دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

برآورد فرسایش خاک در اراضی شیبدار مرتعی با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

وحید غلامی[۱]، فرهاد برنا[۲] و محمدعلی هادیان امری[۳]

۱- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، (نویسنده مسوول: gholami.vahid@gmail.com)
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۴
صفحه: ۱۴۷ تا ۱۵۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: فرسایش خاک از مهمترین مشکلات مدیریت منابع طبیعی بخصوص در اراضی شیبدار مرتعی می‌باشد. از طرفی، برآورد فرسایش بوسیله تجهیزات اندازه‌گیری، هزینه بر و زمان بر است. بنابراین، استفاده از مدلسازی به منظور ارائه یک برآورد دقیق با زمان و هزینه اندک، کارآمد خواهد بود. هدف از تحقیق حاضر ارائه یک روش کارآمد برای برآورد مقادیر فرسایش خاک در اراضی شیبدار دور از دسترس می باشد.

مواد و روش‌ها: در تحقیق حاضر مقادیر فرسایش سالانه خاک به وسیله استقرار پین‌های فرسایشی بر روی دامنه با کاربری مرتعی در حوضه آبخیز کسیلیان استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت. مقادیر فرسایش خاک در ۱۰۹ پین فرسایشی یک سال پس از استقرار آنها براساس تغییرات سطح خاک و اعمال وزن مخصوص خاک برآورد گشت. در این راستا، شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم‌افزار NeuroSolutions با بکارگیری مقادیر فرسایش به عنوان خروجی مدل و عوامل درصد پوشش مرتعی، شیب زمین، طول شیب، شکل شیب (انحناء زمین) و بافت خاک (درصد شن، رس، سیلت) به عنوان ورودی ها، جهت مدلسازی فرسایش بکار گرفته شدند. فرآیند مدلسازی با بکارگیری شبکه MLP طی سه مرحله آموزش شبکه (۶۵ درصد داده‌ها)، صحت صحنی (۱۰ درصد) و تست (۲۵ درصد داده‌ها) شبکه عصبی انجام پذیرفت. از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز جهت تهیه نقشه فرسایش خاک با بکارگیری ارقام مدلسازی شده فرسایش در اراضی شیبدار استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تست یا اعتباریابی شبکه بهینه شده، دلالت برای کارایی شبکه عصبی در برآورد فرسایش خاک داشته است (Rsqr=0.9). همچنین، تجزیه و تحلیل‌های آماری با بکارگیری نرم افزار SPSS و ساختار شبکه عصبی بهینه و آنالیز حساسیت ورودی های شبکه نشان داد که مهمترین عوامل فرسایش خاک به ترتیب میزان پوشش گیاهی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب و خصوصیات خاک می‌باشند. در نهایت، ورودی‌های شبکه بهینه اعتباریابی شده، در محیط GIS با پیکسل سایز ده متر با هم تلفیق شدند و با ادغام قابلیت‌های ANN و GIS نقشه مقادیر فرسایش سالانه خاک اراضی مرتعی مطالعاتی تهیه گردید.

نتیجه‌گیری: متدولوژی ارائه شده می تواند به‌عنوان روشی کارآمد و جایگزینی برای اندازه گیری ها صحرایی فرسایش خاک در مناطق دور از دسترس با کارایی بالا، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حوضه کسیلیان، مدل‌سازی، نقشه فرسایش خاک، MLP

مقدمه

مراتع از جمله با ارزش‌ترین منابع طبیعی و زیربنای تشکیل جوامع اولیه انسانی است و شامل اجزای مختلفی است که از جنبه‌های مختلف نظیر تولید علوفه، دامداری و زنبورداری، حفاظت آب و خاک، ارزش تفرجگاهی و غیره دارای اهمیت می‌باشند. با توجه به اهمیت مراتع در حفاظت آب و خاک، تولیدات دامی و ارزش تفرجگاهی مراتع و همچنین سایر مزایای مراتع، انجام مطالعات به منظور حفاظت و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها ضروری است (۴۹). خاک بستر حیات می‌باشد و تداوم حیات انسان‌ها و کره زمین نیازمند به حفاظت از این منبع طبیعی است. یکی از مشکلات دنیای امروز در مورد این منبع حیاتی، هدر رفت خاک در اثر فرسایش می‌باشد. فرسایش خاک عبارت است از کنده شدن و جابجایی ذرات خاک بوسیله یک عامل انتقال دهنده نظیر آب (فرسایش آبی) یا خاک (فرسایش بادی). در اقلیم‌های مرطوب نظیر شمال ایران، شکل غالب فرسایش، فرسایش آبی است (۱۱). همچنین، در روی دامنه‌ها فرسایش آبی با اشکال مختلف فرسایش پاشمانی، فرسایش سطحی، فرسایش آبراهه‌ای و در پای دامنه‌ها فرسایش خندقی و یا پایپینگ می‌باشد. از طرفی، رشد جمعیت بشر و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی آن‌ها موجب تشدید فرسایش خاک شده است. بنابراین، تداوم وضع موجود می‌تواند موجب تشدید فرسایش خاک و در نتیجه اثرات نامطلوب آن نظیر کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش پوشش گیاهی جنگل‌ها و مراتع، کاهش تولیدات کشاورزی و مواد غذایی، آلودگی منابع آب، مشکلات ناشی از رسوبگذاری در مخازن سدها، رودخانه‌ها و آبراهه‌ها و غیره گردد (۱، ۲، ۱۴، ۳۲، ۳۵، ۳۶، ۳۷).

لذا، جا دارد مطالعات لازمه در جهت برآورد مقادیر فرسایش خاک، شناسایی عرصه‌های با فرسایش بالا یا پهنه‌بندی وضعیت فرسایش خاک و همچنین شناسایی اشکال فرسایش به منظور برنامه‌ریزی جهت کنترل فرسایش خاک صورت پذیرد. عوامل مختلفی در میزان فرسایش خاک تأثیرگذار می‌باشد از آن جمله می‌توان به مقدار و شدت بارش، کاربری اراضی و پوشش گیاهی، خصوصیات خاک، مقادیر شیب، طول شیب و شکل شیب اشاره نمود (۱۲، ۳۳، ۳۶، ۳۴، ۴۸).

در بحث مطالعات مراتع، بررسی ویژگی‌های گونه‌های مرتعی همچون حضور یا عدم حضور گونه‌ها، برآورد میزان درصد تاج پوشش مراتع و همچنین حفاظت خاک مراتع دارای اهمیت می‌باشند. از طرفی، انجام مطالعات میدانی و نمونه‌برداری‌ها، زمان بر و هزینه بر می‌باشد. اما، امروزه با گسترش فناوری نوین در زمینه مدل‌سازی و امکان استفاده از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

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 متداول شده است. شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[1] ابزاری کارآمد در مدلسازی و برآورد پارامترهای محیطی می‌باشد (۴۰،۲۹)، اما این شبکه قابلیت ارائه نتایج بصورت زمین مرجع و گرافیک را ندارد و این امر بکارگیری نتایج رابرای عموم متخصصان دشوار و محدود می‌نماید. از طرفی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[2] یک سامانه قدرتمند در مدیریت و پردازش داده‌های مکانی می‌باشد. این سامانه بطور گسترده‌ای در علوم مختلف جهت ذخیره داده‌ها، تلفیق داده‌ها و انجام مطالعات بکار گرفته شده است. اما، این سامانه فقط توان مدلسازی‌های فیزیکی و یا اجرای مدل‌های اعتباریابی شده را دارا است (۲۲). بنایراین، با تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی مصنوعی (مدلسازی) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (پردازش داده‌های زمین مرجع)، نتایج یک مدلسازی دقیق، بصورت گرافیکی زمین مرجع ارائه خواهد شد. شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان مدلی برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای مسائلی به کار می‌روند که بتوان آن‌ها را تا حد یک مسئله ساده طبقه‌بندی کرد (۸،۱۳). پژوهش حاضر توانایی شبکه عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای مدلسازی فرسایش خاک در اراضی شیبدار مرتعی بررسی خواهد نمود. مطالعات متعددی در زمینه عوامل موثر در پارامترهای مراتع و همچنین مدلسازی این پارامترها در سطح دنیا انجام شده است. طهماسبی و همکاران (۴۶)، در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که شبکه‌های عصبی مصنوعی درواقع سیستم‌های موازی هستند که می‌توان از آن‌ها برای تشخیص الگوهای پیچیده در میان داده‌ها استفاده نمود. زارع پور و همکاران (۵۰)، در پژوهشی در رابطه با کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، بیان نمودند که ساختار شبکه عصبی مصنوعی به گونه‌ای است که قابلیت حل مسئله را بدون کمک فرد متخصص و برنامه‌ریزی خارجی دارند. از این رو شبکه‌های عصبی مصنوعی، قادر به یافتن الگوهایی در اطلاعات هستند که هیچ‌کس از وجود آن‌ها اطلاع نداشته است. شکراللهی و همکاران (۴۲)، با بررسی اثر ویژگی‌های خاک و عوامل فیزیوگرافی بر پوشش گیاهی مراتع ییلاقی پلور دریافتند که درصد پوشش تاجی و تراکم گونه‌های گیاهی متأثر از خصوصیات فیزیوگرافی و عامل‌های خاک می‌باشد. به طوریکه از بین عوامل فیزیوگرافی جهت دامنه و شیب با پوشش تاجی و تراکم پوشش گیاهی رابطه قوی دارند.

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری مقادیر فرسایش خاک در روی دامنه‌ها وجود دارد که از جمله روش‌های متداول استفاده از پلات‌های صحرایی، پین‌های فرسایشی و یا استفاده از مدل‌های تجربی می‌باشد. استفاده از پلات‌های فرسایشی برای برآورد مقادیر فرسایش خاک یا رواناب حاصل از وقایع بارش مشخص یا در یک بازه معین زمانی کاربرد دارد. استفاده از پلات‌ها یک برآورد دقیق با حق انتخاب در بازه‌های زمانی مختلف از یک واقعه رگبار تا مقیاس زمانی ماهانه یا سالانه را فراهم می‌آورد. اما، محدودیت استفاده از پلات‌ها مواردی نظیر نیاز به نگهداری و سرکشی مداوم و همچنین مشکل مسدود شدن مخزن ورودی رواناب و رسوب (بارگیری رسوب) می‌باشد. در نتیجه استفاده از پلات‌ها برای برآورد فرسایش سالانه مشکل، هزینه بر و زمان بر خواهد بود. روش دیگر استفاده از پین‌های فرسایشی است که در مطالعات گذشته به عنوان یک ابزار ساده و کارآمد بکار گرفته شده است (۴۲،۴۱،۳،۶،۱۱،۱۷،۲۴،۳۹).

استفاده از پین‌های فرسایشی در قیاس با استفاده از پلات‌ها آسان‌تر و کم هزینه‌تر بوده و سرعت و سهولت استقرار از ویژگی‌های این روش می‌باشد. از طرفی، بکارگیری این روش برای برآورد مقادیر فرسایش خاک در مقایس زمانی کوچک (یک واقعه رگبار یا روزهای خاص) مشکل بوده و برای مقایس زمانی بلندت مدت نظیر فرسایس سالانه مناسب و کارآمد می‌باشد (۴،۱۱،۱۷،۱۸،۲۰،۲۲،۲۸). بنابراین، در فرآیند اندازه‌گیری فرسایش خاک می‌توان با استقرار پین‌های فرسایشی یا پلات‌های صحرایی در سطوح مختلف یک دامنه در طی یک سال مقادیر فرسایش حاصل از اشکال مختلف فرسایشی را برآورد نمود.

محدودیت اصلی استفاده از پین‌ها این است که نمی توان از آنها در مقیاش زمانی کوتاه مدت برای نمونه یک واقعه رگبار استفاده کرد. کارایی آنها بیشتر برای ارزیابی فرسایش در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه می‌باشد. همچنین، مزیت اصلی آنها سرعت عمل، هزینه پایین و آسانی کار با آنها می‌باشد. مطالعات گذشته دلالت بر موارد مذکور و تناسب پین‌های فرسایشی برای اندازه گیری فرسایش خاک در اراضی شیبدار مرتعی دارد. از طرفی می‌توان گفت که انتخاب نوع تکنیک یا روش اندازه‌گیری بستگی به شکل فرسایش، اهداف و دقت اندازه‌گیری دارد (۴۲،۴،۱۷،۲۲). مطالعات متعددی در زمینه اندازه‌گیری اشکال مختلف فرسایش خاک بوسیله پین‌های فرسایشی انجام پذیرفته است. هدف از این مطالعه تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدلسازی و ارائه یک روش کارآمد (دقت مناسب، سرعت بالا و هزینه کم) در برآورد مقادیر فرسایش خاک به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی در راستای طرح‌های حفاظت خاک مراتع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

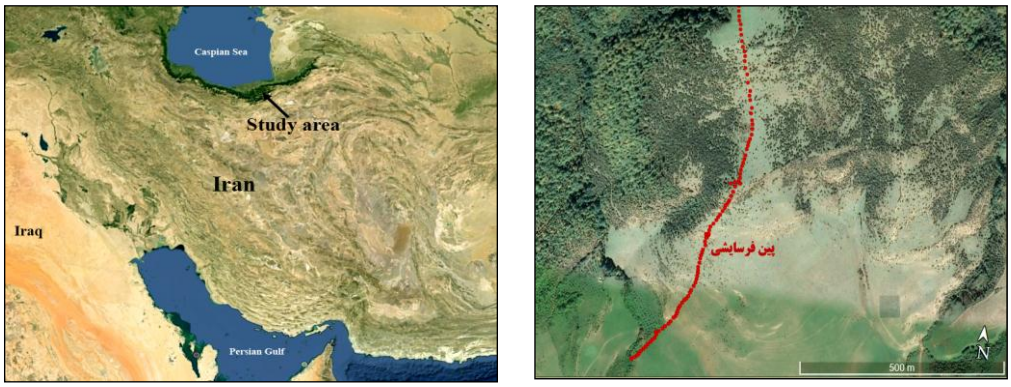
معرفی مرتع مورد مطالعه

دامنه‌های مطالعاتی در محدوده طول شرقی '۰۵ °۵۳ تا '۱۰ °۵۳ و عرض شمالی '۰۵ °۳۵ تا '۱۰ °۳۷ در شمال کشور ایران واقع شده است. منطقه مطالعاتی با مساحتی حدود چهار کیلیومتر مربع و در محدوده روستای دادوکلا در حوضه کسیلبان شهرستان سوادکوه واقع شده و دارای اقلیم نیمه مرطوب می‌باشد (۱۱) و بارش متوسط سالانه برابر با ۶۰۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. الگوی غالب بارش در منطقه باران بوده و به ندرت برف می‌بارد. متوسط شیب دامنه‌های مطالعاتی ۱۷ درجه بوده و کاربری اراضی مطالعاتی بیشتر شامل مراتع فقیر و قسمت

1- Artificial Neural Network
2- Geographic Information System

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

محدودی اراضی جنگلی و زراعت دیم می‌باشد. عمق متوسط خاک دامنه‌های مطالعاتی حدود ۶۰ سانتی‌متر و عموما دارای بافت خاک لومی رسومی می‌باشند. در سطح محدوده مطالعاتی دامنه‌ای با طول تقریبی ۱۰۰۰ متر با کاربری مرتع در طول شیب انتخاب گردید. دامنه مذکور در مکانی به دور از مناطق مسکونی و جاده‌ها و با دسترسی سخت انتخاب شد تا به نوعی قرق طبیعی اجرا گردد. دامنه مطالعاتی بخشی از حوضه معرف زوجی کسیلیان با حداقل تردد و چرای دام بوده است. در سطح این دامنه‌های مطالعاتی پین‌های فرسایشی جهت انجام مطالعات برآورد فرسایش خاک استقرار یافت (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت اراضی شیبدار مطالعاتی (کاربری مرتعی) و پین های استقرار یافته در سطح استان مازندران و ایران
Figure 1. Location of the study hillslpoes (rangelands) in Mazandaran province and Iran

برآورد مقادیر فرسایش سالانه خاک با استقرار پین‌های فرسایشی

در تحقیق حاضر از پین‌های فرسایشی۲۰ سانتی‌متری فلزی برای برآورد مقادیر سالانه فرسایش خاک استفاده گردید. یک دامنه‌ای بطور تقریبی یک کیلومتر در محدوده مطالعاتی برای استقرار پین‌های فرسایشی جهت مدلسازی انتخاب شد که دارای تغییرات محسوس شدت فرسایش، شیب، شکل شیب، پوشش گیاهی و خصوصیات خاک می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری فرسایش خاک، عمق نصب پین‌های فرسایشی در خاک (۱۳ سانتی‌متری) بطور دقیق تعیین و رنگ آمیزی گردید (شکل ۲). تعداد ۱۰۹ پین در عرصه مطالعاتی در فروردین سال ۱۳۹۷ در امتداد شیب دامنه از بالادست به سمت پایین دست استقرار یافتند. فواصل تقریبی پین ها حدود ۱۰ متر بوده است، اما مکان استقرار آنها براساس تغییرات در شدت فرسایش و تغییرات در توپوگرافی و پوشش گیاهی انتخاب گردید به‌طوریکه پین های فرسایش در تمامی طبقات شدت فرسایش خاک، شیب زمین و درصد های تاج پوشش گیاهی استقرار یافته اند. تعیین فواصل بین پین‌ها در استقرار و فواصل زمانی ثبت یا اندازه‌گیری فرسایش متغیر بوده و بستگی به هدف مطالعات و دقت مورد نظر دارد (۴). یکسال بعد از استقرار پین‌ها، در فروردین ماه ۱۳۹۸ مقادیر هدررفت خاک در تمامی پین‌ها از طریق میزان کاهش یا پایین رفتن سطح خاک از سرپین (فاصله سر پین تا خاک ۷ سانتی‌متر بوده است) اندازه‌گیری گردید. در دامنه‌های مطالعاتی اشکال فرسایش پاشمانی و سطحی مشاهده می‌گردد و فرسایش آبراهه‌های مورد مطالعه قرار نگرفته است. در نهایت، پین‌ها بیانگر مقدار فرسایش (مجموع پاشمان و فرسایش سطحی) صورت پذیرفته است همچنین، در سطح دامنه‌های مطالعاتی با تعیین واحدهای خاکشناسی و حفر پروفیل‌های خاکشناسی، نقشه خاکشناسی (بافت خاک) تهیه شد. واحدهای خاکشناسی از تلفیق نقشه‌های زمین شناسی و واحدهای ژئومرفوژیک (کوهستان، تپه، دره آبرفتی) تعیین شده و سپس در سطح هر واحد خاکشناسی (زمین شناسی و ژئومرفولوژی یکسان) مکان مناسب حفر پروفیل شاهد تعیین شد (۴۳). نوع بافت خاک (مقادیر رس، سیلت و شن) و همچنین وزن مخصوص خاک در آزمایشگاه خاکشناسی تعیین شد و مقدار متوسط وزن مخصوص ظاهری خاک دامنه مطالعاتی ۱/۴ تن در مترمکعب برآورد گشت. پس از تعیین مقادیر یا ارتفاع فرسایش با اعمال وزن مخصوص در سطح یک مترمربع، میزان فرسایش سالانه خاک بر حسب کیلوگرم در مترمربع برآورد شد.

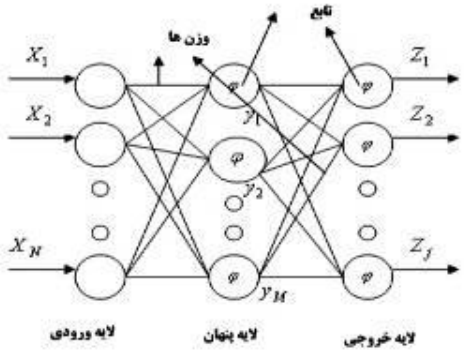
از طرفی، تعدادی پین زوجی بصورت پراکنده در روی دامنه‌هایی با کاربری مرتعی و زراعت دیم در مکان‌های با شدت فرسایش بالاتر از سایر سطوح، جهت ارزیابی کارایی متدولوژی تحقیق حاضر استقرار یافت و مقادیر فرسایش سالانه آنها نیز تعیین شد (۴۴).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

شکل ۲- تصویری از پین‌های فرسایشی استقرار یافته بر روی دامنه شیب دار مرتعی (سرپوش قرمز جهت شناسایی می‌باشد)
Figure 2. A view of the palced erosion pins on the rangeland hillslope (red cap for identification)

برآورد فرسایش سالانه خاک با استفاده از شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی متشکل از سه لایه است. لایه ورودی که داده‌ها را در شبکه توزیع می‌کند، لایه پنهان که داده‌ها را پردازش می‌نماید و لایه خروجی که نتایج را به ازای ورودی‌های مشخص، استخراج می‌نماید. یک شبکه می‌تواند چندین لایه پنهان داشته باشد (۳۰،۲۹). در تحقیق حاضر شبکه پرسپترون چندلایه یا MLP[1] برای شبیه‌سازی درصد تاج پوشش مرتعی استفاده شده است (شکل ۳). 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 دارد (۴۵). مدل عمومی شبکه پرسپترون چند لایه، شبکه جلو رونده (FF)[2] با روال تعلیم انتشار به عقب می‌باشد (PT)[3]. شبکه جلورونده، شبکه‌ای است که ورودی‌های لایه اول نرون‌های آن به لایه بعدی متصل است و در هر سطح این امر صدق می‌کند تا به لایه خروجی برسد. 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 می‌گردند.



شکل ۳- ساختار شبکه عصبی چند لایه
Figure 3. Multi-layer network structure

برای ارائه ساختار بهینه شبکه عصبی و اعتباریابی آن داده‌ها به سه دسته تقسیم شدند. ۶۵ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۰ درصد برای مرحله صحت سنجی یا Cross Validation و حدود ۲۵ درصد برای مرحله تست یا اعتباریابی تفکیک شدند. مقایسه نتایج در مرحله آموزش (آزمون و خطا)، استفاده از تابع انتقال تانژانت هیبربولیک را بعنوان گزینه مناسب تعیین نمود. همچنین، با آزمون و خطا و ارزیابی کارایی هر یک از تکنیک‌ها، تکنیک یادگیری LM یا لونبرگ مارکوات به‌عنوان تکنیک یادگیری بهینه انتخاب گردید. آموزش شبکه یکی از گام‌های مهم در مدلسازی با شبکه عصبی تلقی می‌گردد که در واقع همان فرآیند بروز رسانی ضرایب وزنی در لایه‌های میانی و خروجی است. نرون‌ها باید از اشتباهات خود درس گرفته و در جهت بهبود نتیجه حرکت کنند. روند آموزش شبکه به طور معمول به دو گونه متفاوت الگو به الگو (حالت متوالی) و گروهی (حالت دسته‌ای) انجام می‌شود. تجربه نشان داده که روش دوم به نتایج بهتری می‌رسد (۴۶،۳۸،۳۱). اما، بهتر است این مقادیر به گونه‌ای گزینش شوند که موجب سرعت بیشتر آموزش و همگرایی بهتر مسأله موردنظر گردد. مبنای تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین شبکه در هر بار اجرای برنامه، ضریب همبستگی (R) و متوسط قدر مطلق خطا (MSE) بوده است. برای تعیین معماری بهینه شبکه از روش سعی و خطا و با انجام آزمون‌های مختلف، شبکه‌ای که کمترین میزان خطا و بیشترین کارایی را دارد انتخاب گردید. در تعیین معماری بهینه سعی گشته از ساختارهای ساده با تعداد ورودی‌های موثر استفاده شود (۱۵). هدف از آموزش شبکه دست‌یابی به

1- Multi layer perceptron 2- Feed Forward 3- Propagation Training

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

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 مورد بررسی قرار گرفت.

در این تحقیق ابتدا اطلاعات گسترده‌ای از جمله نقشه‌های توپوگرافی، درصد تاج پوشش مرتعی و خاکشناسی 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) و نقشه شیب، طول شیب و شکل شیب (میزان انحناء) دامنه‌های مطالعاتی تهیه گردید. در نهایت لایه‌های رستری زمین مرجع حاوی درصد تاج پوشش مرتعی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب و خصوصیات خاک (درصد رس، سیلت و شن) برای هر سلول ارائه گشت.

ورودی‌های شبکه جهت مدلسازی شامل میزان درصد تاج پوشش مرتعی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب و خصوصیات خاک (درصد رس، سیلت و شن) بوده‌اند. برای هر یک از دامنه‌های مورد مطالعه، درصد تاج پوشش مرتعی با پلات‌گذاری و مطالعات میدانی برآورد گردید و به‌عنوان یکی از ورودی‌های شبکه عصبی در نظر گرفته شد. خلاصه‌ای از ورودی‌ها (عوامل موثر در فرسایش) و خروجی شبکه (مقادیر فرسایش) در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

داده‌های ورودی (عوامل موثر در فرسایش خاک) و خروجی (مقادیر فرسایش خاک) به محیط ازنرم‌افزار NeuroSolutions برای مدلسازی وارد شدند. برای آموزش و سپس تست کارایی یک شبکه عصبی، انتخاب تعداد و نوع پارامترهای ورودی به مدل از اهمیت بسیاری برخوردار است (۷). پس از ورود داده‌ها به محیط شبکه عصبی، ابتدا داده‌ها نرمال و رندومایز شدند. سپس داده‌ها به سه دسته: داده‌های آموزش، داده‌های صحت سنجی و داده‌های تست یا اعتباریابی تفکیک شدند. شبکه مورد استفاده پرسپترون چندلایه بوده که جهت تعیین ساختار بهینه شبکه شامل تابع انتقال بهینه، تکنیک یادگیری بهینه، تعداد نرون بهینه و ورودی‌های بهینه از روش آزمون و خطا استفاده شد. در هر یک از مراحل، شبکه با تغییر یکی از گزینه‌های مختلف یکی از اجزای مذکور و داده‌های ثابت اجرا می‌شد و کارایی شبکه با ارزیابی مقادیر خطا و مقایسه مقادیر برآوردی و مشاهداتی بررسی می‌گشت و جزء بهینه آن گزینه‌هایی می‌بود که کارایی شبکه را افزایش دهد. بنابراین، با روش آزمون و خطا و ارزیابی کارایی شبکه براساس مقادیر شاخص‌های خطا و همچنین مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهداتی، انتخاب گزینه مناسب‌تر و در نهایت ارزیابی کارایی شبکه در دو مرحله آموزش و تست ارزیابی گردید (۱۵).

تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

شبکه عصبی قابلیت بالایی در شبیه‌سازی مقادیر کمی پارامترهای محیطی دارد، اما در ارائه نتایج به شکل گرافیکی و به‌خصوص گرافیکی زمین مرجع دارای محدودیت است. در تحقیق حاضر از تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدلسازی فرسایش خاک استفاده گردید. شبکه عصبی به‌عنوان سامانه‌ای برای شبیه‌سازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان سامانه پیش پردازنده و پس پردازنده داده‌ها بکار گرفته شد. ابتدا عوامل کمی پارامترهای ورودی مدل شامل میزان پوشش گیاهی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب و خصوصیات خاک در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ۱۰۹ پین فرسایشی مطالعاتی برآورد شد. پس از کمی نمودن داده‌ها، مدلسازی در محیط شبکه عصبی با هدف شبیه‌سازی مقادیر سالانه فرسایش خاک انجام پذیرفت. در این مرحله، آموزش داده‌ها و سپس تست یا اعتباریابی شبکه انجام پذیرفت و در نهایت شبکه عصبی بهینه اعتباریابی شده ارائه شد. در گام بعدی، سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پیش پردازنده را ایفاء خواهد نمود. هدف از تحقیق، استفاده از شبکه عصبی برای شبیه‌سازی فرسایش خاک برای مکان‌های فاقد آمار آن هم به‌صورت گرافیکی زمین مرجع می‌باشد. بر اساس نتایج، ساختار بهینه شبکه عصبی برای شبیه‌سازی مقادیر فرسایش نیاز به ورودی‌های میزان پوشش گیاهی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب، درصد رس و شن خاک دارد. در این مرحله، لایه‌های رستری عوامل مذکور تهیه شدند و با آنالیز همپوشانی با پیکسل سایز ده در ده متر با یکدیگر تلفیق شدند. آنچه مسلم هست اندازه شبکه سلولی را می‌توان کوچک‌تر در نظر گرفت، اما تعداد خیلی زیاد پیکسل‌ها، محدودیت اجرای شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار شبکه عصبی را همراه خواهد داشت. داده‌های این پیکسل‌ها (ورودی‌های مدل) و مختصات که به‌طور خودکار برای هر پیکسل درج شده بود از محیط GIS خروجی گرفته شد و به محیط شبکه عصبی وارد گشت. در محیط شبکه عصبی با بکارگیری شبکه بهینه اعتباریابی شده، مقادیر سالانه فرسایش خاک برای تمامی پیکسل‌ها یا مکان‌های فاقد داده فرسایش برآورد شد. سپس، مقادیر فرسایش خاک برآوردی به همراه مختصات از محیط شبکه عصبی به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد گشت. در این مرحله سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش پس پردازنده را ایفا می‌نماید. مقادیر فرسایش خاک بواسطه مختصات (عامل کمکی برای تشخیص موقعیت جغرافیایی) همراه با آن و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به صورت لایه رستری میزان فرسایش خاک اراضی شیبدار مرتعی ارائه شد. همچنین، مقادیر فرسایش خاک مشاهداتی یازده پین پراکنده که در فرآیند مدلسازی و تست استفاده نشده بود بر روی لایه رستری فرسایش خاک شبیه‌سازی شده همپوشانی شد تا صحت و دقت نتایج از طریق مقایسه اعداد مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی ارزیابی و تأیید گردد.

در نهایت، لایه میزان فرسایش خاک پس از طبقه بندی بصورت نقشه پهنه بندی فرسایش سالانه خاک ارائه گشت. در تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های پین‌های فرسایشی و تلفیق قابلیت‌های شبکه عصبی و GIS، شبیه‌سازی با دقت و سرعت عمل بالا در سطحی وسیع انجام شد و نتایج بصورت زمین مرجع گرافیکی (نقشه) ارائه شد (۱۳).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

نتایج و بحث

پوشش دامنه مطالعاتی عمدتا شامل گونه‌های مرغ و علف پیازدار، افوربیا و بصورت پراکنده گونه درختچه ای پیرو با درصد تاج پوشش متغییر بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد بوده است. با استقرار پین‌های فرسایشی در سطح دامنه‌های مطالعاتی اقدام به برآورد مقادیر فرسایش سالانه خاک شد. پس از گذر یکسال از استقرار پین‌ها، مقادیر هدر رفت خاک در مکان پین‌ها بطور دقیق برآورد شد. بر اساس نتایج مقادیر اندازه گیری شده فرسایش خاک در دامنه مطالعاتی بین ۰ تا ۳۳/۶ کیلوگرم در مترمربع در سال متغیر بوده است. همچنین مقدار متوسط فرسایش خاک در طول دامنه مطالعاتی حدود ۹/۴ کیلوگرم بر مترمربع در سال یا ۹/۴ تن در هکتار در سال برآورد شد. همچنین با تعیین ضرایب همبستگی میزان مشارکت هر یک از عوامل موثر در فرسایش خاک و نوع رابطه آنها با فرسایش خاک بررسی شده و نتایج آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است. مهم‌ترین نتیجه این بخش از مطالعات این است که در دامنه‌های مطالعاتی تغییرات پوشش گیاهی و شکل شیب مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان فرسایش خاک بوده است. لازم به ذکر است الگوی قالب بارش این منطقه باران بوده و وقوع رگبارهای شدید کوتاه مدت بوفور اتفاق می‌افتاد (۱۵). به‌علاوه، بررسی شکل شیب یا پارامتر انحنای شیب نشان داد که شیب‌های مقعر محل به تله افتادن خاک‌های فرسایش یافته یا رسوبات بالادست و شیب‌های محدب محل فرسایش بیشتر می‌باشند (۱۰).

در تحقیق حاضر شبکه MLP بکارگیری روش آزمون و خطا، ساختار بهینه شبکه (ورودی‌های بهینه، تابع انتقال بهینه، تکنیک یادگیری بهینه، تعداد دور آموزش بهینه و تعداد نرون بهینه) تعیین شد. نتایج نهایی آموزش شبکه عصبی بکار رفته در فرآیند مدلسازی فرسایش خاک در جدول شماره (۳) ارائه شده است. در این جدول پارامترهای آماری نظیر مقادیر خطا و ضریب تبیین در مرحله آموزش و صحت سنجی شبکه‌های عصبی ارائه شده است. آنچه مسلم است اختلاف در کارایی شبکه‌های عصبی یا روش‌های هوش مصنوعی در فرآیند مدلسازی در مرحله تست یا اعتبارسنجی بیشتر خواهد بود. پس از مرحله آموزش و صحت سنجی، تست یا اعتبارسنجی شبکه بهینه شده (مدل بهینه شده) انجام پذیرفت و مقایسه بین نتایج شبکه‌های عصبی مختلف در مرحله تست در جدول شماره ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصله شبکه عصبی MLP با مقدار R_{sqr} برابر با ۰/۹ مقادیر خطای کم و همچنین قرابت بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهداتی، شبکه یا روشی کارآمد برای شبیه‌سازی مقادیر فرسایش سالانه خاک تعیین شد. در اشکال شماره ۴ و ۵ مقایسه بین مقادیر مشاهداتی فرسایش سالانه خاک با مقادیر شبیه‌سازی شده در مرحله تست ارائه شده است. آنچه مسلم است شبکه‌های عصبی متعدد یا روش‌های دیگر هوش مصنوعی در شبیه‌سازی پارامترهای محیطی نظیر فرسایش خاک است و تعیین یک شبکه کارآمد و مناسب مهم می‌باشد (۴۱،۱۴).

بر اساس نتایج مطالعات مراحل آموزش و تست، یک شبکه MLP با تابع انتقال تانژانت هیپربولیک، تکنیک یادگیری LM به عنوان شبکه بهینه برای برآورد مقادیر فرسایش سالانه خاک انتخاب شد. ورودی‌های بهینه برای مدلسازی فرسایش خاک شامل درصد تاج پوشش مرتعی، شکل شیب، میزان شیب، طول شیب و درصد رس و سیلت می‌باشند. مقادیر درصد شن در بافت خاک به‌عنوان یک ورودی مناسب برای فرآیند مدلسازی انتخاب نگردید و آن موجب کاهش کارایی شبکه‌ها در فرایند مدلسازی می‌شد. در نهایت، یک شبکه بهینه اعتباریابی شده ارائه گشت که قابلیت برآورد مقادیر فرسایش خاک در مکان‌های فاقد داده را دارا است. در این مرحله با استفاده از شبکه اعتباریابی شده مقادیر فرسایش سالانه خاک در تمامی سطح منطقه مطالعاتی برآورد گردید و با ادغام قابلیت‌های شبکه عصبی و GIS، نتایج شبیه‌سازی‌ها در قالب نقشه مقادیر فرسایش سالانه خاک ارائه گردید. در شکل شماره (۶) نقشه مقادیر فرسایش سالانه خاک دامنه‌های مطالعاتی ارائه شده است که در حقیقت نتایج شبیه‌سازی فرسایش خاک توسط شبکه اعتباریابی شده بوده که در محیط GIS در قالب یک لایه رستری یا نقشه فرسایش خاک ارائه شده است. سپس، جهت ارزیابی نتایج حاصله و صحت و دقت متدولوژی ارائه شده از داده‌های مشاهداتی پین‌های فرسایشی و قابلیت آنالیز همپوشانی GIS استفاده گردید. در شکل شماره (۶) مقادیر فرسایش سالانه خاک پین‌های فرسایشی مذکور جهت ارزیابی صحت نتایج بر روی نقشه فرسایش خاک حاصله همپوشانی گردید. براساس نتایج، مقادیر فرسایش سالانه خاک تقریبا صفر مربوط به مکان‌هایی با پوشش گیاهی حداکثری و شیب حداقلی می‌باشد و مقادیر حداکثری فرسایش در مکان‌هایی با حداقل پوشش و حداکثر شیب زمین مشاهده می‌گردد. هر چند نقش عوامل شکل یا انحنای شیب و طول شیب نیز بسیار تأثیرگذار است. ارزیابی نتایج با استفاده از آنالیز همپوشانی تصویر ماهواره‌ای و مقادیر فرسایش مشاهداتی برروی نقشه فرسایش خاک، دلالت بر صحت و دقت نتایج مدلسازی شبکه عصبی دارد بنابراین، با متدولوژی حاضر می‌توان در زمانی کوتاه و با دقتی قابل قبول مقادیر فرسایش خاک مکان‌ها یا دامنه‌های فاقد آمار را برآورد نمود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

جدول ۱- خلاصه ای از داده‌های ورودی (عوامل موثر در فرسایش خاک) و خروجی (مقادیر اندازه گیری شده فرسایش خاک) برای مدلسازی مقادیر فرسایش سالانه خاک

Table 1. Some samples of the inputs and output for the annual soil erosion modeling

درصد تاج پوشش	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	طول شیب (متر)	انحنای شیب	شیب زمین (درجه)	فرسایش سالانه خاک (kg/m^2)	ارتفاع فرسایش (سانتی‌متر)
۴۱	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۴۱۷	۰/۲۸	۷/۵	۸/۴	۰/۶
۲۵	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۴۵۶	۰/۱۱	۸/۸	۱۱/۲	۰/۸
۳۲	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۴۶۷	-۰/۱۱	۷/۹	۹/۸	۰/۴۷
۴۰	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۴۸۱	۰/۲۸	۸/۲	۸/۴	۰/۶
۴۲	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۴۹۵	۰/۳۰۹	۸/۵	۷	۰/۵
۲۰	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۶۴۵	۰/۵۵	۱۱/۶	۱۴	۱
۲۶	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۵۲۷	۰/۶	۱۵/۶	۱۱/۲	۰/۸
۲۵	۱۹/۷	۴۴/۹	۳۵/۴	۵۴۰	۰/۷۲	۱۸/۷	۱۲/۶	۰/۹
۲۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۵۵۲	۰/۸۵	۲۱/۵	۱۴	۱
۱۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۵۳	۰/۶۷	۲۷/۳	۱۶/۸	۱/۲
۱۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۰۰	۰/۱۹	۲۴/۶	۱۵/۴	۱/۱
۲۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۲۲	۰/۰۳	۲۰/۴	۱۴	۱
۳۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۴۵	-۰/۱۰۸	۱۷/۷	۹/۸	۰/۷
۳۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۵۷	۰/۲۷	۱۸/۶	۱۱/۲	۰/۸
۲۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۶۸	۰/۲۸	۲۰/۴	۱۲/۶	۰/۹
۳۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۶۸۸	-۰/۰۸	۱۹/۶۵	۹/۸	۰/۷
۴۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۷۲۹	۰/۰۵	۱۲/۸۹	۸/۴	۰/۶
۴۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۷۴۱	۰/۰۴	۱۱/۸۵	۱۱/۲	۰/۸
۴۲	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۷۶۶	۰/۰۲	۹	۹/۸	۰/۷
۴۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۷۷۵	۰/۰۴	۷/۴۸	۸/۴	۰/۶
۳۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۷۹۳	۰/۱۱	۹/۵	۱۲/۶	۰/۹
۵۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۸۰۹	۰/۲	۷/۵	۸/۴	۰/۶
۴۵	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۸۱۹	۰/۳۲	۸	۹/۸	۰/۷
۵۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۸۳۸	۰/۴۹	۸/۶	۷/۷	۰/۵۵
۳۰	۲۲/۷	۳۹/۴	۳۷/۹	۸۵۹	۰/۶۸	۱۲	۱۲/۶	۰/۹
۲۰	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۸۷۸	۰/۸۷	۱۴/۲	۱۶/۸	۱/۲
۲۳	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۸۸۲	۰/۸۱	۱۵/۳	۱۴	۱
۲۵	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۸۸۸	۰/۸	۱۴/۷۹	۱۲/۶	۰/۹
۲۵	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۰۷	۰/۵۴	۱۸/۱	۱۲/۶	۰/۹
۲۰	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۳۰	۰/۴	۱۹/۳	۱۵/۴	۱/۱
۲۵	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۳۷	۰/۲۸	۱۹/۹	۱۱/۲	۰/۸
۳۰	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۴۲	۰/۶۲	۲۱/۶	۸/۴	۰/۶
۶۰	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۵۰	۰/۲۳۳	۲۱/۶	۷/۷	۰/۵۵
۱۰۰	۲۰/۴	۴۱/۲	۳۸/۴	۱۳۹۲	-۰/۳۳	۳/۸۵	۰	۰
۳۰	۲۱/۰۶	۴۱/۵۳	۳۷/۴	۹۷۸	۰/۸۳	۲۴	۹/۸	۰/۷

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین فرسایش خاک و عوامل موثر در فرسایش خاک

Table 2. Correlation coefficients between soil erosion and affecting factors in soil erosion

پارامتر	ضریب همبستگی	معنی داری (Sig)
شیب زمین	۰/۳	۰/۰۰
طول شیب	۰/۴	۰/۰۰
شکل شیب (انحناء)	۰/۶۵	۰/۰۰
درصد تاج پوشش گیاهی	-۰/۸۵	۰/۰۰
درصد رس	-۰/۲۲۴	۰/۰۰
درصد سیلت	-۰/۰۴	۰/۱
درصد شن	۰/۲۵	۰/۰۰

جدول ۳- نتایج آموزش شبکه عصبی برای شبیه سازی مقادیر فرسایش سالانه خاک بر روی اراضی شیبدار مرتعی

Table 3. The results of training stage in soil erosion modeling on the rangeland hillslopes

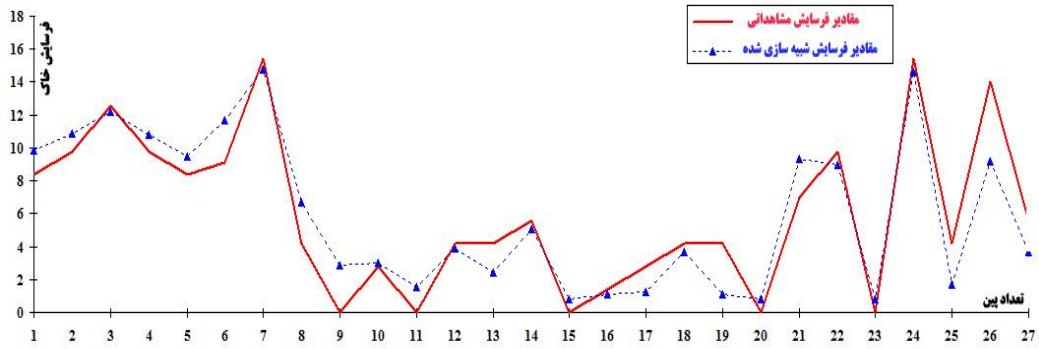
	کمترین مقدار آموزش	انحراف معیار مرحله آموزش	کمترین مقدار صحت سنجی	انحراف معیار مرحله صحت سنجی
میانگین کمترین مقدارMSE	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳
میانگین نهاییMSE	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴

جدول ۴- نتایج ارزیابی کارایی شبکه عصبی در شبیه سازی مقادیر فرسایش سالانه خاک اراضی شیبدار مرتعی در مرحله تست یا اعتباریابی

Table 4. The results of test stage in soil erosion modeling on the rangeland hillslopes

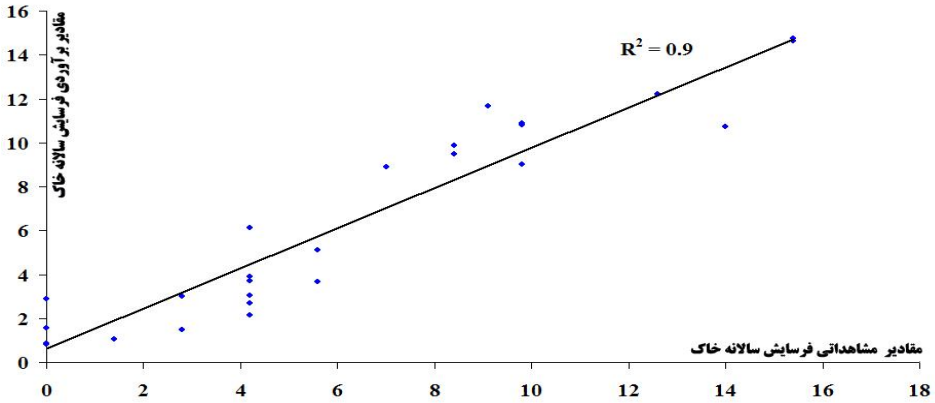
	MSE	NMSE	MAE	Min Abs Error	Max Abs Error	R_{sqr}
مقدار برآوردی	۵/۱۲	۰/۲	۱/۸	۰/۲	۶/۴	۰/۹

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]



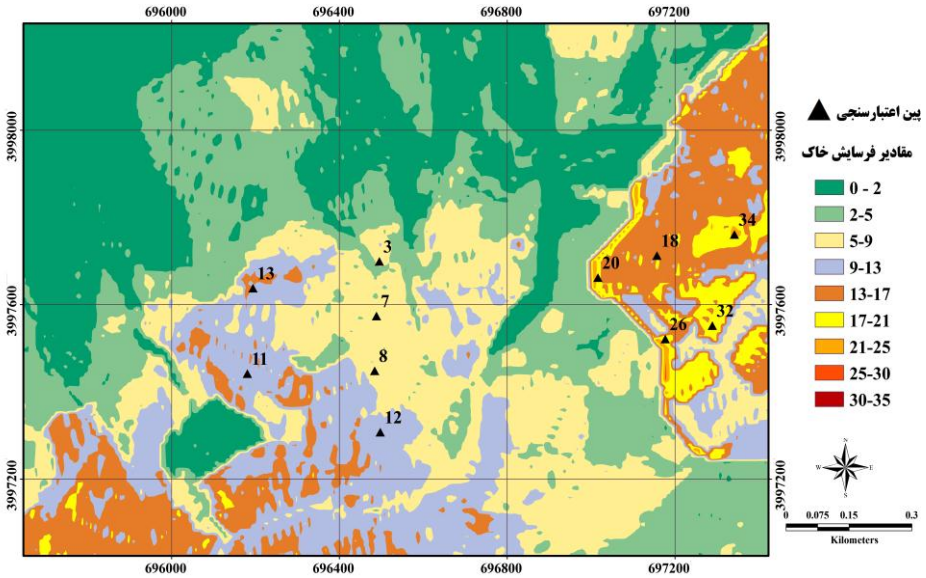
شکل ۴- ارزیابی کارایی شبکه عصبی در شبیه سازی مقادیر فرسایش سالانه خاک (کیلوگرم در متر مربع) در مرحله تست یا اعتباریابی از طریق مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر شبیه سازی شده

Figure 4. Evaluation of ANN performance in simulating annual soil erosion rates (kg / m^2) in test or validation stage by comparing the simulated and observed rates



شکل ۵- ارزیابی کارایی شبکه عصبی در شبیه‌سازی مقادیر فرسایش سالانه خاک (کیلوگرم در متر مربع) در مرحله تست یا اعتباریابی از طریق مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر شبیه‌سازی شده

Figure 5. Evaluation of ANN performance in simulating annual soil erosion rates (kg / m^2) in test or validation stage by comparing the simulated and observed rates



. ارزیابی

شکل ۶- نقشه مقادیر فرسایش سالانه خاک (کیلوگرم در مترمربع) در اراضی شیبدار مرتعی حاصل از تلفیق قابلیت‌های ANN و GIS گیری شده (مقادیر واقعی) بر روی نقشه مقادیر فرسایش سالانه صحت نتایج در این مرحله نیز از طریق همپوشانی مقادیر فرسایش خاک اندازه

خاک برآوردی توسط شبکه عصبی انجام پذیرفت and GIS capabilities. Evaluation of the

Figure 6. Map of annual soil erosion rates (kg/m^2) on the rangeland hillslopes resulting from a combination of ANN results was also performed by overlapping the measured soil erosion values on the map of annual soil erosion values estimated by the ANN

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

نتایج اولیه مطالعات، در قالب مقادیر فرسایش سالانه خاک و عوامل موثر در فرسایش خاک یا ورودی‌های شبکه ارائه گردید. بر اساس تجزیه و تحلیل رگرسیونی مهمترین عوامل موثر در فرسایش خاک روی دامنه‌ها به ترتیب درصد پوشش گیاهی، شکل شیب، طول شیب، شیب زمین و بافت خاک می‌باشند. از بین عوامل مذکور عوامل شکل شیب، شیب زمین و میزان شن در خاک با مقادیر فرسایش رابطه مستقیم دارد و سایر عوامل شامل درصد پوشش گیاهی، میزان رس و سیلت در بافت خاک با فرسایش رابطه عکس دارد. همچنین، شکل شیب زمین عاملی بسیار تأثیرگذار می‌باشد بطوری که در مکان‌های با شیب بالاتر و طول شیب بیشتر که انتظار فرسایش بیشتری می‌رفت، اندازه‌گیری‌ها نشان داد که مکان‌هایی با حالت شیب مقعر، مقادیر فرسایش کم می‌باشد و حتی محل رسوبگذاری و بالا آمدن سطح اولیه خاک خواهند بود و بالعکس مکان‌هایی با حالت محدب شیب، فرسایش بیشتر عمل می‌نماید و مقادیر فرسایش برآوردی بیشتر است که این نتایج با تحقیقات گذشته همخوانی دارد (۱۰، ۱۶، ۱۷).

همچنین، تأثیر انحنای شیب یا شکل شیب در مقادیر فرسایش حاصل از رواناب سطحی بیشتر از فرسایش حاصل از پاشمان می‌باشد. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری (ضریب همبستگی) و همچنین آنالیز حساسیت ورودی‌ها در شبکه عصبی، عامل پوشش مرتعی و شکل شیب یا انحنای شیب مهمترین عوامل تأثیرگذار در مقادیر فرسایش خاک در دامنه مطالعاتی می‌باشند زیرا در سطح محدود مطالعاتی تغییرات شدت و مدت بارش و خصوصیات خاک نظیر بافت خاک قابل توجه نبوده است. آنچه مسلم است در تغییرات مکانی مقادیر فرسایش خاک، توزیع مکانی بارش و تغییرات خصوصیات خاک (مقادیر رس، سیلت و شن) تأثیر قابل توجهی دارند (۴۸،۵،۱۹،۲۳،۴۷).

در نهایت، عوامل موثر در فرسایش در روی دامنه‌ها به عنوان ورودی‌ها و مقادیر فرسایش سالانه به عنوان خروجی شبکه عصبی بکار گرفته شد و نتایج مدلسازی نشان داده است که هوش مصنوعی قابلیت بالایی در برآورد مقادیر فرسایش خاک در زمانی کوتاه با حداقل هزینه‌ها را داراست. مطالعات گذشته نظیر شی و همکاران (۲۲) و کرنی و همکاران (۴۲) دلالت بر سهولت استفاده از پین ها و کارایی آنها در برآورد فرسایش خاک داشته است. همچنین، مطالعات دیگری نشان داده است که شبکه عصبی و بکارگیری تلفیقی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی قابلیت بالایی در برآورد دقیق پارامترهای خاک نظیر فرسایش خاک داشته است (۱۵،۲۱،۴۹،۱۳).

این متدولوژی می‌تواند یک مشکل جدی یعنی بحث زمان و هزینه انجام مطالعات و برنامه‌ریزی‌ها را به‌خصوص در کشورهای توسعه نیافته یا در حال توسعه که از طرفی فرسایش خاک در آن‌ها بالاست و از طرف دیگر با مشکلات مالی روبرو می‌باشند برطرف نماید.

نتایج ارزیابی کارایی شبکه عصبی به دو شکل یکی در مرحله تست یعنی مقایسه مقادیر برآوردی با مقادیر مشاهداتی صورت پذیرفت و شکل دیگر ارزیابی، پس از ارائه نقشه مقادیر فرسایش سالانه خاک در محیط GIS، از طریق همپوشانی مقادیر فرسایش سالانه مشاهداتی پین‌های اعتباریابی، صحت و دقت نقشه حاصله ارزیابی شد. لازم به ذکر است که در فرآیند مدلسازی ۲۵درصد داده‌ها برای تست یا اعتباریابی استفاده گردید. همچنین، مقایسه مقادیر فرسایش مشاهداتی با مقادیر شبیه سازی شده منعکس‌کننده نزدیکی ارقام نقشه فرسایش خاک با ارقام پین‌های مشاهداتی اعتبارسنجی می‌باشد. بررسی تغییرات مکانی مقادیر فرسایش خاک نشان داد که در مکان‌های دارای پوشش حداقلی و شیب بالاتر، مقادیر بالاتر فرسایش برآورد شده است (۳۹). آنچه مسلم است، ارزیابی مدلسازی در مرحله تست در شبکه عصبی، ارزیابی صحت نقشه تولید شده و همچنین آنالیز همپوشانی نقشه تولید شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای (کاربری‌ها و شدت فرسایش) دلالت بر کارایی متدولوژی ارائه شده در برآورد مقادیر فرسایش خاک دارد. لازم به ذکر است که ورودی‌های شبکه یا مدل برای سایر دامنه‌ها قابل برآورد بوده و می‌توان شبکه عصبی حاضر یا سایر روش‌های هوش مصنوعی را در برآورد فرسایش خاک دامنه‌های فاقد آمار بکار گرفت (۵۱،۴۰،۲۷).

در نهایت، پایش تغییرات فرسایش خاک در سطح دامنه‌ها جهت شناسایی مکان‌هایی با فرسایش خاک بالاتر و اولویت‌های مکانی اجرای اقدامات بیولوژیک بسیار مهم و کارآمد خواهد بود. همچنین، چنین نتایجی به یک سوال مهم مبتنی بر اینکه حداکثر فرسایش خاک در طول یک شیب در کدام بخش از آن خواهد بود، پاسخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

آنچه مسلم است تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌تواند یک روش بسیار کارآمد در برآورد پارامترهای محیطی و یا فرسایش خاک باشد. اما، در این راستا آنچه مهم است انتخاب روش یا سیستمی مناسب است. در گام نخست برآورد مقادیر فرسایش خاک، انتخاب روش اندازه‌گیری فرسایش با توجه به اهداف مطالعات و نوع فرسایش مهم می‌باشد. استفاده از پین‌های فرسایشی یا پلات‌های فرسایشی اشکال قالب اندازه‌گیری می‌باشند که برای اندازه‌گیری فرسایش سالانه بر روی دامنه‌ها با توجه به شیب بالا، هزینه مطالعات و تغییرات شدید توپوگرافی و پوشش گیاهی روش استقرار پین فرسایشی، بسیار کارآمد بوده است (۳،۲۴،۲۶).

روش حاضر در برآورد فرسایش خاک دارای مزیت‌های خاصی می‌باشد. در مبحث اندازه‌گیری با پین‌های فرسایشی می توان به سهولت و سرعت اجرا و کم هزینه بودن آن اشاره نمود. در بحث بکارگیری GIS به‌عنوان پیش پردازنده و پس پردازنده نیز، سرعت عمل، دقت پردازش و در دسترس بودن آن از ویژگی‌های مهم آن است. نکته دیگر توانایی ادغام یا تلفیق ورودی‌های شبکه عصبی یا خروجی‌های شبکه عصبی با GIS به منظور آنالیزهای مکانی یا مپینگ فرسایش خاک می‌باشد. در مورد بکارگیری روش‌های هوش مصنوعی نظیر شبکه عصبی نیز، انجام مدلسازی دقیق در زمانی کوتاه از ویژگی‌های بارز آن است. از طرفی، این قابلیت در هوش مصنوعی وجود دارد که در صورت عدم دسترسی به یک

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

ورودی یا عامل برای مدلسازی، ساختارهای مختلف شبکه عصبی را با افزودن یا حذف یک یا چند عامل برای فرآیند مدلسازی بکار گرفت. مورد مذکور از نقاط قوت و کاربردی بکارگیری هوش مصنوعی در فرآیند مدلسازی می‌باشد. همچنین، شناسایی عوامل اصلی فرسایش و شکل قالب فرسایش در برنامه ریزی برای مدیریت و کنترل فرسایش خاک بسیار مهم و ضروری است (۹،۱۵،۲۵).

در نهایت انجام مطالعات آتی در زمینه فرسایش خاک بر روی دامنه‌های مرتعی با استفاده از پین‌های فرسایشی و یا استفاده تلفیقی آن‌ها با پلات‌های فرسایشی بخصوص در شیب‌های با تغییرات قابل توجه شکل شیب، برای تعیین مکانیسم فرسایش آبی و مدلسازی دقیق‌تر پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

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

منابع

1. Akay, A.E., O. Erdas, M. Reis and A. Yuksel. 2008. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. Build Environ, 43: 687-695.
2. Aldrich, G.A., J.A. Tanaka, R.M. Adams and J.C. Buckhouse. 2005. Economics of western juniper control in central Oregon. Rangeland Ecol & Manage, 58: 542-552.
3. Boardman, J., D.T. Favis-Mortlock and I.D.L. Foster. 2015. A 13-year record of erosion on badland sites in the Karoo, South Africa. Earth Surface Processes and Landforms DOI: 10.1002/esp.3775.
4. Boardman, J. and D. Favis-Mortlock. 2016. The use of erosion pins in geomorphology, Geomorphological Techniques, Chap. 3, Sec, 5.3
5. Bohm, P. and G. Gerold. 1995. Pedo-hydrological and sediment responses to simulated rainfall on soils of the Konya Uplands (Turkey). Catena, 25(1-41): 63-75.
6. Clayton, L. and J.R. Tinker. 1971. Rates of hillslope lowering in the Badlands of North Dakota. North Dakota University Water Resources Research Institute, Report W1-221-012-71. W73.09121.N.T.I.S. PB 220 355, 1-36.
7. Darvari, Z., V. Gholami and A. Joker. 2013. Simulation of karst spring discharge using artificial neural network (Case study: Central Alborz heights). Natural Geography Research, 77: 68-57.
8. Dayhoff, J. 1990. Natural Networks archictures: Anintroduction. New Yourk: Van NostrandReinhold.
9. Descroix, L. and J. Poulenard. 1995. Les formes d'érosion dans la Sierra Madre Ocidentale (Nord Ouest du Mexique). Bull. Lab. Rhod. Géomorphol, 33-34.
10. Di Stefano, C., V. Ferro, P. Porto and G. Tusa. 2000. Slope curvature influence on soil erosion and deposition processes. Water resources research, 36(2): 607-617.
11. Emmett, W.W. 1965. The Virgil Network: methods of measurement and a sampling of data collected. International Association of Scientific Hydrology Publication, 66: 89-106.
12. Esmaeeli Gholzom, H. and V. Gholami. 2012. A comparison between natural forests and reforested lands in terms of runoff generation potential and hydrologic response (case study: Kasilian Watershed). Journal Soil & Water Res, 4: 166-173.
13. Gangopadhyay, S., T. Gautam and A. Gupta. 1999. Subsurface characterization using artificial neural network and GIS Journal of Computing in Civil Engineering, 13(3): 153-161.
14. Gholami, G. and M.R. Khaleghi. 2013. The impact of vegetation on the bank erosion (case study: the Haraz river). Journal Soil & Water Res, 8(4): 158-164.
15. Gholami, V., M.J. Booij, E.N. Tehrani and M.A. Hadian. 2018. Spatial soil erosion estimation using an artificial neural network (ANN) and field plot data. J Catena, 163: 210-218.
16. Gray, D. 2016. Effect of slope shape on soil erosion, Journal of civil nviron eng, (6)3: 1000231. DOI: 10.4172/2165-784X.1000231.
17. Haigh, M.J. 1977. The use of erosion pins in the study of slope evolution. In, Shorter Technical Methods (ll). Technical Bulletin No. 18, British Geomorphological Research Group. Geo Abstracts: Norwich, UK; 31-49.
18. Hancock, G.R., R.J. Loughran, K.G. Evans and R.M. Balog. 2008. Estimation of Soil Erosion Using Field and Modelling Approaches in an Undisturbed Arnhem Land Catchment, Northern Territory, Australia, Geographical Research, 46(3): 333-349. doi: 10.1111/j.1745-5871.2008.00527.x
19. Hancock, G.R and J.B.C. Lowry. 2015. Hillslope erosion measurement–a simple approach to a complex process. Hydrological Processes, 29: 4809-4816.
20. Ireland, H.A., C.F.S. Sharpe and D.H. Eargle. 1939. Principles of Gully Erosion in the Piedmont of South Carolina.
21. Joker, A., V. Gholami and A. Goli jirandeh. 2013. Principles and Concepts of Geographical Information System, Mazandaran University Press, 200 p (In Persian).
22. Kearney, P., S.J. Fonte, E. Garcia and M. Smukler. 2017. Improving the utility of erosion pins: absolute value of pin height change as an indicator of relative erosion, J. Catena. 163: 427-432. doi.org/10.1016/j.catena.12.008.
23. Keim, R.F., A.E Skaugset and M. Weiler. 2006. Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. Adv. Water Resource, 29(7): 974-986.
24. Kirkby, A.V.T and M.J. Kirkby. 1974. Surface wash at the semi-arid break in slope. Zeitschrift fur Geomorphologie Suppl, 21: 151-176.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

25. Kirkby, M.J., L.J. Bracken and J. Shannon. 2005. The influence of rainfall distribution and morphological factors on runoff delivery from dryland catchments in SE Spain, Catena. 62: 136-159, doi: 10.1016/j. catena.2005.05.002.
26. Las Heras, M.M., J.M. Nicolau, L.M. Martín, P. Bradford and B.W. Wilcox. 2010. Plot-scale effects on runoff and erosion along a slope degradation gradient. Water Resour Res, (46): 1-12. doi: 10.1029/2009WR007875.
27. Licznar, P. and M.A. Nearingb. 2003. Artificial neural networks of soil erosion and runoff prediction at the plot scale. Catena, 51: 89-114
28. Loughran, R.J. 1989: The measurement of soil erosion. Progress in Physical Geography, 13: 216-233
29. Maier, H., and G. Dandy. 2000. Neural networks for the predictions and forecasting of water resources variables: review of modeling issues and applications. Environmental Modeling and Software, 15: 101-124.
30. McCoord, N.M. and W.T. Illingworth. 1990. A practical guide to neural nets. Addison-Wesley, Publ. Co. the University of Michigan, 344 p.
31. Mosaffaie, J. and M.R. Ekhtesasi. 2016. Comparison of the relative sediment yield potential of lithological units using sediment grain color. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 10(32): 51-58.
32. Mosaffaie, J. and A. Talebi. 2014. A Statistical View to the Water Erosion in Iran. Extension and Development of Watershed Management, 2(5): 9-17.
33. Mosaffaie, J., M.R. Ekhtesasi and A. Salehpour Jam. 2017. Comparison of fingerprinting & field measurement of erosion in water sediment source tracing. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 12(40): 1-9.
34. Mosaffaie, J., M.R. Ekhtesasi and J.A. Salehpour. 2017. Seasonal variation of the erosion rate using direct measurement. Journal of Watershed Management Research, 30(2): 48-56.
35. Mosaffaie, J., M. Ekhtesasi, M. Dastorani, H. Azimzadeh and M. Zare Chahouki. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. Arabian journal of Geosciences, 8(8): 5971-5979. doi:10.1007/s12517-014-1628-z.
36. Nilsson, P., C.B. Uvo and R. Berndtsson. 2005. Monthly runoff simulation: Comparing and combining conceptual and neural network models. Journal Hydrol.xx. 1-20 pp.
37. Pierson, F.B., J.D. Batees, T.J. Svejcar and S.P. Hardegree. 2007. Runoff and erosion after cutting western juniper. Rangeland ecol & manage, 60: 285-292.
38. Rajurkar, M.P., U.C Kothyari and U.C. Chaube. 2004. Modeling of the daily rainfall-runoff relationship with artificial neural network, Journal Hydrology, 285(1/4): 96-113.
39. Riad, S., J. Mania, L. Bouchaou and Y. Najjar. 2004. Predicting catchments flow in a semi-arid region via an artificial neural network technique. Journal of hydrological process, 18(13): 2387-2393. doi: 10.1002/hyp.1469.
40. Sahour, H., V. Gholami, M. Vazifedan and S. Saeedi. 2021. Machine learning applications for water-induced soil erosion modeling and mapping. Soil and Tillage Research. 211, 105032.1-12.
41. Schumm, S.A. 1996. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, 67: 597-646.
42. Shi, Z., A. Wen, X. Zhang and D. Yan. 2011. Comparison of the soil losses from 7Be measurements and the monitoring data by erosion pins and runoff plots in the Three Gorges Reservoir region. China. Appl. Radiat. Isot, 69: 1343-1348.
43. Shokrolahi, Sh., H. Moradi and GH. Dianati Tilaki. 2012. Investigation of the effect of soil properties and physiographic factors on plant cover (Case study: part of Pleur summer pastures). Scientific-Research Quarterly Journal of Rangeland and Desert Research of Iran, 19(4): 655-668 (In Persian).
44. Sun, J., X. Yu, H. Li, C.H. Yu, H. Wang, Z. Tu and H. Liang. 2016. Simulated erosion using soils from vegetated slopes in the Jiufeng Mountains. China. Catena, 136: 128-134.
45. Tahmasebi, P. and A. hezarkhani. 2009. Provide a way to optimize the neural network for estimating carats using information from the Sonajil-Ahar copper porphyry copper system. Journal of Earth Sciences, 21(81): 31-36 (In Persian).
46. Tokar, A.S. and M. Markus. 2000. Precipitation runoff modeling using artificial neural network and conceptual models. Journal of Hydrologic Engineering, 5: 156-161.
47. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agric. Handbook No. 282. US Department of Agriculture, Washington, DC.
48. Yair, A. and H. Lavee. 1974. Areal contribution to runoff on scree slopes in an extreme arid environment. A simulated rainstorm experiment. Zeitschr. Fur Geom.
49. Zarechahooki, M., M. Abasi and H. Azarnivand. 2012. Assessing the capability of the artificial neural network model in predicting the spatial distribution of plant species (Case study: Middle Taleghan rangelands). Rangeland Scientific-Research Journal, 8(2): 106-115 (In Persian)
50. Zarepoor, M., A. Shirzadi and S.M. Beiranvand. 2012. Artificial neural networks and border security. Research Security Quarterly, 11(38): 219-240 (In Persian).
51. Zhao, Z., T.L. Chow, H.W. Rees, Q. Yang, Z. Xing and F.R. Meng. 2009. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. Comput Electron Agri, 65(2009): 36-48.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]

Estimation of Soil Erosion using Artificial Neural Network (ANN) and Geographic Information System (GIS) on the Rangeland Hillslopes

Vahid Gholami[1], Farhad Borna[2] and Mohammad Ali Hadian[3]

1- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan,
(Corresponding Author: gholami.vahid@gmail.com)
2- Graduated from the Department of Rangeland, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Assistant Professor of Mazandaran Agricultural and Natural Resources Education and Research Center, Soil Protection and Watershed Management Department
Received: 31 July, 2021 Accepted: 5 October, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Soil erosion is one of the most important problems in natural resources management, especially on the e rangeland hillslopes. Further, soil erosion estimation using field measurement is expensive and time-consuming. Therefore, models can be efficient tool for performing an exact estimation in a short time and a low cost. The aim f this study is to present a methodology to estimate soil erosion on the rangeland hillslopes.

Material and Methods: In this study, the annual rates of soil erosion have been studied using erosion pins on the rangeland hillslope in the of Kasilian watershed in Mazandaran Province. Annual soil erosion rates were measured using 109 erosion pins (one year after the its establishment) due to changes in soil surface and soil specific gravity. An artificial neural network (ANN) was used in NeuroSolutions software. Soil erosion rates were as the model output and the affecting factors of soil erosion were the inputs. The model inputs rangeland cover percentage, land slope, slope length, slope shape (land curvature) and soil texture (sand, clay and silt percentage). The modeling process was performed using the MLP network. All of the data were separated into three classes included training (65% data), cross-validation (10%), and test stage (25% data). The model was performed and optimized. Further, geographic information system (GIS) was used for mapping soil erosion rates based on the simulated erosion values.

Results: The results of the test stage proved the high performance of the ANN in estimating soil erosion (Rsqr = 0.9). Further, statistical analysis using SPSS software and the optimum structure of the network and sensitivity analysis showed that the most important factors of soil erosion are vegetation cover, slope shape, land slope, slope length and soil characteristics, respectively. Finally, the optimized network inputs were combined in a GIS environment with a pixel size of ten meters, and annual soil erosion map was generated by coupling the capabilities of ANN and GIS on the studied rangelands.

Conclusion: The proposed methodology can be used as an efficient and alternative method for field measurements of soil erosion in the highlands with a high performance.

Keywords: Kasilian Watershed, MLP, Modeling, Soil erosion map

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.12.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.24.147]