دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره نهم، شماره نوزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

پیش‌بینی تنوع گونه‌ای در اثر شدت‌های مختلف چرای دام در مراتع جنوب شرقی سبلان

ژیلا قربانی[1*]، کیومرث سفیدی[2]، فرشاد کیوان بهجو[3]، زینب جعفریان[4]، مهشید سوری[5]

[1]دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[2]دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[3]استاد گروه جنگل‌داری، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[4] استاد گروه علوم و مهندسی مرتع، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[5]استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۲

چکیده

یکی از مهمترین مباحث در مدیریت منابع طبیعی، حفظ تنوع گونه‌ای گیاهی و تشخیص اثرات متعدد شیوه-های بهره‌برداری بر آن است. این تحقیق با هدف بررسی اهمیت فاصله از کانون‌های بحران (روستا) در ارزیابی تخریب مراتع با تأکید بر ترکیب و تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی در مراتع جنوب شرقی سبلان انجام گرفت. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در هر سه روستای آلوارس، آلداشین و اسب‌مرز به ترتیب با شدت چرای کم، متوسط و زیاد با استفاده از پلات‌های یک مترمربعی در امتداد ترانسکت ۶۰۰ متری برای هر روستا انجام شد. پس از مشخص‌کردن ترکیب گونه‌ای، شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی با استفاده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها استخراج شد. سپس توسعه و ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و استنتاج فازی- عصبی (انفیس) به منظور پیش‌بینی تنوع گونه‌ای و مقایسه نتایج آن‌ها با یکدیگر انجام شد. برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و انفیس از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش شدت چرا، تنوع گونه‌ای کاهش یافته و بیشترین مقدار تنوع گونه ای مربوط به فاصله دوم (۴۰۰ متر) است و کمترین مقدار آن در فاصله اول (۲۰۰ متر) و نزدیک کانون بحران واقع شده است. به علاوه نتایج پیش-بینی نشان داد که مدل انفیس با دقت بالاتر (R^2=۰/۹۱) و خطای کمتر (RMSE=۰/۶۰۱) نسبت به مدل

*نویسنده مسئول: engzhghorbani@gmail.com

رگرسیونی (R^2=۰/۸۳) که خطای بیشتری نیز داشت (RMSE=۱/۲۳۰)، تنوع گونه‌ای را پیش‌بینی نمود. در نتیجه به کمک انفیس می توان به پیش‌بینی دقیق پارامترهای مرتبط با مراتع پرداخت.

واژه‌های کلیدی: **تخریب مراتع، تنوع گونه‌ای، ضریب تبیین، مدل انفیس**

مقدمه

مراتع بخش اعظمی از اکوسیستم‌های خشک گیاهی جهان را تشکیل می‌دهند و مؤلفهٔ اساسی در حفظ ذخایر ژنتیکی و تنوع گونه‌ای گیاهان و جانداران در این اکوسیستم‌ها هستند (ارزانی، ۱۳۷۸). مدیریت صحیح مراتع نیازمند شناخت صحیح و اصولی آن و همچنین بررسی تغییرات فصلی و سالانهٔ مراتع است که از طریق ارزیابی مراتع می‌توان به این شناخت دست یافت (انصاری و همکاران، ۱۳۸۷).

زمانی که سایر عوامل مؤثر در توزیع چرا از جمله شیب، ارتفاع و خاک محدودیتی ایجاد نکند، فاصله از کانون بحران، میزان بهره‌برداری از علوفه مراتع را تحت تأثیر قرار می‌دهد (صادقپور و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به اینکه تنوع و غنای گونه‌ای از عوامل ساختاری پوشش گیاهی هستند، تهیه لیست کامل از هر حوزه آبخیز برای اعمال مدیریت صحیح ضروری به نظر می‌رسد. این مسئله به خصوص در مرتعی که تحت چرای شدید دام قرار گفته است به دلیل اهمیت شناسایی گونه‌های نادر و کم شونده جهت اصلاح و احیای حوزه‌های آبخیز بیش از پیش حائز اهمیت است.

تنوع گونه‌ای گیاهی از موضوعات مهم در بوم‌شناسی جوامع است که در رابطه با کاهش و زوال گونه‌ای، فواید آن، تولید در اکوسیستم و حفظ علفزارهای غنی از گونه‌های بومی و بیگانه عمل می‌کند (اکبرلو و همکاران، ۱۳۹۰). از طرفی تخریب پوشش گیاهی، از بین رفتن اکوسیستم‌های مرتعی و تبدیل آنها به سیستم‌های تک محصولی (بهره‌برداری دام) که سطح وسیعی از مراتع را در بر گرفته باعث از بین رفتن تنوع گیاهی شده است. تنوع گونه‌ای گیاهی به طور وسیعی در مطالعات پوشش گیاهی و ارزیابی زیست محیطی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین نقش مدیریتی و بررسی وضعیت اکوسیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. اثر نقش مدیریتی در چرای دام، شدت دام‌گذاری، سیستم‌های چرایی، تنوع گونه‌ای گیاه، فراوانی نسبی، تفاوت در اشکال رویشی و اثر آن بر پایداری جوامع مرتعی و عملکرد اکوسیستم نمود پیدا می‌کند.

در چند سال اخیر، سیستم قدرتمند استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی موسوم به انفیس1 (ANFIS) در علوم مختلف جهت پیش‌بینی مقادیر اندازه‌گیری نشده به کار برده می‌شود. انفیس با بهره‌گیری از قدرت آموزش شبکه‌های عصبی و مزیت زبانی سیستم‌های فازی توانسته در

[1] Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

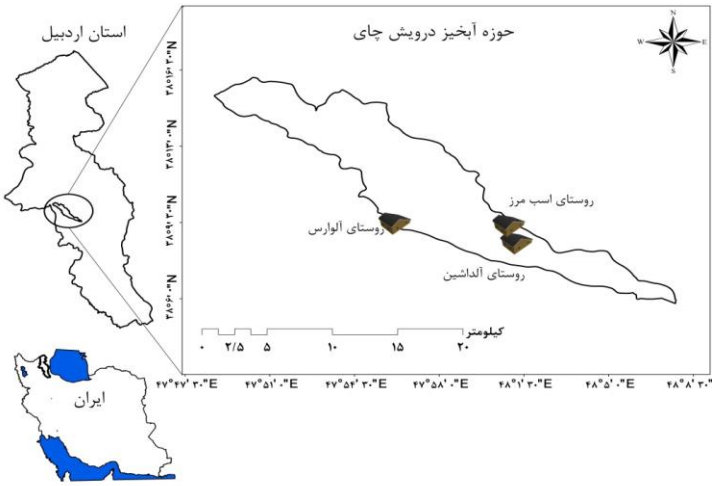
تحلیل فرآیندهای بسیار پیچیده غیرخطی به نحو احسن عمل کند. اولین بار، جانگ (Jang, 1993) توانست از قدرت زبانی سیستم‌های فازی و آموزش شبکه‌های عصبی استفاده نماید و سیستمی تحت عنوان سیستم‌های فازی برپایه شبکه عصبی تطبیقی یا انفیس را ارائه نماید. مدل‌سازی انفیس در بسیاری از تحقیقات کشاورزی و معدودی از تحقیقات مرتبط با مراتع به‌کار برده شده است. به عنوان مثال، در مطالعات مختلف از انفیس به ترتیب برای پیش‌بینی فرسایش خاک در مراتع حوضه نوران اردبیل، پیش بینی ظرفیت چرایی در مراتع نیمه استپی شمال غرب ایران، پایش خشکسالی و ارزیابی امکان پیش بینی آن در مراتع استان اردبیل، مدل‌سازی غلظت رسوب حاصل از فرسایش شیاری در مراتع مناطق نیمه خشک، پیش بینی جریانات سطحی در مراتع و ارزیابی تغییرات سطح زمین در مراتع استفاده گردید (محمدی سلطان آباد و اسفندیاری، ۱۳۹۲؛ Goharnejad et al., 2015؛ سبحانی و گلدوست، ۱۳۹۴؛ محمدپور و همکاران، ۱۳۹۶؛ Khosravi et al., 2018; Yousefi et al., 2021). در تمامی تحقیقات مذکور به برتری انفیس در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی اشاره شده است. به علاوه، تحقیقات متعددی به‌منظور پیش‌بینی عوامل مؤثر بر خصوصیات خاک توسط هوش مصنوعی انجام شده است. در تحقیقی فاکتورهای مربوط به ویژگی‌های خاک، اقلیم و هندسه زمین بر روی ذخیره کربن خاک در کاربری‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت (Parvizi, 2010). نتایج نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی با قدرت برآورد بالایی، قادر به توضیح ۷۶ درصد از تغییرات کربن آلی خاک است. در مطالعه دیگری به بررسی کاربرد مقایسه‌ای رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه‌سازی اثرات عوامل توپوگرافی بر تغییرات کربن آلی خاک در مراتع کرمانشاه پرداخته شد. نتایج نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیون خطی چندگانه دارای دقت و صحت بالاتری است. به علاوه عامل ارتفاع در تغییرات ذخایر کربن آلی خاک، بیشترین سهم را داشت (مقیمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به اینکه مراتع سبلان با دارا بودن توان بوم‌شناختی بالا از دیرباز مورد بهره‌برداری دامداران محلی و عشایر کوچ‌رو بوده است، بخشی از این مراتع به دلیل بهره‌برداری طولانی مدت و عدم فرصت کافی به منظور تجدید حیات و بازسازی، در معرض تبدیل و تخریب قرار گرفته است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی تخریب مراتع با تأکید بر تغییر ترکیب و تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی همچنین بررسی قابلیت سیستم استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی (انفیس) در پیش‌بینی تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در مراتع ییلاقی دامنه‌های جنوب شرقی سبلان در شمال غرب ایران که دارای ویژگی‌هایی نظیر داشتن شدت‌های چرایی مختلف و دسترسی کافی است، انجام گرفت. ابتدا به منظور تعیین محدوده مورد مطالعه، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ نقشه مدل رقومی ارتفاع، طبقات ارتفاعی، شیب و جهات جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS$_{10}$ تهیه شد. سپس با توجه به نقشه‌های مذکور، روستاهای آلوارس، اسب مرز و آلداشین در حوزه آبخیز درویش چای که تیپ رویش گیاهی مشابهی داشتند، انتخاب شدند. به علاوه، سه روستای معرف با شدت چرای مختلف به واسطه اطلاعات اداره کل منابع طبیعی همچنین مشاهدات میدانی مورد تأیید قرار گرفتند. شدت دام‌گذاری در هر روستا با در نظر گرفتن وسعت اراضی ملی آن روستا و حضور گیاهان مهاجم، کم شونده و زیاد شونده اساس تعیین مناطق مختلف از لحاظ شدت چرایی بوده است (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸). این سه منطقه در تمام خصوصیات و صفات مانند (توپوگرافی، شیب، ارتفاع، نوع خاک، دما و میزان بارندگی) شبیه به هم بوده و تنها در عامل شدت چرا باهم اختلاف داشتند. حوزه مورد مطالعه بین ″ ۲۲ ′ ۴۸ °۴۷ تا ″ ۲۲ ′ ۰۸ °۴۸ طول شرقی و ″ ۰۷ ′ ۰۶ °۳۸ تا و ″ ۴۴ ′ ۱۵ °۳۸ عرض شمالی واقع شده است. وسعت این حوزه آبخیز ۱۱۶۴۲/۶۷ هکتار و محیط این حوزه ۸۱/۴۳ کیلومتر است. این حوزه شامل ۱۸ زیر حوزه است. در حوزه مورد مطالعه، کمترین و بیشترین ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۱۴۶۵ و ۴۸۰۸ متر است. بیشترین پراکنش را کلاس شیب ۶۰-۳۰ درصد به خود اختصاص داده است و شیب متوسط وزنی حوزه ۲۹ درصد است (شکل۱). میانگین بارش سالیانه در این روستاها حدود ۴۵۰ تا ۴۸۰ میلی‌متر و متوسط دمای ماهیانه حدود ۶/۵ تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس اقلیم نمای دومارتن، روستاهای مذکور دارای اقلیم نیمه خشک سرد بوده و در تقسیم‌بندی مناطق زیست اقلیمی ایران جزء منطقه نیمه استپی سرد است. منطقه مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی متنوع شامل بوته‌ای، فورب‌ها و گراس‌ها است. اساس تئوری روش مورد استفاده جهت تعیین وضعیت مرتع بر مبنای تئوری کلیماکس کلمنتز استوار بود. بر اساس میانگین اطلاعات به دست آمده در سال‌های گذشته و دستورالعمل‌های مربوطه، درجه وضعیت در روش ۶ فاکتوره تعدیل شده، خاک و پوشش گیاهی و مشاهده و تخمین مشخص شد. گونه‌های غالب در این منطقه *Artemisia austrica*، *Festuca ovina*، *Euphorbia aelleni*، *Astragalus glaganthus Fisher*، *Acantholimon festucaceum*، *Agropyron libanoticum* می‌باشند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (محدوده روستاهای تحت بررسی) در ایران و استان اردبیل

تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از پوشش گیاهی

با توجه به محدودیت‌های موجود منطقه‌ای نظیر پستی و بلندی، تغییرات شیب و جهات مختلف با در نظر گرفتن منابع (بدری پور، ۱۳۷۶) که باید شرایط توپوگرافی را در تجزیه و تحلیل گرادیان چرایی مد نظر قرار داد، تلاش شد طرح نمونه‌گیری به گونه‌ای انتخاب گردد تا اثر تغییرات ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی و سایر عوامل به حداقل برسد. ولی تقریباً در تمامی موارد دشت‌ها و تپه ماهورها با دامنه‌های منظم به کاربری زراعی تبدیل شده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین انتخاب سایت نمونه‌برداری و ترانسکت اصلی گرادیان به سمت کوهستان که شیب مانع از تبدیل اراضی به کاربری زراعی شده است، میسر بود. با در نظر گرفتن محدودیت‌های فوق سایت‌ها در شیب‌های ۲۰ تا ۶۰ درصد (با توجه به شرایط موجود عرصه‌های مرتعی باقی‌مانده از تغییر و تبدیل به کاربری کشاورزی و همچنین با توجه به اینکه کل عرصه توسط دام‌های روستایی چرا می‌شوند) جهات دامنه شرقی و شمال شرقی (شرایط موجود) و در طبقه ارتفاعی ۱۹۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا انتخاب شدند. بنابراین در هر روستا، یک ترانسکت ۶۰۰ متری عمود بر کانون بحران انداخته شد و تلاش شد تا اثرات عوامل اکولوژیکی در تغییر پارامترهای پوشش گیاهی به حداقل برسد و فقط تأثیر شدت چرا در تغییر ترکیب و تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی بررسی شود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ احمدآلی و همکاران، ۱۳۹۴). اندازه پلات با توجه به نوع و نحوه پراکنش گونه‌های گیاهی و یکنواختی نسبی پوشش گیاهی و با در نظر گرفتن روش کین Minimal Area به میزان یک متر مربع تعیین شد. بنابراین نمونه‌برداری توسط ۲۵ پلات یک مترمربعی که به‌صورت تصادفی- سیستماتیک در طول ترانسکت ۶۰۰ متری مستقر

شدند، انجام شد. در هر پلات، پارامترهای درصد تاج پوشش، تراکم گونه‌ای، تولید، درصد خاک لخت، پوشش سنگی و درصد لاشبرگ ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج داده‌برداری‌های عرصه‌ای برای تجزیه و تحلیل آماری به نرم‌افزار $SPSS_{16}$ انتقال یافت و رسم نمودارهای خروجی در نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

مدل‌سازی تنوع گونه‌ای توسط رگرسیون

از داده‌های عرصه برای ایجاد مدل رگرسیونی از نوع رگرسیون چندگانه استفاده شد. در مدل‌سازی، پارامترهای شدت چرا به صورت عددی و فاصله از روستا به عنوان ورودی و تنوع گونه ای به عنوان پارامتر خروجی معین شدند.

مدل‌سازی تنوع گونه‌ای توسط ANFIS

از تعداد کل داده‌های به‌دست آمده برای هریک از پارامترهای مورد نظر در این بخش، چهار پنجم داده‌ها برای مرحله آموزش[1] مدل و یک پنجم مابقی داده برای مرحله آزمون[2] مورد استفاده قرار گرفت. برای افزایش دقت و سرعت عملکرد مدل‌ها، داده‌ها طبق رابطه (۱) نرمال شدند (Sajikumar and Thandaveswara, 1999).

$$Xnorm = (X - Xmin) / (Xmax - Xmin)$$ رابطه ۱

که در آن، Xnorm مقادیر نرمال شده، X مقدار مشاهده شده، Xmax و Xmin به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های مشاهده شده است.

ارزیابی عملکرد مدل‌های ANFIS

مدل‌های مختلفی توسط ANFIS با تغییر توابع عضویت در ورودی ایجاد می‌گردد. معیارهای مختلفی برای ارزیابی این مدل‌های پیش‌بینی وجود دارد که به‌طور عمده بر اساس اختلاف بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی‌های مطلوب و واقعی استوارند. برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از پارامترهای ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد و بهترین مدل معین گردید.

[1] Training
[2] Testing

رابطه ۲ $$RMSE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Qi-Pi)^2$$

رابطه ۳ $$R^2=\frac{[\sum_{i=1}^{N}(Pi-Pz)(Qi-Qz)]2}{\sum_{i=1}^{N}(Pi-Pz)2\sum_{i=1}^{N}(Qi-Qz)2}$$

در روابط فوق، N تعداد نمونه، Pi مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Qi مقادیر واقعی، Pz میانگین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Qz میانگین مقادیر واقعی است (Jacovides, 1997). در انتها، مدل ANFIS با ورودی‌های عوامل مؤثر مختلف و خروجی پارامتر مورد بررسی در نرم‌افزار MATLAB R2013a (Version 8.1.0.604) و در قسمت ANFIS edit ایجاد شد.

نتایج

نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی:

نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های عددی تنوع گونه‌ای (سیمپسون، شانون و بریلوئین) و یکنواختی (کامارگو، سیمپسون، نی و اسمیت – ویلسون) در هر روستا با توجه به فاصله از کانون بحران نشان داد که در هر سه منطقه نمونه‌برداری با افزایش فاصله از روستا (کانون بحران) روند افزایش معنی‌داری در تنوع گونه‌ای و یکنواختی گونه‌های مرتعی مشاهده نشد. اما بین سه روستا با شدت‌های چرایی کم، متوسط و زیاد این تغییرات معنی‌دار است. با وجود این، روستای آلوارس با شدت چرای کم، بیش‌ترین تنوع گونه‌ای و یکنواختی را داشته و بیش‌ترین مقادیر تنوع گونه‌ای و یکنواختی در ۲۰۰ متر دوم و مربوط به شاخص شانون و اسمیت - ویلسون به‌ترتیب ۴/۱۰۰ و ۰/۴۴۴ و در جهت جغرافیایی شمالی به‌دست آمد. در روستای آلداشین با شدت چرای متوسط با افزایش فاصله از روستا مقدار تنوع گونه‌ای و یکنواختی از روند خاصی برخوردار نبود و بیش‌ترین مقدار عددی شاخص تنوع گونه‌ای و یکنواختی مربوط به شاخص شانون در ۲۰۰ متر دوم و شاخص کامارگو در ۲۰۰ متر اول به‌ترتیب ۳/۵۸ و ۰/۴۰۲ و جهت جغرافیایی شرقی به‌دست آمد. در روستای اسب مرز با شدت چرای زیاد با افزایش فاصله از روستا تنوع گونه‌ای و یکنواختی کمی روند افزایشی داشته و بیش‌ترین مقدار عددی شاخص تنوع گونه‌ای و یکنواختی مربوط به شاخص شانون در ۲۰۰ متر سوم و شاخص کارماگو در ۲۰۰ متر سوم به‌ترتیب ۳/۱۶ و ۰/۳۲۱ و جهت جغرافیایی شرقی به‌دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی در سطح ترانسکت

روستا (شدت چرا)	فاصله از روستا	شاخص شکل زمین	جهت	تنوع گونه‌ای			یکنواختی			
				سیمپسون	شانون‌واینر	بریلئون	کامارگو	سیمپسون	نی	اسمیت‌ویلسون
		۵/۰۸۳	شمالی	۰/۸۹۲a	۳/۳۷ ab	۳/۳۳ a	۰/۴۱۴ a	۰/۳۶۹a	۰/۱۴۵ a	۰/۲۶۵ ab
آلوارس (کم)		۷/۰۱۵	شمالی	۰/۹۰۷ a	۴/۱۰۰ a	۳/۵۴۰ a	۰/۴۲۳ a	۰/۳۷۹ a	۰/۱۲۰ a	۰/۴۴۴ a
		۰/۸۱۲	شمالی	۰/۸۵۵ a	۳/۸۱۰ ab	۳/۱۶۲ a	۰/۴۱۲ a	۰/۱۶۶b	۰/۴۰۴ b	۰/۳۷۷ a
	۲۰۰	۹/۴۸۵	شرقی	۰/۸۳۳ a	۳/۴۵۲ ab	۳/۴۱۲ a	۰/۴۰۲ a	۰/۳۱۸ a	۰/۱۷۱ a	۰/۳۷۲ a
آلداشین (متوسط)	۴۰۰	۶/۶۲۵	شرقی	۰/۸۶۶ a	۳/۵۸۷ ab	۳/۴۴۰ a	۰/۴۲۱ a	۰/۳۲۲ a	۰/۱۷۹ a	۰/۳۵۲ a
	۶۰۰	۶/۵۳۱	شرقی	۰/۷۶۳ a	۲/۸۶۵ ab	۲/۶۵۸ a	۰/۲۹۸ a	۰/۲۵۲ ab	۰/۱۹۵ a	۰/۲۹۳ ab
		۰/۹۶۸	شرقی	۰/۷۳۲ a	۲/۶۷۸b	۲/۵۹۲ a	۰/۲۵۱ b	۰/۱۶۴ b	۰/۱۰۰ a	۰/۱۹۹ b
اسب مرز (زیاد)		۱/۰۹۱	شرقی	۰/۷۸۰ a	۲/۸۳۳ab	۲/۷۸۳ a	۰/۳۰۹ ab	۰/۲۵۰ ab	۰/۱۹۶ a	۰/۲۹۰ ab
		۳/۲۹۶	شرقی	۰/۸۱۰ a	۳/۱۶۱ ab	۳/۱۸ a	۰/۳۲۱ ab	۰/۲۳ ab	۰/۱۴۱ a	۰/۳۱۰ a

حروف غیرمشترک a، b، c، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در مناطق مختلف است.

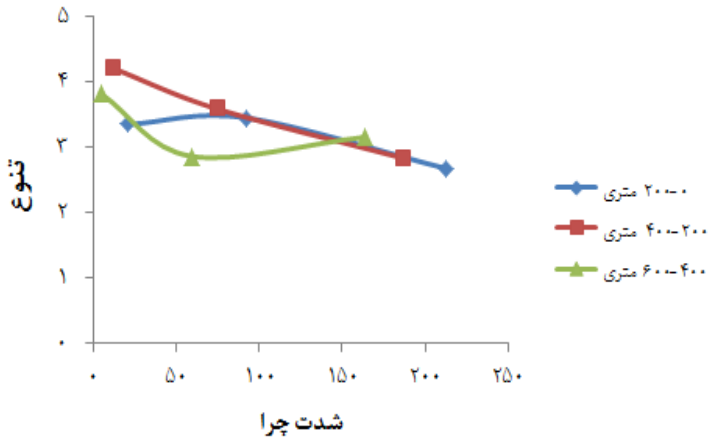
نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد برای پارامترهای مورد بررسی در فواصل مختلف از کانون بحران برای تک‌تک روستاها در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به این نتایج با افزایش فاصله از روستای آلوارس با شدت چرای کم، میانگین پوشش تاجی تا حدودی کاهش یافته اما این کاهش معنی‌دار نبوده اما میانگین سنگ و سنگریزه افزایش یافته که این افزایش نیز معنی‌دار است. تراکم گونه‌ای نیز از روند خاصی (افزایش یا کاهش) پیروی نمی‌کند. در روستای آلداشین با شدت چرای متوسط با افزایش فاصله از روستا، میانگین پوشش تاجی و تراکم گونه‌ای تا حدودی روند افزایشی داشته‌اند اما این افزایش در هیچ یک از پارامترها معنی‌دار نبوده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها در روستای اسب‌مرز با شدت چرای زیاد نشان داد که میانگین پوشش تاجی و تراکم گونه‌ای با افزایش فاصله از روستا، روند افزایشی داشته و این افزایش معنی‌دار بوده است. نکته قابل توجه این است که فضولات دامی نیز روند افزایشی معنی‌داری دارد. سایر پارامترها در جدول (۱) ارائه شده‌اند. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عوامل مؤثر بر تنوع گونه‌ای در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد پارامترهای شدت چرا، فاصله از روستا و اثرات متقابل آن ها اثر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای دارند ($P<۰/۰۱$).

جدول۲-نتایج تجزیه واریانس تنوع گونه‌ای شاخص شانون-واینر

منبع تغییرات	میانگین مربعات	معنی داری	F
شدت چرا	۱/۲۲۵	۰/۰۰	۵۳۳/۳۶۰××
فاصله از روستا	۰/۲۲۴	۰/۰۰	۹۷/۳۱۴××
شدت چرا × فاصله	۰/۲۷۵	۰/۰۰	۱۱۹/۷۶۲××

اثر متقابل شدت چرا و فاصله بر تنوع گونه‌های مرتعی (شاخص شانون-واینر)

شکل(۲) اثر شدت چرا و فاصله را بر تنوع گونه‌های مرتعی نشان می‌دهد.



شکل۲- اثر شدت‌های مختلف چرا در فواصل مختلف از روستا بر تنوع شاخص شانون- واینر

شکل فوق نشان می‌دهد که با افزایش شدت چرا، تنوع گونه‌ای کاهش یافته و بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای مربوط به فاصله دوم است و کمترین مقدار آن در فاصله اول و نزدیک کانون بحران می‌باشد و بیانگر این مطلب است که تنوع گونه‌ای به شدت تحت تأثیر فاصله از کانون بحران و شدت‌های چرا می‌باشد.

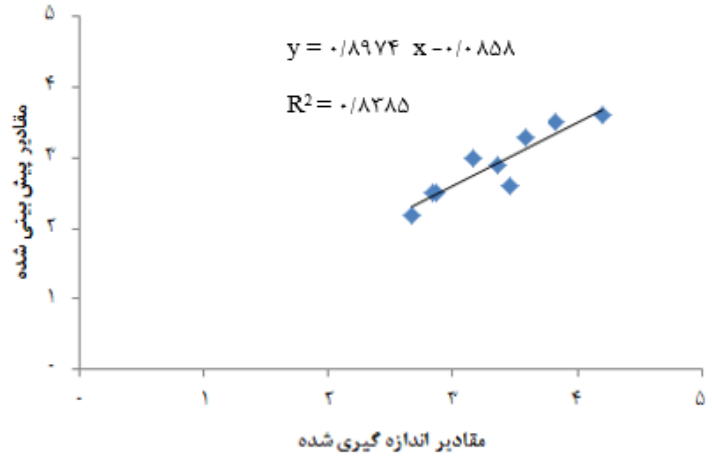
مدل رگرسیونی پارامتر تنوع گونه‌های مرتعی

مدل رگرسیونی تنوع گونه‌های مرتعی با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده بدین صورت حاصل گردید:

رابطه۴ $Y = ۴/۱۱۰ - ۰/۴۵۱\ GI + ۰/۰۶۰\ d$

در این رابطه، Y: تنوع گونه‌ای و GI : مقدار عددی شدت چرا و d : فاصله از روستا (متر) می‌باشد.

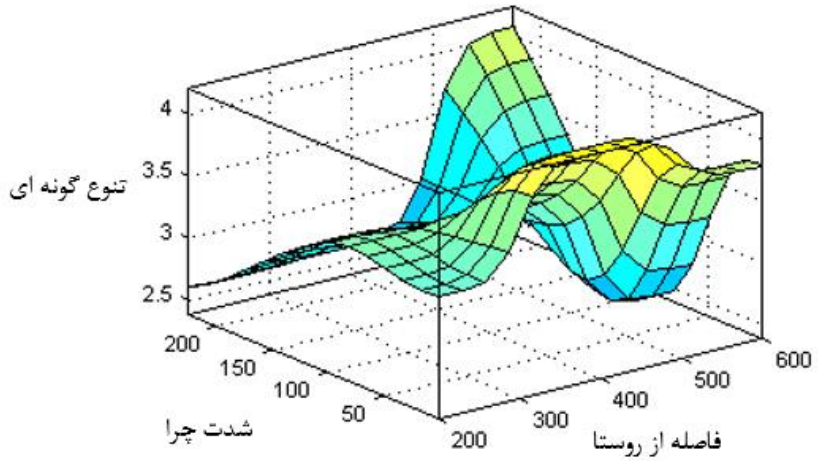
ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تنوع گونه‌ای با استفاده از مدل رگرسیونی در شکل زیر ارائه شده است. ضریب تبیین (R^2) این مدل برابر ۰/۸۳ است.



شکل ۳- ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی تنوع گونه‌ای (شانون-واینر) توسط رگرسیون

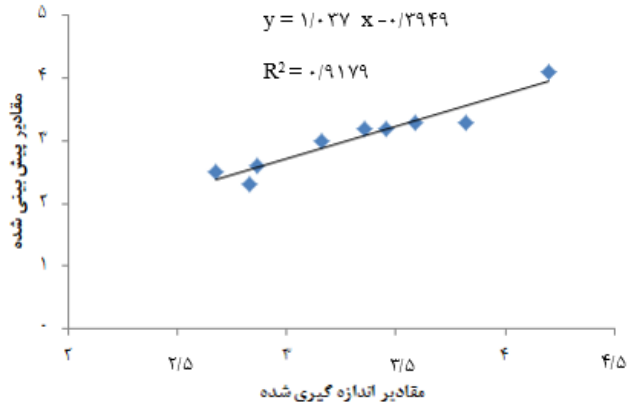
نتایج بخش انفیس

در شکل زیر نتایج خروجی مدل انفیس به‌صورت نمودار سه بعدی آمده است. بیشترین میزان تنوع گونه‌ای در این شکل مربوط به فواصل دورتر از روستا (۶۰۰ متری) و شدت چرای کم می‌باشد. کمترین تنوع گونه‌ای نیز مربوط به شدت چرای زیاد و فاصله ۲۰۰ متری می‌باشد.



شکل۴- پیش‌بینی تنوع گونه‌ای در ارتباط با فاصله از روستا و شدت‌های چرایی توسط انفیس

ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تنوع گونه‌ای با استفاده از مدل انفیس در شرایط کاری مختلف در شکل (۵) ارائه شده است. ضریب تبیین (R^2) مدل انفیس برابر ۰/۹۱ به‌دست آمد که حاکی از توانایی بالاتر مدل انفیس نسبت به مدل رگرسیونی در ایجاد ارتباط بین ورودی و خروجی و نزدیکی آن نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده است.



شکل۵- ارتباط بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده در انفیس برای تنوع گونه‌ای شانون- واینر

جدول ۳- مقایسه نتایج اعتبارسنجی مدل‌های انفیس و رگرسیون

اعتبار سنجی پارامتر تنوع	ضریب همبستگی (R^2)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)
مدل رگرسیونی	۰/۸۳	۱/۲۳۰
مدل انفیس	۰/۹۱	۰/۶۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

مطابق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های عددی تنوع و یکنواختی گونه‌ای، بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای شاخص شانون-واینر در کانون بحرانی آلوارس در جهت جغرافیایی شمالی و فاصله ۴۰۰ متری برابر با ۴/۱، در کانون بحرانی آلداشین در جهت جغرافیایی شرقی و فاصله ۴۰۰ متری برابر با ۳/۵۸ و در کانون بحرانی اسب مرز در جهت جغرافیایی شرقی و فاصله ۶۰۰ متری برابر با ۳/۱۶ به‌دست آمده است. این مقادیر نشان می‌دهد که بیشترین میزان تنوع گونه‌ای در هر دو کانون بحرانی (آلوارس با شدت چرای کم و آلداشین با شدت چرای متوسط) در فاصله دوم چرایی می‌باشد و در فواصل ۲۰۰ متری انتهای واحد تپه‌ماهوری و شروع کوهستان می‌باشد. اما در کانون بحران اسب مرز که در این روستا شدت چرا زیاد است اما تنوع گونه‌ای در فاصله سوم چرایی بیشتر از فاصله اول و دوم است که

این به خاطر شدت چرای زیاد در فواصل نزدیک به کانون بحران در این روستا است. با توجه به دامنه تغییرات شاخص‌های مورد استفاده، می‌توان گفت که منطقه از یک تنوع گونه‌ای متوسط رو به بالا برخوردار می‌باشد. این نتیجه مشابه با نتایج جوری و همکاران (۱۳۸۶) همچنین معتمدی و شیدای کرکج (۱۳۹۷) می‌باشد که به ترتیب با مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای در مراتع صفارود رامسر و مراتع چر ارومیه نشان دادند که تنوع گونه‌ای در اکوسیستم‌های مرتعی با وضعیت متوسط به بالا افزایش می‌یابد.

در مناطق کوهستانی نظیر سبلان، محدودیت انتخاب ترانسکت اصلی در سطوح هموار به علت تبدیل مراتع به کاربری‌های دیگر وجود دارد و ترانسکت در سطح مراتع شیبدار با جهات جغرافیایی و خاک متفاوت تعیین می‌گردد. بنابراین همانگونه که بدری پور (۱۳۷۶) و آجرلو (۱۳۸۶) نیز تأکید کرده است، در گرادیان‌های با پستی و بلندی، تغییر در پارامترهای پوشش گیاهی نه تنها تحت تأثیر این عامل، بلکه عوامل دیگر مانند پارامترهای پستی و بلندی و خاکی نیز در تغییر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در فواصل مختلف از کانون‌های بحران مؤثر بوده و در نتیجه تنها چارچوب فاصله از روستا مناسب ارزیابی تخریب مرتع نمی‌باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مدل ANFIS با دقت بالاتر (R^2=۰/۹۵) و خطای کمتر (RMSE=۰/۹۷۹۲) نسبت به مدل کم دقت‌تر رگرسیونی (R^2=۰/۷۷) که خطای بیشتری نیز داشت (RMSE=۳/۸۹۵۴)، تنوع گونه‌ای را پیش‌بینی نمود. این امر حاکی از توانایی مدل انفیس در ایجاد ارتباط بین ورودی و خروجی و نزدیکی آن نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده است. مدل انفیس نسبت به مدل رگرسیونی دارای دقت بالاتری بوده و با استفاده از سطوح شکل‌های خروجی در انفیس می‌توان خروجی مدل را برای یک ورودی خاص محاسبه نمود. نتایج تحقیقات محمدی سلطان آباد و اسفندیاری (۱۳۹۲)، گوهرنژاد و همکاران (Goharnejad et al., 2015)، سبحانی و گلدوست (۱۳۹۴)، محمد پور و همکاران (۱۳۹۶)، خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2018) و یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2021) که به ترتیب از انفیس به منظور پیش‌بینی فرسایش خاک در مراتع حوضه نوران اردبیل، پیش بینی ظرفیت چرایی در مراتع نیمه استپی شمال غرب ایران، پایش خشکسالی و ارزیابی امکان پیش بینی آن در مراتع استان اردبیل، مدل‌سازی غلظت رسوب حاصل از فرسایش شیاری در مراتع مناطق نیمه خشک، پیش بینی جریانات سطحی در مراتع و ارزیابی تغییرات سطح زمین در مراتع استفاده کردند مشابه با نتایج تحقیق حاضر در مورد توانایی انفیس به عنوان ابزاری هوشمند در جهت تخمین پارامترهای مختلف در علوم مرتع می‌باشد. همچنین بهرامی و همکاران (Bahrami et al., 2013) در ارزیابی کاربرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی

تطبیقی‌فازی و رگرسیون در پیش‌بینی کربن آلی ذره‌ای در مراتع خرابه سنجی ارومیه، قربانی و همکاران (۱۳۹۸) در پیش‌بینی میزان خردشدگی خاک تحت شدت‌های مختلف چرایی در مراتع سبلان به این نتیجه دست یافتند که براساس معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین (ANFIS) نسبت به تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره به عنوان ابزار قدرتمندتری در پیش‌بینی کربن آلی ذره‌ای و خردشدگی خاک عمل می‌کند. علت تفاوت بین عملکرد بهتر شبکه‌های عصبی در مقایسه با روش‌های آماری را می‌توان در قابلیت تخمین و پیش‌بینی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تقریب غیرخطی با حجم کم داده‌ها جستجو نمود. این در حالی است که عملکرد و دقت روش‌های رگرسیونی به شدت از حجم کم نمونه‌ها تبعیت می‌کند و حجم کم نمونه‌ها می‌تواند عامل محدودیت مدل‌های آماری گردد (نورانی و صالحی، ۱۳۸۷). در همین راستا پیشنهاد می‌گردد که در کنار مدل پیش‌بینی رگرسیونی، از سایر مدل‌های پیش‌بینی مانند انفیس به منظور تخمین پارامترهای مرتبط با مراتع من جمله تنوع گونه‌ای گیاهی، تخریب مراتع و شدت چرا استفاده گردد تا پیش‌بینی دقیق‌تری به دست آید.

منابع

آجرلو، م. ۱۳۸۶. تأثیر فاصله از کانون بحران بر روی خصوصیات پوشش گیاهی و خاک مراتع، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۴: ۱۷۰-۱۷۴.

احمد آلی، و.، قربانی، ا.، عظیمی مطعم، ف.، اصغری، ع.، تیمورزاده، ع.، بدرزاده، م. ۱۳۹۴. بررسی فلور، شکل زیستی، کروتیپ و تغییر تنوع و یکنواختی گونه‌ای تحت تأثیر فواصل مختلف چرایی از کانون‌های بحرانی در دامنه‌های جنوب شرقی سبلان، تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۷۲: ۶۹-۸۴.

ارزانی، ح. ۱۳۷۸. بررسی روند کمی و کیفی تغییرات پوشش گیاه مرتع در طی دهه گذشته (۱۳۶۵-۷۷)، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۴۴: ۳۵-۳۱.

اسلامی، ح.، معتمدی، ج.، نظرنژاد، ح.، شیدای کرکج، ا. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط وضعیت مرتع با تنوع گونه‌ای موجود در هر وضعیت، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۶: ۶۱۳-۶۲۸.

اکبرلو، م.، محمودی، ج.، چوپانی، ح. ۱۳۹۰. بررسی آثار قرق و چرا بر روی تنوع گیاهی با استفاده از مدل‌های پارامتری در استان خراسان شمالی، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۳: ۳۱۴-۳۲۱.

انصاری، ن.، سید اخلاقی شال، س.ج.، قاسمی، م.ح. ۱۳۸۷. عوامل اجتماعی- اقتصادی موثر در تخریب منابع طبیعی کشور و سهم آن ها در تخریب، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۴۴: ۵۰۸ -۵۲۴.

بدری پور، ح. ۱۳۷۶. تأثیر فاصله از آبشخوار بر روی وضعیت و خصوصیات پوشش گیاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۹۰ صفحه.

جوری، م ح.، رحیمی کاکرودی، و.، آزادی، س. ۱۳۸۶. بررسی درجه آسیب پذیری دو رویشگاه کوهستانی از نظر فرسایش خاک (مطالعه موردی: مراتع ییلاقی جواهرده رامسر)، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۱۱: ۲۸-۳۸.

سبحانی، ب.، گلدوست، ا. ۱۳۹۴. پایش خشکسالی و ارزیابی امکان پیش بینی آن در استان اردبیل با استفاده از شاخص SPI و مدل ANFIS، تحقیقات جغرافیایی، ۳۰: ۱۳۵-۱۵۱.

صادقپور، ا.، معتمدی، ج.، شیدای کرکج، ا. ۱۳۹۸. شناخت مهمترین عوامل موثر فیزیوگرافی، توپوگرافی و خاکی بر تنوع‌گیاهی (مطالعه موردی: مراتع کوهستانی نمین، اردبیل، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۶: ۸۳۸-۸۵۴.

قربانی، ا.، شریفی نیارق، ج.، کاویان‌پور، ح.، ملک‌پور، ب.، میرزایی آغجه قشلاقی، ف. ۱۳۹۲. بررسی خصوصیات اکولوژیکی گونه Festuca ovina L در مراتع جنوب شرقی سبلان، مرتع و بیابان، ۲۰: ۳۷۹-۳۹۶.

قربانی، ا.، احمدآلی، و.، اصغری، ع. ۱۳۹۳. بررسی اثر فاصله از روستا بر تغییر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در مراتع جنوب شرقی سبلان، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۲۸: ۱۷۸-۱۹۱.

قربانی، ژ.، سفیدی، ک.، کیوان بهجو، ف.، معمری، م.، سلطانی طولارود، ع.ا. ۱۳۹۸. پیش‌بینی خردشدگی خاک در اثر چرای دام با استفاده از سامانه استنتاج فازی - عصبی (ANFIS)، مرتع و آبخیزداری، ۷۲: ۵۵۷-۵۶۸.

محمدپور، س.، روحانی، ح.، قربانی واقعی، ح.، سیدیان، س.م.، فتح آبادی، ا. ۱۳۹۶. مدل سازی غلظت رسوب حاصل از فرسایش شیاری با استفاده از سیستم نروفازی (ANFIS) در منطقه نیمه خشک، مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۷۰: ۲۳۴-۲۱۹.

محمدی سلطان آباد، ز.، اسفندیاری، ف. ۱۳۹۲. تحلیل عملکرد شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (ANFIS) در پیش بینی و برآورد فرسایش و رسوب حوضه نوران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، ۹۳ صفحه.

معتمدی، ج.، شیدای کرکج، ا. ۱۳۹۷. تنوع گونه ای مکان های اکولوژیکی مراتع کوهستانی چر ارومیه با تأکید بر شاخص های عددی و پارامتری، بوم شناسی کاربردی، ۷: ۵۵-۶۵.

مقیمی نژاد، ف.، جعفری، م.، زارع چاهوکی، م ع.، قاسمی آریان، ی.، کهندل، ا. ۱۳۹۳. مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بین دو منطقه قرق و چراشده (مطالعه موردی: نظرآباد کرج)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۱: ۶۴۳-۶۵۰.

نورانی، و.، صالحی، ک. ۱۳۸۷. مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از روش شبکه عصبی فازی تطبیقی و مقایسه آن با روش های شبکه عصبی و استنتاج فازی (مطالعه موردی: حوضه آبریز لیقوان چای واقع در استان آ. شرقی). چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران (https://civilica.com/doc/38309/)

Bahrami, B., Dianati Tilaki, G.A., Beigi, S.K., Janizadeh, S., Moetamedi, J. 2013. Evaluation of Artificial Neural Network (ANN), Adative Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Regression Models in Prediction of Particulate Organic Matter-Carbon (POM-C) in the Rangelands Kharabe Sanji of Urmia. Operational Researches about Soil, 1(1): 94-106.

Goharnejad, A., Zare, A., Tahmasebi, P., Asadi, E., Ebrahimi, A. 2015. A grazing capacity model with fuzzy inference system in semi-steppe rangelands. Environment and Natural Resources J, 13(2): 1-13.

Jacovides, C. P. 1997. Reply to comment on Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models. Agricultural Water Management, 3: 95-97

Jang, J.S.R. 1993. ANFIS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System, IEEE transactions on Systems. Man Cyber, 23(3): 665-683.

Khosravi, K.H., Panahi, M., Tien Bui, D. 2018. Spatial prediction of ground water spring potential mapping based on an adaptive neuro-fuzzy inference system and metaheuristic optimization. Hydrology and Earth Systems Science, 22: 4771-4792. https://doi.org/10.5194/hess-22-4771-2018

Parvizi, Y. 2010. Mapping of spatial variability of soil organic carbon and predicting the influences of physical and management factors by use of multivariate analysis and artificial neural networks. Ph.D. Thesis. 338 pages.

Sajikumar, N., Thandaveswara, B.S. 1999. A nonlinear rainfall–runoff model using artificial neural networks. Journal of Hydrology, 21(6): 32-55.

Yousefi, S., Pourghasemi, H.R., Avand, M.T., Janizadeh, S., Tavangar, S.H, Santosh, M. 2021. Assessment of land degradation using machine-learning techniques: A case study of declining rangelands. Land Degradation and Development, 32: 1452-1466.