

پیش‌بینی زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های قابل چرا در اثر چرای دام با استفاده از سیستم استنتاج فازی-عصبی (ANFIS)

ژیلا قربانی^{۱*}، کیومرث سفیدی^۲، مهشید سوری^۳ و مهدی معمری^۴

۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران، پست الکترونیک: engzhghorbani@gmail.com

۲- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

چکیده

آگاهی از میزان و نحوه اثرپذیری پوشش گیاهی از اختلال چرای دام می‌تواند راهکاری برای تدوین راهبردهای مدیریت اکوسیستم‌های مرتعی در جهت رسیدن به پایداری و تولید مستمر در این اکوسیستم‌ها باشد. در این تحقیق به بررسی تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های قابل چرای دام در مراتع جنوب‌شرقی سبلان تحت تأثیر شدت‌های مختلف چرایی و فاصله از روستا به عنوان کانون بحران پرداخته شد. به‌علاوه اینکه توسعه و ارزیابی مدل استنتاج فازی-عصبی (انفیس) به‌منظور پیش‌بینی تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های خوشخوراک و مقایسه نتایج آن با مدل رگرسیونی ارائه گردید. برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و انفیس از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده شد. نتایج نشان داد که شدت‌های مختلف چرا، فاصله از روستا و اثرهای متقابل آنها اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های خوشخوراک دارند. همچنین، با افزایش شدت چرا، تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی این گونه‌ها کاهش یافت. نتایج بخش انفیس نشان داد که در شدت چرای کم و فاصله حدود ۴۰۰ متر، بیشترین مقدار تولید گونه‌های خوشخوراک ملاحظه می‌گردد. کمترین مقدار تولید این گونه‌ها نیز فواصل نزدیک به روستا (۲۰۰ متری) پیش‌بینی شده است. بیشترین میزان زیتوده ریشه در فاصله ۶۰۰ متری و کمترین میزان زیتوده ریشه نیز مربوط به فاصله ۲۰۰ متری بود. به‌علاوه، مدل ANFIS با دقت بالاتر ($R^2=0/98$ و $R^2=0/95$) و خطای کمتر ($RMSE=0/9792$ و $RMSE=1/6168$) نسبت به مدل کم دقت‌تر رگرسیونی ($R^2=0/92$ و $R^2=0/77$) که خطای بیشتری نیز داشت ($RMSE=2/2835$ و $RMSE=3/8954$)، به‌ترتیب تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی را پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: شدت چرا، هوش محاسباتی، مدل‌سازی، تولید.

مقدمه

اقلیم (Xia et al., 2010; Wang et al., 2014) می‌باشد. اندازه‌گیری تولید اساساً برای مدیریت کارآمد و مؤثر در مراتع لازم و ضروریست. این امر در گرو تعیین میزان رابطه بین تولید گیاهان مرتعی و متغیرهای تأثیرگذار همانند متغیرهای پستی و بلندی است. آگاهی از تولید گونه‌های

تولید از ویژگی‌های اصلی عملکرد پوشش گیاهی در یک منطقه است که برآورد دقیق آن نیازمند داشتن اطلاعات کافی از شرایط پستی و بلندی و ارتفاع (Tamartash, 2012)، خصوصیات خاک منطقه (Wang et al., 2014) و

مدل‌سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و انفیس در برخی از تحقیقات مرتبط با علوم کشاورزی و منابع طبیعی استفاده شده است. در کشاورزی، Qaddoum و همکاران (۲۰۱۱) از انفیس برای پیش‌بینی محصول برداشت شده و Krueger و همکاران (۲۰۱۱) برای توصیف رشد ریشه گیاهان استفاده کردند. Naderlou و همکاران (۲۰۱۲)، مدلی را براساس سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (انفیس) برای پیش‌بینی عملکرد محصول گندم بر اساس انرژی‌های مختلف ورودی ارائه کردند. Khoshnevisan و همکاران (۲۰۱۴) همچنین Sedghi و Abbaspour-Gilandeh (۲۰۱۴)، به ترتیب از انفیس به منظور پیش‌بینی محصول گندم، میزان خردشدگی خاک طی عملیات خاک‌ورزی و پارامترهای مرتبط با کشش تراکتور استفاده کردند. Moghimi و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی کاربرد مقایسه‌ای رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه‌سازی اثرهای عوامل توپوگرافی بر تغییرات کربن آلی خاک در مراتع کرمانشاه بیان کردند که شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیون خطی چندگانه دارای دقت و صحت بالاتری است و عامل ارتفاع در تغییرات ذخایر کربن آلی خاک در این منطقه بیشترین سهم را داشت.

در منابع طبیعی، Makarian و Rouhani (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به منظور ترسیم نقشه پراکنش گونه *Hordeum glaucum* از یک مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه‌ای استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که شبکه عصبی آموزش دیده دارای قابلیت بالایی در پیش‌بینی جمعیت گونه *Hordeum glaucum* در نقاط نمونه‌برداری نشده بود. Hoseini و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی کاربرد منطق فازی در مدیریت منابع آب و خاک پرداختند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که مدل‌های مبتنی بر هوش محاسباتی (Artificial Intelligence) مانند منطق فازی، بهترین نوع مدل‌سازی در مسائل مرتبط با منابع طبیعی می‌باشد. Bahrami و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی تطبیقی فازی (انفیس) و رگرسیون در پیش‌بینی کربن

مرتعی از مسائل اساسی در تحقیقات مرتع به‌شمار می‌رود و اطلاعات زیادی درباره چگونگی کارکرد این اکوسیستم‌ها در اختیار مدیران مرتع قرار می‌دهد (Tahmasebi *et al.*, 2011). تداوم بهره‌برداری از مرتع مستلزم حفظ شرایط مناسب موجود و برنامه‌ریزی برای تقویت آن است که خود در گرو نظارت پیوسته بر هر گونه تغییر در تولید کمی و کیفی گونه‌های مرتعی است.

تحقیقات مختلفی در زمینه اثرهای منفی چرای دام بر زیتوده اندام هوایی (Millchunas & Lauenroth, 1993; Hutchings & John, 2003; Zare kia *et al.*, 2015) و استقرار گیاهان چوبی (Schlesinger *et al.*, 1990; Jnkanlvyy *et al.*, 2012) و تأثیر شدت چرا بر زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های مرتعی (Ghorbani *et al.*, 2018) انجام شده است.

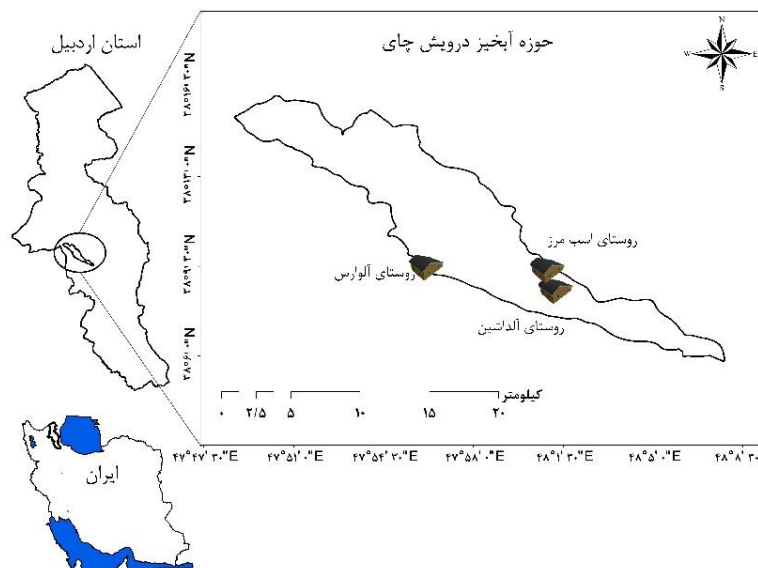
روش‌های مختلف مدل‌سازی به‌منظور پیش‌بینی پارامترهای هدف را در حالت کلی می‌توان به سه دسته تقسیم نمود: معادلات رگرسیونی، مدل‌های تحلیلی و نیمه تحلیلی و مدل‌های کامپیوتری. اگر پارامترهای هدف ماهیت غیرخطی داشته باشند، محققان مدل‌های کامپیوتری مبتنی بر هوش محاسباتی مانند شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) و سیستم استنتاج فازی (Fuzzy Inference System) را توصیه می‌کنند. در چند سال اخیر، سیستم قدرتمندی تحت عنوان سیستم استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی یا انفیس (ANFIS) در علوم مختلف استفاده می‌شود. این نوع سیستم با بهره‌گیری از قدرت آموزش شبکه‌های عصبی و مزیت زبانی سیستم‌های فازی توانسته است از مزایای هر دو مدل در جهت تحلیل فرایندهای پیچیده، بسیار قدرتمند عمل کند. برای استفاده از این سیستم باید سیستم استنباط فازی- عصبی تطبیقی را با یک مجموعه داده‌های اولیه آموزش داد. بخش فازی رابطه- ای بین ورودی و خروجی برقرار نموده و پارامترهای مربوط به توابع عضویت بخش فازی به‌وسیله شبکه‌های عصبی تعیین می‌شود. از این رو خصوصیات نهفته هر دو مدل فازی و عصبی در انفیس وجود دارد (Hutchings & John, 2003).

ایران و در دامنه‌های جنوب‌شرقی کوه سبلان قرار داشت. مراتع بیلاقی این دامنه‌ها دارای ویژگی‌هایی مانند شدت‌های چرای مختلف و دسترسی کافی بود. حوزه مورد مطالعه بین $22^{\circ} 48' 08''$ تا $22^{\circ} 47' 48''$ طول شرقی و $38^{\circ} 06'$ تا $38^{\circ} 15' 44''$ عرض شمالی واقع شده بود. وسعت این حوزه آبخیز $11642/67$ هکتار و محیط این حوزه $81/43$ کیلومتر بود (شکل ۱). میانگین بارندگی منطقه مورد مطالعه با توجه به ایستگاه‌های اطراف منطقه و گرادیان بارندگی استخراج شده به‌طور متوسط حدود 450 تا 500 میلی‌متر بوده و متوسط دمای ماهیانه حدود $6/5$ تا $7/5$ درجه سانتی‌گراد بود. براساس اقلیم دوماترن، منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد بوده و در تقسیم بندی مناطق زیست‌اقلیمی ایران جزء منطقه نیمه‌استپی سرد است (Ghorbani et al., 2008).

آلی ذره‌ای در مراتع خرابه‌سنجی ارومیه پرداختند. نتایج آنان نشان داد که مدل انفیس بالاترین ضریب همبستگی و کمترین خطا را داشت و بهترین مدل بود. با توجه به مطالعات انجام شده در مورد استفاده از مدل‌های هوش محاسباتی و عملکرد بهتر انفیس، در این تحقیق به پیش‌بینی زیتوده اندام-های هوایی و زیرزمینی گونه‌های قابل چرای مرتعی واقع در مراتع سبلان تحت تأثیر شدت‌های مختلف چرا و فاصله از روستا به کمک مدل‌های رگرسیونی و انفیس پرداخته شده و به‌کمک مقایسه نتایج، بهترین مدل که دقت بالاتر و خطای کمتری داشته باشد، ارائه شد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل واقع در شمال‌غربی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اردبیل

تهیه شد. سپس با توجه به نقشه‌های ذکر شده و بازدید میدانی و همچنین اطلاعات به‌دست آمده از اداره منابع طبیعی استان اردبیل، روستاهای آلوارس، اسب مرز و آلداسین در حوزه آبخیز درویش‌چای با بازدید میدانی به گونه‌ای نهایی گردید که در یک تیپ گیاهی انتخاب شوند و دارای شدت

تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از پوشش گیاهی ابتدا به‌منظور تعیین محدوده مورد مطالعه، نقشه‌های توپوگرافی $1:25000$ نقشه مدل رقومی ارتفاع، طبقات ارتفاعی، شیب و جهات جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار Arc

اندام‌های هوایی در هر پلات، با استفاده از روش قطع و توزین، پایه‌های گونه قابل چرا از محل یقه قطع شده و داخل پاکت کاغذی قرار داده شد و به ترتیب گونه‌های کلاس یک، دو و سه به‌طور جداگانه در پاکت‌های جدا ریخته شدند. این نمونه‌ها در ابتدا در هوای آزاد و بعد در آون در دمای ۷۰- ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (Salar et al., 2013). سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شد. نمونه‌برداری از اندام‌های زیرزمینی هر پایه با توجه به عمق و توسعه عمودی (حجم ریشه که تا عمق ۵۰ سانتی‌متر گسترش داشت) و افقی ریشه‌ها در خاک از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری انجام شد و تمامی ریشه‌های موجود در هر عمقی به‌صورت جداگانه در پاکت‌های مربوطه قرار گرفتند. در آزمایشگاه، نمونه‌ها ابتدا شستشو شده و بعد در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت به‌طور کامل خشک و توزین شدند (برآورد زیتوده ریشه و اندام هوای فقط برای گونه‌های قابل چرا انجام شد).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری هر یک از پارامترهای پوشش گیاهی در هر یک از پلات‌های نمونه، در نهایت نتایج داده‌های پوشش گیاهی به‌منظور تجزیه آماری به نرم‌افزار SPSS¹⁶ و MATLAB انتقال یافت. قبل از انجام هرگونه تحلیل آماری نرمال بودن داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با مقادیر واریانس داده‌ها با آزمون همگنی واریانس لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ارزیابی پارامترهای مربوط به پوشش گیاهی (تولید هوایی و زیرزمینی) ابتدا نمودار مربوط به تغییرات تک‌تک متغیرهای توصیفی با استفاده از برنامه Excel تهیه گردید. سپس تجزیه آماری توسط نرم‌افزار SPSS¹⁶ انجام شد. در مرحله اول، به‌منظور بررسی تأثیر فاصله از کانون بحران (روستا) در فواصل مختلف از آن بر روی خصوصیت پوشش گیاهی از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین استفاده گردید و در مرحله بعد از آزمون توکی به‌منظور مقایسه میانگین‌های میان هر یک از فاکتورهای تولید از این نرم‌افزار استفاده شد.

چرایی مختلف باشند. 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. این سه منطقه در تمام خصوصیات و صفات مثل (توپوگرافی، شیب، ارتفاع، نوع خاک، دما و میزان بارندگی) تقریباً شبیه به هم بوده و تنها در عامل شدت چرا باهم اختلاف داشتند. با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقه مانند پستی و بلندی، تغییرات شیب و جهات مختلف با در نظر گرفتن منابع (Badripour, 1996) که باید شرایط توپوگرافی را در تجزیه و تحلیل گرادیان چرایی مدنظر قرار داد، تلاش شد طرح نمونه‌گیری به گونه‌ای انتخاب شود 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 (Ghorbani et al., 2013). بنابراین انتخاب سایت نمونه برداری و ترانسکت اصلی گرادیان به سمت کوهستان که شیب مانع از تبدیل اراضی به کاربری زراعی شده است، میسر بود. بنابراین سه ترانسکت عمود بر هر یک از کانون‌های بحرانی (روستاها) انتخاب گردید و تلاش شد تا اثرهای عوامل اکولوژیکی در تغییر پارامترهای پوشش گیاهی به حداقل برسد و تنها تأثیر شدت چرا در زیتوده اندام زیرزمینی و هوایی پوشش گیاهی بررسی شود. به‌منظور ارزیابی شدت های چرای دام بر کمیت زیتوده گیاهی در فصل رشد پوشش گیاهی، مصادف با رشد گونه غالب (*Festuca ovina*) در منطقه جنوب‌شرقی سبلان اقدام به نمونه‌برداری شد. نمونه برداری‌ها توسط ۲۵ پلات یک مترمربعی که به‌صورت تصادفی - سیستماتیک در طول ترانسکت‌های ۶۰۰ متری مستقر شدند، انجام شد (ابعاد پلات با توجه به ساختار پوشش گیاهی موجود در سایت‌های نمونه‌برداری و نیز مطالعات گذشته (Ghorbani et al., 2008; Ahmadali et al., 2015) که پلات یک مترمربعی را برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی سبلان مناسب بیان کرده‌اند، انتخاب شد). برای تعیین زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی اقدام به نمونه‌برداری کامل از زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی شد. برای نمونه‌برداری از

در مدل‌سازی استفاده شد تا کارایی این روش در عرصه منابع طبیعی مشخص گردد (James, 2003; Blüthgen *et al.*, 2012).

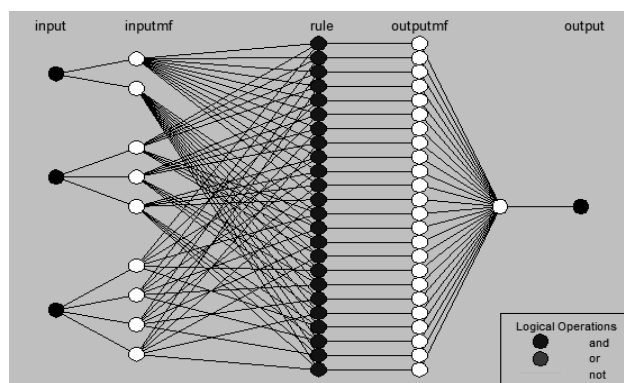
مدل‌سازی با SPSS

پس از ورود داده‌ها به نرم‌افزار SPSS یک مدل رگرسیونی چند متغیره بین پارامترهای مورد مطالعه و عوامل مؤثر بر آنها ایجاد گردید و همبستگی داده‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده توسط مدل رگرسیونی با همبستگی داده‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده توسط بهترین مدل ANFIS مقایسه شد.

سیستم استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی (ANFIS)

اگر داده‌های ورودی، مبهم و یا دارای عدم قطعیت باشند، یک سیستم فازی مانند انفیس بهترین انتخاب برای تحلیل آنها خواهد بود (Pentos & Pieczarka, 2017). توابع عضویت (Membership Functions) در طول فرایند آموزش شبکه انفیس تغییر می‌یابند و تطبیق آنها به دلیل یک بردار گرادیان انجام می‌گردد. بردار گرادیان مقیاسی برای ارزیابی عملکرد مدل انفیس می‌باشد. شماتیکی از مدل انفیس با سه متغیر مستقل در ورودی و یک متغیر وابسته در خروجی در شکل ۲ ارائه شده است.

نحوه محاسبه شاخص عددی شدت چرا در سه منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شدت چرا از حالت کیفی (کم، زیاد و متوسط) به شکل کمی تغییر داده شد و در تحلیل‌ها از هر دو شکل استفاده شد. برای این کار ابتدا به روستا با شدت چرای کم مقدار عددی ۱ و متوسط مقدار عددی ۲ و زیاد مقدار عددی ۳ داده شد. در منطقه با شدت چرای کم (روستای آلوارس) نزدیک‌ترین پلات به روستا مقدار عددی ۲۵ و با افزایش فاصله از روستا، شماره پلات‌ها کم شدند، به طوری که آخرین پلات مقدار عددی ۱ را به خود اختصاص داد. این مقادیر پلات‌ها در عدد ۱ ضرب شده و شاخص شدت چرا برای ۲۵ پلات در منطقه با شدت چرای کم (آلوارس) به دست آمد. برای روستای با شدت چرای متوسط (آلداسین) از پلات ۲۶ شروع کرده و عدد ۲ را به شماره پلات‌ها ضرب کرده و شاخص چرا برای روستای با شدت چرای متوسط به دست می‌آید. در روستای اسب‌مرز با شدت چرای بالا شماره پلات‌ها از ۵۱ شروع شده و مقدار عددی ۳ در شماره پلات‌ها ضرب و شاخص شدت چرا برای هر پلات در منطقه با شدت چرای زیاد (روستای اسب‌مرز) به دست می‌آید. در نهایت بیشترین شاخص عددی شدت چرا ۲۲۵ است که مربوط به نزدیک‌ترین پلات به روستای اسب‌مرز با شدت چرای بالا است و کمترین آن عدد ۱ که مربوط به دورترین پلات به روستای آلوارس با شدت چرای کم است. از این شاخص شدت چرا در بررسی تأثیر عوامل مختلف بر روی پارامترهای خاک و پوشش گیاهی همچنین



شکل ۲- ساختار سیستم استنتاج فازی (انفیس)

که در آن: X_{norm} مقادیر نرمال شده، X مقدار مشاهده شده، X_{max} و X_{min} به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های مشاهده شده است. مدل‌های مختلف انفیس با تغییر توابع ورودی مثل شدت چرا و فواصل مختلف و خروجی مانند تولید گونه‌های خوشخوراک در نرم‌افزار (MATLAB R2013a Version) 8.1.0.604 و در قسمت ANFIS edit ایجاد می‌شود. مهمترین گام در مدل انفیس تعریف درست توابع عضویت فازی و مقادیر مربوطه است. مدل‌های مختلفی توسط ANFIS با تغییر تعداد ورودی‌های توابع عضویت 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.

نتایج

اثر عوامل تحت بررسی بر تولید گونه‌های خوشخوراک و زیتوده ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عوامل مؤثر تحت بررسی بر تولید گونه‌های قابل چرا در جدول زیر نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد پارامترهای شدت چرا، فاصله از روستا و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری بر تولید گونه‌های خوشخوراک دارند ($P < 0.01$) (جدول ۱).

تعداد زیادی از مدل‌های انفیس با توابع عضویت متفاوت به‌منظور یافتن بهترین مدل انفیس برای پیش‌بینی خروجی‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفتند. از تعداد کل داده‌های به‌دست آمده برای هر یک از پارامترهای مورد نظر در این بخش، چهار پنجم داده‌ها برای مرحله آموزش (Training) مدل و یک پنجم بقیه داده برای مرحله آزمون (Testing) مورد استفاده قرار گرفت. آزمون مدل خروجی به منظور عدم همپوشانی خروجی‌ها اعمال گردید. از دو عامل مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) برای ارزیابی مدل‌های انفیس استفاده شد که در زیر ارائه شده‌اند.

رابطه ۱

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{pr} - Y_{ac})^2$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{pr} - Y_{ac})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{pr} - Y_{me})^2}$$

رابطه ۲

در روابط ذکر شده، Y_{pr} ، Y_{ac} و Y_{me} به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده، پیش‌بینی شده و میانگین مدل‌های توسعه یافته می‌باشند. برای افزایش دقت و سرعت عملکرد مدل‌ها، داده‌ها طبق رابطه ۳ نرمال شدند (Sajikumar & Thandaveswara, 1999).

رابطه ۳

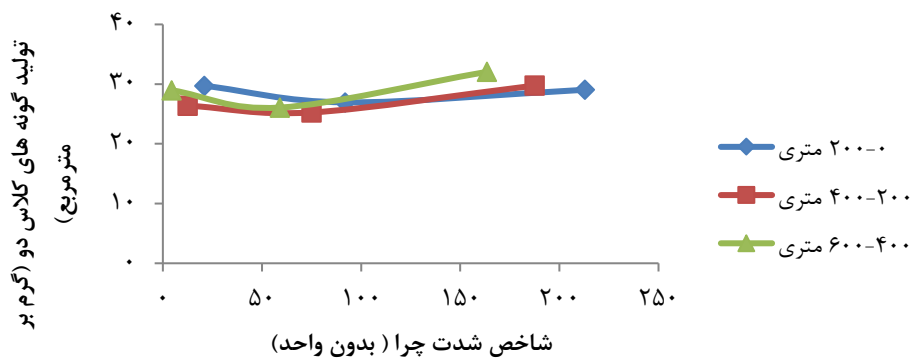
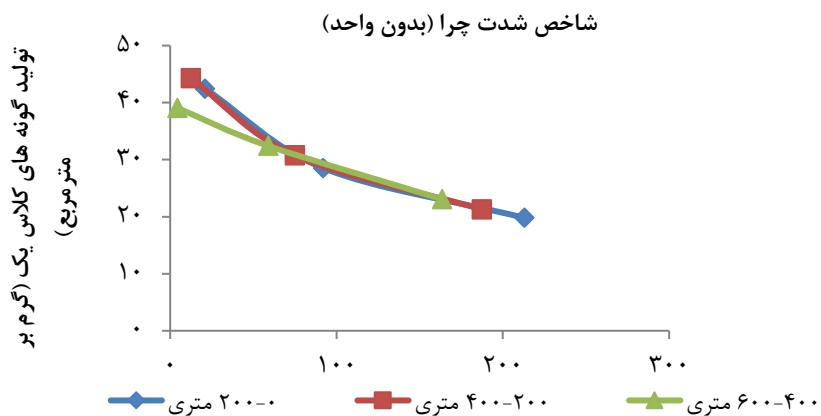
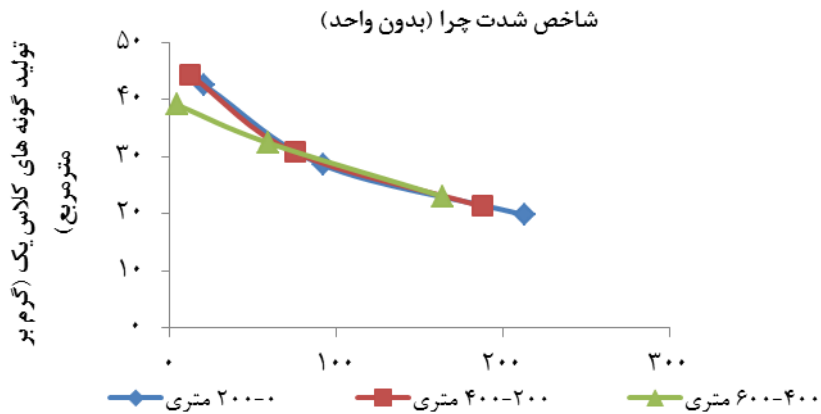
$$X_{norm} = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$$

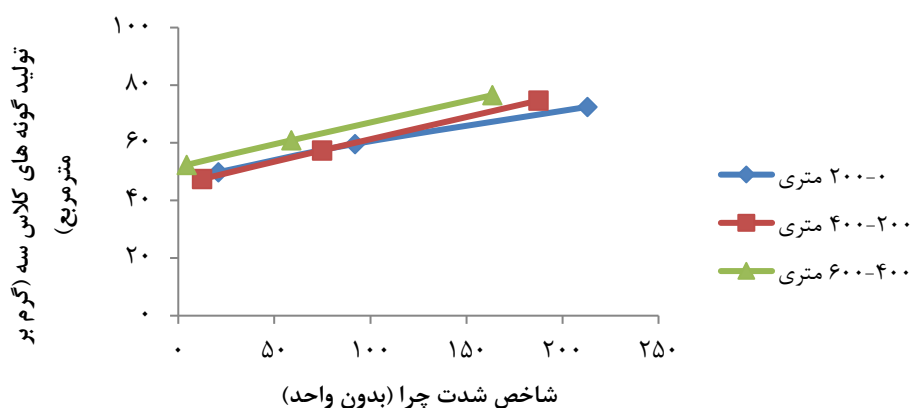
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های قابل چرا

منبع تغییرات	میانگین مربعات (اندام هوایی)	میانگین مربعات (اندام زیرزمینی)
شدت چرا	۲۲/۸۲۸**	۴۶/۴۳۶**
فاصله از روستا	۲۶۳۴/۳۶۱**	۴۳۳/۵۱۱**
شدت چرا × فاصله	۴۴/۰۹۷**	۱۴۹/۸۸۹**

زیتوده زیرزمینی دارند ($P < 0/01$). برای نمونه شکل زیر تغییرات شدت چرا در فواصل متفاوت از روستا را نسبت به تغییرات تولید گونه‌های مرتعی خوشخوراک کلاس یک، کلاس دو و کلاس سه نشان می‌دهد.

به‌علاوه، مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عوامل مؤثر بر تولید اندام‌های زیرزمینی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد پارامترهای شدت چرا، فاصله از روستا و اثرهای متقابل آنها اثر معنی‌داری بر

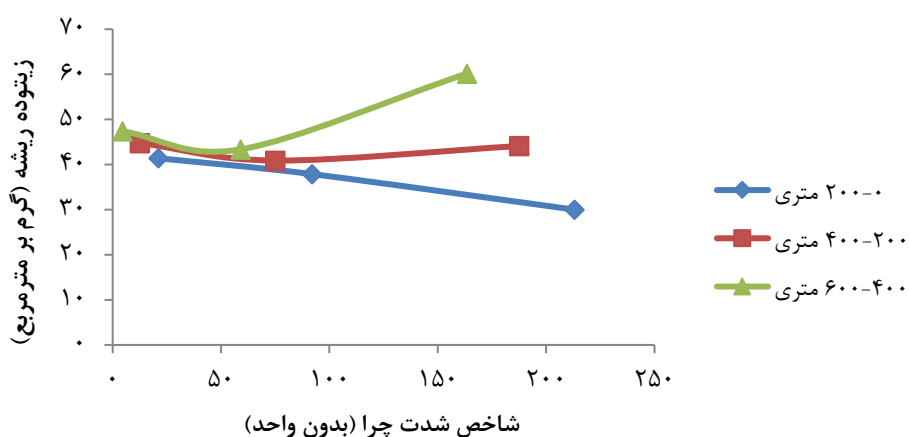




شکل ۳- اثر شدت‌های مختلف چرا در فواصل مختلف بر میزان تولید اندام‌های هوایی گونه‌های مرتعی خوشخوراک به ترتیب از بالا به پایین شامل گونه‌های کلاس یک، دو و سه

روی تولید گونه‌های قابل چرا اثرگذار باشد. البته در این پژوهش فاصله‌ها زیاد انتخاب نشدند (این امر به دلیل این است که فقط بررسی تأثیر شدت چرا روی پارامترهای مورد مطالعه مدنظر بوده است)، به طوری که با انتخاب فواصل بیشتر، ناخودآگاه سایر عوامل نیز روی پارامترها تأثیر می‌گذاشتند. همچنین به دلیل نزدیک بودن حریم روستاها به هم این فواصل کمتر انتخاب شدند. شکل (۴) اثر شدت چرا و فاصله را بر تولید ریشه نشان می‌دهد.

شکل (۳) نشان می‌دهد که هرچه شدت چرا افزایش می‌یابد از میزان تولید گونه‌های مرتعی خوشخوراک کاسته می‌شود. این مطلب بدین علت است که با افزایش شدت چرای دام در مراتع، زیتوده اندام هوایی تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد. همچنین شکل الف نشان می‌دهد که در فاصله ۴۰۰-۶۰۰ متری، تولید نسبتاً کاهش یافته و این امر بیانگر آن است که علاوه بر شدت چرا و حضور دام، عوامل محیطی و فیزیوگرافی منطقه و به‌ویژه تراکم خاک می‌تواند



شکل ۴- اثر شدت‌های مختلف چرا در فواصل مختلف از روستا بر زیتوده ریشه

افزوده شده است و این افزایش در فاصله سوم بیشتر است.

شکل بالا نشان می‌دهد که با افزایش شدت چرا، از سهم زیتوده اندام‌های هوایی کاسته شده و بر زیتوده ریشه

(شدت چرای کم) و اسبمرز (شدت چرای زیاد) و همچنین بین روستای آلداشین (شدت چرای متوسط) و اسبمرز نیز از لحاظ زیتوده گونه‌های مهاجم وجود دارد. از لحاظ زیتوده گونه‌های زیادشونده بین روستای آوارس و اسبمرز نیز اختلاف معنی‌دار است. به طوری که بیشترین مقدار تولید گونه‌های یکساله در روستای آوارس با شدت چرای کم و کمترین مقدار تولید آن در روستای اسبمرز با شدت چرای زیاد به ترتیب به میزان ۴۱/۹۳ و ۲۱/۳۱ گرم در مترمربع است و بیشترین مقدار تولید گونه‌های کلاس سه نیز برای روستای اسبمرز به میزان ۷۴/۶۹ گرم در مترمربع می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین عوامل مؤثر بر زیتوده اندام‌های هوایی و زیرزمینی نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در شدت‌های مختلف چرا در سه روستای اسبمرز، آلداشین و آوارس حکایت از آن دارد که اختلاف معنی‌داری بین مناطق با شدت چرای کم، متوسط و زیاد از لحاظ ویژگی‌های تولید اندام هوایی، گونه‌های مرتعی خوشخوراک (کلاس چرای یک) و گونه‌های مرتعی زیاد شونده (کلاس چرای دو) وجود دارد (جدول ۲). البته اختلاف معنی‌داری برای زیتوده اندام هوایی گونه‌های کلاس سه یا مهاجم بین روستای آوارس

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین زیتوده اندام هوایی گونه‌های قابل چرای دام اندازه‌گیری شده در سه روستا (با شدت چرای مختلف)

گونه‌های (کلاس سه)	میانگین تولید (گرم بر مترمربع)		گونه‌های (کلاس یک)	کانون بحران
	گونه‌های (کلاس دو)	گونه‌های (کلاس دو)		
۴۹/۸۴ ^b	۲۶/۴۲ ^b	۲۶/۴۲ ^b	۴۱/۹۳ ^a	(شدت چرای کم)
۵۹/۵۴ ^b	۲۶/۱۲ ^b	۲۶/۱۲ ^b	۳۰/۴۸ ^b	(شدت چرای متوسط)
۷۴/۶۹ ^a	۳۳/۹۸ ^a	۳۳/۹۸ ^a	۲۱/۳۱ ^b	(شدت چرای زیاد)

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری است.

دارای اختلاف معنی‌داری است. البته بین سه روستا از لحاظ زیتوده زیرزمینی گونه‌های کلاس دو اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به نحوی که بیشترین و کمترین مقدار زیتوده زیرزمینی مربوط به گونه‌های سه ساله و یکساله در روستای اسبمرز (شدت چرای زیاد) به ترتیب ۷۷/۷۳ و ۱۸/۳۸ گرم در مترمربع است.

نتایج مقایسه میانگین زیتوده اندام زیرزمینی گونه‌های مرتعی در سه روستا نشان می‌دهد که زیتوده زیرزمینی گونه‌های کلاس یک در هر سه روستا با شدت چرای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). اما زیتوده زیرزمینی گونه‌های کلاس سه بین روستای اسبمرز با شدت چرای زیاد با دو روستای دیگر با شدت چرای مختلف

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین پارامتر زیتوده اندام زیرزمینی گونه‌های قابل چرای دام اندازه‌گیری شده در سه روستا (با شدت چرای مختلف)

گونه‌های (کلاس سه)	میانگین تولید (گرم بر مترمربع)		گونه‌های (کلاس یک)	کانون بحران
	گونه‌های (کلاس دو)	گونه‌های (کلاس دو)		
۴۳/۱۴ ^b	۳۰/۹۶ ^a	۳۰/۹۶ ^a	۵۹/۷۳ ^a	(شدت چرای کم)
۵۵/۵۰ ^b	۳۰/۹۹ ^a	۳۰/۹۹ ^a	۳۶/۴۸ ^b	(شدت چرای متوسط)
۷۷/۷۳ ^a	۳۵/۹۴ ^a	۳۵/۹۴ ^a	۱۸/۳۸ ^c	(شدت چرای زیاد)

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در هر ستون است.

مدل‌های رگرسیونی و اعتبارسنجی آنها

قابل چرای تحت بررسی به‌عنوان متغیر وابسته در جدول زیر ارائه شده است.

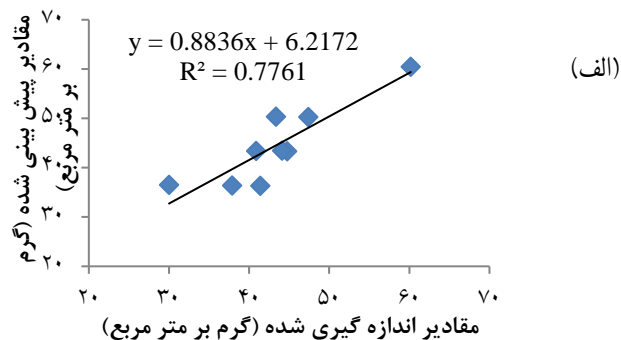
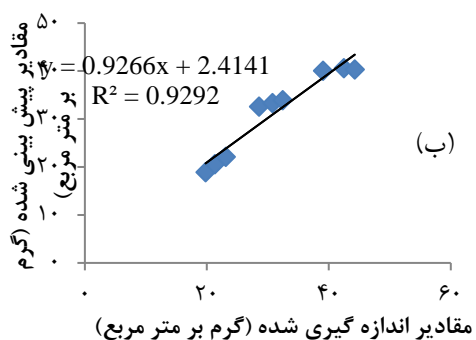
معادلات رگرسیونی با حضور عوامل تحت بررسی به عنوان متغیر مستقل و تولید هوایی و زیرزمینی گونه‌های

جدول ۴- معادلات رگرسیونی برای پیش‌بینی پارامترهای تحت بررسی

پارامتر	مدل رگرسیونی	ضریب همبستگی (R ²)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)
تولید اندام‌های هوایی	$Y = 44/082 - 0/113 GI - 0/006 d$	۰/۹۲	۲/۲۸۳۵
تولید اندام‌های زیرزمینی	$Y = 29/297 + 0/001 GI + 0/035 d$	۰/۷۷	۳/۸۹۵۴

خوشخوراک و زیتوده ریشه در شکل زیر ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، ضرایب همبستگی (R²) برای تولید گونه‌های خوشخوراک و زیتوده ریشه به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۷۷ است.

در روابط بالا، GI، مقدار عددی شدت چرا و d، فاصله از روستا (متر) می‌باشد. ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط معادلات رگرسیونی در مورد تولید گونه‌های

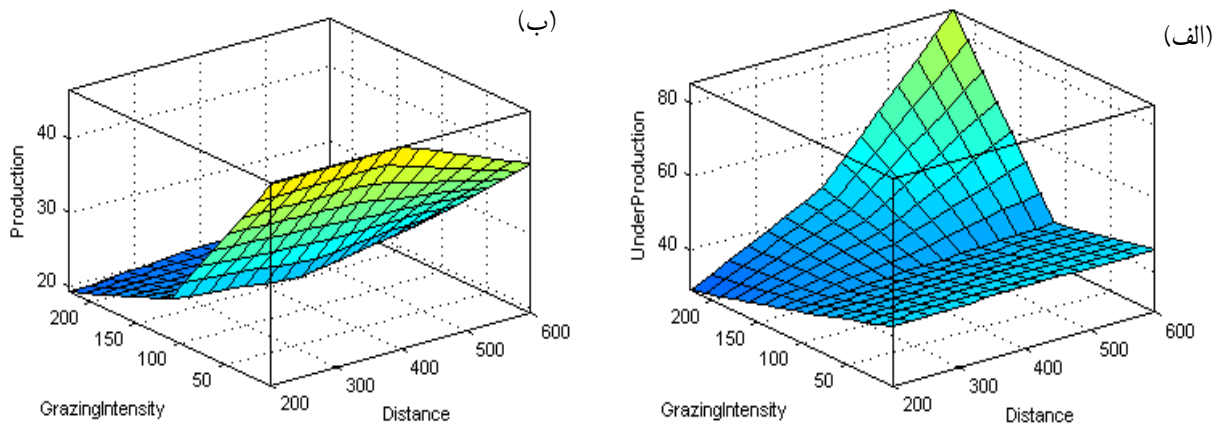


شکل ۵- ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل رگرسیون در مورد: (الف) زیتوده ریشه و (ب) تولید گونه‌های خوشخوراک

و شدت چرای زیاد می‌باشد. کمترین میزان زیتوده ریشه نیز مربوط به شدت چرای زیاد و فاصله ۲۰۰ متری است. به علاوه اینکه در قسمت ب، در شدت چرای کم و فاصله حدود ۴۰۰ متر، بیشترین مقدار تولید گونه‌های خوشخوراک ملاحظه می‌گردد. به طوری که کمترین مقدار تولید این گونه‌ها نیز در شدت چراهای بالا و فواصل نزدیک به روستا (۲۰۰ متری) پیش‌بینی شده است.

نتایج بخش انفیس

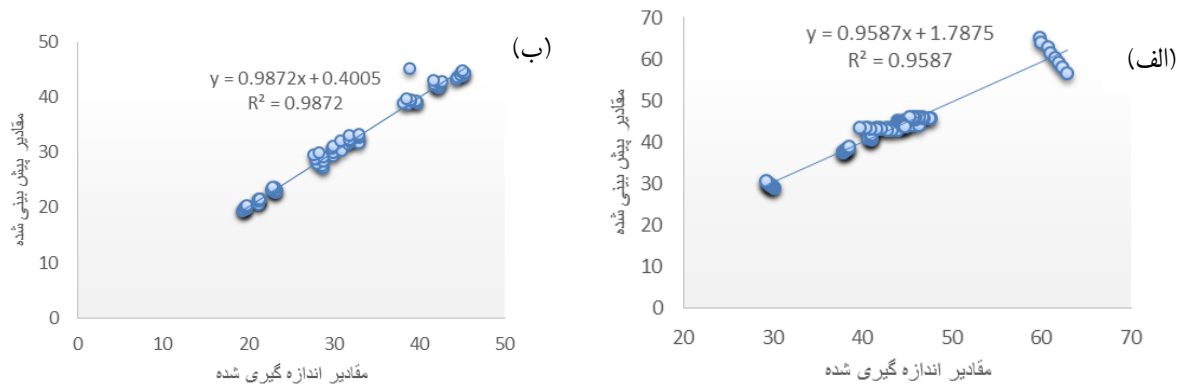
نتایج خروجی مدل فازی انفیس به صورت نمودارهای سه بعدی برحسب پارامترهای ورودی و خروجی می‌باشد که بیانگر تأثیر پارامترهای ورودی (شدت‌های چرا و فاصله از روستا) بر خروجی مدل تولید گونه‌های خوشخوراک (هوایی) و زیرزمینی است. در شکل (۶)، الف بیشترین میزان زیتوده ریشه مربوط به فواصل دورتر از روستا (۶۰۰ متری)



شکل ۶- اثر شدت چرا و فاصله از روستا بر پیش‌بینی: (الف) تولید زیرزمینی و (ب) تولید هوایی گونه‌های قابل چرا (در شکل‌های بالا، Distance فاصله (برحسب متر) و Grazing intensity شاخص شدت چرا (بدون واحد) می‌باشد. محور عمودی در دو شکل بالا میزان تولید هوایی و زیرزمینی (برحسب گرم بر مترمربع) را نشان می‌دهد).

تولید گونه‌های خوشخوراک و میزان زیتوده ریشه به ترتیب به میزان ۰/۹۸ و ۰/۹۵ به دست آمد که حکایت از توانایی مدل انفیس در ایجاد ارتباط بین ورودی و خروجی و نزدیکی آن نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده دارد (شکل ۷).

ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده تولید گونه‌های خوشخوراک و میزان زیتوده ریشه با استفاده از مدل انفیس در شرایط کاری مختلف در شکل زیر ارائه شده است. ضریب همبستگی (R^2) مدل انفیس در مورد



شکل ۷- ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل انفیس در: (الف) میزان زیتوده ریشه و (ب) تولید گونه‌های خوشخوراک (گرم بر مترمربع)

جدول ۵- نتایج اعتبارسنجی معادلات انفیس

پارامتر	ضریب همبستگی (R^2)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)
تولید اندام‌های هوایی	۰/۹۸	۰/۹۷۹۲
تولید اندام‌های زیرزمینی	۰/۹۵	۱/۶۱۶۸

بحث

این پژوهش، زیتوده ریشه گونه‌های خوشخوراک تحت تأثیر شدت چرا کاهش یافته و بعکس این پارامتر در گونه‌های مهاجم افزایش یافته است. برخی مطالعات مانند Puchta و همکاران (۲۰۰۴) اختلافی بین وزن زنده ریشه‌ها در شرایط قرق و چرا مشاهده نکردند. تفاوت بین یافته‌های پژوهشگران، ناشی از تفاوت موجود در اکوسیستم مورد مطالعه به لحاظ پایداری و شدت چرا می‌باشد. در محدوده بدون چرا، افزایش عمق ریشه‌ها و میزان پوشش گیاهی به نوعی می‌تواند بیانگر آمادگی اکوسیستم برای برگشت به سمت شرایط بهبود باشد. چرا نامناسب در طول زمان، تعداد، طول سطح و گسترش زیتوده ریشه‌ها را محدود می‌نماید. به همین علت چرا تأخیری در ابتدای فصل رویش توصیه شده که یکی از مزیت‌های آن کمک به رشد و گسترش بهتر ریشه‌ها و استقرار پایدار نهال‌های جوان می‌باشد. از سویی وجود لگدکوبی دام با افزایش وزن مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل خاک سبب محدودیت توسعه ریشه می‌گردد. این ریشه‌ها نقش بسیار مهمی در جذب آب و مواد غذایی، جذب کربن و همچنین فعالیت اکوسیستم‌ها دارند. اثر چرا متوسط و شدید دام بر کاهش زیتوده اندام هوایی بیشتر از اندام زیرزمینی می‌باشد. همچنین چرا شدید دام نسبت به چرا متوسط تأثیر منفی بیشتری بر زیتوده اندام هوایی نسبت به زیتوده اندام زیرزمینی داشته است که بیانگر حساسیت بالای اندام هوایی متأثر از چرا شدید می‌باشد. بسیاری از محققان بیان می‌کنند که چرا شدید، سطوح فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و سطح تبخیر را افزایش می‌دهد، همچنین بسیاری از نقاط رشد را از بین می‌برد و بر میزان کوبیدگی خاک می‌افزاید. مجموعه این عوامل همراه با خشکی موجب کاهش تولید سرپا و قدرت گیاه در شدت‌های چرا زیاد می‌گردد. البته آثار نامطلوب این روند حتی چندین سال بعد نیز قابل مشاهده خواهد بود (Mesdahgi, 2010).

نتایج این تحقیق نشان داد که مدل ANFIS با دقت بالاتر ($R^2=0/98$ و $R^2=0/95$) و خطای کمتر ($RMSE=0/9792$ و $RMSE=1/6168$) نسبت به مدل کم

اعمال مدیریت صحیح و کارآمد اکوسیستم‌های مرتعی مستلزم داشتن اطلاعات کافی از میزان شدت چرا و تأثیر آن بر ویژگی‌های مختلف گونه‌های گیاهی موجود در مراتع است. نتایج نشان داد که در شدت‌های مختلف چرا، دام، با افزایش شدت چرا از مقدار زیتوده گونه‌های خوشخوراک کاسته شده است. با توجه به اینکه دام در انتخاب گونه‌ها برای چرا به صورت انتخابی عمل می‌کند، گیاهان کلاس I و II به دلیل خوشخوراکی بالاتر، بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند، در نتیجه افزایش شدت چرا باعث استفاده بیشتر از این گونه‌ها و در نهایت حذف این گونه‌ها از عرصه شد. در این ارتباط Aghajanolou و Mousavi (۲۰۰۷) بیان کردند که دلیل کاهش پوشش گونه‌های خوشخوراک در منطقه تحت چرا، چرا شدید دام می‌باشد که باعث کاهش توان رویشی گونه‌ها در عرصه مرتع شده و در عوض، قرق موجب رشد و گسترش پوشش آنها می‌شود. از این رو در بیشتر اکوسیستم‌های طبیعی، چرا به عنوان یک عامل اثرگذار مطرح بوده و اعمال مدیریت صحیح و اتخاذ روش‌های مناسب احیای مراتع به منظور افزایش سطح تولید نیز مستلزم داشتن اطلاعات و دانش کافی در زمینه اکوسیستم‌های مرتعی می‌باشد. Akbarlou و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر شدت چرا بر زیتوده هوایی و زیرزمینی سه گونه گندمیان (*Bromus* و *Stipa barbata*, *Festuca ovina*) در چهار باغ استان گلستان نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. با افزایش شدت چرا، از سهم زیتوده اندام‌های هوایی کاسته شده و بر زیتوده ریشه افزوده شده است و این افزایش در فاصله سوم بیشتر است. این موضوع بدین دلیل است که با دور شدن از روستا، ریشه کمتر تحت فشار ناشی از حضور دام و تردد انسان قرار می‌گیرد و نیز اندام زیرزمینی دیرتر از اندام هوایی تحت تأثیر چرا یا عوامل دیگر قرار می‌گیرد و این جای امیدواری دارد که با مدیریت صحیح عرصه‌ها بتوان وضعیت مراتع را بهبود بخشید. اندام‌های زیرزمینی به عنوان یکی از ویژگی‌های مؤثر در ساختار پوشش گیاهی مطرح است. با توجه به یافته‌های

عرصه‌های طبیعی که مشکلات خاص نمونه‌برداری و هزینه‌های تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در سطح زیاد وجود دارد، می‌توان از روش‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تمام پارامترها در سطح مراتع استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- دقت‌تر رگرسیونی ($R^2=0/92$ و $R^2=0/77$) که خطای بیشتری نیز داشت ($RMSE=2/2835$) و ($RMSE=3/8954$) به ترتیب تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی را پیش‌بینی نمود. این موضوع حکایت از توانایی مدل انفیس در ایجاد ارتباط بین ورودی و خروجی و نزدیکی آن نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. مدل‌های انفیس نسبت به مدل‌های رگرسیون دارای دقت بالاتری بوده و با استفاده از سطوح شکل‌های خروجی در انفیس می‌توان خروجی مدل را برای یک ورودی خاص که اندازه‌گیری نشده است، محاسبه نمود. انفیس می‌تواند در علوم مختلف استفاده شود. به‌عنوان مثال، Khoshnevisan و همکاران (۲۰۱۴) همچنین Sedghi و Abbaspour-Gilandeh (۲۰۱۴) به ترتیب از انفیس برای پیش‌بینی محصول گندم، میزان خردشدگی خاک طی عملیات خاک‌ورزی و پارامترهای مرتبط با کشش تراکتور استفاده کردند. نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که انفیس به‌عنوان ابزاری هوشمند قادر است پارامترهای مختلف مرتبط با علوم مرتع را تخمین بزند. از سویی، Bahrami و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی کاربرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی تطبیقی فازی و رگرسیون در پیش‌بینی کربن آلی ذره‌ای در مراتع خرابه‌سنجی ارومیه به این نتیجه دست یافتند که براساس معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب کارایی، انفیس نسبت به آنالیز رگرسیون خطی چندمتغیره به‌عنوان ابزار قدرتمندتری در پیش‌بینی کربن آلی ذره‌ای 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. پژوهش پیش‌رو نشان داد که انفیس قابلیت پیش‌بینی خصوصیات پوشش مراتع را با دقت بسیار بالاتری نسبت به روش رگرسیون دارد و مدل‌های انفیس دارای ضریب همبستگی بالاتری می‌باشند. بنابراین در
- Aghajanolou, F. and Mousavi, A., 2007. Investigating the effects of conservation area on the quantity and quality changes of rangeland plant cover. *Journal of Iran Natural Resources*, 4 (59): 981-986.
 - Ahmadali, V., Ghorbani, A., Azimi, M., Asghari, A., Teimorzade, A. and Badrzade, M., 2015. Investigating the flour, Chrotip and change of diversity and uniformity of species under the effect of different grazing distances from the villages in Sabalan Mountain. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 7 (2): 69-84.
 - Akbarlou, M., Sheidai Karkaj, E. and Ehsani, M., 2012. The effect of grazing intensities on aerial biomass, underground biomass and specifications of 3 main species of gramine in mountain ranges. *Journal of Rangeland*, 6 (3): 186-197.
 - Badripour, H., 1996. The effect of distance from water point on condition and properties of vegetation cover, M.Sc. thesis on the field of rangeland management, Faculty of Natural Resources, Tehran University, 150p.
 - Bahrami, B., Dianati Tilaki, G. A., Beigi, S. K., Janizadeh, S. and Moetamedi, J., 2013. Evaluation of artificial neural network (ANN), adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and regression models in prediction of particulate organic matter-carbon (POM-C) in the rangelands Kharabe Sanji of Urmia. *Journal of Operational Researches about Soil*, 1 (1): 94-106.
 - Blüthgen, N., Dormann, C. F., Prati, D., Klaus, V. H., 2012. A quantitative index of land-use intensity in grasslands: Integrating mowing, grazing and fertilization. *Journal of Basic and Applied Ecology*, 13 (2): 207-220.
 - Ghorbani, A., Sharifi, J., Kavianpour, H., Malekpoor, B. and Mirzaei, F., 2008. Investigating the ecological specifications of *Festuca ovina* L. in southeast of Sabalan mountain. *Journal of Forest and Desert*, 20 (2): 379-396.
 - Ghorbani, A., Sharifi, J., Kavianpoor, H., Malekpoor, B. and Mirzaei Aghche Gheshlagh, F., 2013. Investigation on ecological characteristics of *Festuca ovina* L. in south-eastern rangelands of

- (3):1406-1413.
- Pentos, K. and Pieczarka, K., 2017. Applying an artificial neural network approach to the analysis of tractive properties in changing soil conditions. *Journal of Soil and Tillage Research*, 16 (5):113-120.
 - Qaddoum, K., Hines, E. and Illiescu, D., 2011. Adaptive neuro-fuzzy modeling for crop yield prediction. *Recent Researches in Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases*, 21 (2): 199-204.
 - Sajikumar, N. and Thandaveswara, B. S., 1999. A nonlinear rainfall-runoff model using artificial neural networks. *Journal of Hydrology*, 21 (6), 32-55.
 - Salar, M. R., Esehaghbeygi, A. and Hemmat, A., 2013. Soil loosening characteristics of a dual bent blade subsurface tillage implement. *Journal of Soil and Tillage Research*, 13 (4): 17-24.
 - Schlesinger, W. H., Reynolds, J. F., Cunningham, G. L., Huennke, L. F., Jarrel, W. M., Virginia, R. A. and Withford, W. G., 1990. Biological feedback in global desertification. *Journal of Science*, 24 (7):1043- 1048.
 - Sedghi, R. and Abbaspour-Gilandeh, Y., 2014. Prediction of soil fragmentation at tillage operation using ANFIS. *Journal of agricultural machinery*, 4 (2):387-398.
 - Tahmasebi, P., Ebrahimi, A. and Faal, M., 2011. Investigating the regression models in predicting the production of range plants. *Journal of Rangeland*, 5 (2):137-146.
 - Tamartash, R., 2012. Investigating the relation of plant specifications with topography parameter in yield units of mountain ranges of VAZ Mazandaran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19 (3): 469-481.
 - Wang, L., Good, S. P. and Caylor, K. K., 2014. Global synthesis of vegetation control on evapotranspiration partitioning. *Geophysics Research Letter*, 41. Doi: 10.1002/2014GL061439.
 - Xia, L., Jia, S., Huang, S., Wang, H., Zhu, Y., Mu, Y., Kan, L., Zheng, W., Wu, D., Li, X. et al., 2010. The fused/surf complex controls the fate of drosophila germ line stem cells by generating a gradient BMP response. *Cell*, 143, 9781-990. 10.1016/j.cell.2010.11.022.
 - Zare kia, S., Arzani, H., Jafari, M. and Zare, N., 2015. The effect of grazing yield on the plant cover specification and soil of stepped regions of Saveh ranges. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22 (4):745-756.
 - Sabalan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20 (2): 379-396.
 - Ghorbani, Z., Sefidi, K., Keivan Behjou, F. and Moammeri M., 2018. The effect of different grazing intensities on the above and underground biomass of *Festuca ovina* and *Agropyron libanicum* at southeast ranges of Sabalan Mountain. *Journal of rangelands*, 3 (2): 496-505.
 - Hoseini, S. M., Mosaedi, A. and Naseri, K., 2012. Features of Fuzzy logic and its application in water and soil resources managements. Abstracts of the 3th national Symposium of water resources management. Iran, 8-9 September: 1-12.
 - Hutchings, M. J., and John, E. A., 2003. Distribution of roots in soil, and root foraging activity. In .de Kroon, H., Visser, E.J.W. (Eds), *Ecological Studies*, Berlin, 33- 60.
 - James, C. D., 2003. Response of vertebrates to fence-line contrasts in grazing intensity in semi-arid woodlands of eastern Australia. *Journal of Austral Ecology*, 28 (2):137-151.
 - Jnkanlvyy, M., Sepehri, A. and Hosseini, S.A., 2012 .The effect of grazing on underground organs of plants in arid and semi-arid rangelands (case study area Incheh Brown), Abstracts of the Fifth National Conference on pasture and rangeland in Iran, 379p.
 - Khoshnevisan, B., Rafiee, S.H., Omid, M. and Mousazadeh, H., 2014. Development of an intelligent system based on ANFIS for predicting wheat grain yield on the basis of energy inputs. *Journal of Information Processing in Agriculture*, 5 (1):14-22.
 - Krueger, E., Prior, S. A., Kurtener, D., Rogers, H. H. and Runion, G. B., 2011. Characterizing root distribution with adaptive neuro-fuzzy analysis. *Journal of International Agrophysics*, 25: 93-96.
 - Mesdaghi, M., 2010. *Vegetation description and analysis*. Mashhad University Jihad Publications, 228 p.
 - Millchunas, D. G. and Lauenroth, W. K., 1993. Quantitative effects of grazing and soils over a global range of environments. *Journal of Ecology Monographs*, 6 (3): 327- 366.
 - Moghimi, S., Parvizi, Y., Mahdian, M.H. and Masihabadi, M.H., 2015. Comparison of applying multi- linear regression analysis and artificial neural network methods for simulating topographic factors effect on soil organic carbon. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 6 (4):312-322.
 - Naderlou, L., Alimardani, R., Omid, M., Sarmadian, F., Javadikia, P., Yaser Torabi, M. and Alimardani, F., 2012. Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. *Measurement*, 45

Predicting the biomass of aerial and underground parts of grazing species using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Zh. Ghorbani^{1*}, K. Sefidi², M. Souri³ and M. Moammeri⁴

1*- Corresponding author, Former M.Sc. Student in Range Management, University of Mohaghegh Ardabili, Iran,
Email: engzhghorbani@gmail.com

2- Associate Professor, Department of Forest Management, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

3- Research Assistant Professor, Range Research department, Research institute of forest and rangeland, Tehran, Iran

4- Assistant Professor of University of Mohaghegh Ardabili, Iran

Received:05/01/2019

Accepted: 04/05/2019

Abstract

Awareness of the extent and impact of vegetation from livestock grazing disorders can be a solution to develop rangeland ecosystem management strategies to achieve sustainability and continuous production in these ecosystems. In this study, the production of aerial and underground organs of grazing species in the southeastern rangelands of Sabalan under the influence of different grazing intensities and distance from the village as the focus of the crisis was investigated. In addition, the development and evaluation of ANFIS model were presented in order to predict the production of aerial and underground organs of food species and compare the results with the regression model. For evaluation of regression and ANFIS models, the Root Mean Square Error (RMSE) and correlation coefficient (R²) was used. The results showed that different grazing intensities, distance from the village, and interaction between them was significant on the production of aerial and underground organs of palatability species at ($p \leq 0.01$). Also, with increasing grazing intensity, the production of aerial and underground organs of these species decreased. The results of the ANFIS section showed that in low grazing intensity and distance of about 400 meters, the highest amount of production of palatable species is observed. The lowest production of these species is predicted to be close to the village (200 meters). Moreover, the highest amount of underground biomass at farther distances (600 meters) and the lowest amount of that was observed at 200 meters. In addition, ANFIS model with higher accuracy (R² = 0.98 and R² = 0.95) and lower error (RMSE = 0.9792 and RMSE = 1.168) than less accurate regression model (R² = 0.92 and R² 0.77) which also had more errors (RMSE = 2.2835 and RMSE = 3.8954), predicted the production of aerial and underground organs, respectively.

Keywords: Grazing intensity, artificial intelligence, modelling, production.