



دانشگاه گبد کلوس

نشریه "حافظت زیست بوم گیاهان"

دوره ششم، شماره دوازدهم، بهار و تابستان ۹۷

<http://pec.gonbad.ac.ir>

برآورد درصد تاج پوشش مرتئی با تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مراتع بلده نور

مریم احمدی جولندان^۱، قاسملی دیانتی تیلکی^{۲*}، وحید غلامی^۳

^۱ دانش آموخته کارشناس ارشد مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریاپی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ دانشیار گروه مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریاپی، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۷

چکیده

مراطع به دلایل متعدد از جمله تولید علوفه، دامداری، ارزش تفرجگاهی و حفاظت آب و خاک مهم می‌باشد. از طرفی، برای حفاظت و مدیریت بهینه از این منابع طبیعی، مطالعات در مورد آن‌ها ضروری است. از آنجا که مطالعات میدانی هزینه بر و زمان بر می‌باشد، استفاده از مدل‌ها در کنار مطالعات صحرایی، برای برآورد ویژگی‌های پوشش گیاهی متدائل شده است. در تحقیق حاضر، شبکه عصبی مصنوعی و مدلسازی آماری، جهت شبیه‌سازی درصد تاج پوشش مرتئی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان پیش‌پردازنه و پس‌پردازنه در شبیه‌سازی در سطح مراتع بلده واقع در جنوب شهرستان نور (استان مازندران) استفاده گردیدند. جهت شبیه‌سازی درصد تاج پوشش مرتئی از روش رگرسیون چند متغیره و شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) استفاده شد. فرآیند مدلسازی با نمونه‌برداری و برآورد تاج پوشش در ۱۲۷

^۱ نویسنده مسئول: dianatig@modares.ac.ir

مکان مرتע مطالعاتی (متغیر وابسته) و کمی نمودن عوامل اقلیمی، توپوگرافی، ادافیک و انسانی (متغیرهای مستقل) مؤثر در میزان پوشش مرتعی، انجام گردید. مدلسازی آماری در محیط نرم‌افزار SPSS با روش رگرسیون چند متغیره انجام شد. به منظور شبیه‌سازی در شبکه عصبی، ارائه شبکه بهینه، تست یا اعتباریابی شبکه و تائید کارایی آن انجام پذیرفت. همچنین در محیط GIS، سطح مرتع مطالعاتی به پیکسل‌های صد در صد متری به فرمت رستری تفکیک شد و از تلفیق لایه‌های ورودی مدل، لایه زمین مرجع عوامل مؤثر در میزان تاج پوشش مرتعی تهیه گردید. مقادیر کمی برای هر پیکسل به همراه مختصات به محیط شبکه عصبی وارد گشت و شبیه‌سازی درصد تاج پوشش برای مکان‌های فقد آمار با شبکه بهینه اعتباریابی شده، انجام پذیرفت. نتایج تحقیق نشان داد که از دو روش به کار رفته، شبکه عصبی با دست‌یابی مقادیر ضربت تبیین (R²) ۰/۷۲ و ارائه خطای کمتر در مرحله آزمون یا تست (روش رگرسیون چند متغیره ضربت تبیین ۰/۶)، دقت و کارایی بیشتری دارا می‌باشد. همچنین، ارزیابی کارایی شبکه عصبی در محیط GIS به‌واسطه آنالیز همپوشانی مقادیر واقعی و نقشه درصد تاج پوشش حاصله، دلالت بر دقت و کارایی تلفیق شبکه عصبی و GIS در مطالعات داشته است. در نهایت، نتایج شبکه عصبی به محیط GIS وارد و نقشه درصد تاج پوشش مرتعی براساس نتایج شبیه‌سازی شبکه عصبی تهیه گشت.

واژه‌های کلیدی: استان مازندران، اعتباریابی، پوشش مرتعی، مدلسازی، MLP

مقدمه

مرتع از جمله بالرتبه‌ترین منابع طبیعی و زیربنای تشکیل جوامع اولیه انسانی است و شامل اجزای مختلفی است که از جنبه‌های مختلفی نظری تولید علوفه، دامداری و زنبورداری، حفاظت آب و خاک، ارزش تفرجگاهی و مواردی دیگر دارای اهمیت می‌باشند. با توجه به اهمیت مرتع در حفاظت آب و خاک، تولیدات دامی و ارزش تفرجگاهی مرتع و همچنین سایر مزایای مرتع، انجام مطالعات بهمنظور حفاظت و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها ضروری است. از طرفی، انجام مطالعات میدانی و نمونه‌برداری‌ها، زمان‌بر و هزینه‌بر است و متخصصین علوم مرتع به خصوص در ایران، با محدودیت‌های دسترسی به عرصه‌های مرتعی و منابع مالی روپرتو می‌باشند (بیگدلی، ۱۳۷۶). امروزه با گسترش فناوری نوین در زمینه مدلسازی و امکان استفاده از نرم‌افزارهای متعدد، می‌توانیم اقدام به شبیه‌سازی داده‌ها با در نظر گرفتن تمامی عوامل تأثیرگذار در مدت زمانی کوتاه، با دقت بالا و با هزینه کمتر نماییم. در مطالعات دهه‌های اخیر، برآورد ویژگی‌های گیاهی با استفاده از مدل‌ها متبادل شده است. شبکه عصبی مصنوعی (ANN) ابزاری کارآمد در مدلسازی و برآورد پارامترهای محیطی می‌باشد (Maier and Dandy, 2000)، اما این شبکه قابلیت ارائه نتایج به صورت زمین مرجع و گرافیک را ندارد و این امر به کارگیری

²Artificial Neural Network

نتایج را برای عموم متخصصان دشوار و محدود می‌نماید. این شبکه به عنوان سامانه‌ای برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای مسائلی به کار می‌روند که بتوان آن‌ها را تا حد یک مسئله ساده طبقه‌بندی نمود (Gangopadhyay et al., 1999; Dayhoff, 1990). از طرفی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS³) یک سیستم قدرتمند در مدیریت و پردازش داده‌های مکانی می‌باشد. این سیستم به‌طور گسترده‌ای در علوم مختلف جهت ذخیره داده‌ها، تلفیق داده‌ها و انجام مطالعات به کار گرفته شده‌است؛ اما سیستم مذکور فقط توان مدلسازی‌های فیزیکی و یا اجرای مدل‌های اعتباریابی شده را دارد است (جوکار و همکاران، ۱۳۹۲). بنای‌این، با تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی مصنوعی (مدلسازی) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (پردازش داده‌های زمین مرجع)، نتایج یک مدلسازی دقیق، به صورت گرافیکی زمین مرجع ارائه خواهد شد. تعیین وضعیت پوشش گیاهی مرتع، نقشی تعیین‌کننده در ارزیابی ساختار و عملکرد مرتع دارد (ابراهیمی، ۱۳۹۶). مطالعات متعددی در زمینه عوامل مؤثر در پارامترهای مرتع و همچنین مدلسازی این پارامترها در سطح دنیا انجام شده است (زارع‌بور و همکاران، ۱۳۹۱). پورنعمتی و همکاران (۱۳۹۶) رابطه بین تولید گیاهان مرتعی با فرم‌های رویشی مختلف را با عوامل توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع) در مرتع سبلان در محدوده استان اردبیل بررسی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تولید مرتع مطالعاتی با شیب رابطه مستقیم دارد، اما تولید بوته‌ای‌ها با افزایش شیب کاهش پیدا می‌کند. همچنین، ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی بر تغییرات تولید مرتع تأثیر گذارند. ملس (Melesse, 2005)، با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی و تعدادی از پارامترهای اکولوژیکی به ارائه مدل و شبیه‌سازی تولید کربن در یک اکوسیستم، اقدام نمودند. نتایج آن‌ها دلالت برای کارایی شبکه عصبی در برآورد کمی مقادیر تولید کربن داشت. کاریشنا و همکاران (Krishna et al., 2008 a,b) با انجام مطالعه‌ای بیان نمودند که تلفیق قابلیت‌های دو سیستم شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی نتایج مناسبی در مدلسازی آب زیرزمینی خواهد داشت. زارع چاهوکی و همکاران (Zare Chahouki et al., 2012) از سه روش رایج مدلسازی شامل شبکه عصبی، رگرسیون لجستیک و روش تحلیل همبستگی بنیادی برای مدلسازی توزیع مکانی گونه‌های مرتعی استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که شبکه عصبی و سپس رگرسیون لجستیک دارای بیشترین کارایی در پیش‌بینی توزیع مکانی گونه‌های مرتعی می‌باشند. در تحقیق حاضر روش مدلسازی آماری (رگرسیون چند متغیره) و شبکه عصبی مصنوعی جهت مدلسازی میزان تاج پوشش و سیستم اطلاعات

³ Geographic Information System

جغرافیایی (GIS) به عنوان پیش‌پردازندۀ و پس‌پردازندۀ در برآورد عوامل یا ورودی‌های و همچنین نمایش نتایج در سطح منطقه مطالعاتی استفاده خواهد شد و کارایی دو روش مذکور در مدلسازی تاج پوشش مرتعی مقایسه قرار خواهد گرفت (Gholami et al., 2016). هدف از این مطالعه تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدلسازی و ارائه یک روش کارآمد (دقیق مناسب، سرعت بالا و هزینه کم) در برآورد درصد تاج پوشش مرتعی در سطح مراتع کوهستانی بلده نور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی مرجع مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از مراتع بیلاقی بلده با مساحت حدود ۲۰۰۰۰ هکتار در جنوب شهرستان نور (استان مازندران) می‌باشد. از نظر موقعیت جغرافیایی این حوضه در محدوده $۵۱^{\circ} ۲۹'$ تا $۴۵^{\circ} ۵۱'$ طول شرقی و $۰^{\circ} ۵۰'$ تا $۳۶^{\circ} ۳۶'$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). روستاهای انگه‌رود، یاسل، ناحیه، پیچده، خجیرکلا، کوم، اوژکلا، اوژ و بوش از مراکز جمعیتی حوضه به‌شمار می‌روند. مراتع مورد مطالعه، شامل اراضی حوزه آبخیز انگه رود می‌باشند. حداقل ارتفاع ۴۱۹۲ متر و حداقل ارتفاع حوضه ۲۱۱۴ متر است. متوسط بارش سالانه ۵۸۰ میلی‌متر، حداقل بارش ماهانه مربوط به شهریور ($۶/۲$ میلی‌متر) و حداقل آن مربوط به فروردین ($۵/۰$ میلی‌متر) بوده و از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه نوع اقلیم نیمه مربوط سرد است. همچنین، دمای متوسط سالانه $۵/۳$ درجه سانتی‌گراد، شیب متوسط حوضه $۲۴/۶$ درجه و بیش از هفتاد درصد مساحت حوضه را اراضی مرتعی تشکیل می‌دهند. مابقی سطح حوضه، شامل اراضی مسکونی، راه‌ها، توده‌های سنگی (حدائق پوشش) و اراضی کشاورزی اطراف روستاهای (دره‌ها) می‌باشند.

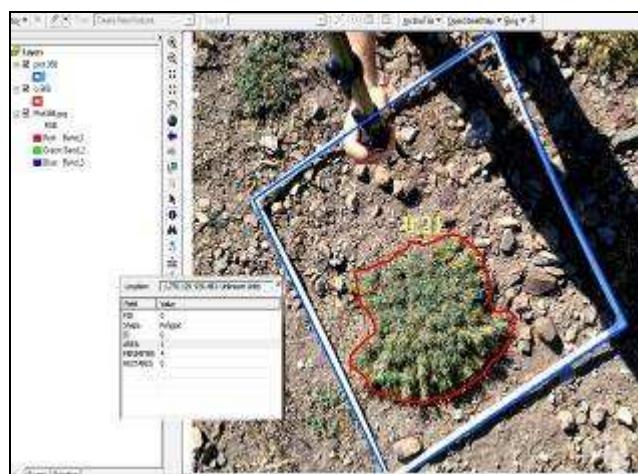


شکل ۱- موقعیت مراعط مطالعاتی در سطح استان مازندران و ایران

نمونهبرداری و تعیین درصد تاج پوشش مرتعی

بهمنظور برآورد درصد تاج پوشش مرتعی، اقدام به برداشت تعدادی نمونه کافی در سطح مراعط مطالعاتی گشت. تعداد نمونه کافی براساس تغییرات وضعیت مرتع و تیپ پوشش گیاهی در واحد سطح منطقه مطالعاتی تعیین شد. نمونهبرداری با انتخاب واحدهای همگن درصد تاج پوشش مرتعی (شرایط مشابه اقلیمی، توپوگرافی و خاک) با بهکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات صحرایی اولیه صورت پذیرفت. جهت تعیین مکان‌های مناسب نمونهبرداری، واحدهای همگن درصد تاج پوشش براساس تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای Quickbird سال ۲۰۱۵ با قدرت تفکیک یک متر و بازدیدهای میدانی ارائه شد. هدف از استفاده از واحدهای همگن، انجام نمونهبرداری در تمامی طبقات درصد تاج پوشش مرتعی و در تمامی سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در نهایت در سطح ۱۲۷ مکان، درصد تاج پوشش مرتعی با استفاده از پلات‌گذاری برآورد گردید. برای هر یک از این مکان‌ها، تعداد بیست پلات به‌طور تصادفی در دو جهت عمود بر هم (در طول دامنه و عرض دامنه) با پلات‌گذاری بهصورت

تصادفی در فواصل حدود ده متر انجام پذیرفت و میزان متوسط درصد تاج پوشش گیاهی به عنوان درصد تاج پوشش آن مکان یا نمونه در نظر گرفته شد. در عمدۀ سطح مراعع مطالعاتی از پلات یک در یک مترمربعی استفاده شد و در سطح محدودی از مراعع مطالعاتی با گونه‌های درختچه‌ای از اندازه‌گیری در سطح پلات پنج در پنج مترمربعی استفاده گردید. جهت تعیین درصد تاج پوشش مرتعی، از تصاویربرداری عمودی از پلات و رقومی نمودن تصویر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد (شکل ۲). پلات‌گذاری و تصویربرداری به منظور تعیین درصد تاج پوشش گیاهی همراه با ثبت مختصات پلات‌ها انجام پذیرفت. جهت مدلسازی، نیاز به یک جامعه آماری کامل و معرف می‌باشد. به عبارتی، می‌بایست از تمامی طبقات یا مقادیر تاج پوشش مرتعی نمونه تهیه شود. بدین منظور درصد تاج پوشش تعدادی نمونه در سطوح دور از دسترس (خط الراس‌ها یا خط الفعرها) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا (Qickbird) برآورد گشت و جهت مدلسازی به کار گرفته شد.



شکل ۲- روش پلات‌گذاری، تصویربرداری و تعیین درصد تاج پوشش مرتعی

برآورد عوامل مؤثر در تاج پوشش مرتع (ورودی‌های شبکه عصبی و مدلسازی آماری) در این تحقیق ابتدا اطلاعات گستره‌ای شامل نقشه‌های توپوگرافی، خاک‌شناسی، شبکه آبراهه‌ها، شبکه جاده‌ها و مناطق مسکونی و همچنین اطلاعاتی دیگری تهیه شدند. در ابتدای کار با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و قابلیت‌های سیستم اطلاعات

جغرافیایی لایه یا نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) بیست متر و نقشه شب و جهت شب عرصه تهیه گردید. همچنین، آمار ایستگاه‌های هواشناسی منطقه (شکل ۳) جهت برآورد توزیع مکانی پارامترهای اقلیمی (بارش و دما) استفاده شد. در نهایت لایه‌های رستری زمین مرجع با اندازه سلولی بیست متر حاوی مقادیر بارش، دما (بارش سالانه، بارش فصل رشد، دمای سالانه، دمای فصل رشد) برای هر سلول با روش‌های مختلف ارائه گشت. روش بهینه جهت برآورد پارامترهای اقلیمی از طریق مقایسه مقادیر برآورده با مقادیر ایستگاه‌های هواشناسی بدله، گرم روبدار، منجیر، نساء، نمارستانق، کندوان شمالی و معدن گاجره و بررسی وجود روابط معنی‌دار با وضعیت پوشش مرتع انتخاب گردید. روش مناسب برای دما، گرادیان دما و روش مناسب برای برآورد توزیع مکانی بارش، روش رگرسیون چند متغیره با به‌کارگیری ارتفاع مکان و فاصله از دریای خزر (موقعیت جغرافیایی) بوده‌است. همچنین، براساس داده‌های مطالعات پایه (وزارت نیرو و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران) و مطالعات میدانی، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی منطقه بررسی شد. تعدادی پروفیل خاک در منطقه مطالعاتی حفر شده است که براساس واحدهای همگن خاک (تلفیق زمین‌شناسی و واحد ژئومرفولوژیک)، نقشه خاک‌شناسی منطقه مطالعاتی تهیه گردید. ورودی‌های شبکه یا عوامل مؤثر در پوشش مرتعی جهت مدلسازی شامل عوامل اقلیمی، توپوگرافی، ادافیک، هیدرولوژیک و عوامل انسانی (فاصله از جاده و مناطق مسکونی) است. عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، شب زمین و جهت دامنه می‌باشند. از میان عوامل خاک یا ادافیک، پارامترهای عمق خاک، شوری خاک و بافت خاک (درصد سیلت، رس و شن) با تهیه نقشه واحدهای خاک‌شناسی رقومی منطقه بررسی شدند و نقشه خاک‌شناسی منطقه نیز با مطالعات میدانی و کنترل واحد اراضی و زمین‌شناسی کنترل گردید (جدول ۱). در نهایت نقشه رقومی داده‌های خاک‌شناسی برای برآورد پارامترهای خاک‌شناسی نظیر بافت خاک (درصد شن، رس، سیلت)، عمق خاک و شوری خاک استفاده شد. برای بررسی نقش عوامل انسانی، فاصله از راهها و مناطق مسکونی در نظر گرفته شد و در محیط GIS لایه رستری حریم آن‌ها تهیه گردید که حاوی رقوم فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی در هر مکان می‌باشد. برای بررسی نقش شرایط هیدرولوژیک نیز، فاصله از آبراهه‌ها و رودخانه‌ها بررسی گردید و براساس تراکم آبراهه، نقشه حریم یا بافر آبراهه‌های منطقه تهیه شد. برای هر یک از نمونه‌ها یا مکان‌های مورد مطالعه، عوامل مؤثر در تاج پوشش یا ورودی‌های شبکه (متغیرهای مستقل) با به‌کارگیری نقشه‌های رقومی عوامل توپوگرافی، اقلیمی، ادافیک و انسانی برآورد گشت. داده‌های ورودی و خروجی به محیط از نرم‌افزارهای SPSS و

برای مدلسازی وارد شدند. پس از ورود داده‌ها به محیط نرم‌افزارهای مذکور، ابتدا NeuroSolutions داده‌ها نرمال و تصادفی شدند (درواری و همکاران، ۱۳۹۰).

شبیه‌سازی درصد تاج پوشش با استفاده از شبکه عصبی

معماری معمول شبکه‌های عصبی مصنوعی متشكل از سه لایه است. لایه ورودی که وظیفه دریافت ورودی‌ها را بر عهده دارد، لایه پنهان که داده‌ها را پردازش نموده و لایه خروجی که نتایج خروجی شبکه را ارائه می‌دهد (Nielsen, 1990; McCoord and Illingworth, 1990). در تحقیق حاضر شبکه پرسپترون چند لایه یا MLP⁴ برای شبیه‌سازی درصد تاج پوشش مرتعی استفاده شده است. شبکه پرسپترون چند لایه با افزودن یک یا چند لایه پنهان به شبکه پرسپترون تک لایه ساخته می‌شود و این توپولوژی توانایی حل مسائل پیچیده را دارا می‌باشد (طهماسبی و همکاران، ۱۳۸۸). مدل عمومی شبکه پرسپترون چند لایه، شبکه جلو رونده (FF⁵) با روال تعلیم انتشار به عقب می‌باشد. شبکه جلو رونده شبکه‌ای است که ورودی‌های لایه اول نرون‌های آن به لایه بعدی متصل است (6BP). انتشار به عقب به لایه خروجی بررسد. انتشار به عقب به این معنی است که پس از رسیدن به خروجی شبکه، ابتدا وزن‌های لایه آخر تصحیح شده و بعد به ترتیب وزن‌های لایه‌های قبلی تصحیح می‌گردد (درواری و همکاران، ۱۳۹۰). برای ارائه ساختار بهینه شبکه عصبی و اعتباریابی آن، مطابق مطالعات گذشته داده‌ها به سه دسته تقسیم شدند: ۶۵ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای مرحله صحتسنجی یا Cross Validation و حدود ۲۵ درصد برای مرحله تست (آزمون) یا اعتباریابی تفکیک شدند. در این تحقیق، توابع انتقال متعددی برای شبیه‌سازی استفاده شده است. مقایسه نتایج در مرحله آموزش (روش آزمون و خطا)، استفاده از تابع انتقال تائزانت هیبروبولیک را به عنوان تابع انتقال بهینه تعیین نمود. همچنین، با روش آزمون و خطا و ارزیابی کارایی هر یک از تکنیک‌های یادگیری (Momentum, GDX⁶, CG⁷, LMV⁸), تکنیک یادگیری Momentum به عنوان تکنیک یادگیری بهینه انتخاب گردید. آموزش شبکه یکی از گام‌های مهم در مدلسازی با شبکه

4 Multi Layer Perceptron

5 Feed Forward

6 Back-Propagation

7 Levenberg Marquart.

8 Conjugate Gradient.

9 Gradient Descent

عصبی می‌باشد که در واقع همان فرآیند بروزرسانی ضرایب وزنی در لایه‌های) میانی و خروجی است. نرون‌ها باید از اشتباهات خود درس گرفته و درجهت بهبود نتیجه حرکت کنند. روند آموزش شبکه به‌طور معمول به دو گونه متفاوت الگو به الگو (حالت متواالی) و گروهی (حالت دسته‌ای) انجام می‌شود. تجربه نشان داده که روش دوم به نتایج بهتری می‌رسد (Nielsen et al., 1990). مبنای تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین شبکه در هر بار اجرای برنامه، ضریب تعیین (Rsqr) و متوسط قدر مطلق خطای (MSE) بوده است:

رابطه ۱ - حداقل مربع خطای (MSE¹⁰)

$$MSE = \frac{\sum(P_i - \hat{P}_i)^2}{n}$$

رابطه ۲ - ضریب تعیین بین خروجی‌های و مقادیر واقعی (Rsqr¹¹)

$$Rsqr = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i) \cdot (\hat{P}_i - \tilde{P}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{P}_i - \tilde{P}_i)^2}} \right]^2$$

که در آن P_i مقادیر واقعی یا اندازه‌گیری شده تولید، \hat{P}_i مقادیر متوسط برآورده تولید، \bar{P}_i مقادیر متوسط واقعی یا اندازه‌گیری شده تولید، \tilde{P}_i مقادیر برآورده یا شبیه‌سازی شده و n برابر تعداد داده‌ها در هر مرحله از آزمون می‌باشد. برای تعیین معماری بهینه شبکه از روش سعی و خطای و با انجام آزمون‌های مختلف، شبکه‌ای با حداقل میزان خطای و کارایی مناسب، انتخاب گردید. در تعیین معماری بهینه سعی گشته از ساختارهای ساده با تعداد ورودی‌های مؤثر استفاده شود (دروواری و همکاران، ۱۳۹۰). هدف از آموزش شبکه دست‌یابی به شبکه‌ای است که بتواند روابط بین ورودی و خروجی مدل را بهبود بخشد. بهعلت این‌که قوانین خاصی جهت طراحی شبکه‌های عصبی مصنوعی موجود نیست، ساختارهای مختلفی (تغییر در تابع انتقال، تکنیک یادگیری، تعداد نرون و ورودی‌ها یا عوامل مؤثر در وضعیت پژوهش مراتع) مورد بررسی قرار گرفت.

10 Mean Squared Error

11 Coefficient of correlation

شبیه‌سازی درصد تاج پوشش مرتع با استفاده از مدل‌سازی آماری

پس از برآورده میزان درصد تاج پوشش در ۱۲۷ مکان نمونه‌برداری و تعیین مقادیر کمی عوامل مؤثر در پوشش مرتعی در این مکان‌ها، از روش رگرسیون چند متغیره در محیط نرم‌افزار SPSS به‌منظور مدل‌سازی آماری استفاده شد. در این مرحله، پس از نرمال‌سازی و تصادفی نمودن داده‌ها، آن‌ها به دو دسته داده‌های مدل (۷۰ درصد داده‌ها) و داده‌های تست (۳۰ درصد داده‌ها) تقسیک شدند. درصد تاج پوشش مرتع به‌عنوان متغیر وابسته است و عوامل اقلیمی، توپوگرافی، خاک و عوامل انسانی (راه و مسکونی) به‌عنوان متغیرهای مستقل یا عوامل مؤثر در میزان تاج پوشش مرتعی می‌باشند. رگرسیون چند متغیره با روش Stepwise به‌منظور ورود عوامل اصلی و دارای رابطه معنی‌دار با پوشش مرتعی، اجرا شد. پس از ارائه یک مدل خطی چند متغیره، بررسی معنی‌دار بودن (.Sig) و کارایی مدل (Rsq) انجام پذیرفت. همچنین، ارزیابی کارایی مدل یا اعتبارسنجی مدل از طریق مقایسه مقادیر برآورده با مقادیر واقعی و برآورده مقادیر خطای صورت گرفت. در نهایت، نتایج مدل‌سازی آماری جهت مقایسه با نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی و انتخاب روش مناسب‌تر به‌کار گرفته شد که دلالت بر کارایی و دقت بیشتر شبکه عصبی در مدل‌سازی مقادیر تاج پوشش مرتعی داشت.

تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی (ANN) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

در تحقیق حاضر شبکه عصبی به‌عنوان سامانه‌ای برای شبیه‌سازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان سامانه پیش‌پردازنده و پس‌پردازنده داده‌ها به‌کار گرفته شد. در این مرحله، آموزش داده‌ها و سپس تست یا اعتباریابی شبکه انجام پذیرفت و در نهایت شبکه عصبی بهینه اعتباریابی شده ارائه گشته است. در گام بعدی، سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پیش‌پردازنده را ایفاء خواهد نمود. هدف از تحقیق، استفاده از شبکه عصبی برای شبیه‌سازی میزان تاج پوشش برای مکان‌های فاقد آمار آن هم به‌صورت گرافیکی زمین مرجع می‌باشد. براساس نتایج، ساختار بهینه شبکه عصبی برای شبیه‌سازی میزان تاج پوشش نیاز به هفت ورودی بارش متوسط سالانه، بارش متوسط فصل رشد، جهت شیب، میزان رس و شن، عمق خاک و فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی دارد. در این مرحله، لایه‌های رستری هفت عامل مذکور تهیه شدند و با آنالیز هم‌پوشانی با پیکسل سایز صد درصد متر با یکدیگر تلفیق شدند. میزان تاج پوشش در سطح یک دامنه، بسیار متغیر است. بنابراین، اقدام به تهیه بیست نمونه در سطح یک دامنه (مکان نمونه) و تعیین میانگین درصد تاج پوشش گردید و در نتیجه اندازه

سلولی ۱۰۰ متر (ده نمونه با فاصله حدود ده متر در طول و عرض دامنه) خلی در دقت نتایج وارد نخواهد نمود. از طرفی، دقت داده‌های خاک و اقلیمی بالا نمی‌باشد و برای دست‌یابی به نتیجه مطلوب، اندازه سلوالی لایه‌های اولیه (۲۰×۲۰ متر) به منظور کاهش حجم محاسبات در محیط شبکه عصبی و تطابق به مقادیر متوسط درصد تاج پوشش، به اندازه سلوالی ۱۰۰ متر تغییر یافت. بنابراین، سطح مراتع مطالعاتی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به حدود ۲۰ هزار پیکسل زمین مرجع دارای رقوم هفت عامل ورودی مدل تفکیک شد. داده‌های این پیکسل‌ها (ورودی‌های مدل) و مختصات که به‌طور خودکار برای هر پیکسل درج گردیده بود؛ از محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی خروجی گرفته شد و به محیط شبکه عصبی وارد گشت. در محیط شبکه عصبی با به‌کارگیری شبکه بهینه اعتباریابی شده، درصد تاج پوشش برای تمامی ۲۰ هزار پیکسل برآورد گشت. سپس، مقادیر تاج پوشش برآورده به همراه مختصات از محیط شبکه عصبی به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شد. در این مرحله سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پس‌پردازende را ایفا می‌نماید. مقادیر تاج پوشش به‌واسطه مختصات (عامل کمکی برای تشخیص موقعیت جغرافیایی) همراه با آن و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به صورت لایه رستری میزان تاج پوشش مرتتعی ارائه شد. سپس، مقادیر میزان تاج پوشش ۱۲۷ مکان نمونه‌برداری شده بر روی لایه رستری مقادیر تاج پوشش شبیه‌سازی شده هم‌پوشانی گردید تا صحت و دقت نتایج از طریق مقایسه اعداد مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی ارزیابی و تائید گردد.

نتایج

مقادیر کمی عوامل مؤثر در وضعیت پوشش مراتع بر اساس داده‌ها و نقشه‌های رقومی برآورده گشت. پس از برآورده کمی میزان تاج پوشش و عوامل مؤثر در آن برای ۱۲۷ مکان مطالعاتی، ورود داده‌ها و به‌کارگیری آن‌ها در محیط SPSS و شبکه عصبی انجام شد. ابتدا در مورد شبکه عصبی، آموزش شبکه و صحبت‌سنگی انجام پذیرفت و در نهایت تست یا آزمون شبکه انجام شد. در مرحله آموزش شبکه، تغییر الگوی‌های داده‌های ورودی و آنالیزهای آماری (ضرایب همبستگی پیرسون در جدول شماره ۲) نشان داد که پارامترهای بارش فصل رشد، بارش سالانه، میزان رس و شن خاک، عمق خاک، جهت شیب و فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها بهترین ورودی‌ها یا عوامل اصلی تأثیرگذار در میزان تاج پوشش می‌باشند (Jafari et al., 2004). تقی‌پور و رستگار، ۱۳۸۹؛ عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۰؛ انجام و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمدی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴). براساس ضرایب همبستگی پیرسون و نتایج تکرار

روش آزمون و خطا در شبکه عصبی، بارش فصل رشد مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در وضعیت مراتع در منطقه مطالعاتی می‌باشد. بارش در فصل سرد سال (بارش سالانه) دارای اهمیت کمتری است. زیرا شرایط دمایی مناسبی برای رشد طی فصول سرد سال وجود ندارد. جهت شیب بهدلیل ایجاد یک میکروکلیما نیز دارای اهمیت بالایی است. کاملاً واضح است که در دامنه‌های رو به جنوب بهدلیل شبکه شرایط دمایی مناسب‌تر، شرایط رویشی مناسب‌تری وجود دارد؛ اما جزء ورودی‌های بهینه شبکه نمی‌باشد. علت این امر، دقت کم داده‌های دمایی مورد استفاده می‌باشد. نکته مهم دیگر، اهمیت نقش انسان در روند تخریب پوشش مرتعی است. در اراضی مرتعی اطراف روستاهای جاده‌ها بهدلیل فعالیت بشر و دسترسی برای چرای دامها، درصد تاج پوشش کمتری مشاهده می‌گردد. عمق و بافت خاک نیز در وضعیت مراتع عامل تعیین‌کننده‌ای است. در تحقیق حاضر، دامنه گسترهای از عوامل محیطی در تجزیه و تحلیل آماری و مدلسازی به کار گرفته شد، اما در جدول شماره ۲ خلاصه‌ای از پارامترهای مهم دارای رابطه معنی‌دار، ارائه شده است. همچنین، خطوط هم‌دما و هم‌باران و نقشه رقومی خاک در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شدند که در اشکال شماره ۳ تا ۵ مشاهده می‌گردد. در مرحله مدلسازی، نتایج ارزیابی کارایی شبکه در شبیه‌سازی میزان تاج پوشش مرتعی در مرحله آموزش در جداول شماره ۳ و ۴ ارائه شده است. در مرحله آموزش، ضریب تبیین بین داده‌های واقعی و داده‌های شبیه‌سازی شده (R^2) برای الگوی بهینه ورودی‌ها برابر 0.9 بوده است. جدول (۳) که منعکس‌کننده میزان خطا در مرحله آموزش می‌باشد که براساس آن‌ها، نتایج مناسبی در مرحله آموزش حاصل آمده است. ساختار بهینه شبکه شامل شبکه پرسپترون چند لایه با هفت ورودی، تابع انتقال تانژانت هیپربولیک، تکنیک یادگیری ممنتوом و تعداد دو نرون جهت شبیه‌سازی میزان تاج پوشش مرتع بود که با روش آزمون و خطا و ارزیابی کارایی شبکه تعیین گشت. در مرحله بعد، تست یا ارزیابی کارایی شبکه بهینه انجام شد و نتایج ارزیابی مرحله تست از طریق مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی ارزیابی و در اشکال (۶) و (۷) ارائه شده است. مقادیر پارامترهای MSE و R^2 در مرحله تست یا آزمون ارزیابی شدند و نتایج در جدول (۴) ارائه شده‌اند. نتایج مذکور دلالت بر کارایی شبکه عصبی در مدلسازی میزان تاج پوشش مرتعی دارد.

به‌منظور ارزیابی و مقایسه با کارایی شبکه عصبی در مدلسازی پوشش مرتعی، روش رگرسیون چند متغیره جهت مدلسازی درصد تاج پوشش با همان داده‌های مدلسازی در شبکه عصبی به کار گرفته شد.

در مدلسازی با روش رگرسیون چند متغیره، با به کارگیری روش گام به گام یک مدل خطی برای برآورد درصد تاج پوشش گیاهی حاصل آمد که در رابطه (۳) ارائه شده است:

$$CVLog = 9.51 \text{Log Soildepth} + 5.44 \text{Log LR} - 153.82 \text{LogH} + 520.58 \text{LogPgrowth}$$

$$\begin{array}{r} -708.06 \\ \text{رابطه } ۳ \end{array}$$

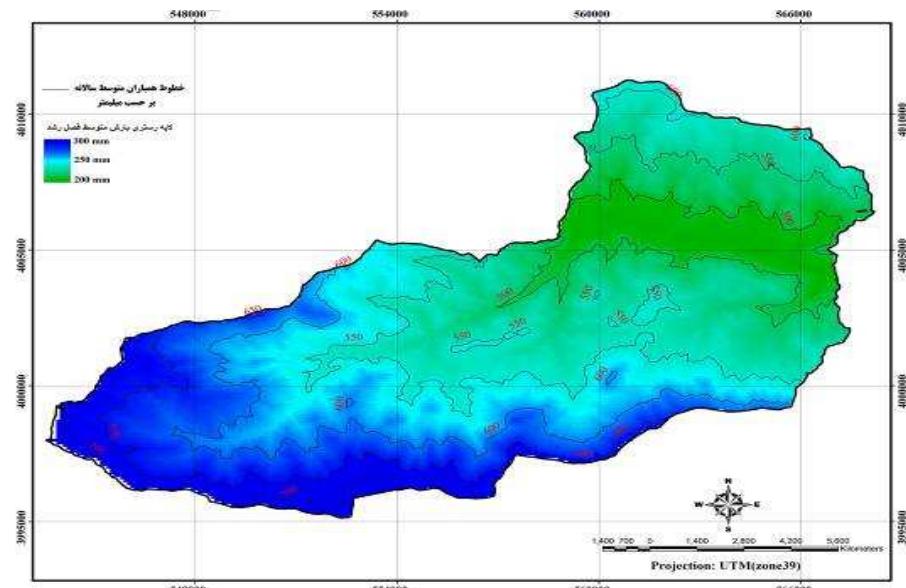
در مدل خطی فوق: CV درصد تاج پوشش گیاهی، Soildepth عمق خاک به سانتی‌متر، LR فاصله از جاده و مناطق مسکونی به متر، H ارتفاع مکان به متر و Pgrowth بارش فصل رشد به میلی-متر می‌باشدند. ارزیابی مدل خطی چند متغیره نشان داد که مدل معنی‌دار و قابل قبول می‌باشد ارائه مدل به کار گرفته نشدن، جهت برآورد درصد تاج پوشش مرتعی به کار گرفته شد. ارزیابی کارایی مدل به‌واسطه مقایسه مقادیر برآورده مدل با مقادیر واقعی در مرحله اعتبارسنجی، مقادیر Rsqr برابر با $0/6$ و MSE برابر با $92/4$ را نشان داد. در نهایت مقایسه نتایج مدلسازی با شبکه عصبی و روش رگرسیون چند متغیره، به کارگیری شبکه عصبی را به‌دلیل دقت بالاتر توصیه می‌نماید. براساس نتایج، شبکه عصبی دقت بالاتری در برآورد میزان تاج پوشش مرتع در مقایسه با روش رگرسیون چند متغیره داشته است. در مدلسازی با شبکه عصبی مقادیر Rsqr برابر با $0/9$ و $0/72$ و MSE برابر با $0/03$ و $75/2$ بهترتبی در مراحل آموزش و آزمون یا تست به‌دست آمد که چنین نتیجه‌های با نتایج محققان دیگر هم‌خوانی دارد (Blanco et al., 2013).

هدف از تحقیق حاضر برآورد میزان تاج پوشش در مکان‌های فاقد آمار و ارائه نتایج به گونه قابل استفاده برای عموم است. بدین منظور دو قابلیت مدلسازی با دقت بالا در شبکه عصبی و قابلیت پردازش و منیتورینگ سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق شدند. پس از مدلسازی در محیط شبکه عصبی، از قابلیت‌های GIS برای برآورد پارامترهای ورودی شبکه یا مدل و همچنین نمایش و ارائه نتایج شبکه عصبی به صورت لایه‌رستی درصد تاج پوشش مرتعی استفاده شده است که نتایج، در شکل شماره (۸) مشاهده می‌گردد. همچنین پهنه‌بندی میزان تاج پوشش مرتعی در منطقه مطالعاتی در این شکل ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مذکور مشاهده می‌گردد به‌منظور ارزیابی مجدد نتایج و صحت مراحل انجام کار، ارقام درصد تاج پوشش مرتعی اندازه‌گیری شده در مکان‌های نمونه-

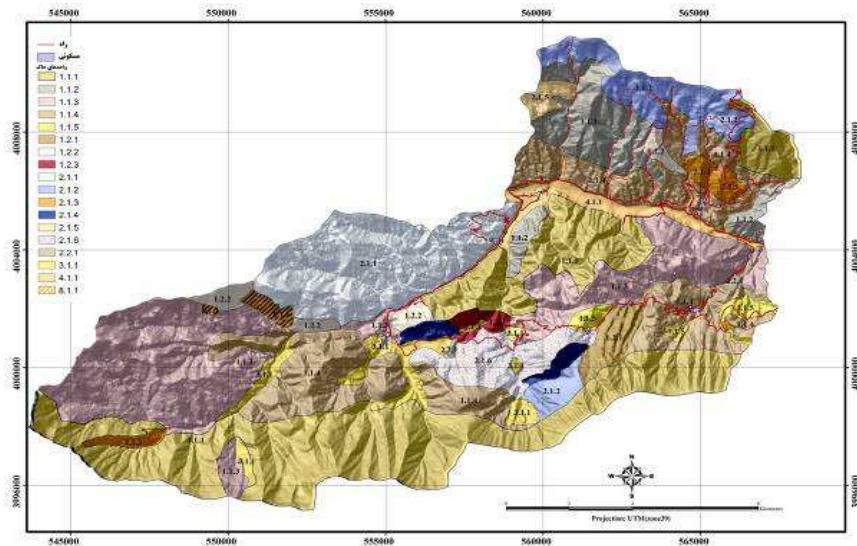
برداری، بر روی لایه یا نقشه درصد تاج پوشش برآورده درج شده است. مقایسه ارقام واقعی با مقادیر تاج پوشش برآورده، حاکی از کارایی شبکه عصبی و کارایی روش تلفیق شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی دارد (Gangopadhyay et al., 1999; Krishna et al., 2008). بنابراین، روش ارائه شده در تحقیق حاضر توانسته است شبیه‌سازی قابل قبولی برای طبقه‌بندی میزان تاج پوشش مرتعی ارائه نماید و میزان خطای موجود، در صحت طبقه‌بندی میزان تاج پوشش در یک سطح وسیع خدشه‌ای وارد نمی‌کند.



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منطقه و خطوط هم‌دمای متوسط سالانه بر حسب سانتی‌گراد



شكل ٤- توزیع مکانی مقادیر متوسط بارش فصل رشد و بارش سالانه در سطح منطقه مطالعاتی



شکل ۵- نقشه واحدهای خاک مراتع مطالعاتی

جدول ۱- بافت خاک (میزان رس، سیلت و شن) و عمق خاک مراجع مطالعاتی

| کد | درصد رس | درصد سیلت | درصد شن | عمق خاک |
|-------|---------|-----------|---------|---------|
| ۱.۱.۱ | ۲۵ | ۲۱ | ۵۴ | ۴۰ |
| ۱.۱.۲ | ۲۵ | ۲۱ | ۵۴ | ۷۵ |
| ۱.۱.۳ | ۲۳ | ۳۳ | ۴۴ | ۴۰ |
| ۱.۱.۴ | ۲۲/۲۳ | ۴۲/۶۷ | ۳۴ | ۱۳۰ |
| ۱.۱.۵ | ۲۱/۲۳ | ۳۸/۶۷ | ۴۰ | ۷۰ |
| ۱.۲.۱ | ۲۸ | ۳۴/۶۷ | ۳۷/۳۳ | ۱۰۰ |
| ۱.۲.۲ | ۲۰/۶۷ | ۳۴/۶۷ | ۴۴/۶۷ | ۱۴۰ |
| ۱.۲.۳ | ۲۲/۶۷ | ۲۹/۳۳ | ۴۸ | ۱۰۰ |
| ۲.۱.۱ | ۱۵ | ۲۱ | ۶۴ | ۳۰ |
| ۲.۱.۲ | ۲۹ | ۴۱ | ۳۰ | ۴۰ |
| ۲.۱.۳ | ۲۵/۲۳ | ۳۱/۳۳ | ۴۳/۳۳ | ۸۰ |
| ۲.۱.۴ | ۲۶ | ۳۰ | ۴۴ | ۵۰ |
| ۲.۱.۵ | ۲۶ | ۳۶ | ۳۸ | ۲۰ |
| ۲.۱.۶ | ۲۹ | ۳۴ | ۳۷ | ۱۴۰ |
| ۲.۲.۱ | ۲۶/۵ | ۳۳/۵ | ۴۰ | ۱۱۰ |
| ۳.۱.۱ | ۲۸ | ۳۸ | ۳۴ | ۱۰۰ |
| ۴.۱.۱ | ۸/۵ | ۱۴/۵ | ۷۷ | ۵۰ |
| ۸.۱.۱ | ۲۶ | ۳۸ | ۳۶ | ۵۰ |

جدول ۲- ضرایب همبستگی پیرسون بین درصد تاج پوشش مرتعی و مهم‌ترین عوامل محیطی منطقه

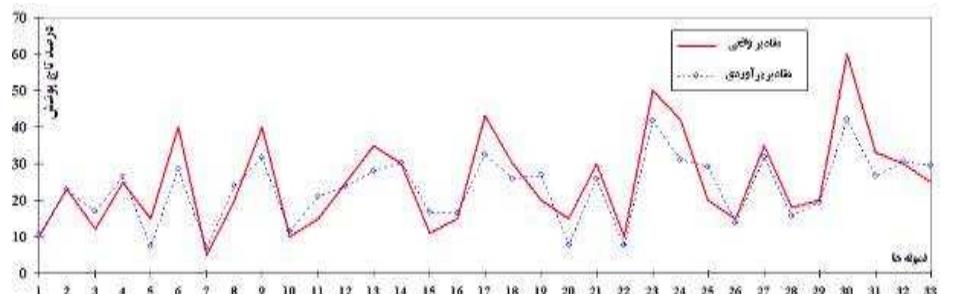
| عوامل انسانی | عوامل خاک | عمق خاک | میزان شن | میزان سیلت | میزان رس | میزان ی خاک | شور شیب | جهت شیب | بارش سالانه | فصل رشد | بارش |
|--------------|-----------|---------|----------|------------|----------|-------------|---------|---------|-------------|---------|------|
| ۰/۴۳ | ۰/۲۵ | ۰/۴۱ | -۰/۴۱ | ۰/۳۸ | ۰/۱۹ | ۰/۰۶ | ۰/۱۷ | ۰/۴۲ | ۰/۴۲ | ۰/۷ | |
| | | | | | | | | | | | - |

جدول ۳- نتایج آموزش شبکه عصبی برای شبیه‌سازی میزان تاج پوشش مرتع

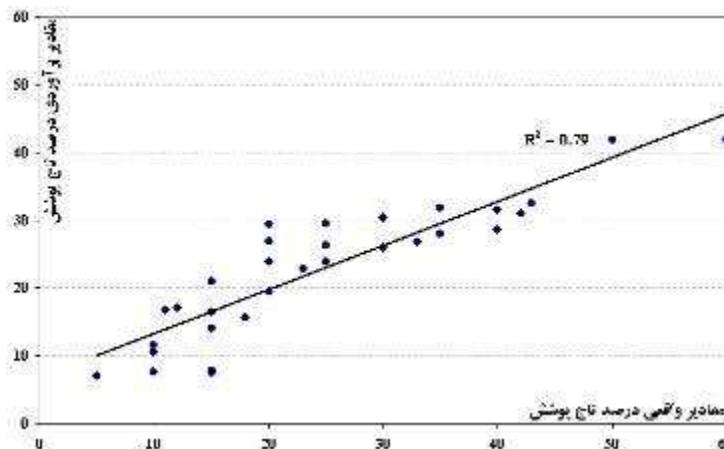
| | انحراف معیار صحبت سنجی | کمترین مقدار صحبت- سنگی | انحراف معیار کمترین | مقدار آموزش | میانگین کمترین مقدار آموزش |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------|
| MSE میانگین کمترین مقدار | ۰/۰۹ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۷ |
| MSE میانگین نهایی | ۰/۰۹ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۷ |

جدول ۴- نتایج آزمون یا تست شبکه عصبی در برآورد درصد تاج پوشش مرتع

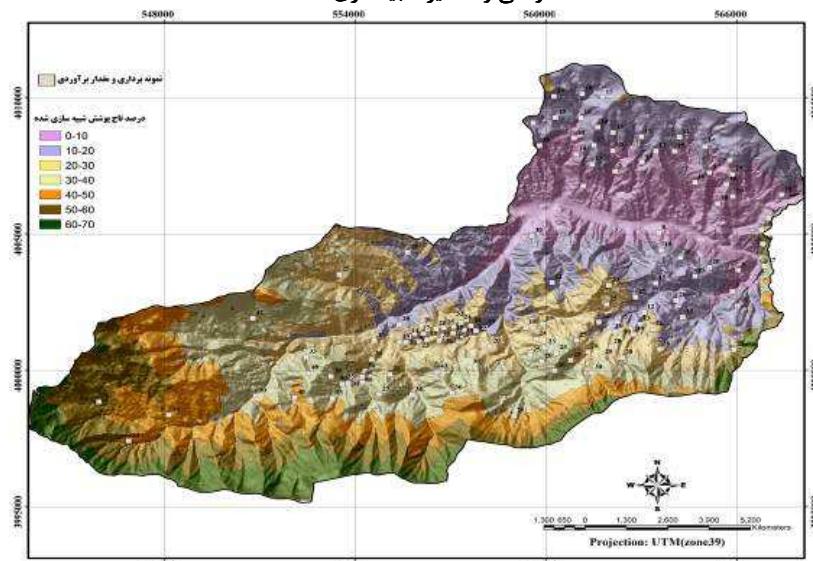
| MSE | NMSE | MA | Min Abs E | Max Abs Error | Rsqr |
|--------|------|------|--------------|------------------|------|
| بر حسب | ۷۵/۲ | ۰/۴۶ | ۵/۹۵ | ۰/۱۷ | ۲۸/۴ |
| درصد | | | | | ۰/۷۲ |



شکل ۶- ارزیابی کارایی شبکه عصبی در شبیه‌سازی میزان تاج پوشش در مرحله تست یا آزمون از طریق مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر شبیه‌سازی شده



شکل ۷- ارزیابی کارایی شبکه عصبی در شبیه‌سازی میزان تاج پوشش در مرحله تست یا آزمون از طریق مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر شبیه‌سازی شده



شکل ۸- نقشه میزان تاج پوشش مرتعی حاصل از تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. ارزیابی صحت نتایج در این مرحله نیز از طریق همپوشانی مقادیر درصد تاج پوشش اندازه گیری شده (مقادیر واقعی) بر روی نقشه مقادیر درصد تاج پوشش برآورده توسط شبکه عصبی انجام پذیرفت

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که عامل بارش فصل رشد بیش از بارش سالانه در شرایط پوشش مرتعی تأثیرگذار می‌باشد؛ چرا که در فصول غیر رشد عرصه پوشیده از برف می‌باشد. از طرفی، دوره رشد مناسب از لحاظ دمایی و بارش حدود سه ماه است. شاخص‌های دماهای حداکثر و حداقل نیز رابطه معنی‌داری با پارامترهای پوشش مرتعی ارائه ننمودند. از بین عوامل توپوگرافی، ارتفاع و جهت شبیه تأثیر بیشتری در شرایط پوشش گیاهی منطقه دارند. این عوامل خود در دما و بارش تعیین‌کننده می‌باشند (تقی‌پور و رستگار، ۱۳۸۹). همچنین، از عوامل خاک نیز بافت خاک (درصد رس، سیلت و شن) و عمق خاک تأثیرگذارند (Jafari et al., 2004). عامل انسانی یا فاصله از جاده‌ها نیز رابطه معنی‌داری (تأثیر منفی) دارد؛ اما در برخی عرصه‌ها، پوشش گیاهی مناسب‌تری در اطراف جاده‌ها مشاهده می‌گردد. این بدان علت است که جاده‌ها و مناطق مسکونی در مناطق مناسب اکولوژیکی قرار دارند. براساس تحقیقات مختلف انجام شده در خصوص کارایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدلسازی پارامترهای محیطی، واضح است که توانایی‌های این تکنیک با توجه به ساختارهای مختلف آن و نیز طبیعت مسئله‌ای که به دنبال حل آن هستیم متفاوت می‌باشد (Gholami et al., 2015). با انتخاب نوع و تعداد مناسب عوامل ورودی و نیز استفاده از نوع مناسب و سازگار شبکه عصبی مصنوعی و نیز کالیبره کردن مناسب آن می‌توان گفت که این تکنیک ابزاری بسیار کارا و مناسبی برای برآورد پارامترهای پوشش مرتعی می‌باشد (Aeinebeygi and Khaleghi, 2016). نتایج حاصل از تحقیق حاضر دلالت بر توانایی قابل قبول شبکه عصبی در شبیه‌سازی میزان تاج پوشش و کارایی مناسب‌تر آن در مقایسه با روش‌های آماری مدلسازی نظری رگرسیون چند متغیره دارد (Jafari et al., 2004؛ زارع چاهووکی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به نتایج عملکرد شبکه برای ساختارهای مختلف و نیز مقایسه نتایج حاصله با داده‌های واقعی می‌توان گفت که عوامل بارش، جهت شبیه، بافت و عمق خاک و عوامل انسانی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان تاج پوشش در مرجع مطالعاتی می‌باشند (فیروزان، ۱۳۸۸؛ تقی‌پور و رستگار، ۱۳۸۹؛ عبداللهی و همکارن، ۱۳۹۰). محور اصلی تحقیق حاضر، ارتباط خودکار شبکه عصبی با سیستم اطلاعات جغرافیایی است تا نتایج قابل استفاده برای عموم کاربران باشد. همچنین، نتایج شبکه عصبی قابلیت آنالیزهای هم‌پوشانی با سایر داده‌های محیطی را داشته باشند. سیستم اطلاعات جغرافیایی حجم بالایی از ورودی‌های مدل را در زمانی کوتاه پردازش و ارائه کرد (Barr, 2002؛ Hill, 2001)، و شبکه عصبی بهینه اعتباریابی شده نیز با سرعت مشابهی برای مکان-

های فاقد آمار پوشش مرتعی، میزان تاج پوشش را برآورد نمود. نکته اصلی دقت ورودی‌ها و خروجی شبکه می‌باشد. آنچه مسلم است توانایی ایجاد اندازه سلولی کوچک‌تر وجود داشته و محققین می‌توانند اندازه سلولی داده‌های ورودی را در حد 10×10 متر در نظر بگیرند، اما در این مطالعه، دقت داده‌های رقومی موجود در مورد ورودی‌های شبکه در این حد نمی‌باشد. از طرفی با کوچک‌تر در نظر گرفتن اندازه سلولی، تعداد نمونه‌ها بسیار افزایش خواهد یافت و ما با مشکل حجم بالای محاسبات بدون تأثیر محسوسی در دقت نتایج روبرو خواهیم بود. خوب‌بختانه، اطلاعات کمی در ورودی‌های شبکه یا عوامل مؤثر در وضعیت پوشش مرتعی (عوامل اقلیمی، توپوگرافی، ادفیک و انسانی) در سطح مراتع مازندران موجود است و ما برای به کارگیری مدل ارائه شده در سطح مراتع مازندران مشکلی نخواهیم داشت. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد از روش حاضر در مطالعات آتی برای سایر ویژگی‌های پوشش مرتعی و با مراتع دیگر استفاده گردد.

تقدیر و تشکر

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از همکاری و زحمات پرسنل اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران به جهت تأمین داده‌های موردنیاز تحقیق حاضر و همچنین سایر حمایت‌های ایشان تقدیر و تشکر نماییم.

منابع

- ابراهیمی، ع. ۱۳۹۶. تأثیر گروههای آماربردار و فرم‌های رویشی بر برآورد رابطه بین تولید و پوشش گیاهی. مجله منابع طبیعی ایران (نشریه مراتع و آبخیزداری)، دوره ۷۰(۱): ۱۹-۳۰.
- انجام، م.، حشمتی، غ.، سپهری، ع.، نیک نهاد قرماخر، ح.، جعفری فوتی، ع. ۱۳۹۲. بررسی برخی عوامل محیطی ناشی از تغییرات ارتفاعی بر استقرار پوشش گیاهی در مراتع ییلاقی رشته کوه البرز. نشریه علمی پژوهشی مراتع، سال هفتم، ۴: ۳۰۴-۳۱۵.
- بیگدلی، م. ۱۳۷۶. تعیین مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری تولید گیاهان بوته‌ای (در مناطق خشک و نیمه‌خشک). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، ۴۵ صفحه.
- پورنعمتی، ا.، قربانی، ا.، شریفی نیارق، ج.، میرزایی آقچه قشلاق، ف.، امیرخانی، م.، گودرزی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثرات ارتفاع، شب و جهات جغرافیایی بر تولید علوفه گروههای گیاهی مراتع سبلان در استان اردبیل، فصلنامه تحقیقات مراتع و بیابان ایران، ۲۴(۱): ۹۱-۱۰۰.

- تقی پور، ع.، رستگار، ش. ۱۳۸۹. بررسی نقش فیزیوگرافی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: مراتع هزار جریب بهشهر مازندران). مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴(۲): ۱۶۸-۱۷۷.
- درواری، ز.، غلامی، و.، جوکارسهنگی، ع. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی آبدهی چشم‌های کارستی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: ارتفاعات البرز مرکزی). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۶۸-۵۷: ۷۷.
- فیروزان، اح.، نقدی، ر.، باباپور، ر.، حکیمی عابد، م. ۱۳۸۸. اهمیت کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی شبکه‌ی جاده‌های جنگلی (مطالعه‌ی موردی سری دو شفارود). مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۳(۳): ۵۷-۶۳.
- عبداللهی، ج.، ارزانی، ح.، نادری، ح. ۱۳۹۰. عوامل اقلیمی مؤثر بر تولید علوفه مراتع استپی ندوشن در استان یزد. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۵(۱): ۴۵-۵۶.
- زارع‌بور، م.، شیرزادی، ا.، بیرانوندی، م. ۱۳۹۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی و امنیت مرزها. فصلنامه امنیت پژوهشی، ۱۱(۳۸): ۲۱۹-۲۴۰.
- زارع چاهووکی، م.، عباسی، م.، آذرنيوند، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی قابلیت مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۸(۲): ۱۰۶-۱۱۵.
- شکراللهی، ش.، مرادی، ح.، دیانتی تیلکی، ق. ۱۳۹۱. بررسی اثر ویژگی‌های خاک و عوامل فیزیوگرافی بر پوشش گیاهی (مطالعه موردی: بخشی از مراتع بیلاقی پلور)، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۴): ۶۶۸-۶۵۵.
- طهماسبی، پ.، هزارخانی، ا. ۱۳۸۸. ارائه روشی برای بهینه‌سازی شبکه عصبی برای برآورد عیار با استفاده از اطلاعات سیستم مس پورفیری سوناجیل-اهر، مجله علوم زمین، ۸۱(۲۱): ۳۱-۳۶.
- جوکار، ع.، غلامی، و.، گلی جیرنده، ع. ۱۳۹۲. اصول و مفاهیم سامانه اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه مازندران، ۲۰۰ صفحه.
- محمدی مقدم، س.، مساعدی، ا.، جنگجو، م.، مصدقی، م. ۱۳۹۴. بررسی رابطه تولید مرتع با پارامترهای اقلیمی مؤثر و شاخص‌های خشکسالی در مراتع ندوشن. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۸(۱): ۱۳۱-۱۴۸.

- Aeinebeygi, S., Khaleghi, M.R. 2016. An Assessment of Biennial Enclosure Effects on Range Production, Condition and Trend (Case Study: Taftazan Rangeland, Shirvan). International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE), 6(2): 33-40.
- Blanco, P., Delvalle, H.F., Bouza, P., Metternicht, G.I., Hardtke. 2013. Ecological site classification of semiarid rangelands: Synergistic use of Landsat and Hyperion imagery, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 29(1): 11–21.
- Barr, T. 2002. Application of tools for hydraulic power point presentation.105-upperGotvand hydroelectric power project feasibility study.1996. Reservior Operation Flood.14p.
- Dayhoff, J. 1990. Natural Networks archiectures: Anintroduction. New Yourk: Van NostrandReinhold.
- Gangopadhyay, S., Gautam, T., Gupta, A. 1999. Subsurface characterization using artificial neural network and GIS Journal of Computing in Civil Engineering, Co13(3): 153–161.
- Gholami, V., Chau, K.W., Fadaee, F., Torkaman, J., Ghaffari, A. 2015. Modeling of groundwater level fluctuations using dendrochronology in alluvial aquifers.Journal of Hydrology,529: 1060–1069.
- Hill, M. 2001. Flood plain delineation using the HEC-GeoRAS Extention for Arcview. Brigham Young University, 514p.
- Jafari, M., Zare Chahouki, M.A., Tavili, A., Azarnivand, H., Zahedi Amiri, G.H. 2004. Effective environmental factors in the distribution of vegetation types in Poshtkouh rangelands of Yazd Province (Iran). Journal of Arid Environments, 56(4): 627-641.
- Krishna, B., Styaji Rao, Y.R., vijaya, T. 2008. Modeling ground water levels in an urban coastal aquifer using artificial neural networks. Journal of Hydrological process, 22(8): 1180-1188.
- Krishna, M., Neaupane, M.D., Moqbul, H. 2008. Predicting Arsenic Concentration in groundwater using GIS-ANN hybrid system, 3rd IASME / WSEAS Int. Conf. on water resources, Hydraulics and Hydrolgeology (WHH '08), University of Cambridge, UK, Feb. 23-25, 2008.21.
- Nielsen, H. R. 1990. Neurocomputing. Addison-Wesley Publ. Co., Reading, MA.
- McCoord, N.M., Illingworth, W.T. 1990. A practical guide to neural nets. Addison-Wesley, Publ. Co. the University of Michigan, 344p.

- Maier, H., Dandy, G. 2000. Neural networks for the predictions and forecasting of water resources variables: review of modeling issues and applications. Environmental Modelling and Software, 15;101-124.
- Melesse, A. M., Hanley, R. S. 2005. Artificial neural network application for multiecosystem carbon flux simulation. Ecological Modelling, 189, 305-314.
- Zare Chahouki, M.A., KhalasiAhvazi, L., Azarnivand, H. 2012. Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution inmountainous scrub vegetation (Semnan ranglands, Iran). Polish Journal of ecology, 60 (2): 277-289.

