

مقایسه میزان کارایی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیون، منحنی‌سنجه رسوب در برآورد رسوب معلق روزانه

محمد شعبانی^۱، استادیار گروه آبخیزداری، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۷/۳۰

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۲/۰۱

چکیده

تعیین میزان فرسایش خاک و بار رسوبی رودخانه عملاً کاری مشکل است؛ بنابراین روش‌های مختلفی برای آن‌ها پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های نوین در حل مسائل مهندسی آب و همچنین برآورد رسوب معلق رودخانه‌ها، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی است که با الگوبرداری از شبکه مغز انسان، ضمن اجرای فرآیند آموزش، روابط درونی بین داده‌ها را کشف کرده و به موقعیت‌های دیگر تعمیم می‌دهد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی در برآورد رسوب معلق روزانه نسبت به مدل‌های رگرسیونی (منحنی‌سنجه رسوب) است. بدین منظور، ابتدا آمار هم‌زمان دبی آب و دبی رسوب رودخانه شور خارستان در خروجی حوزه آبخیز، در طی یک دوره آماری ۲۲ ساله جمع‌آوری گردید و پس از رفع نواقص آماری و حذف داده‌های پرت، از آن‌ها برای مدل‌سازی رسوب معلق روزانه با استفاده از روش شبکه عصبی و مدل رگرسیونی خطی استفاده شد. سپس نتایج به‌دست آمده از دو روش شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی (منحنی‌سنجه رسوب)، بر اساس معیارهای RMSE، MAE و R2 ارزیابی شد. نتایج نشان داد که برآورد روش شبکه عصبی مصنوعی، در مقایسه با برآورد مدل رگرسیون خطی (منحنی‌سنجه رسوب)، دقت بالاتری دارد؛ به‌طوری‌که مقدار RMSE، MAE و R2 برآورد شبکه عصبی به‌ترتیب، برابر با ۱۹/۲۷، ۱۲/۱۴ و ۰/۹۸ و برای مدل رگرسیون خطی، به‌ترتیب برابر با ۳۶/۸۴، ۲۰/۷۵ و ۰/۷۴ است که نشان‌دهنده پایین بودن خطا در مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل رگرسیون خطی است.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز، خارستان، رگرسیون خطی، رودخانه شور، فرسایش خاک

مقدمه

فرسایش خاک و انتقال رسوب دو پدیده طبیعی‌اند که در شرایط جغرافیایی مختلف به‌وقوع پیوسته و باعث ایجاد مشکلات اساسی در حوزه‌های آبخیز می‌شوند. برآورد دقیق دبی رسوب، در طراحی مخازن، جابه‌جایی رسوب، برآورد آلودگی دریاچه‌ها، طراحی آبراهه‌ها و لای‌روبی آن‌ها بعد از سیلاب‌ها، تعیین زیان‌های ناشی از رسوب‌گذاری بر محیط‌زیست و تعیین میزان تأثیر بر مدیریت آبخیزها، کاربرد دارد. اندازه‌گیری مستقیم غلظت رسوب به روش‌های متداول در حوزه‌های آبخیز، عملاً مشکل بوده و یا عموماً مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی است و گاهی نیز دارای دقت کافی نیست (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶). روش معمول برای برآورد رسوب در علم هیدرولوژی، استفاده از منحنی‌سنجه رسوب است. در واقع از طریق داده‌های آب‌سنجی و رسوب‌سنجی و با توجه به اینکه دبی رسوب Q_s ، تابعی از دبی جریان Q_{17} است، رابطه‌ای رگرسیونی بین این دو استخراج می‌شود که به منحنی‌سنجه رسوب معروف است. با استفاده از ارقام دراز مدت دبی جریان در رودخانه، بار معلق دراز مدت رودخانه برآورد می‌شود. هرچند دبی رسوب در رودخانه، تابع دبی جریان است، ولی این عامل تنها عامل موثر بر دبی رسوب نیست؛ بنابراین، تعیین دبی

¹ mohamshabani@yahoo.com

رسوب با استفاده از این روش عموماً همراه با خطاست. از طرف دیگر، دخالت سایر عوامل موثر بر انتقال رسوب، باعث پیچیده‌تر شدن معادله شده، تعیین مقادیر عددی آن عوامل نیز بسیار مشکل و در مواردی غیر ممکن است (مساعدی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین بهتر است ضمن اینکه دبی رسوب به‌عنوان تابعی از دبی جریان در نظر گرفته می‌شود، با اعمال روش‌هایی، کاهش خطای برآورد دبی رسوب اقدام نمود.

یکی از روش‌هایی که امروزه در حل مسائل مختلف هیدرولوژی و منابع آب و سایر مشکلاتی که به‌راحتی قابل حل نیستند، رواج زیادی یافته است، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ (ANNs) است (Kumorjain, ۲۰۰۱). ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی، از شبکه عصبی انسان الگو گرفته است و تقریباً قادر به انجام عملیاتی همانند سامانه‌های عصبی انسان، ولی در اندازه و ابعاد بسیار ابتدایی است. شبکه عصبی مصنوعی، یک سامانه پردازش عملیات بوده که دارای ویژگی‌هایی شبیه مغز انسان است (منهاج، ۱۳۸۱؛ Jam و Faelli, ۲۰۰۰). مهم‌ترین دلیل استفاده از این روش، مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی و قدرت بالای آن در برقراری روابط غیر خطی بین متغیرهای ورودی و خروجی است (نجفی نیسانی و همکاران، ۱۳۸۴). ارتباط بین روان‌آب و بارش به‌طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از این روش مدل‌سازی شده است؛ همچنین این شیوه یک ابزار قدرتمند برای حل مسائل مختلف آب‌های زیرزمینی به‌شمار می‌رود (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶).

در زمینه کارایی شبکه عصبی در برآورد رسوب معلق، تحقیقات مختلفی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۶) به‌منظور برآورد رسوب معلق حوزه آبخیز زرد رامهرمز در استان خوزستان، از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه^۲ استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که برآوردهای مدل شبکه عصبی، در مقایسه با مدل رگرسیونی دارای دقت بالاتری است. مساعدی و هاشمی (۱۳۸۴)، در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که خطای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به‌طور متوسط، نصف خطای مدل‌های منحنی سنجه رسوب است. بایزیدی و همکاران (۱۳۸۴)، عمل‌کرد شبکه عصبی پرسپترون چندلایه را در برآورد بار معلق روزانه بررسی کرده و با مقایسه نتایج این مدل با رگرسیون چند متغیره و همچنین منحنی سنجه رسوب، به برتری شبکه عصبی پرسپترون؛ نسبت به مدل‌های یاد شده، دست یافتند، اما در عین حال بیان کردند که این برتری قابل ملاحظه نبوده و به‌منظور افزایش دقت مدل، به بررسی‌های پیش‌تری نیاز است.

نجفی‌نیسانی و همکاران (۱۳۸۴)، با استفاده از آمار ماهانه دبی آب و دبی رسوب دو رودخانه از سر شاخه‌های زاینده‌رود و با کاربرد شبکه عصبی، توانستند تغییرات رسوب معلق را با دقت بالا برای منطقه مورد نظر مدل‌سازی و استفاده از این روش را در بررسی‌های آتی توصیه نمایند. سارنگی و همکاران (۲۰۰۵)، به‌منظور پیش‌بینی بار رسوبی حوضه‌ای در ایالت کبک کانادا از روش شبکه عصبی استفاده نموده و نتایج آن را با برآوردهای رگرسیونی مقایسه نمودند. در این بررسی، آنان از ویژگی‌های ژئومرفولوژی حوضه، مانند نسبت انشعاب، ضریب مساحت، ضریب طول آبراهه و ضریب پستی و بلندی در برآورد بار رسوبی استفاده و بیان کردند که استفاده از این داده‌ها موجب افزایش دقت برآوردها در هر دو روش شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی شده است. Agrowal و همکاران (۲۰۰۴)، دبی رسوب معلق رودخانه‌ای در هندوستان را با استفاده از یک شبکه عصبی مصنوعی با الگوی یادگیری متفاوت مدل‌سازی کرده و به این نتیجه رسیدند که الگوی پسانتشارخطا^۳، بهترین الگوی یادگیری شبکه عصبی در مسائل هیدرولوژیکی است. Murat و Cigizoglu (۲۰۰۷)، برای شبیه‌سازی بار معلق با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از دو الگوریتم آموزش پسانتشار خطا و توابع شعاعی استفاده کرده و از مقادیر به دست آمده در این دو روش، به‌منظور رسم نمودارهای رسوب استفاده کردند؛ نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که الگوریتم پسانتشار خطا، بار رسوبی رودخانه را با دقت بهتری برآورد می‌کند. معماریان خلیل‌آباد و همکاران (۲۰۰۶)، رابطه دبی آب و رسوب معلق رودخانه بار نیشابور

¹ Artificial Neural Networks

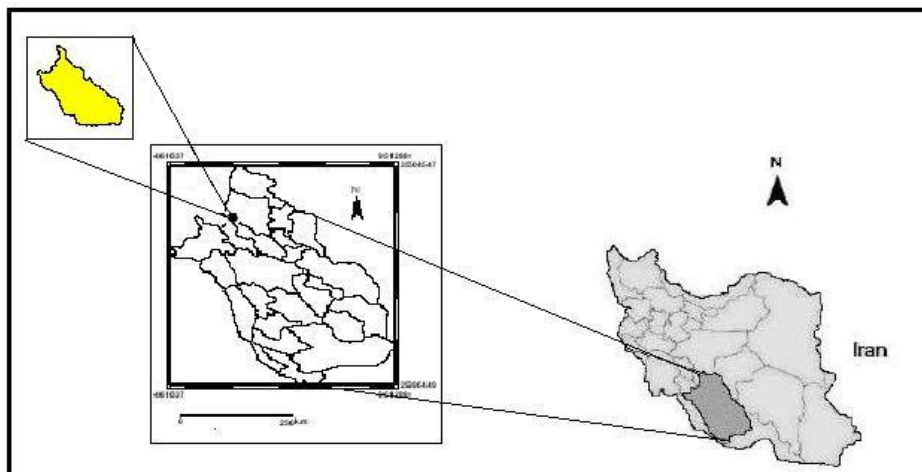
² Multy layer preceptron

³ Back propagation

را با استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه مدل‌سازی کرده. و اظهار نمودند که این روش، در جایی که شمار پیوسته‌ای از دبی آب و غلظت رسوب وجود ندارد، قابل استفاده نیست.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز خارستان یکی از زیرحوزه‌های آبخیز سد درودزن است که در دامنه جنوبی رشته کوه‌های زاگرس و در شهرستان اقلید واقع در استان فارس قرار دارد. این حوضه، در محدوده جغرافیائی ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۵۲ درجه و صفر دقیقه و صفر ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۴ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی با مساحتی نزدیک به ۱۴۶/۸۵ کیلومتر مربع و محیطی برابر با ۶۸/۱۰ کیلومتر واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه، از شمال به دهستان دژکرد، از شرق به دهکده سفید، از جنوب به روستای چوبخله و از غرب به دهستان کاکان متصل است؛ ارتفاع حداکثر، حداقل و متوسط وزنی آن به ترتیب ۳۰۴۰، ۱۹۰۰ و ۲۳۳۷ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی آن ۲۵/۶۷ درصد است. متوسط بارندگی منطقه بر اساس ترسیم خطوط هم‌باران، ۵۸۰/۷۵ میلی‌متر و متوسط دمای منطقه، برابر با ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه از نوع کوهستانی و نیمه مرطوب محاسبه شده است. شغل بیش‌تر ساکنین این حوضه، کشاورزی، باغداری و دامداری است. مهم‌ترین محصولات باغی در منطقه، سیب، بادام، گردو، آلو و هلو، محصولات کشت آبی گندم، جو، یونجه و کدو و محصولات کشت دیم شامل گندم، جو و عدس است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز خارستان بر روی نقشه استان فارس و شهرستان اقلید

روش تحقیق

برای انجام این تحقیق ابتدا آمار غلظت رسوب، اندازه‌گیری شده و دبی جریان روزانه در طول دوره آماری ۲۲ ساله (۱۳۸۶-۱۳۶۵) ایستگاه آب‌سنجی جمال‌بیگ، واقع در رودخانه شور خارستان جمع‌آوری و با استفاده از رابطه ۱، مقادیر غلظت‌های رسوب اندازه‌گیری شده به دبی رسوب تبدیل گردیدند.

$$Q_s = 0.0864 C Q_W \quad (1)$$

که در آن، C غلظت مواد معلق بر حسب گرم در لیتر، Q_W دبی آب بر حسب مترمکعب بر ثانیه و Q_s دبی رسوب بر حسب تن در روز است. پس از آن، آزمون داده‌های پرت با استفاده از روابط ۲ و ۳، که به‌وسیله انجمن مهندسی آب آمریکا ارائه شده است (مهدوی، ۱۳۸۴)، بر روی داده‌ها صورت گرفت.

$$y_H = \bar{y} + K_N S_y \quad (2)$$

$$y_L = \bar{y} - K_N S_y \quad (3)$$

که در آن‌ها، y_L و y_H ، لگاریتم آستانه‌های بالا و پایین داده‌های پرت، \bar{y} و S_y میانگین و انحراف معیار لگاریتم داده‌ها و K_N ضریب مربوط به روش داده‌های پرت بوده که از جداول مخصوص برحسب تعداد داده‌ها (N) به دست می‌آید. سپس بین مقادیر دبی رسوب و مقادیر جریان اندازه‌گیری شده رابطه رگرسیونی برقرار و منحنی‌سنجه رسوب استخراج گردید. رابطه بین دبی آب و رسوب به‌طور معمول به‌صورت یک رابطه نمایی $Q_S = a Q_w^b$ است (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶). ثابت‌های منحنی‌سنجه (a و b) را می‌توان از طریق مدل‌های خطی و غیرخطی به دست آورد. برآورد به دست آمده از مدل غیرخطی، بر پایه روش سعی و خطا حاصل می‌شود که همیشه به پاسخ نمی‌رسد. علاوه بر این، مقدار خطای باقی‌مانده نیز قابل محاسبه نیست که همین امر باعث کاهش درستی کار می‌شود؛ به همین دلیل در محاسبه ثابت‌های منحنی‌سنجه، از روش خطی استفاده می‌شود. از مدل‌های خطی می‌توان به مدل لگاریتمی و مدل حد وسط دسته‌ها اشاره نمود (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶). در روش خطی، بایستی داده‌ها به حالت لگاریتمی تبدیل شوند. در این تحقیق، از مدل رگرسیونی خطی لگاریتمی استفاده و رابطه لگاریتمی بین دبی آب و دبی رسوب تعیین گردید؛ علاوه بر آن برآورد دبی رسوب به کمک شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. برای استفاده از این روش، ابتدا داده‌ها به دو دسته آموزش و آزمون تقسیم شدند؛ به طوری که ۸۰ درصد داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزش^۱ و ۲۰ درصد باقی‌مانده به‌عنوان داده‌های آزمون^۲ شبکه انتخاب شد. پس از آماده‌سازی داده‌ها، به منظور مدل‌سازی اطلاعات، از نرم‌افزار Qnet2000، که ساختار آن بر اساس روش شبکه پیش‌خور^۳ است، استفاده شد؛ این نرم‌افزار با استفاده از شبکه پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس‌انتشار خطا، آموزش می‌بیند (شجاعی‌اردکانی و سبزواری، ۱۳۸۵). با تغییر در لایه‌های پنهان و ترکیب معادلات مختلف، ساختار متفاوتی از شبکه عصبی مصنوعی ایجاد می‌شود که از بین آن‌ها ساختار بهینه انتخاب می‌شود. پس از انتخاب ساختار بهینه و آموزش آن، شبکه با داده‌های بسته آزمون ارزیابی شد. به منظور بررسی توانایی شبکه عصبی در برآورد رسوب معلق رودخانه، در مقایسه با مدل رگرسیونی (منحنی‌سنجه رسوب)، نتایج برآورد هر دو مدل با استفاده از معیارهای MAE (میانگین خطای مطلق) RMSe (ریشه دوم میانگین مربع خطا) و R2 (ضریب تعیین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی)، که به ترتیب در روابط ۴ تا ۶ نشان داده شده‌اند، ارزیابی و میزان دقت و خطای هر روش بررسی شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - \bar{Z}(x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n [Z(x_i) - \bar{Z}(x_i)]^2} \quad (6)$$

که در آن‌ها، n تعداد نقاط مشاهده‌ای، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی بر نقطه x_i ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه x_i و $\bar{Z}(x_i)$ میانگین مقادیر مشاهده‌ای است.

نتایج و بحث

جدول ۱ مقادیر برخی پارامترهای مربوط به دبی آب و دبی رسوب رودخانه شور خارستان را نشان می‌دهد. شکل ۲ نتایج مربوط به رابطه رگرسیونی بین دبی آب و دبی رسوب (منحنی‌سنجه رسوب) همراه با معادله رگرسیونی حاکم بر

¹ Training

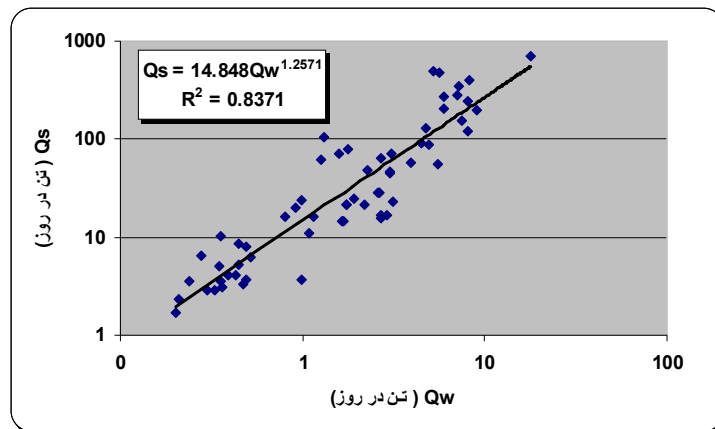
² Test

³ Feed forward networks

آن را نشان می‌دهد. ویژگی‌های مربوط به ساختار بهینه شبکه عصبی، در جدول ۲ آمده است. نتایج ارزیابی مقادیر برآورده شده به وسیله مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیونی، که بر اساس معیارهای RMSE و MAE و R2 صورت گرفت، در جدول ۳ ارائه شده است. شکل ۳، مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده با منحنی‌سنجه رسوب و شکل ۴، مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده به وسیله شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد

جدول ۱- مقادیر برخی آماره‌های مربوط به دبی آب و دبی رسوب رودخانه شور خارستان

دبی رسوب (tonday^{-1})	دبی آب ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	فاکتور
۷۴/۸۸	۲/۶۸	میانگین
۱۳۰/۵۰	۲/۹۷	انحراف معیار
۷۱۴/۲۲	۱۷/۷۹	بیشینه
۰/۷۳۰	۰/۱۸	کمینه



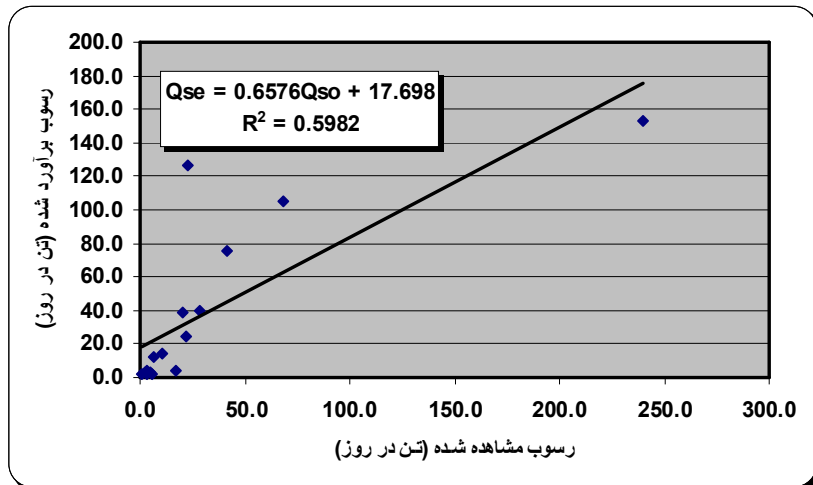
شکل ۲- منحنی سنجه رسوب ایستگاه آب‌سنجی جمال‌بیگ واقع بر رودخانه شور خارستان

جدول ۲- مشخصات ساختار بهینه شبکه عصبی مورد استفاده

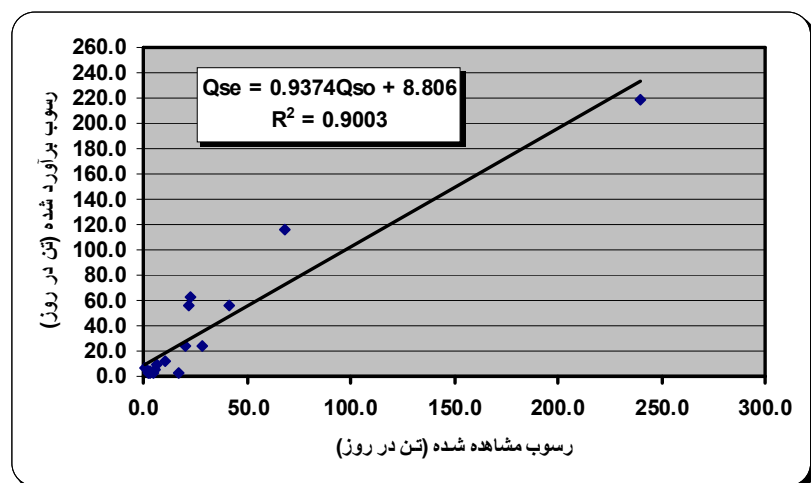
۱	تعداد نرون لایه ورودی
۲۰	تعداد نرون لایه مخفی اول
۷	تعداد نرون لایه مخفی دوم
۱	تعداد نرون لایه خروجی
گوسین - سیگموئید - سیگموئید	تابع محرک نرون‌ها
۰/۰۱	نرخ یادگیری
۰/۸	ضریب گشتاور
۲۰۰۰۰۰	تعداد تکرار

جدول ۳- ارزیابی نتایج به دست آمده از شبکه عصبی و مدل رگرسیونی

مدل	RMSE	MAE	R ²
مدل رگرسیونی	۳۶/۸۴	۲۰/۷۵	۰/۷۴
شبکه عصبی	۱۹/۲۷	۱۲/۱۴	۰/۹۸



شکل ۳- مقایسه مقادیر رسوب مشاهده شده (Qso) و برآورد شده (Qse) با منحنی سنجه رسوب



شکل ۴- مقایسه مقادیر رسوب مشاهده شده (Qso) و برآورد شده (Qse) توسط مدل شبکه عصبی

اندازه‌گیری مستقیم میزان فرسایش خاک و رسوب در حوزه‌های آبخیز عملاً مشکل بوده و یا عموماً مستلزم صرف وقت و هزینه‌های زیادی است و گاهی نیز دارای دقت کافی نیست. از طرف دیگر، روش‌های برآورد میزان فرسایش خاک و رسوب نیز در بسیاری از موارد دارای خطاهای زیاد و دقت‌های متفاوت است. هدف از انجام این تحقیق، مقایسه میزان کارایی دو روش شبکه عصبی و مدل رگرسیونی (منحنی‌سنجه رسوب) در برآورد میزان رسوب رودخانه شور خارستان واقع در خروجی حوزه آبخیز خارستان بوده که برای داده‌های اندازه‌گیری شده روزانه دبی آب و دبی رسوب انجام گرفت.

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که ساختار بهینه شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق، دارای ساختار پرسپترون چهار لایه با یک نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی اول، ۷ نرون در لایه میانی دوم و ۱ نرون در

لایه خروجی بوده که با استفاده از قانون یادگیری پس انتشار خطا، پس از ۲۰۰ هزار تکرار توانست روال آموزش را طی کند و خطای متوسط شبکه را به حد قابل قبولی برساند. علاوه بر این، نتایج حاصل از مقایسه مقادیر $RMSE$ ، MAE و R^2 مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی نشان داد که مقدار $RMSE$ و MAE مربوط به مدل شبکه عصبی ($RMSE=19/27$ و $MAE=12/14$)، در مقایسه با $RMSE$ و MAE مدل رگرسیون خطی ($RMS=36/84$ و $MAE=20/75$)، کم تر و مقدار R^2 مدل شبکه عصبی ($R^2=0/98$)، نسبت به مدل رگرسیونی ($R^2=0/74$)، بیش تر است (جدول ۳). از آنجایی که معیار انتخاب مدل مناسب در برآورد بهتر رسوب $RMSE$ و MAE پایین تر و R^2 بالاتر است، بنابراین نتیجه گیری می شود که برآوردهای شبکه عصبی در مقایسه با مدل رگرسیون خطی، دارای دقت بالاتر و خطای پایین تر بوده و توانسته است تغییرات بار رسوبی رودخانه را بر پایه دبی روزانه بهتر از مدل رگرسیونی برآورد نماید. علاوه بر این، با مقایسه اشکال ۳ و ۴ مشاهده می شود که شیب خط و ضریب همبستگی رابطه بین مقادیر اندازه گیری شده، و دبی رسوب سالانه برآورد شده به وسیله شبکه عصبی ($0/90$ ، $R^2=$ نسبت به مدل رگرسیونی با $R^2=0/58$)، بالاتر بوده و به یک نزدیک تر است. این امر نشان دهنده کارایی بهتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل رگرسیون خطی (منحنی سنج رسوب) در برآورد بار معلق است. لذا با توجه به نتایج به دست آمده جمع بندی می شود که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در برآورد پارامترهای هیدرولوژیک، مانند دبی رسوب، یک راه حل مناسب بوده، قادر است میزان رسوب معلق را در حوزه آبخیز خارستان با دقت بالاتر و سرعت بیشتر، نسبت به منحنی سنج رسوب، که در علم هیدرولوژی رایج است، برآورد نماید. علاوه بر این، برتری دیگر این روش، حساس نبودن آن به وجود تعداد محدودی خطا در داده های آماری است که همین امر، باعث برآورد بهتر مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل رگرسیونی شده است.

نتایج حاصل از این تحقیق، با نتایج دیگر محققان چون فیض نیا و همکاران (۱۳۸۶)، مساعدی و هاشمی (۱۳۸۴)، بایزیدی و همکاران (۱۳۸۴)، نجفی نیسیانی و همکاران (۱۳۸۴)، Agrowal و همکاران (۲۰۰۴)، Murat و Cigizoglu (۲۰۰۷) و معماریان خلیل آباد (۲۰۰۶) هم خوانی دارد. لازم به ذکر است که در این بررسی، تنها از شاخص های دبی آب و رسوبی استفاده شده است که به طور معمول در دسترس هستند؛ ولی ممکن است به دلیل وجود عواملی، مانند تعداد کم برداشت ها و برداشت های کم در سیلاب های بیشینه، داده ها دقت مناسبی نداشته باشند. بدیهی است عوامل دیگری مانند بارندگی، درصد پوشش گیاهی و شاخص های ژئومورفولوژی نیز تاثیر زیادی در رسوب خروجی از یک حوضه دارند؛ بنابراین پیشنهاد می شود که با در نظر گرفتن این عوامل و دیگر عوامل موثر در میزان رسوب دهی یک حوضه به عنوان ورودی های مدل، دقت برآوردها را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

- بایزیدی، ش.، م. یاسی، ر. فتاحی و ع. کارگر. ۱۳۸۴. پیش بینی و برآورد رسوب معلق روزانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مدل پرسپترون چند لایه. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، کرمان، صفحات ۵۶۱-۵۵۵.
- شجاعی اردکانی، ر. و ت. سبزواری. ۱۳۸۵. برآورد دبی رودخانه ها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. مجموعه مقالات نخستین همایش منطقه ای آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان، صفحات ۳۸-۳۲.
- فیض نیا، س.، ح. محمدعسگری و م. معظمی. ۱۳۸۶. بررسی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رسوب معلق سالانه. مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۰، شماره ۴، صفحه ۱۲۰۹-۱۱۹۹.
- مساعدی، ا. و س. ف. هاشمی. ۱۳۸۴. مقایسه کارایی شبکه عصبی مصنوعی در تهیه منحنی سنج رسوب. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، صفحات ۸۰۵-۸۰۱.
- منهاج، م. ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه های عصبی مصنوعی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.
- مهودی، م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- نجفی نیسیانی، ن.، م. حیدرپور و ح. گلمای. ۱۳۸۴. برآورد بار رسوب معلق با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. دومین کنفرانس آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.
- Agrowal, A., R.D. Singh, S.K. Mishra and P.K. Bhung. 2004. ANN-based sediment yield models for Vamsadhara river basin, India. Journal of Water S.A., 31(1):95-100.

9. Jam, L. and A.M. Faelli. 2000. Recent advances in artificial neural networks design and applications. C.R.C. Press.
10. Kumorjain, S. 2001. Development of integrated sediment rating curve using ANNs. Journal of Hydraulic Engineering, 127(1):30-37.
11. Memarian Khalilabad, H., S. Zakikhani and S. Feiznia. 2006. River suspended sediment yield investigation by neural network, a case study of Bar River, Neyshaboor, Iran. International Symposium on Sediment Dynamic and Hydromorphology of Fluvial System, Poster report Booklet, Dundee, Scotland, 65-70.
12. Murat, A. and H.K. Cigizoglu. 2007. Suspended sediment load simulation by two artificial neural network method using hydrometeorological data. Journal of Environmental Modelling Software, 22:2-13.
13. Sarangi, A., C.A. Madramootoo, P. Enright, S.O. Prasher and R.M. Patel. 2005. Performance evaluation of ANN geomorphology based models for runoff and sediment yield prediction for Canadian Watersheds. Journal of Current Science, 89:12-15.

Comparison of the efficiency of artificial neural networks method and regression model, sediment rating curve, for daily suspended sediment estimation

Mohammad Shabani¹, Assistant Professor, Department of Watershed Management, Arsanjan Unit, Azad Islamic University, Iran

Received: 19 February 2009

Accepted: 21 October 2009

Abstract

Estimation of soil erosion and sediment yield in a river is a difficult task and several methods have been suggested for its estimation. One the new methods in river engineering and suspended sediment estimation is application of artificial neural networks which uses the same algorithm of human brain to find out the internal relation between data based on the training process. The objective of current study is to explore the capability of artificial neural networks method for estimation of daily suspended sediment in Kharestan watershed located in the northwest of Fars province, Iran. The study of efficiency is based on the comparison of neural network with regression models. For this purpose, 22 years of water and sediment discharge data of Shoor Kharestan River were considered and tested for outliers. Then the estimation was done based on neural networks and linear regression method (sediment rating curve) and were compared based on RMSE, MAE and R^2 . The results showed that estimation of neural network is more accurate than that of linear regression (sediment rating curve). The estimations of RMSE, MAE and R^2 for neural networks method was 19.27, 12.14 and 0.98 respectively while these values for linear regression were 36.84, 20.75 and 0.74 which showed the lower errors of neural networks method compared with linear regression.

Key words: Kharestan, Linear regression, Shoor River, Soil erosion, Watershed

¹ mohamshabani@yahoo.com