مقایسه مدل‌سازی ارتفاع درختچه بادام کوهی با استفاده ازشبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره

محمد اقتداری [۱]، علی‌اصغر بسالت‌پور [۲]،زهره ناظم [۱]
۱-دانشجوی کارشناس‌ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان ۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج)رفسنجان

چکیده
استفاده از روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری خصوصیات خاک موثر بر رشد گیاهان در سطوح مطالعاتی وسیع زمان‌بر و هزینه‌بر بوده، لذا این تحقیق به منظور بررسی میزان کارآرایی کاربرد فناوری جدید شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت. تحقیق در منطقه اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان به وسعت ۱۷۰۰ هکتار زیرکشت گونه‌ی بادام کوهی(Amygdalus Scoparia)، با اقلیم خشک و نیمه‌خشک انجام گرفت. مطابق نتایج برنامه شبکه عصبی با ضریب همبستگی ۸۷/۰ برای ارتفاع گیاه بهتر از مدلهای رگرسیون خطی توانایی پیش‌بینی نسبت به واقعیت را دارد. پ-هاش، شوری و درصد کربنات معادل لایه سطحی و درصد شن و رس، ماده آلی لایه زیرین بر اساس آنالیز حساسیت شبکه عصبی بیشترین تاثیر برروی ارتفاع گیاه داشت.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون خطی، بادام کوهی.

مقدمه
اطلاع از ارتباطات اکولوژیکی بین شاخص‌های خاک وگونه‌های گیاهی در اجرای طرح‌های جنگل‌کاری و احیاء جنگلها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اخیرا دانشمندان علوم خاک علاقه‌ی زیادی به توسعه‌ی روش‌های غیرخطی و غیرمستقیم مثل شبکه عصبی در دانستن این روابط اکولوژیکی از خود نشان می‌دهند(بسالت‌پور و همکاران،۲۰۱۳).
شبکه عصبی مصنوعی به عنوان مکمل کامپیوتر و نه جایگزین آن مطرح می‌شود. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مناسب و انتخاب صحیح وزن‌ها یک شبکه عصبی مصنوعی، برای حل یک مسئله خاص را اصطلاحا آموزش می‌نامند. هدف از آموزش یک شبکه، کمینه کردن خطای بین خروجی شبکه و مقدار مطلوب آن(هدف) است. لذا مشخصه‌های اصلی شبکه عصبی مصنوعی معماری شبکه، الگوریتم آموزش و تابع فعال‌ساز(محرک یا انتقال) آن می‌باشد(منهاج، ۱۳۸۱).
ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی بسیار شبیه شبکه عصبی بیولوژیکی است. نورون‌های مصنوعی هم مانند نورون‌های بیولوژیکی داری قسمت‌های دریافت اطلاعات، پردازش اطلاعات و انتقال به دیگر نورون‌ها است. شیکه‌های عصبی مصنوعی دارای ساختار لایه‌ای می‌باشند که در هر لایه پردازش(ورودی[۹۲]، پنهانی[۹۳] و خروجی[۹۴]) اطلاعات به صورت موازی و انتقال به لایه‌های دیگر رخ می‌دهد(تریسی و همکاران[۹۵]، ۲۰۱۳). لایه ورودی گیرنده اطلاعات از محیط خارج و انتقال دهنده به لایه پنهانی می‌باشد. هر نورون از یک زیر لایه اول یک ترکیب خطی از اطلاعات حاصل از محیط خارج از تمام نورون‌های لایه قبلی ایجاد می‌کند. سپس در لایه پنهانی یک تابع غیرخطی تحت عنوان تابع فعال به علاوه پردازش ساخته می‌شود (باکو و همکاران[۹۶]، ۲۰۱۰)
ارزیابی روش شبکه‌های عصبی مصنوعی در تعیین پارامترهای مدل نفوذپذیری نیز توسط جین و کومار[۹۷](۲۰۰۶) انجام شد و براساس نتایج به دست آمده به این نکته نیز اشاره شده است که برای مقایسه ارجعیت هر یك از روش مدل های آماری و یا شبکه‌های عصبی مصنوعی اتکا به پارامتر حداقل میانگین مربعات خطا کافی نبوده و مطالعات گسترده‌تر آماری پیشنهاد شده است.
دروموند و همکاران[۹۸](۱۹۹۵) جهت پیش‌بینی عملکرد سویا وذرت در کشور آمریکا مطالعه ای به کمک ساختار انتشار به عقب شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. آنها خصوصیاتی از خاک مانند: مقدار فسفر، مقدار پتاسیم، پ-هاش، مواد آلی، عمق خاک سطحی و مقدار منیزیم را به عنوان داده‌های ورودی در نظر گرفتند. آنها نتایج به دست آمده از این مطالعه را با نتایج به دست آمده از مدل‌های آماری مقایسه کردند و نتایج رضایت‌بخشی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی به دست آوردند، اگرچه مدل شبکه آنها برای افزایش دقت نیاز به اصلاحاتی در آینده داشت.

۹۲۱- Input layer
۹۳۲- Hidden layer
۹۴۳- Output layer
۹۵۴-Tracey et al.
۹۶۵-Bacco et al.
۹۷- Jain and Kumar ۲
۹۸- Drummond

بسالت‌پور و همکاران(۱۳۹۲) دریافتند که از شبکه‌های عصبی مصنوعی به سبب قابلیت بالای آنها در مدل‌سازی به ویژه به سبب درنظر گرفتن روابط خطی و غیرخطی بین ورودی‌ها و خروجی، می‌توان برای برآورد مقاومت برشی سطح خاک در حوزه‌های آبخیز کشور استفاده نمود.

براساس تحقیقی مشخص گردید که پیش‌بینی محتوای کربن آلی را با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی نسبت به رگرسیون خطی نه دقیق‌تر است(Ingleby and Crowe, ۲۰۰۱).

نوابیان و همکاران(۲۰۰۴) امکان برآورد سریع هدایت آبی اشباع خاك توسط شبکه عصبی مصنوعی را بررسی و نتیجه گرفتند که در این مورد شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقا یسه با روابط رگرسیونی عملکرد نسبتا بهتری را دارند.

آقاجانی(۱۳۹۰) در پژوهشی امکان برآورد ماده آلی ذره‌ایی[۹۹] خاک متوجه گردید که شبکه‌های عصبی مصنوعی مقدار POM را بهتر برآورد و برای برآورد OM به جز زمان استفاده از ورودی‌های خاکشناسی که مدل‌های رگرسیون خطی دقت بهتری را از خود نشان داد. در استفاده از تمامی ورودی‌ها و ورودی‌های توپوگرافی شبکه عصبی مصنوعی بهتر عمل کرد.

این تحقیق بر این اساس آگاهی از نیاز رویشگاهی گونه گیاهی بادام کوهی در بیابان‌های اطراف کارخانه ذوب آهن به صورت یک طرح جنگل‌کاری زیرکشت و تعیین مشخصه‌های کمی و کیفی خاک موثر بر میزان رشد گیاه بادام کوهی با کمک ابزارها و روش‌های علمی نوین از جمله شبکه عصبی مصنوعی باعث به دست آوردن اطلاعات ارزشمندی در جهت ارائه راه حل‌های کاربردی در بهبود شرایط محیطی‌زیستی موجود و افزایش پوشش گیاهی به منظور احیا و بازسازی منطقه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان به وسعت ۱۷۰۰ هکتار زیر کشت گونه‌ی گیاهی بادام کوهی (Amygdalus Scoparia) واقع شده بین طول‌های جغرافیایی "۱۵و ۵۱ تا "۲۵ و ۵۱ و عرض جغرافیایی "۲۵ و ۳۲ تا "۳۲ و ۳۲ ، با ارتفاع از سطح دریا ۱۶۹۲ متر، حداکثر، حداقل و متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب ۷/۴۰، ۵/۱۲- و ۵/۱۶ سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱/۱۶۹ میلیمتر انجام گرفت. نقاط مورد نظر برای نمونه‌برداری ابتدا توسط عکس‌های هوایی، عکس ماهواره‌ایی و سپس دستگاه GPS تعیین گردیدند.

آنالیزهای آزمایشگاهی شامل pH با دستگاه pHمتر (Klute,۱۹۸۶)، هدایت‌الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج متر (Page et al., ۱۹۹۱)، پتاسیم به روش استات آمونیوم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر، فسفر قابل جذب از روش اولسن (۱۹۸۲) و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sammer, ۱۹۸۷)، آهک به روش تیتراسیون(Arnado, ۱۹۹۸) و بافت به روش هیدرومتر (بای‌بوردی، ۱۳۷۹) انجام گرفت. ارتفاع بوته‌های بادام کوهی نیز در نزدیکتر محل به نمونه‌برداری خاک توسط متر اندازه‌گیری شد.

سپس برای اجرای برنامه شبکه عصبی تعداد کل داده‌های ورودی شامل ۱۸۰ نمونه خاک (۹۰ نقطه نمونه‌برداری از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری) انتخاب شدند که ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد داده‌ها به ترتیب به عنوان داده‌های آموزش، اعتبارسازی و تست مدل در نظر گرفته شدند. داده‌های خروجی ارتفاع بوته اندازه‌گیری شده انتخاب شد و یک مدل ارائه شده در این مدل تعداد ۱۰ نورون در لایه مخفی و ۸۰۰۰ اپیاك بهترین ساختار شبکه عصبی با کم‌ترین خطای ممکن به روش سعی و خطا دست آمد. پیش‌بینی میزان ارتفاع گیاه با استفاده از شبکه عصبی Feed-forward backpropacation با توابع انتقال از نوع سیگموئیدی[۱۰۰] و الگوریتم آموزش مارکوارت- لورنبرگ[۱۰۱] در دو لایه با یک لایه پنهان در نرم‌افزار MatLab ۲۰۱۱ انجام شد.

در این تحقیق همچنین از برخی از شاخص‌های آماری برای مقایسه مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون چند متغیره خطی با نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ به روش ENTER مشخص شد. شاخص‌های آماری نظیر ضریب همبستگی(R)، ریشه میانگین مربعات خطا[۱۰۲] و میانگین خطای مطلق[۱۰۳] و فاکتور بازدهی مدل[۱۰۴] استفاده گردید(بسالت‌پور و همکاران، ۲۰۱۳).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[y - \hat{y}_i]^2} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[y - \hat{y}_i] = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|e_i| \quad (۲)$$

$$EF = \left\{1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}\right\} \quad (۳)$$

y_iمقادیر اندازه‌گیری شده؛ $\hat{y}_i$ مقادیر پیش‌بینی شده؛ $\bar{y}_i$ متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده؛ n: تعداد کل مشاهدات.

۹۹۱- Particulate organic matter
۱۰۰ Tansig
۱۰۱Trainlm
۱۰۲ Root mean square error (RMSE)
۱۰۳ Mean absolute error (MAE)
۱۰۴ Efficiency factor (EF)

نتایج و بحث

در رده‌بندی امریکایی خاک منطقه به Aridisols calcids haplocalsids Tipic Haplo calcids تعلق داشت. خصوصیات خاک منطقه در جدول (۱) گردیده است. با استفاده از روش آنالیز حساسیت در نرم افزار شبکه عصبی مشخص گردید خصوصیات لایه زیرین خاک مثل درصد شن، درصد رس، درصد ماده آلی و کربنات کلسیم معادل با ضریب اهمیت بین ۰۹/۰ تا ۰۸/۰ بیشترین تاثیر را بر روی ارتفاع بادام کوهی داشته است. در حالی که خصوصیات لایه سطحی مثل پ-هاش، شوری، درصد کربنات کلسیم معادل لایه سطحی با ضریب اهمیت بین ۰تا ۰۱/۰ از لحاظ میزان تاثیرگذاری در انتهای این دسته‌بندی قرار می‌گیرند. سایر خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب اهمیت شامل: پتاسیم قابل تبادل، فسفر قابل تبادل، درصد سیلت و درصدشن و درصد ماده آلی لایه سطحی خاک بود که از لحاظ اهمیت و تاثیرگذاری بر روی ارتفاع گیاه بادام کوهی در رنج متوسط این طبقه‌بندی قرار گرفتند.

جدول۱- خصوصیات خاک سطحی و زیر سطحی منطقه مورد مطالعه

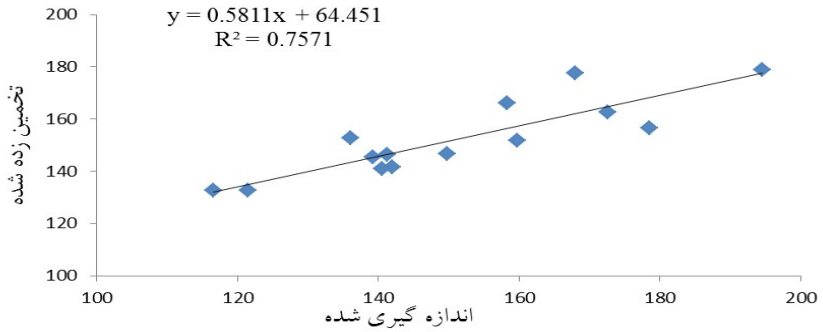
پارامتر	پ-هاش	شوری	آهک	ماده آلی	بافت	پتاسیم قابل تبادل	فسفر قابل تبادل
واحد		دسی‌زیمنس بر متر	درصد			میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک	
عمق ۰-۳۰ (سانتی متری)	۵۷/۸	۱۷/۰	۱۱/۳۵	۱۳/۰	sandy clay و sandyloam loam	۳۸/۳۱۶	۱۶/۴۲
عمق ۳۰-۶۰ (سانتی متری)	۶/۸	۱۶/۰	۵۳/۳۵	۱۲/۰	sandy clay و sandyloam loam	۴۲/۳۰۹	۴۵/۴۱

بالاترین ضریب همبستگی برای ارتفاع گیاه بادام کوهی در شبکه عصبی با ۱۰ نورون و ۸۰۰۰ اپیاک برابر ۸۷/۰ بود. همچنین مقادیر شاخص‌های آماری بدست امده توسط مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی چند متغییره در جدول (۲) ارایه گردید است. بالاترین شاخص‌های آماری توسط مدل شبکه عصبی در ارتباط با ارتفاع گیاه بادام کوهی بدست آمد. بهترین معادله خط برازش ارائه شده توسط مدل شبکه عصبی بین مقادیر پیش‌بینی شده ارتفاع گیاه بادام کوهی با مقدار اندازه‌گیری شده از درختچه‌های بادام کوهی در منطقه به صورت تصادفی، $Y= 0.5811x + 64.451$ با $R^2 = 0.7571$ (شکل-۱) بود. در حالی که معادله خط حاصله نیز به صورت $Y= -0.2086x + 174.95$ با $R2=0.051$ (شکل-۲) بود.

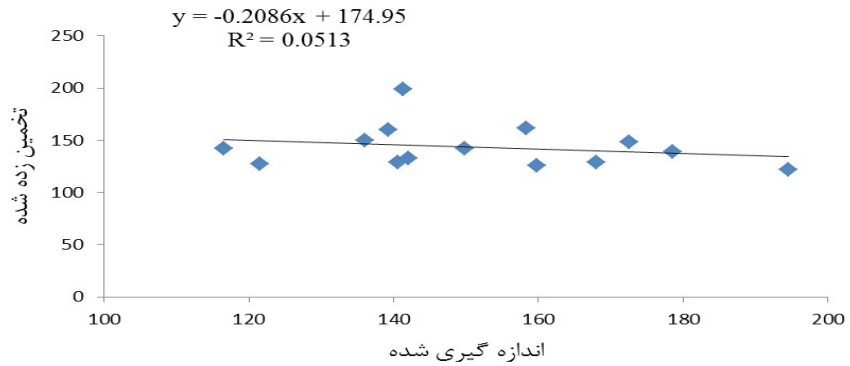
با توجه به مقایسه ضریب همبستگی ارائه شده توسط مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی بین پارامترهای خاکشناسی و ارتفاع گیاه بادام کوهی، به خوبی و با اطمینان می‌توان بیان کرد که روش شبکه عصبی مصنوعی توانایی پیش‌بینی میزان تاثیرگذاری شاخص‌های خاک را بر ارتفاع گیاه بادامک دارد(شکل های ۳و ۴).

جدول۲- نتایج شاخص‌های آماری ارزیابی ارتفاع گیاه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی

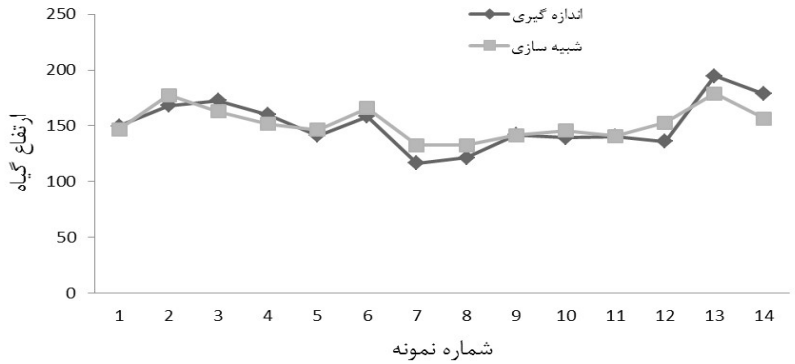
مدل ارتفاع گیاه	شاخص آماری			
	R	RMSE	MAE	EF
شبکه عصبی	۸۷/۰	۲۹/۱۱	۰۶/۱-	۷۱/۰
رگرسیون خطی چند متغیره	۲۲/۰-	۷۳/۳۲	۹۱/۷	۴/۱-



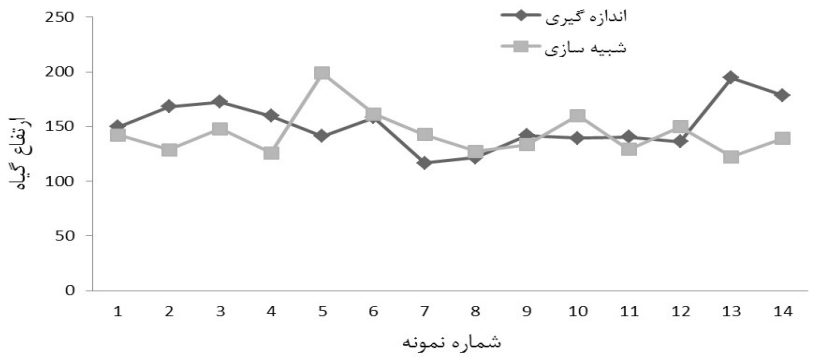
شکل۱- پراکنش داده‌های اندازه گیری شده و تخمین زده شده و موقعیت خط رگرسیون در مدل شبکه عصبی مصنوعی



شکل۲- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده و موقعیت خط رگرسیون در مدل رگرسیون خطی چند متغیره



شکل۳- مقایسه ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شده بر حسب سانتی‌متر با تخمین زده شده توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی



شکل۴- مقایسه ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شده بر حسب سانتی‌متر با تخمین زده شده توسط مدل رگرسیون خطی چند متغیره

همچنین با توجه به معادله ارائه شده برای منطقه توسط مدل شبکه عصبی می‌توان در سایر مناطق مورد نیاز قبل از اجرای طرح‌های حفاظت و آبخیزداری که هزینه‌بر و وقت‌گیر است، یک پیشگویی دقیق از میزان موفقیت اجرای طرح بدست آورد.

منابع

آقاجانی، م. ۱۳۹۰. برآورد ماده آلی ذره‌ای (POM) خاک در زیر حوزه منج با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

بای بوردی، م.، ۱۳۷۲، فیزیك خاك، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۵۲تا ۵۳.
بسالت‌پور، ع.ا.، شیرانی، ح. و اسفندیارپوربروجنی، ع. ۱۳۹۲. مدل‌سازی پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان و رگرسیون خطی چند متغیره. پروژه دانشکده کشاورزی. دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان. صفحه ۸۳.
مهناج، م.ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. ۷۱۵ صفحه.
Besalatpour A.A., Ayoubi S., Hajabbasi M.A., Mosaddeghi M.R., and Schulin R.. ۲۰۱۳. Estimating wet soil aggregate stability from easily available data in a highly mountainous watershed. Catena. ۱۱۱: ۷۲-۷۹.
Bocco M., Willington E., Arias M., ۲۰۱۰. Comparison of regression and neural networks models to estimate solar radiation. Chilean Journal of Agricultural Research .۷۰, ۴۲۸-۴۳۵.
Drmmond S.T, Sudduth K.A, Joshi A, Birrell S.J. ۱۹۹۵. Analysis and correlation methods for spatial data. ASAE paper. No. ۹۵-۱۳۳۵.
Ingleby HR, Crowe TG. ۲۰۰۱. Neural network models for predicting organic matter content in Saskatchewan soils. Cnadian Biosystems Engineering, ۴۳:۷.۱- ۷.۵.
Jain A., and Kumar A. ۲۰۰۶. An evaluation of artificial neural network technique for the determination of infiltration model parameters, Applied Soft Computing, ۶: ۲۷۲-۲۸۲.
Klute A. ۱۹۸۶. Methods of soil Analysis. Part ۱, Physical and Mineralogical Methods. ۲ the soils. Soc. Amer Inc.
Navvabian M., Liaghat E.M., and Homaei M. ۲۰۰۴. Rapid Estimation of Hydraulic Conductivity using Neural Networks. In: Proceedings of the second National Student Conference on Water and Soil Resources. Shiraz Uni. Press, Pp: ۲۰۳-۲۱۱.
Nelson D. W. and Sommers L.E., ۱۹۸۷, Total carbon, organic carbon and organic matter, PP. ۵۳۹-۵۷۷. In: page A.L., Miller R.H. and Keeney D.R., (۲nd ed.), methods of soil analysis. Part ۲- Chemical and Microbiological properties (۲nd ed.), Agronomy ۹.
Olsen S.R., Cole C.V. Watunable F .S., and Dean L.A..۱۹۵۴. Estimation of available P in soil by extraction with Na-bicarbonate. Circular, No.۹۳۹ USDA. US. Goverment, Washangton DC.
Page, A. L, ۱۹۹۱, Methods of soil analysis, (۲nd ed.), ASA and SSSA, Madison, WS, USA.
Tracey J.A., Zhu J., Crooks K.R., ۲۰۱۱. Modeling and inference of animal movement using artificial neural networks. Environmental and Ecological Statistics ۱۸, ۳۹۳-۴۱۰.

Abstract

Using of laboratory method to estimate of soil properties that effect on plant growth in wide scale take more time and expense. Therefore, this study was done to assessment efficiency of artificial neural networks as new method. The Zob-ahan Factory' Amygdalus scoparia forest is ۱۷۰۰ hectares with arid and semi-arid regime. .The results show that artificial neural networks (ANNs) program with ۰.۸۷ correlation coefficient for height of Amygdalus scoparia could have better antedate for this indicator than liner regressive model. Also, sensitive selection by ANNs denoted that soil characteristics of upper layer especially pH, EC, calcium carbonate equivalent, and sand, clay, organic matter percentages of deep layer were more effective on growth index of height Amygdalus scoparia.