

گزارش فنی

مقدمه

تخمین دقیق بار رسوبی رودخانه‌ها در امر بهداشت و سلامت و نیز مهندسی هیدرولیک حایز اهمیت است. لذا بار رسوبی از نقطه نظر مواد آلاینده حمل شده توسط بار رسوبی معلق، اهمیت فزاینده‌ای را دارد [۷]. از این لحاظ، شبکه عصبی مصنوعی از جمله مدل‌های شبیه‌سازی است که می‌تواند با دقت مناسبی واقعیات موجود را به تصویر بکشد و پیش‌بینی آن به واقعیت نزدیک‌تر باشد [۳]. نتایج تخمین بار رسوبی رودخانه گرگانرود توسط مساعدی و نجفی [۴] نشان داد که خطای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به طور متوسط نصف خطای مدل‌های منحنی سنج رسوب می‌باشند. نجفی و همکاران [۵] با تخمین و مقایسه بار رسوب معلق رودخانه زاینده رود با استفاده از مدل شبکه عصبی MLP⁴ و روش‌های GRNN و رگرسیون آماری نشان دادند که نتایج حاصل از مدل MLP در مقایسه با این روش‌ها، تطابق بیشتری با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. همچنین نتایج جلالی و همکاران [۱] با برآورد بار معلق رودخانه نکارود با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و منحنی سنج، نشان دهنده برتری نسبی شبکه عصبی نسبت به منحنی سنج رسوب بود. فیض نیا و همکاران [۲] با برآورد بار معلق روزانه در حوزه آبخیز زرد رامهرمز خوزستان با استفاده از روش‌های شبکه عصبی و رگرسیون نشان دادند که مدل شبکه عصبی دقت بالاتری را در برآورد بار معلق روزانه دارد. سیگی زوگلو [۶] اقدام به برآورد بار معلق در رودخانه در انگلستان با استفاده از روش ANN و منحنی‌های سنج نمود. نتایج او نشان داد که مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به ارائه اطلاعاتی حتی در مورد ساختار وقایع همچون پدیده پسماند^۵ در رابطه دبی و رسوب نیز تاثیر شرایط پیشین است. ژو و همکاران [۸] با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی رسوب معلق ماهانه را در رودخانه لانگ شوان چیان^۶ واقع در حوزه بالادست رودخانه یانگ تسه در چین مدل‌سازی نمودند و نشان دادند هنگامی که متغیرهای ورودی و تاثیر تاخیر (Lag) زمانی آنها بطور صحیح بعنوان متغیرهای ورودی وارد مدل شوند، ANN دقت نسبتاً بالاتری را در مقایسه با روش‌های رگرسیونی چند متغیره داشته و نیز این روش مقادیر دبی حد (حداکثر و حداقل) را نزدیکتر به

ارزیابی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی در تخمین هوشمند رسوب معلق روزانه در چند ایستگاه هیدرومتری منتخب در استان گلستان

اکبر بابائی^۱، حمید پهلوانی^۲ و علی سلاجقه^۳
تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۸/۰۵

چکیده

تخمین رسوب در رودخانه‌ها به منظور کاهش خسارات سیل، یکی از مسائل مهم پیش روی محققان می‌باشد. بدین منظور آنها تلاش کرده‌اند تا مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی را به منظور پیش‌بینی رسوب توسعه دهند. در این پژوهش مدل شبکه عصبی مصنوعی براساس مدل سه لایه پیش‌خور با الگوریتم پس انتشار خطا و تابع انتقال غیرخطی تانژانت اکسون برای پیش‌بینی رسوب معلق در سه ایستگاه هیدرومتری رامیان در حوزه قره چای، تقی‌آباد در حوزه جعفرآباد و ایستگاه سرمو در حوزه محمدآباد استفاده شد. ۸۰ درصد از داده‌ها برای آموزش مدل و ۲۰ درصد بقیه نیز جهت آزمون آن استفاده شدند. شاخص‌های MAE، RMSE و R^2 (ضریب تبیین) برای ارزیابی میزان دقت مدل شبکه عصبی استفاده شدند. نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص‌های آماری نشان دهنده کارایی مناسب مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوب معلق با ضریب تبیین بیش از ۰/۹۹، مجذور مربعات خطای کم تر از ۰/۰۱۶۶ و خطای مطلق متوسط کم تر از ۱۶/۵۴ بود. ضریب ناش- ساتکلیف محاسبه شده بالای ۰/۹۵ برای ایستگاه‌های فوق نیز نشان‌دهنده دقت بالای مدل شبکه عصبی در برآورد بار معلق بود.

واژه‌های کلیدی: رسوب معلق، شاخص‌های آماری، ضریب ناش- ساتکلیف و مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی.

۱- نویسنده مسئول و کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان master.student2007@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

4- Multi-layer perceptron

5- Hysteresis

6- Longchuanjiang

انتقال براساس کمترین خطای صحت سنجی به دست آمد. بدین ترتیب همه اجزاء فنی مدل شبکه عصبی مصنوعی با روش سعی خطا تعیین شد و در پیکره نهایی مدل قرار داده شد. قبل از وارد نمودن مقادیر عددی مربوط به دبی رسوب و جریان به مدل این مقادیر نرمال شدند. سه سیگنال ورودی از این داده‌ها بر اساس تأخیر دبی جریان به همراه دبی رسوب در ساعات مختلف طراحی شد، هر سیگنال به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت و بهترین سیگنال به عنوان ورودی نهایی مدل شبکه عصبی بر اساس کمترین خطای صحت سنجی انتخاب شد.

در ادامه مدل با دو پارامتر دبی جریان و دبی رسوب در این سیگنال نهایی انتخاب شده اجرا شد. در این سیگنال ورودی، تعداد ۶۰ سری داده برای آموزش مدل، ۸۰ سری داده برای صحت سنجی مدل و تعداد ۱۰۰ سری داده برای آزمون مدل استفاده شد. از آن جایی که ضریب مومنتم نوعی اینرسی حرکتی برای تغییر وزن‌ها ایجاد می‌کند که سبب می‌شود با تعداد نمونه و زمان کمتری مدل به مرحله همگرایی برسد، در این پژوهش با قرار دادن مقادیر ۰/۲ تا ۲ برای ضریب مومنتم در مدل مقدار بهینه ضریب مومنتم بر اساس کمترین خطای صحت سنجی به دست آمد. در نهایت بهترین سیگنال بر مبنای شاخص‌های محاسبه شده فوق به ویژه ضریب ناش- ساتکیف برای گرفتن خروجی نهایی مدل انتخاب شد.

نتایج و بحث

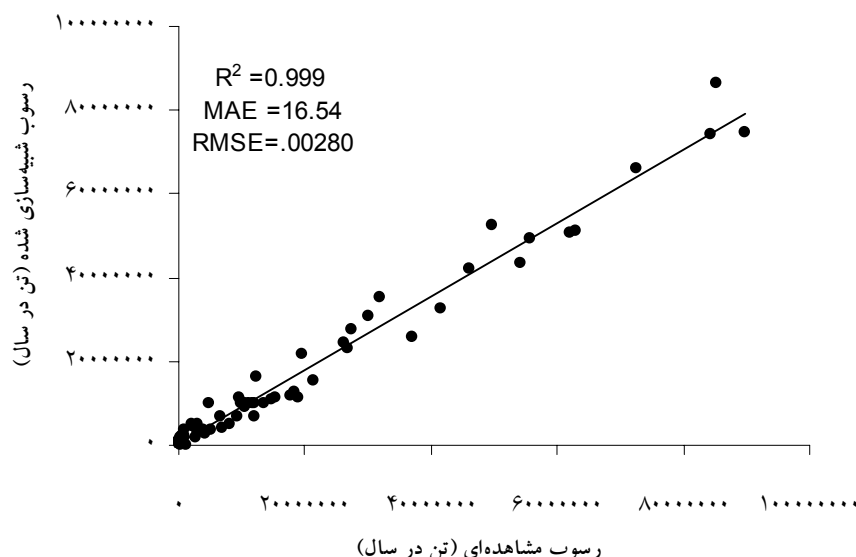
در این پژوهش از توابع تحریک و قوانین یادگیری مختلف نیز برای آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی شده، استفاده شد که از بین آنها تابع تحریک تانژانت آکسون منجر به نتایج بهتری شد.

مواد و روش‌ها

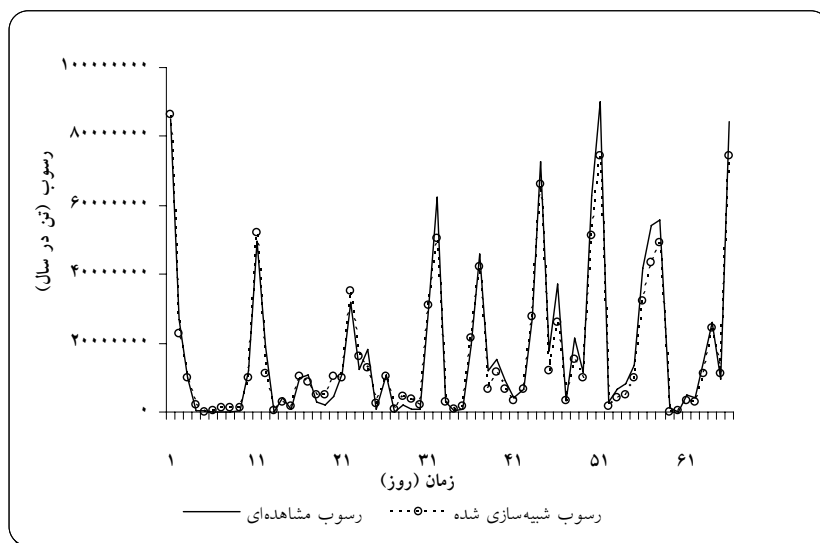
در این پژوهش جهت مدل‌سازی دبی-جریان رسوب از داده‌های ثبت شده دبی آب و رسوب همزمان در سه ایستگاه هیدرومتری تقی آباد در حوزه آبخیز جعفرآباد، ایستگاه سرمو در حوزه محمدآباد و رامیان واقع در حوزه قره چای در استان گلستان برای آموزش و مدل‌سازی در شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. برای کار با مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به محاسبه تعداد تکرار اولیه که خود آن نیازمند طراحی یک شبکه فرضی می‌باشد نیاز داریم (جدول ۱). بعد از تعیین تکرار محاسباتی اولیه تعداد نرون در دولایه مخفی شبکه بر اساس روش سعی و خطا و با توجه به کمترین خطای صحت سنجی در هر مرحله به محاسبه گردید. بدین معنی که با قرار دادن ۱ تا ۱۰ نرون در لایه اول مخفی و ۱ تا ۶ نرون در لایه دوم مخفی ۶۰ ترکیب نرونی در دو لایه به دست آمد و هر ترکیب به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس بهترین ترکیب بر اساس کمترین خطای صحت سنجی انتخاب شد. در مرحله بعد با قرار دادن تک تک توابع انتقال در مدل طراحی شده بهترین تابع

جدول ۱- خصوصیات مدل فرضی طراحی شده

ضریب مومنتوم	الگوی یادگیری	تابع انتقال	تعداد نرون لایه اول	تعداد نرون لایه دوم	مشخصات
۰/۴	مومنتوم	تانژانت آکسون	۴	۷	



شکل ۱- دیاگرام پراکنش داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در ایستگاه رامیان



شکل ۲- مقایسه رسوب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در ایستگاه رامیان

که متغیرهای ورودی مدل در مرحله پیش‌بینی خارج از محدوده ورودی‌های مرحله آموزش باشد محدود می‌شود، برای رفع این مشکل باید شکل‌های مختلفی از ورودی‌ها در مرحله آموزش مدل، به آن ارائه شود. لازم به ذکر است که نوع تابع انتقال نیز تاثیر مهمی روی خروجی و دقت مدل دارد. در کل مدل شبکه عصبی مصنوعی قابلیت خوبی را از خود در پیش‌بینی رسوب در ایستگاه‌های مذکور با توجه به ورودی‌های ارائه شده به آن نشان داد.

منابع

- ۱- جلالی، م.، سلیمانی، ک.، مجددی، ح. و امیدوار، ا. ۱۳۸۶. برآورد بار معلق رسوب ایستگاه هیدرومتری آبلو- نکارود با استفاده از منحنی سنج رسوب و شبکه عصبی مصنوعی، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، کرج، ص ۱۱۲۴-۱۱۱۵.
- ۲- فیض نیا، س.، محمد عسگری، ح. و معظمی، م. ۱۳۸۶. بررسی کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رسوب معلق روزانه (بررسی موردی حوزه آبخیز زرد رامهرمز، استان خوزستان)، فصلنامه منابع طبیعی دانشگاه تهران، دوره ۶۰، شماره ۴، ص ۱۱۹۹ تا ۱۲۱۰.
- ۳- محمدی، ی.، فتحی، پ.، نجفی نژاد، ع. و نورا، ن. ۱۳۸۷. تخمین دبی متوسط ماهانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: آبخیز قشلاق سنندج)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۵، شماره ۴، ص ۲۵۸ تا ۲۶۸.
- ۴- مساعدی، ا. و هاشمی نجفی، س.ف. ۱۳۸۴، مقایسه کارایی شبکه عصبی مصنوعی در تهیه منحنی سنج رسوب، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۵ صفحه.
- ۵- نجفی، ن. حیدرپور، م. و اسدی، ع. ۱۳۸۵. مقایسه منحنی سنج رسوب با مدل‌های MLP در تخمین رسوبات معلق رودخانه زاینده رود، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، ۹ صفحه.

به دست آمد.

شاخص‌های آماری نشانگر کارایی مناسب شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رسوب می‌باشند. ضریب تبیین برابر $(0.9920, 0.9993, 0.9990)$ ، ریشه میانگین مربعات خطا معادل^۱ $(0.163, 0.166, 0.028)$ و $RMSE=0.163$ و $MAE=0.163$ به ترتیب برای ایستگاه‌های رامیان، تقی آباد و سرمو می باشد. شکل (۱) دیاگرام پراکنش داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در ایستگاه رامیان و شکل (۲) نیز مقایسه رسوب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را در همین ایستگاه نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش رسوب معلق در سه ایستگاه تقی آباد، سرمو و محمد آباد و رامیان بر روی رودخانه قره چای با استفاده از مدل شبکه عصبی برآورد گردید. همچنین مشخص شد، بر خلاف منحنی سنج رسوب که دبی رسوب را فقط متأثر از دبی جریان متناظر در همان روز می‌داند. دبی رسوب علاوه بر دبی جریان متناظر، متأثر از دبی جریان در روزهای قبل نیز می‌باشد، مزیت اصلی مدل شبکه عصبی مصنوعی انعطاف‌پذیری و قابلیت آن برای مدل‌سازی روابط غیرخطی است. از معایب مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی مشکل بودن تعیین اجزاء فنی مدل می‌باشد که در حال حاضر با استفاده از روش سعی و خطا به دست می‌آیند. همچنین الگوریتم یادگیری این مدل با خطر سقوط در چاله موضعی که همراه با یادگیری غلط مدل و ایجاد خطای زیاد توسط مدل در امر شبیه‌سازی همراه است. قابلیت مدل شبکه عصبی مصنوعی در میانبایی کردن، زمانی

1- Root Square Error

2- Mean Absolute Error

2-13.

8- Zhu, Y.M., Lu, X.X. and Yue Z. 2007. Suspended sediment flux modeling with artificial neural network: An example of the Longchuanjiang River in the Upper Yangtze Catchment, China. *Geomorphology*, 84: 111–125.

6- Cigizoglu, H.K. 2002. Suspended sediment estimation for rivers using artificial neural networks and sediment rating curves. *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 26: 27–36.

7- Alp, M. and Cigizoglu, H. K. 2007. Suspended sediment load simulation by two artificial neural network methods using hydrometeorological data. *Environmental Modelling & Software*. 22(1):