تبیین ۰/۹۰+ انتخاب شد. نتایج آنالیز حساسیت نشان داد، رطوبت وزنی خاک در شدت کاهش تنوع زیستی و ریسک سیل و همچنین افزایش ریسک انقراض گونه‌های اندمیک منطقه اثرگذار خواهد بود، و پس از آن وزن مخصوص ظاهری و حقیقی و تخلخل خاک و فاصله از جاده نقش کلیدی در تخریب پوشش گیاهی، افزایش سیل و افزایش ریسک انقراض پوشش گیاهی را دارند. لذا پیشنهاد می‌شود اقدامات مرتبط با احیای خاک و پوشش گیاهی در این پارک به منظور کاهش تخریب‌های آتی هرچه سریعتر انجام شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی، مخاطرات محیطی، پارک ملی، پوشش گیاهی.

## مقدمه

فعالیت‌های انسان بر حسب نیازهای اقتصادی و اجتماعی سبب تغییر در اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود، این تغییرات و تخریب‌ها نیز به دلیل عدم شناخت کافی اولویت‌ها در جهت برخورد با مخاطرات محیط طبیعی می‌باشد (کیانی و همکاران، ۱۳۹۰). شناسایی کامل مخاطرات و اولویت‌بندی آن‌ها در جهت عدم آسیب به طبیعت از اولین گام‌های مدیریت منابع طبیعی می‌باشد. لذا معرفی یک سیستم جامع قابل ارزیابی، درک و ارزشیابی، در جهت کنترل مخاطرات ضروری می‌باشد (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۶). امروزه گسترش شتابزده و بدون برنامه انسان موجب پیدایش بحران در روابط انسان با محیط زیست و در نهایت نابودی منابع طبیعی، انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری و بروز انواع آلودگی‌های محیطی شده است، که این امر موجب به هم خوردن تعادل اکولوژیکی شده است (حجی پور و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی تخریب محیط زیست مانعی اساسی برای توسعه پایدار می‌باشد که اثر جبران ناپذیری در زندگی انسان خواهد گذاشت (Nikpour et al., ۲۰۱۹).

آسیب‌پذیری بیانگر حساسیت یک اکوسیستم در برابر تغییرات و میزان توانایی آن اکوسیستم در جهت تطابق با آن تغییرات می‌باشد (Omann et al., ۲۰۱۰). در واقع تنش‌ها عوامل اثرگذاری هستند که به موجب آن‌ها حساسیت منابع طبیعی که از عوامل اثرپذیر هستند را می‌تون سنجد (Kazmierczak and Handley, ۲۰۱۱). وجود مخاطرات متعددی از قبیل افزایش تراکم جمعیت انسانی و تبدیل زیستگاه‌ها به سکونتگاه‌های انسانی، جاده سازی (Thoisly et al., ۲۰۱۰)، تغییر کاربری (Rouget et al., ۲۰۰۳)، ورود گونه‌های غیر بومی (Baral et al., ۲۰۱۴)، شکار غیرمجاز (Ervin, ۲۰۰۳)، سیل، آتش‌سوزی، جنگ (Connelly et al., ۲۰۰۲)، تغییرات اقلیمی، جنگل زدایی (Ibisch et al., ۲۰۰۲) و تخریب زیستگاه‌ها (Quan et al., ۲۰۰۲) به عنوان تهدیدی برای محیط زیست می‌باشد.

به همین منظور، جهت بهبود و حداکثر کردن ظرفیت زیستگاه‌ها با توجه به محدودیت زمانی، منابع مالی و افزایش تهدیدها و فشارهای انسانی و همچنین کاهش تنوع زیستی (Rogers et al., ۲۰۱۰)، لازم است قبل از هر اقدام حفاظتی، مخاطرات محیط زیستی آن شناسایی و اولویت بندی شده تا برنامه‌های مدیریتی مناسب اعمال گردد (Gardner et al., ۲۰۱۰, Xiaofeng et al., ۲۰۱۱). ارزیابی این آسیب‌پذیری محیط زیست با روش‌های متفاوتی انجام می‌شود. از جمله این روش‌ها، روش ارزیابی جامع (Goda and Matsuoka, ۱۹۸۶)، روش ارزیابی فازی (Adriaenssens, ۲۰۱۰; Lee et al., ۲۰۰۱; Enea and Salemi, ۲۰۰۴; et al., ۲۰۰۴)، روش ارزیابی خاکستری (Hao and Zhou, ۲۰۰۲)، روش ارزیابی سیمای سرزمین (Antonio et al., ۲۰۰۳; Kangas et al., ۲۰۰۰) و روش ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی (جهانی، ۱۳۹۵; Dzeroski, ۲۰۰۱; Park et al., ۲۰۰۴) که در ارزیابی مخاطرات محیطی کاربرد دارند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت مدل‌سازی، برآورد و پیش‌بینی مخاطرات محیطی بسیار توانمند هستند زیرا دارای قابلیت یادگیری و تعمیم هستند (Ellis et al., ۱۹۹۲; Ghabousi et al., ۱۹۹۱; Garcia et al., ۲۰۰۰; Miguel et al., ۲۰۰۸). سادگی و انعطاف‌پذیری از دیگر دلایل کاربرد وسیع شبکه‌های عصبی در زمینه‌های مهندسی و ارزیابی می‌باشد (Hsu et al., ۱۹۹۵؛ بخشی و همکاران، ۱۳۸۸). سیگنال خروجی در شبکه عصبی مصنوعی از طریق یک تابع انتقال تولید می‌شود. اتصال هر نورون نیز با یک وزن مشخص می‌شود. هدف از هر الگوریتم آموزش به حداقل رساندن مجموع مربعات خطا ( $MSE^1$ ) است. همچنین انتخاب اندازه لایه پنهان مشکل بوده و بستگی به

<sup>1</sup> Mean Square Error

تعداد و کیفیت الگوهای آموزش دارد (jahani et al., ۲۰۱۶; Atici, ۲۰۱۱). در تحقیق حاضر هدف مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان مخاطرات محیطی به دنبال افزایش تخریب در محیط‌های طبیعی می‌باشد، که به منظور این هدف از ابزار شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

## داده‌ها و روش کار

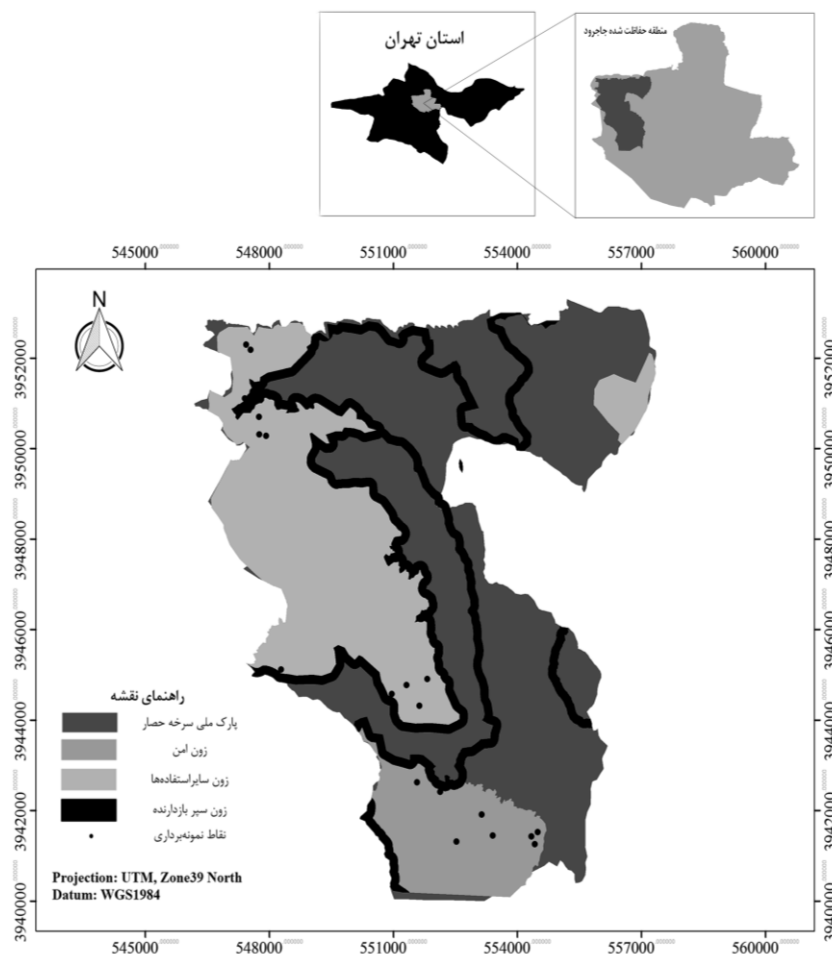
### الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

پارک ملی سرخه‌حصار با وسعت ۹۳۸۰ هکتار 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 واقع شده است. در تحقیق حاضر نمونه‌برداری از دو زون امن و سایر استفاده‌ها انجام گرفت. تنوع پوشش گیاهی در این پارک بالا بوده و تعداد ۲۹ تیپ گیاهی در آن مشاهده می‌شود. گونه‌های شاخص پارک ملی سرخه‌حصار *Artemisia spp.* و *Astragalus spp.* می‌باشد.

### ب) روش کار

#### • نمونه‌برداری از خاک و پوشش گیاهی

ابتدا نقاط نمونه‌برداری با استفاده از واحدهای اکولوژیک یکسان بر اساس طبقات شیب، جهت، ارتفاع در هر دو زون مورد نظر مشخص شد. تعداد ۲۰ واحد اکولوژیک انتخاب شد. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در پارک ملی سرخه‌حصار مشخص شده است. سپس نمونه‌برداری از خاک به روش ترانسکت نواری و در هر واحد اکولوژیک سه ترانسکت به روش تصادفی - سیستماتیک انجام شد. پروفیل‌های خاک ابتدا و انتهای هر ترانسکت بر اساس عمق ریشه‌دوانی گیاهان در چهار عمق (۲۰-۱۵، ۱۰-۱۵، ۵-۱۰، ۰-۵) سانتی‌متر زده شد (چاهوکی و ناصری، ۱۳۹۷). در طول هر ترانسکت نمونه‌برداری از پوشش گیاهی با استفاده از پلات مربع ۲ در ۲ با روش سطح حداقل و با توجه به نوع، تراکم و پراکنش پوشش گیاهی انجام شد (پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۵). در مجموع تعداد ۶۰۰ نمونه خاک و پوشش گیاهی برای مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی (ANN) وارد نرم افزار MATLAB شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری روی نقشه در زون‌های امن و سایر استفاده‌ها در پارک ملی سرخه حصار

#### • ورودی‌ها و خروجی مدل ANN

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری (روش کلوخه) و حقیقی (روش استوانه مدرج)، تخلخل، رطوبت وزنی (روش استاندارد)، بافت خاک (روش هیدرومتر)، درصد سنگریزه، اسیدیته و هدایت الکتریکی به همراه عوامل فیزیوگرافیک و عوامل انسانی به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد (زارع چاهوکی و ناصری، ۱۳۹۷). خروجی مدل شاخص تنوع زیستی سیمپسون، به عنوان یکی از شاخص‌های کاربرد در محاسبه تنوع زیستی در نظر گرفته شد (فخرآبادی و همکاران، ۱۳۹۴؛ جاهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۳؛ چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۴). این شاخص در نرم افزار PAST بر اساس تراکم و تنوع پوشش گیاهی محاسبه شد.

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی در مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

خروجی (متغیرهای وابسته)	ورودی‌ها (متغیرهای مستقل)
شاخص سیمپسون	عوامل فیزیوگرافیک شیب (S)، جهت (A) و ارتفاع (H) وزن مخصوص ظاهری (Bd)، وزن مخصوص حقیقی (Pd)، درصد تخلخل (P)، درصد رطوبت وزنی خاک (WHC)، درصد سنگریزه (G)، بافت خاک (St)، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی خاک (Ec) فاصله از جاده (R)، فاصله از پارک جنگلی (Fp)، فاصله از مناطق نظامی (Ma)، فاصله از مناطق مسکونی (Ra)، فاصله از منابع آب (So)، فاصله از پاسگاه محیط‌بانی (Ps)
	عوامل اکولوژیک عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک عوامل انسانی

#### • مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

متغیرهای مستقل و وابسته به صورت تصادفی به سه دسته آموزش شبکه، اعتبارسنجی و آزمون تقسیم و وارد مدل شدند. صحت مدل با مقایسه نتایج و شاخص‌ها محاسبه شده شامل ضریب تبیین (R)، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) سنجیده شد. بهترین برازش و ساختار شبکه بر اساس این پارامترها که طبقه رابطه‌های (۴ تا ۱) محاسبه شد، انتخاب گردید، که در این روابط:  $O_i$  داده اندازه‌گیری شده،  $P_i$  داده پیش‌بینی شده، و  $n$  تعداد داده‌ها است (جهانی، ۱۳۹۵، ۲۰۱۶، Jahani et al.).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave})(P_i - P_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave}) \sum_{i=1}^n (P_i - P_{ave})}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

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

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

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

#### شرح و تفسیر نتایج

مطابق با بررسی‌ها انجام شده در این پژوهش تعداد گونه‌های اندمیک و در خطر محدوده مورد مطالعه ۴ گونه از ۴ خانواده مختلف بود که در جدول (۲) مشخصات این گونه‌ها شرح داده شده است.

جدول ۲. مشخصات گونه‌های گیاهی مهم منطقه مورد مطالعه

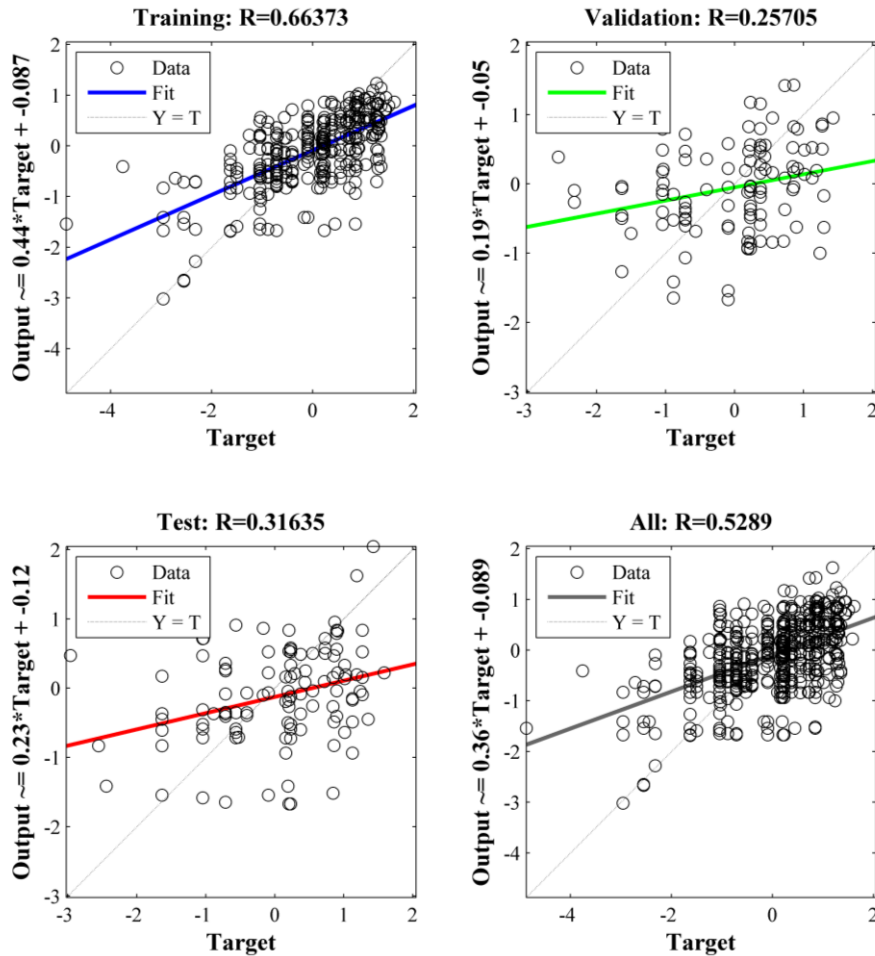
نام علمی گونه گیاهی	نام فارسی	خانواده
<i>centaurea depressa</i>	گل گندم	Compositae
<i>Cousinia sp.</i>	هزارخار	Asteraceae
<i>Onosma bulbotrichum</i>	زنگوله ای تیغالی	Boraginaceae
<i>Onobrychis sativa</i>	اسپرس	Leguminosae

در این پژوهش در ۲۰ واحد اکولوژیک در مجموع تعداد ۶۰۰ نمونه جمع‌آوری شد و با توجه به هدف پژوهش وارد مدل شد. در مدل شبکه ترکیب مختلفی از لایه‌ها و نورون‌های مختلف همراه با توابع مختلف برا بهینه سازی شبکه استفاده شد. انتخاب لایه‌های پنهان و تعداد نورون‌ها به صورت آزمون و خطا انجام گرفت و در نهایت ساختار بهینه با دولایه پنهان و تعداد ۱۹ نورون در هر لایه و تابع فعال‌سازی هایپربولیک انتخاب شد که شرح آن به صورت جدول (۳) می‌باشد. انتخاب بهترین برازش شبکه بر اساس مقدار ضریب تبیین در داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها، در تمام مدل‌ها انجام گرفت و در نهایت صحت مدل با شاخص‌های MSE، RMSE و MAE سنجیده شد. مدل بهینه کمترین میزان خطا را در میان سایر مدل‌ها ارائه نمود.

جدول ۳. نتایج ساختار بهینه مدل شبکه عصبی مصنوعی

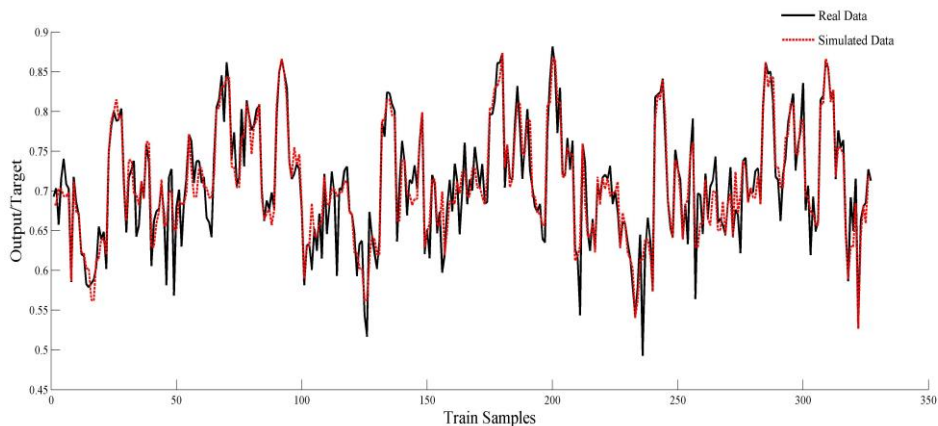
مدل	دوره یادگیری	ساختار توابع شبکه (تعداد نورون‌ها)، الگوریتم بهینه‌سازی -	داده‌ها	R	RMSE	MAE	MSE
۱		Sigmoid tangent, Linear (۱۹)(۱۹), Conjugate Gradient with Beale-Powell Restarts-۱۰۳	آموزش	۰/۹۳	۰/۰۱۵۸	۰/۲۴۶۲	۰/۱۲۵۸
			اعتبارسنجی	۰/۸۶	۰/۰۶۴۹	۰/۳۹۵۹	۰/۲۵۴۷
			آزمون	۰/۸۴	۰/۰۷۹۵	۰/۴۰۸۴	۰/۲۸۱۹
			کل داده‌ها	۰/۹۰	۰/۰۳۳۴	۰/۳۰۸۶	۰/۱۸۲۸

نمودار رگرسیون و ابر پراکنش نقاط داده‌های آموزش، آزمون، اعتبارسنجی و کل داده‌ها به همراه مقادیر R هر یک از این داده‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. خط منحنی برازش در نمودار به منظور نشان دادن میزان پراکنش ابر نقاط در نمودار مشخص شده است.

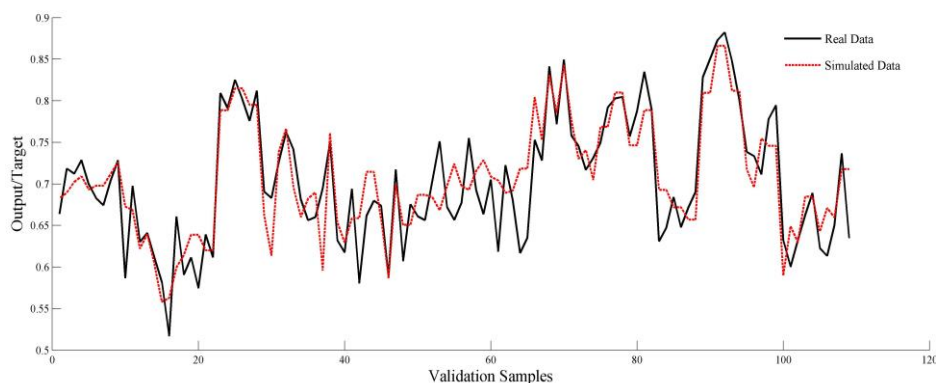


شکل ۲. نمودار رگرسیون و منحنی برازش مدل بهینه شبکه عصبی مصنوعی

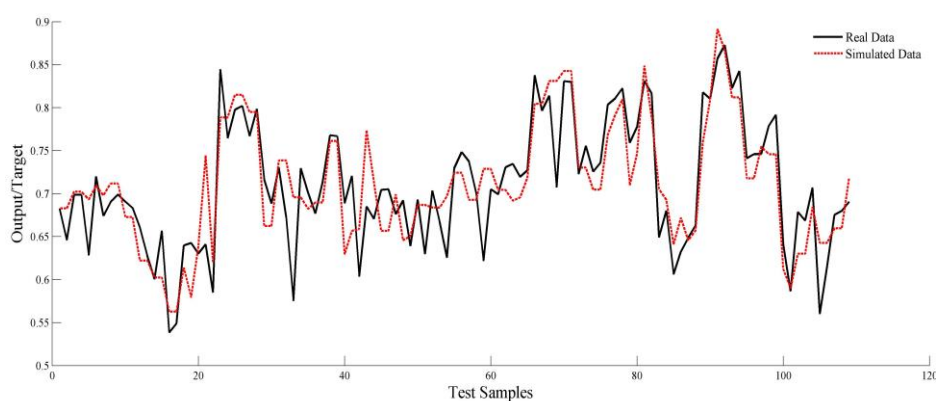
همچنین مقادیر واقعی محاسبه شده تخریب پوشش گیاهی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی در نمودار موجود در شکل (۳) نمایش داده شده است. اختلاف کم مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده برای تخریب پوشش گیاهی در پارک ملی سرخه حصار نشان دهنده دقت مناسب مدل ساخته شده در این پژوهش می‌باشد. نمودارهای مربوط به داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها به تفکیک در شکل (۳) نمایش داده شده است.



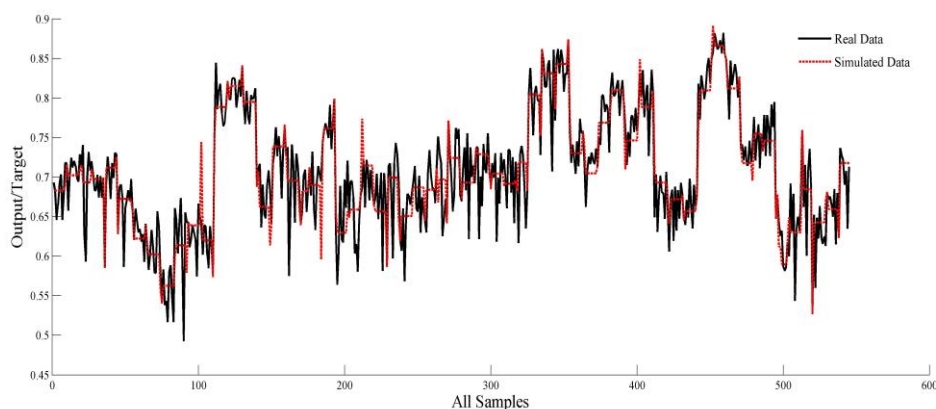
الف) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در داده‌های آموزش توسط شبکه عصبی مصنوعی



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



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



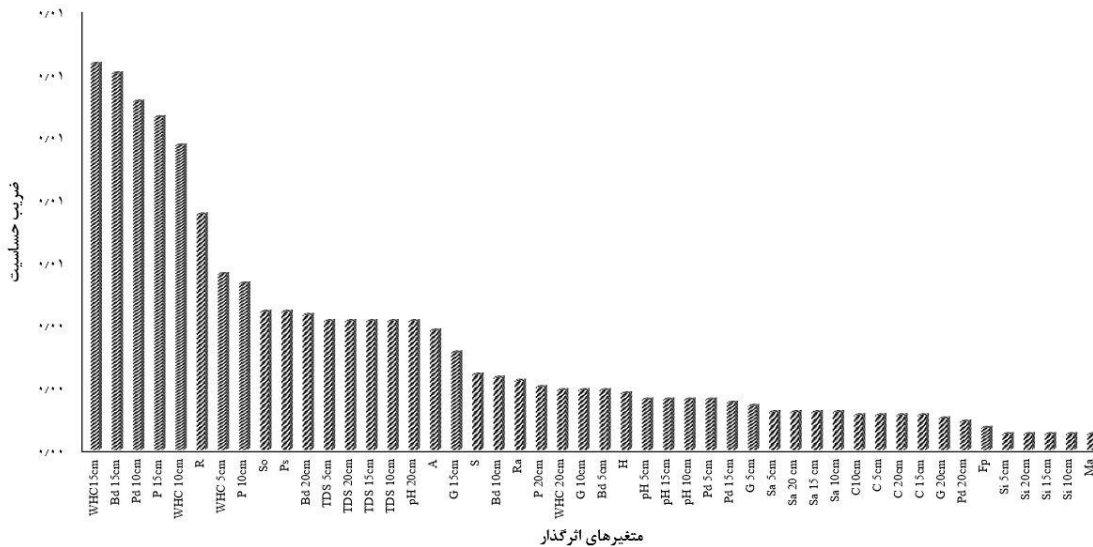
د) نمودار اختلاف مقادیر واقعی تنوع پوشش گیاهی و تنوع پوشش گیاهی قابل پیش‌بینی در داده‌های کل داده‌ها توسط شبکه عصبی مصنوعی

شکل ۳. نمودارهای اختلاف مقادیر محاسبه شده تنوع پوشش گیاهی و مقادیر پیش‌بینی شده در داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و داده‌های کل توسط مدل شبکه عصبی طراحی شده

اثرگذاری هر یک از مولفه‌های ورودی در مدل به کمک آنالیز حساسیت در محیط متلب بررسی شد. ابتدا انحراف معیار و میانگین هر متغیر محاسبه شد. در نهایت حساسیت خروجی نسبت به هر متغیر (متغیرهای مستقل) در محیط متلب بررسی شد. نتایج این آنالیز برای تمام متغیرهای وارد شده در مدل در شکل (۴) نمایش داده شده است. نتایج

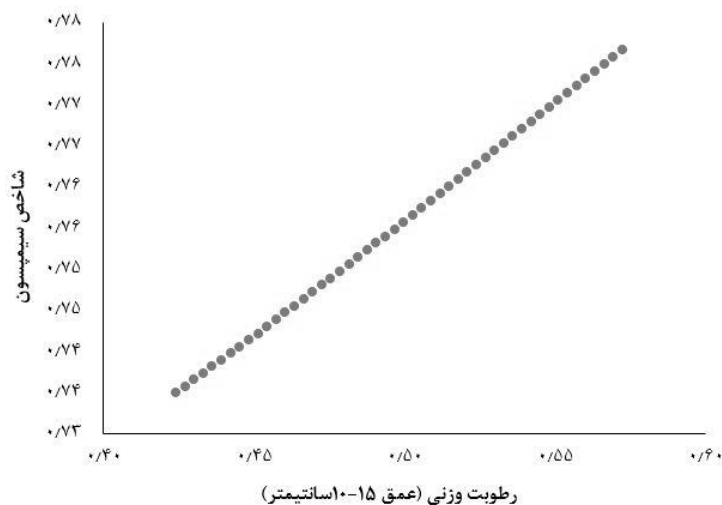


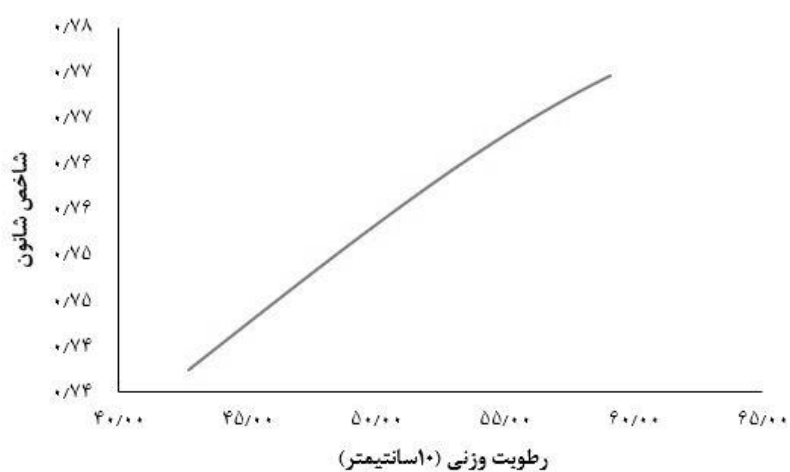
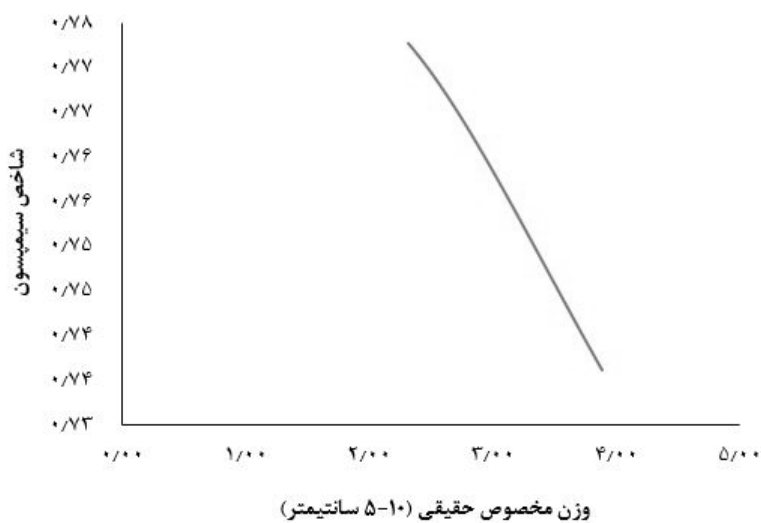
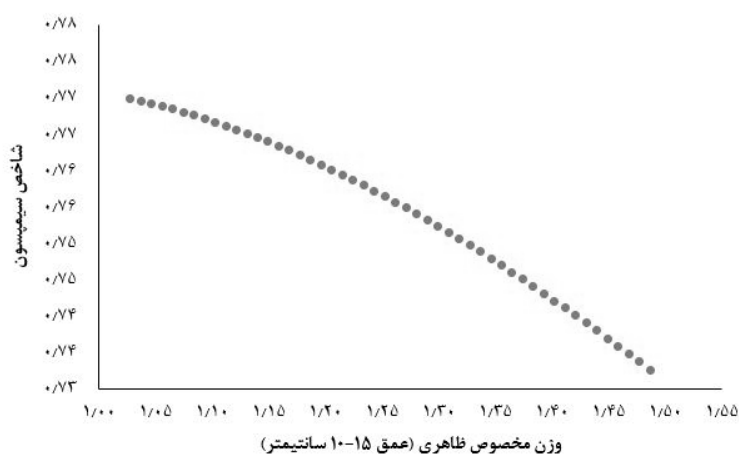
این آنالیز نشان داد که رطوبت خاک بیشترین اثر را در تخریب پوشش گیاهی داشت، که عوامل متعددی بر کاهش رطوبت اثرگذار خواهد بود، همچنین اثر جاده بر تخریب پوشش گیاهی در درجه دوم اهمیت قرار دارد و با توجه به اینکه احداث جاده در این منطقه زیاد می‌باشد، این عامل تاثیر به‌سزایی در تخریب پوشش گیاهی و افزایش مخاطرات محیطی خواهد داشت.

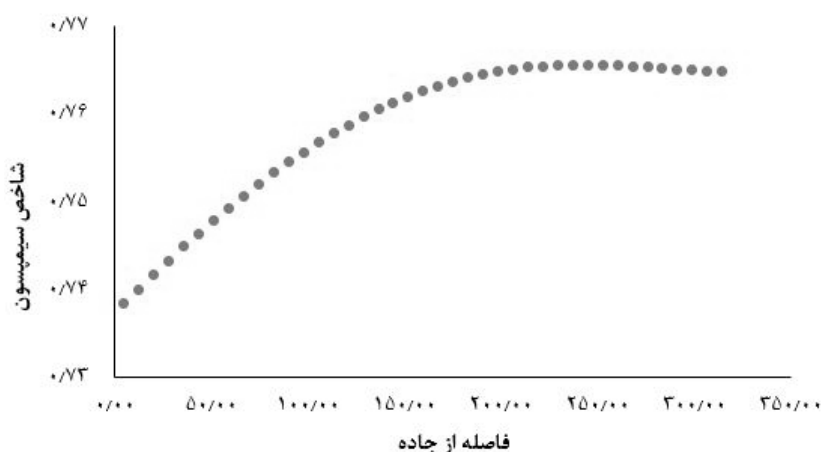


شکل ۴. نتایج تحلیل حساسیت در مدل بهینه شبکه عصبی مصنوعی

باتوجه به آنالیز حساسیت، اثر هریک از کاربری‌ها در تخریب پوشش گیاهی و همچنین اثرگذارترین متغیرهای اکولوژیکی در تخریب مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۵) اثرگذارترین متغیرهای اکولوژیکی و همچنین اثرگذارترین پارامترهای وابسته به کاربری‌های مختلف نشان داده شده است. مطابق با نتایج متغیر رطوبت وزنی خاک در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر بیشترین تاثیر را در مدل داشته است. پس از آن به‌ترتیب وزن مخصوص ظاهری در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر، وزن مخصوص حقیقی در عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر، تخلخل در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر، رطوبت وزنی در عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر و فاصله از جاده نیز در مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی تاثیر به‌سزایی دارند.







شکل ۵. انحراف معیار متغیرهای اثرگذار در مدل شبکه عصبی مصنوعی

### نتیجه گیری

در تحقیق حاضر روند تخریب پوشش گیاهی در پارک ملی سرخه حصار و تاثیر آن در افزایش مخاطرات محیطی با استفاده از ابزار شبکه عصبی مصنوعی مدل سازی شد. بر اساس نتایج، مدل بهینه شبکه با دو لایه پنهان و ۱۹ نورون در هر لایه و با استفاده از تابع انتقال تانژانت هایپربولیک معرفی شد. مقدار ضریب تبیین کل ۰/۹۰ و خطای کم نتایج مناسبی را در مدل سازی و پیش بینی تخریب پوشش گیاهی ارائه نمود. از طرفی افزایش توسعه شهری و افزایش شدت تعارضات در منطقه به ویژه مناطق نظامی و جاده سازی موجب تخریب خاک و در نهایت پوشش گیاهی شده است که این امر موجب افزایش مخاطرات محیطی از جمله، سیل در مناطق شهری و همچنین افزایش ریسک انقراض گونه های گیاهی مهم و بومی منطقه می گردد (ثقفیان و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج تغییرات میرزایی (۱۳۹۳)، نشان می دهد اثر محیط های شهری در ایجاد تغییرات محیطی و بروز بلایای طبیعی و در نهایت افزایش مخاطرات محیطی تاثیر مستقیم دارد. کاهش رطوبت خاک در عمق های سطحی که به دلیل جاده سازی، عبور و مرور وسایل نقلیه سنگین، ساخت و ساز و به طور کلی فشردگی خاک ایجاد می شود، در رشد پوشش گیاهی اثر گذار می باشد، به طوری که اهمیت این پارامتر در آنالیز حساسیت بسیار بالا بوده است. به این ترتیب موجب کاهش رشد و انقراض گونه های گیاهی می گردد که علاوه بر از دست دادن تنوع زیستی منطقه خطر سیل نیز افزایش می یابد. تحقیقات برخی دانشمندان نیز بر تاثیر رطوبت خاک تاکید دارد (Abella & Convington, ۲۰۰۶; Gorttapph et al., ۲۰۰۶; Ashcroft, ۲۰۰۶; Biglouei et al., ۲۰۰۸). شیرانی و همکاران (۱۳۹۶)، دریافتند که تفرج بر پارک ملی قمیشلو موجب فشردگی و کوبیدگی خاک شده که کیفیت خاک را کاهش می دهد و در نتیجه موجب تخریب پوشش گیاهی خواهد شد. مطابق با پژوهشی که در بنگلادش انجام شد دریافتند گسترش زمین های شهری موجب کاهش پوشش گیاهی شده و در نتیجه کیفیت زیستگاه های طبیعی کاهش می یابد و همچنین موجب افزایش سیل در این مناطق می گردد (Dewan & Yamaguchi, ۲۰۰۹). عزمی و همکاران (۱۳۹۳)، نیز دریافتند افزایش آگاهی مردم بومی رویکردی مناسب در کاهش مخاطرات محیطی خواهد داشت، باتوجه به اینکه اطراف پارک ملی سرخه حصار جوامع شهری و روستایی بسیاری وجود دارد افزایش آگاهی عمومی در کنترل تخریب ها اثر بخش خواهد بود. باتوجه به اینکه پارک ملی سرخه حصار یکی از ریه های

تنفسی شهر تهران محسوب می‌شود، کاهش پوشش گیاهی در آن سبب افزایش آلودگی و افزایش حرارت نیز علاوه بر مشکلات محیط زیستی می‌گردد و که این امر با افزایش کاربری توسعه شهری و جاده‌سازی شدت می‌یابد (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین انقراض گونه‌های بومی و اندمیک مناطق تحت حفاظت موجب تخریب زیستگاه‌ها و در نهایت کاهش تنوع زیستی می‌گردد.

پارک ملی سرخه‌حصار از زیستگاه‌های با ارزش در البرز مرکزی به‌شمار می‌آید ولیکن شدت تعارضات در آن به دلیل نزدیک بودن به کلان شهر تهران بالا می‌باشد. لذا مدیریت صحیح و توجه ویژه به مخاطرات آتی در آن و همچنین ارزیابی اثرات توسعه و بررسی ریسک تخریب پوشش گیاهی در این منطقه، از شدت تعارضات و تخریب‌های آتی جلوگیری خواهد کرد. با توجه به اینکه نتایج مدل ارائه شده مطلوب نمی‌باشد، نتایج این تحقیق نشان داد که مدل‌سازی تخریب زیستگاه و پیش بینی ریسک انقراض و سیل با کمک شبکه عصبی بسیار کارآمد عمل می‌کند، پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه کاهش کیفیت خاک سبب کاهش پوشش گیاهی در برخی نقاط پارک شده است اقدام به احیای پوشش گیاهی و احیای خاک در اعماق سطحی شود تا شدت تخریب‌های وارده به پارک کاهش یابد و ریسک سیل و انقراض پوشش گیاهی در این منطقه کاهش یابد چراکه پارک ملی سرخه‌حصار به کلان شهر تهران بسیار نزدیک بوده و کاهش پوشش گیاهی در این منطقه مخاطرات جبران ناپذیری خواهد داشت، همچنین نزدیک بودن این منطقه به البرز مرکزی گونه‌های جانوری غنی دارد و انقراض گونه‌های گیاهی صدمات جبران‌ناپذیری به حیات وحش منطقه نیز خواهد رساند.

## منابع

- جاهدی‌پور، سعید؛ کوچکی، علیرضا، نصرتی محلاتی، مهدی، رضوانی مقدم، پرویز. ۱۳۹۵. تاثیر عوامل فیزیوگرافیک بر تنوع‌زیستی گونه‌های گیاهی اکوسیستم بیابانی کاخک گناباد. *مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۵(۱۳): ۱-۱۲.
- جعفری، شیرکو؛ علیزاده شعبانی، افشین، دانه‌کار، افشین، نظری سامانی، علی‌اکبر. ۱۳۹۲. مقایسه دو پارک ملی خجیر و سرخه‌حصار از لحاظ روند تغییرات پوشش/کاربری. *مجله محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)*، ۶۶(۴): ۳۴۱-۳۵۰.
- جهانی، علی. ۱۳۹۵. مدل‌سازی آشفتنگی انبوهی جنگل در ارزیابی محیطی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۴(۲): ۳۲۲-۳۱۰.
- حجی‌پور، محمد؛ ریاحی، وحید، حجی‌پور، گلزار. ۱۳۹۸. تولید سرمایه و آسیب محیط زیست مناطق ایران (با تأکید بر بخش صنعت). *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶(۱): ۱۵۷-۱۷۸.
- حیدری، مهدی؛ پوربائنی، حسن، اسماعیل زاده، امید. 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.
- رایگانی، بهزاد؛ جهانی، علی، ستاری راد، امیر، شوقی، نرگس. ۱۳۹۷. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین برای سال ۲۰۳۰ با استفاده از سنجش از دور و تصاویر چندزمانه لندست (مطالعه موردی: شهر مشهد). *مجله آمایش سرزمین*، ۱۰(۲): ۲۴۹-۲۶۹.
- زارع چاهوکی، محمد علی؛ حسینی، مریم، طویلی، علی. ۱۳۹۴. بررسی عوامل موثر بر تغییرات تنوع گونه‌ای در مراتع طالقان میانی (مطالعه موردی: مراتع اطراف روستای وشته). *مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)*، ۲۸(۲): ۳۱۵-۳۰۷.
- زارع چاهوکی، محمد علی؛ ناصری حصار، نرگس. ۱۳۹۷. مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لجستیک در مراتع نیمه خشک (مطالعه موردی: مراتع اشتهارد). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۱(۱): ۲۹-۴۴.

- ساسان‌پور، فرزانه؛ ضیائی‌ان، پرویز، بهادری، مریم. ۱۳۹۲. بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران. جغرافیا (فصلنامه بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، ۱۱(۳۹): ۲۵۶-۲۷۰.
- شیرانی، نازنین؛ جهانی، علی، گشتاسب، حمید، اعتماد، وحید. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات اکولوژیک تفرج بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت (مطالعه موردی: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش قمیشلو). *مجله محیط زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران)*، ۷۰(۴): ۸۸۱-۸۹۱.
- فخرآبادی، سارا؛ جعفریان، زینب، حیدری، قدرت اله، قلیچ نیا، حسن. ۱۳۹۴. مطالعه شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌های در شیوه‌های مختلف بهره‌برداری از مراتع (مطالعه موردی: مراتع پلور) *نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان*، ۳(۶): ۱۵-۲۶.
- کیانی، ا؛ فاضل‌نیا، غریب، رضایی، بیت‌الله. ۱۳۹۰. بررسی و اولویت‌سنجی مخاطرات محیط طبیعی شهر زابل. *نشریه جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۱(۱): ۹۸-۱۱۱.
- مقدسی، ناصر؛ پورابراهیم، شراره، آذرنیوند، حسین. ۱۳۹۶. اولویت‌بندی، پهنه‌بندی و ارزیابی آسیب‌پذیری جهت کاهش مخاطرات محیط زیست. *مطالعه موردی استان البرز، فصلنامه علوم محیطی*، ۱۵(۳): ۲۰۳-۲۲۰.
- Abella, S.R., Covington, W.W. ۲۰۰۶. Vegetation environment relationships and ecological species groups of an arizona *Pinus ponderosa* landscape. *Plant Ecology*, ۱۸۵(۲): ۲۲۵-۲۶۸.
- Adriaenssens, V., De Baets, B. Goethals, P.L. and De Pauw, N. ۲۰۰۴. Fuzzy rule-based models for decision support in ecosystem management. *Science of the Total Environment*, 319(۱-۳): pp. ۱-۱۲.
- Ashcroft, M.B. ۲۰۰۶. A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. *Ecological Modelling*, ۱۹۷(۳-۴): ۳۹۴-۴۰۴.
- Baral, H., Keenan, R.J. Sharma, S.K. Stork, N.E. and Kasel, S. ۲۰۱۴. Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria, Australia. *Ecological Indicators*, 36: ۵۵۲-۵۶۲.
- Biglouei, M., Akbarzadeh, H. A. and Yousefi, K. ۲۰۰۸. Effect of composted wood barks (CWBs) on some soil physical and hydraulic properties. *International Journal of Applied Agricultural Research*, 4(۱): ۱-۱۴.
- Connelly, J.W., Knick, S.T. Schroeder, M.A. and Stiver, S.J. ۲۰۰۴. Conservation assessment of greater sage-grouse and sagebrush habitats. *All US Government Documents (Utah Regional Depository)*, ۷۳.
- Dewan, A. M., and Yamaguchi, Y. ۲۰۰۹. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied geography*, 29(۳): ۳۹۰-۴۰۱.
- Enea, M. and Salemi, G. ۲۰۰۱. Fuzzy approach to the environmental impact evaluation. *Ecological Modelling*, 136(۲-۳): pp. ۱۳۱-۱۴۷.
- Ervin, J. ۲۰۰۳. Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. *BioScience*, 53(۹): ۸۳۳-۸۴۱.
- Goda, T., and Matsuoka, Y. ۱۹۸۶. Synthesis and analysis of a comprehensive lake model—with the evaluation of diversity of ecosystems. *Ecological Modelling*, 31(۱-۴): ۱۱-۳۲.
- Ibisch, P.L., Nowicki, C. Müller, R. and Araujo, N. ۲۰۰۲. Methods for the assessment of habitat and species conservation status in data-poor countries—case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests of Bolivia. *Conservation of biodiversity in the Andes and the Amazon*, ۲۲۵-۲۴۶.
- Jahani A. ۲۰۱۹. Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial neural networks. *Journal of Forest Science*, 65(۲): ۶۱-۹.
- Jahani A. ۲۰۱۹. Sycamore failure hazard classification model (SFHCM): an environmental decision support system (EDSS) in urban green spaces. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(۲): ۹۵۵-۶۴.
- Jahani, A., Feghhei, J. Makhdoum, M.F. and Omid, M. ۲۰۱۶. 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(۲): ۲۲۲-۲۴۴.
- Kazmierczak, A. and Handley, J. ۲۰۱۱. The vulnerability concept: use within GRaBS. *School of*

*Environment and Development, University of Manchester, Manchester, UK.*

Nikpour, N., Negaresh, H. Fotoohi, S. Hosseini, S.Z. Bahrami, S. ۲۰۱۹. Monitoring the trend of vegetation changes one of the most important indicators of land degradation (in Ilam province). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, ۵(۴-۳): ۲۱-۴۸.

Omann, I., Jäger, J. Grünberger, S. and Wesely, J. ۲۰۱۰. Report on the development of the conceptual framework for the vulnerability assessment. *CCIA The CLIMSAVE Project, Methodology for Cross-Sectoral, Adaptation and Vulnerability in Europe*.

Quan, R.C., Wen, X. and Yang, X. ۲۰۰۲. Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake, China. *Biological Conservation*, 108(۳): ۲۷۳-۲۷۹.

Rouget, M., Richardson, D.M. Cowling, R.M. Lloyd, J.W. and Lombard, A.T. ۲۰۰۳. Current patterns of habitat transformation and future threats to biodiversity in terrestrial ecosystems of the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological conservation*, 112(۱-۲): ۶۳-۸۵.

Tayebi, M.H., Tangestani, M.H. Roosta, H. ۲۰۱۰. Environmental impact assessment using neural network model: A case study of the jahani, Konarsiah and Kohe Gach salt pluges: *SE Shiraz, Iran. Abstract of the 7th ISPRS TC VII Symposium. Austria*, ۵۵۷-۵۶۲.

Thoisy, B., Richard-Hansen C. Goguillon B. Joubert P. Obstancias J. Winterton P. and Brosse, S. ۲۰۱۰. Rapid evaluation of threats to biodiversity: human footprint score and large vertebrate species responses in French Guiana. *Biodiversity Conservation*. ۱۹: ۱۵۶۷-۱۵۸۹.

Xiaofeng, L., Yi, Q. Diqiang, L. Shirong, L. Xiulei, W. Bo, W. and Chunquan, Z. ۲۰۱۱. Habitat evaluation of wild Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) and conservation priority setting in north-eastern China. *Journal of environmental management*, 92(۱): ۳۱-۴۲.