همایش ملی
بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی
آبان ماه ۱۳۸۸ – دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

برآورد رسوبات معلق با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد)

محمدتقی دستورانی، خداکرم عظیمی فشی، علی طالبی، محمدرضا اختصاصی

استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد-دانشجوی کارشناسی ارشد منابع طبیعی (آبخیزداری) دانشگاه یزد

استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزددانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

چکیده

پدیده‌های فرسایش و انتقال رسوب در رودخانه‌ها یکی از مهمترین و پیچیده‌ترین موضوعات مهندسی رودخانه می-باشد. این پدیده‌ها اثرات ویژه‌ای بر روی شاخص های کیفی آب، کنش کف بستر رودخانه داشته و همچنین خسارات جبران ناپذیر به طرح های عمرانی آب وارد می‌نماید. پیش‌بینی دقیق میزان رسوب رودخانه‌ها اهمیت قابل توجهی در مدیریت منابع آب و طراحی و ساخت سازه‌های آبی دارد. در این تحقیق سعی گردیده است که کارایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوب معلق مورد ارزیابی قرار گیرد. با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مدل پرسپترون چند لایه) رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد روی رودخانه جامیشان پیش‌بینی گردیده و نتایج با منحنی سنجه رسوب مورد مقایسه قرار گرفته است. در پایان روشی که دارای کمترین خطا بوده به عنوان روش بهینه برای برآورد رسوب انتخاب شده است.

واژه‌های کلیدی: رسوبات معلق، شبکه عصبی مصنوعی، پرسپترون چند لایه، منحنی سنجه رسوب.

۱- مقدمه

فرسایش و رسوبگذاری بعنوان یک رفتار طبیعی رودخانه، منجر به از دست رفتن خاک حاصلخیز کشاورزی و ایجاد خسارت جبران ناپذیر به طرح های عمرانی آب مانند انباشت رسوبات در پشت سد ها و کاهش حجم مفید آنها، طراحی مخازن سدها، حفاظت سواحل و بنادر، طراحی، بهره‌برداری و نگهداری کانال‌های آبیاری و غیره می‌گردد. از سویی حمل رسوب بر روی شاخص های کیفی آب به لحاظ شرب و کشاورزی تاثیرگذار است از سوی دیگر برآورد مقدار رسوب در پروژه‌های حفاظت خاک، طراحی و اجرای سازه‌های آبی، آبخیزداری و نیز بهره‌برداری از منابع آب مورد نیاز است(۱). در این زمینه مدل‌های ریاضی و فرمول‌های تجربی به دلیل پیچیدگی و نیاز به تعداد زیاد پارامتر-های موثر در بسیاری از موارد کارایی چندانی نخواهند داشت. در سال‌های اخیر در زمینه کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در برآورد رسوب رودخانه‌ها تحقیقاتی انجام گرفته است. شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان عضوی از خانواده هوش مصنوعی در تعیین بار معلق توانا به نظر می‌رسند. این روش‌ها با الهام از مغز انسان و دستیابی به دانش نهفته در داده-ها روابط موجود بین آنها را بدست آورده و توانایی تعمیم در مواردی که مدل با آن مواجه نشده را دارد. در این روش‌ها مدل با استفاده از یک دسته سری داده‌ها آموزش می‌بینند و با استفاده از اطلاعات حاصل از داده‌ها، وزن‌های شبکه تعیین می‌شوند(۲).

شبکه عصبی مصنوعی در زمینه‌های مختلفی از مهندسی و رشته‌های مرتبط با آب مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله آردیکلیوگلو و همکاران (۲۰۰۷)[1] از شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد رسوبات معلق استفاده کردند آنها از دو الگوریتم feed-forward و back-propagation برای این کار استفاده کردند و نتایج آنها را با رگرسیون خطی چندگانه (MLR) مقایسه کردند که الگوریتم feed-forward نتیجه بهتری را نشان می دهد(۳). در تحقیق دیگری که توسط فیرات و همکاران[2] در سال (2008) انجام گرفته است از شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد عمق کنش پایه و اطراف پل‌ها استفاده شده است(۴). در تحقیق دیگری که توسط حمیدی و کایالپ[3] در سال (۲۰۰۷) انجام گرفته از شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد میزان رسوبات معلق در رودخانه دجله استفاده شده است(۵). در سال‌های اخیر نیز در داخل کشور از شبکه عصبی مصنوعی در زمینه‌های مختلف استفاده شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. در تحقیقی که توسط کرمی و همکاران (۱۳۸۵) انجام گرفته از شبکه عصبی برای پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه کارون استفاده شده است که شبکه دارای ساختار پرسپترون (MLP) بوده و این تحقیق نشان می‌دهد که شبکه توانایی بالایی در پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه کارون دارد(۶). در مطالعه دیگری که توسط مساعدی و همکاران (۱۳۸۵) انجام گرفته از شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد رسوب انتقالی در ایستگاه تمر واقع بر روی گرگانرود استفاده شده است. ساختار شبکه پرسپترون بوده که در مقایسه با منحنی سنجه رسوب نتایج بهتری را نشان می-دهد(۷). شوشتری و کاشفی‌پور (۱۳۸۵) از شبکه عصبی برای برآورد بار معلق (مطالعه موردی ایستگاه اهواز) استفاده کردند که از سه پارامتر دبی، عرض سطح آب و بارندگی روز قبل برای شبیه‌سازی استفاده شده که در مقایسه با روش USBR نتایج دقیق‌تری بدست آمده است(۸).

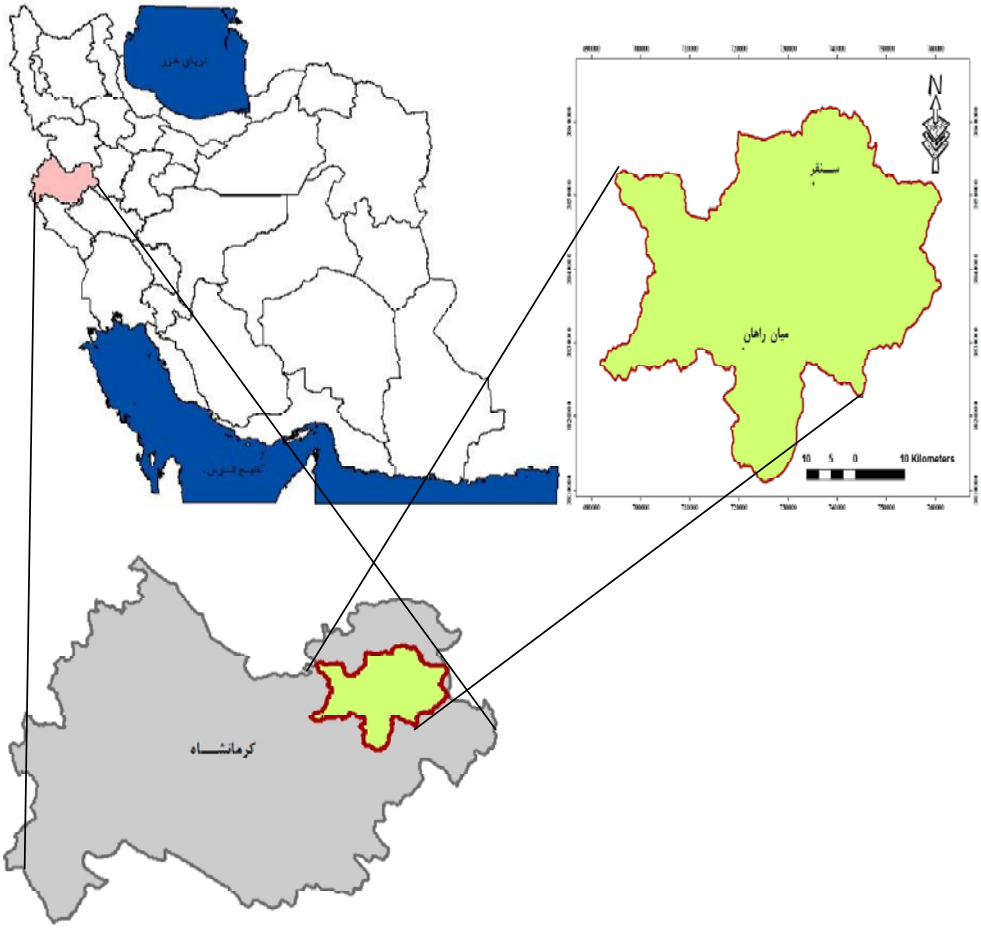
هدف از این مقاله استفاده از شبکه عصبی برای شبیه‌سازی بار معلق در رودخانه می باشد. این شبیه‌سازی با استفاده از شبکه پرسپترون چند لایه و الگوریتم پس انتشار خطا انجام شده است. در این راستا نتایج شبکه عصبی مصنوعی با نتایج حاصل از منحنی سنجه رسوب مقایسه می‌شود.

1- Mehmet Ardiclioglo and et.al
2- Mahmud Firat and et.al
3- Nizamettin Hamidi And Necati Kayaalp

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوزه آبخیز رودخانه جامیشان می‌باشد. حوزه آبخیز رودخانه جامیشان یکی از حوزه های استان کرمانشاه می‌باشد که بین سه شهرستان سنقر، بیستون و صحنه قرار گرفته است. این رودخانه یکی از رودخانه‌های دائمی استان بوده و به رودخانه گاماسیاب می‌ریزد. شکل (۱) محدوده این حوزه را نشان می‌دهد. در این مطالعه از داده‌های ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد (طول جغرافیایی ´۲۷ °۴۷ و عرض ´۲۵ °۳۴) استفاده شده است. این حوزه دارای رژیم برفی-بارانی است.



شکل(۱) نمایی از موقعیت و شکل حوزه آبخیز جامیشان

۲-۲- شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی یک برنامه نرم‌افزاری یا تراشه نیمه هادی است که بتواند همانند مغز انسان عمل نماید. در واقع یک شبکه عصبی مصنوعی ایده‌ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز به پردازش اطلاعات می‌پردازد. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی به نام نرون، تشکیل شده است که برای حل یک مسأله با هم هماهنگ عمل می‌کند. نظیر انسان‌ها، با مثال یاد می‌گیرند و با پردازش روی داده‌های

تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را، به ساختار شبکه منتقل می‌کند. در واقع شبکه عصبی مصنوعی مدل ریاضی است که توانایی مدل‌سازی و ایجاد روابط ریاضی غیر خطی برای درون‌یابی را دارد. شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع توسط یک سری محدود از داده‌های واقعی آموزش می بینند و چنانچه پارامترهای موثر بر پدیده مورد بررسی به صورت صحیح انتخاب و به شبکه داده شوند می‌توان انتظار داشت که جواب‌های منطقی از شبکه دریافت نمود. بدین ترتیب شبکه عصبی دیگر احتیاج به تحلیل روابط رگرسیونی متغییرهای وابسته ندارد که خود این تحلیل نیازمند داشتن داده‌های پایه است که می‌توان گفت که بدست آوردن این داده‌ها با توجه به شرایط کشور کار مشکلی است.
شبکه عصبی مصنوعی شامل قسمت‌های زیر می‌باشد:

۱- لایه ورودی: در این لایه، ورودی‌ها به دنیای خارج متصل شده‌اند. این لایه اساسا یک لایه کشنده می باشد که در آن ورودی بگونه‌ای ساده به لایه بعدی شبکه متصل شده‌اند. در این لایه هیچ پردازشی صورت نمی‌گیرد.

۲- لایه پنهان: لایه‌ای است که در آن پردازش انجام می‌شود. شبکه می‌تواند یک یا بیشتر از یک لایه میانی داشته باشد. تعداد این لایه‌ها و تعداد گره‌ها در هر لایه توسط طراح و طی فرایند آزمون و خطا بدست می‌آید.

۳-لایه خروجی: در این لایه، خروجی‌ها به دنیای خارج متصل می‌شوند و در آن بردارهای خروجی، نگاشت و استقرار می‌یابند(۹).

اغلب از قانون یادگیری پس انتشار خطا برای آموزش شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود که شبکه‌های چند لایه پرسپترون (MLP) هم نامیده می‌شود. به عبارتی توپولوژی شبکه‌های MLP با قانون یادگیری پس انتشار خطا تکمیل می‌شود. شبکه‌های عصبی عموما از قدرت برون‌یابی خوبی برخوردار نیستند به همین دلیل در انتخاب الگوی آموزشی باید این نکته مدنظر قرار گیرد. برای این منظور، پیش از آغاز کار شبکه عصبی، الگوها را به دو دسته الگوی آموزشی و الگوی تست تقسیم می‌کنند. الگوهای آموزشی بایستی تا حد امکان کل فضای داده‌ها را پوشش دهند. بدیهی است که تعداد بیشتر الگوهای آموزشی قابلیت تعمیم شبکه را بالا می‌برد. هر چند آموزش، فرایندی است که در طول زمان طولانی انجام می‌پذیرد ولی پس از تعمیم به سرعت می‌تواند به ازای هر ورودی، خروجی متناظر با آن را ارائه نماید(۱۰).

۳-۲- داده‌ها و روش‌های مورد آزمون

در این تحقیق از آمار و اطلاعات موجود در ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد و ایستگاه هواشناسی بیستون استفاده شده است. به این منظور از ۲۲۳ داده متناظر دبی جریان و دبی رسوب که به طور همزمان اندازه‌گیری شده‌اند استفاده شد.
در روش شبکه عصبی برای آموزش شبکه و طراحی، آموزش و تست شبکه عصبی ابتدا تعدادی از داده‌ها که معرف تمامی شرایط ممکن باشد را برای آموزش انتخاب کرده (۸۰ درصد) و بقیه داده‌ها جهت تست عملکرد شبکه آموزش دیده بکار می‌رود. نکته مهم در انتخاب داده‌های آزمون آنست که گستره وسیعی از انواع داده‌ها را در بگیرد. نکته مهم دیگر نرمالیزه کردن داده‌ها قبل از ورود به شبکه است، یعنی برای استفاده از تابع آستانه سیگموئیدی در لایه پنهان می‌بایست داده‌های ورودی پیش از آموزش شبکه عصبی نرمال شوند به گونه‌ای که داده‌ها به اعدادی بین ۰ تا ۱ تبدیل گردند. خروجی این تابع نیز صفر تا یک خواهد بود و شکل داده‌های ورودی به آن نقش مهمی در یادگیری شبکه ایفا می‌کند. برای ورودی‌های نزدیک به صفر و یا یک، تغییرات وزن نرون‌ها حداقل خواهد بود زیرا در این اعداد عناصر پردازشگر کند عمل می‌کنند. اصولا وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می شود(۱۱).

برای نرمال سازی از رابطه (۱) استفاده شده است:

$$X_n = \left(\frac{X - X_{\min}}{X - X_{\max}}\right) \quad (۱)$$

در این رابطه: X معرف داده مشاهده شده، X_{min} و X_{max} به ترتیب حداقل و حداکثر داده‌ها و X_n داده نرمال شده می‌باشد.

پس از انتخاب داده‌های آموزشی و تست اقدام به طراحی شبکه عصبی می‌گردد. برای آموزش شبکه عصبی از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

برای شبیه‌سازی از تعداد ۲۲۳ داده استفاده شد که ۱۷۸ به عنوان داده آموزشی و ۴۵ داده برای آزمون بکار برده شده است. تعداد گره در لایه‌های پنهان در جدول (۱) بررسی شده است.

جدول (۱) بررسی تعداد گره‌های لایه پنهان

تعداد گره در لایه پنهان	R^2	RMSE
1	91.22	180.0145
2	91.41	180.7620
3	90.68	183.5666
4	82.72	400.7551
5	10.12	453.0315
6	77.25	328
7	90.45	192.4774

بعد از این بررسی‌ها می‌توان گفت بهینه‌ترین حالت زمانی است که تعداد گره در لایه پنهان دو گره باشد و در این حالت شبکه بیشترین R^2 (ضریب همبستگی) را دارا می‌باشد.

۲-۴- مدل نهایی

شبکه عصبی مورد استفاده برای آموزش از نوع پرسپترون چند لایه و متد آموزشی پس انتشار خطا می‌باشد که با نرم-افزار MATLAB شبیه‌سازی شده است. لایه ورودی، ورودی‌های شبکه که شامل دبی آب، باران تجمعی (بارش همان روز که دبی برداشت بعلاوه پنج روز قبل) و دبی تجمعی (دبی روز برداشت بعلاوه دو روز قبل) را دریافت کرده و لایه خروجی دبی رسوب را نتیجه می‌دهد. با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام گرفته شده تعداد سه لایه پنهان دارای کارایی بیشتر و مقدار خطای کمتری بوده است. که در ابتدا با تعداد نرون کمتری آموزش شبکه را شروع کرده و به تدریج نرون‌ها را افزایش می‌دهیم. البته می‌توان تعداد تکرار را نیز تا حدی که تعداد خطا ثابت می‌شود افزایش داد.

۳- نتایج و بحث

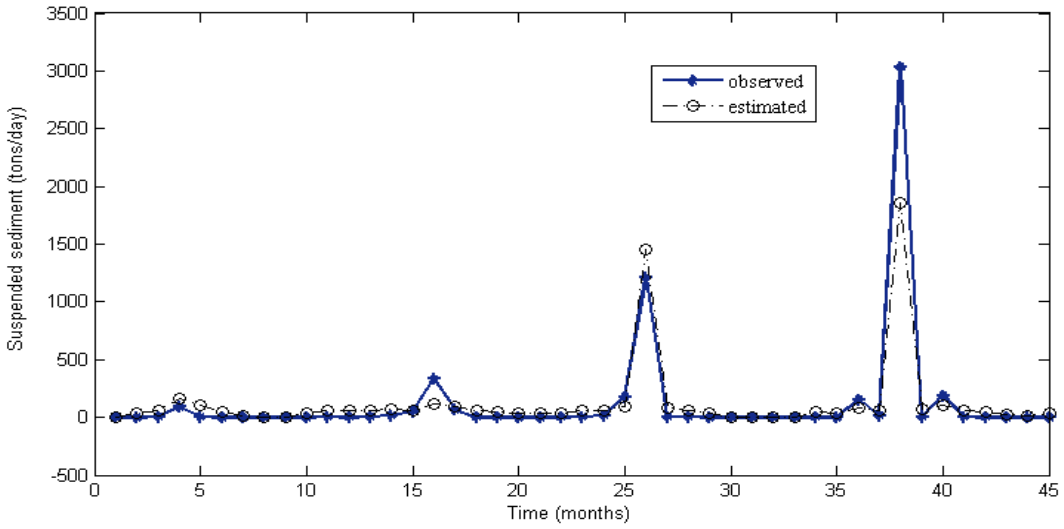
در این قسمت به نتایجی که از شبکه عصبی بدست آمده پرداخته می‌شود و اشکال آن ارائه می‌شود. در این تحقیق بمنظور بدست آوردن تعداد دور و گره های شبیه‌سازی‌های مختلفی صورت گرفته است که در جدول شماره (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) بررسی تعداد گره و دور

تعداد دور	تعداد گره	R^2	RMSE
1000	3	82.98	259.95
1300	7	86.11	242.1
2000	7	89.27	188.48
3000	1	91.22	180.1
3000	2	91.41	180.76
3000	7	90.45	192.47

بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها (ارائه شده در جدول شماره ۲)، بهینه‌ترین شبیه‌سازی بدست می‌آید که در این شبیه‌سازی تعداد دور و گره در لایه پنهان به ترتیب ۳۰۰۰ دور و۲ گره می‌باشد. همچنین می‌توان گفت که تعداد زیاد گره در لایه پنهان تاثیر چندانی در افزایش کارایی شبکه ندارد و نیز باعث بالا رفتن زمان آموزش شبکه عصبی می-گردد.

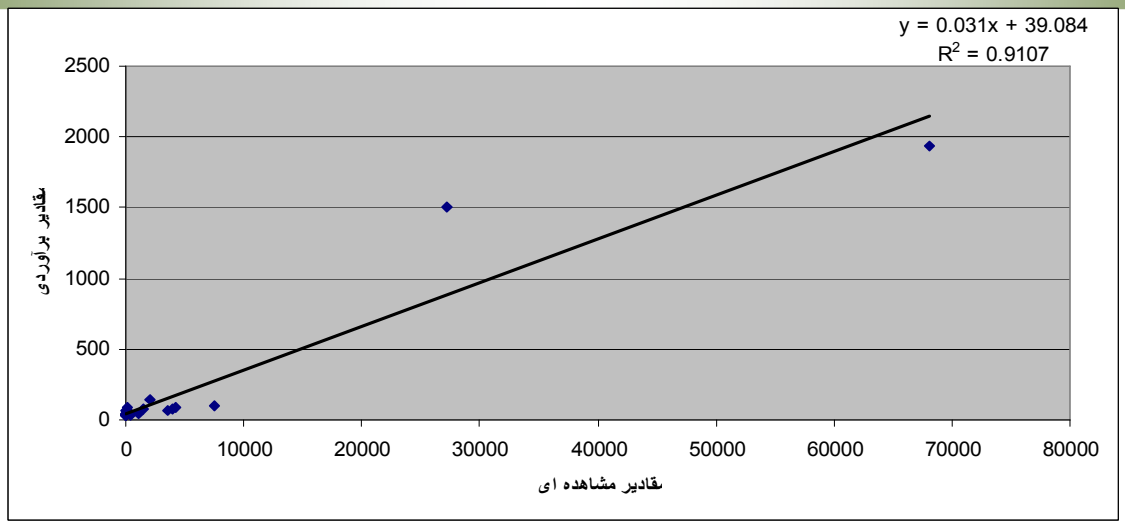
نتیجه شبیه‌سازی بهینه در شکل(۳) ارائه گردیده است. این شکل مرحله آزمون را نشان می‌دهد.



شکل(۳) نتایج شبیه سازی شبکه در مرحله آزمون

این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که شبکه عصبی نقطه اوج را کمتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد می‌کند و همچنین در نقطه اوج دوم (از سمت راست) را بیشتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد کرده و در سایر نقاط اوج دیگر نیز شبکه عصبی برآوردی کمتر و یا بیشتری از مقادیر مشاهده‌ای دارد.

در شکل (۴) مقادیر برآورد شده در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده قرار گرفته‌اند. این شکل مربوط به مقادیری است که در مرحله آزمون برآورد شده است.



شکل (۴) نمودار مقادیر رسوب معلق برآوردی و مشاهده‌ای

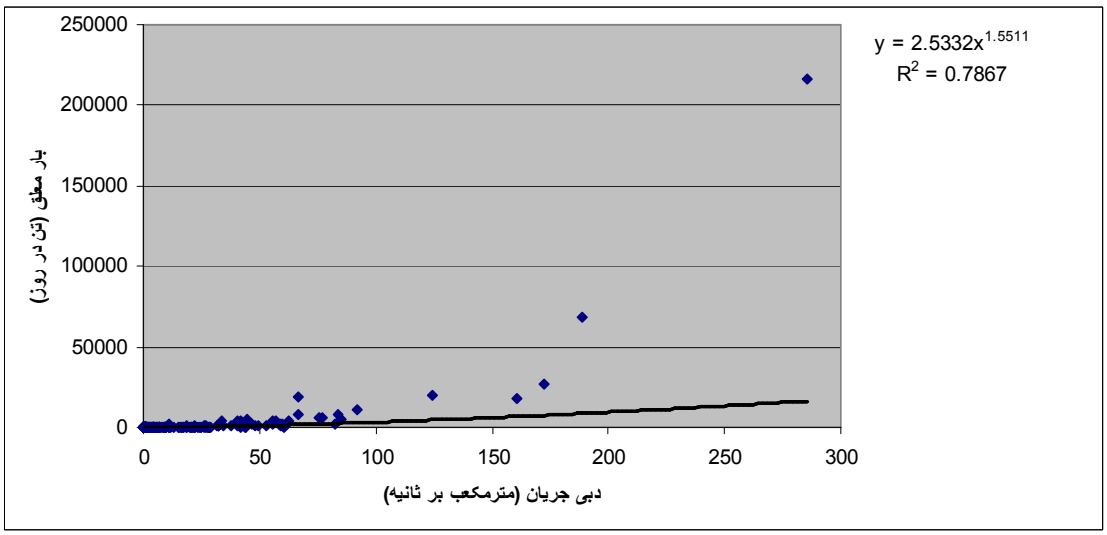
نتایج حاصل از منحنی سنجه رسوب

در روش منحنی سنجه رسوب در هر مدل یک رابطه رگرسیونی بین داده‌های متناظر دبی جریان و دبی رسوب استخراج گردید. سپس بر اساس این روابط مقدار دبی روزانه رسوب معلق در روزهایی که غلظت رسوب اندازه‌گیری نشده است برآورد می گردد.

در این تحقیق نتایج مدل شبکه عصبی با روش منحنی رسوب مقایسه خواهند شد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. شکل(۵) منحنی سنجه رسوب را نشان می‌دهد البته یادآوری می‌شود که این منحنی با استفاده از همان داده‌هایی که شبکه عصبی با آن آموزش دیده، بدست آمده است. معادله آن به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_s=2.5332 * Q_w^{1.5511}$$

که مقدار R^2 (ضریب همبستگی) برابر با۰/۷۸۶۷ بدست آمده است. که نمودار آن در شکل مزبور نشان داده شده است.



شکل (۵) منحنی سنجه رسوب

۴- نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق از سه پارامتر بعنوان ورودی استفاده شد و مدل با آنها مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. شبکه عصبی مصنوعی نتایج قابل قبولی را جهت شبیه‌سازی بار معلق در ایستگاه حیدرآباد ارائه می‌کند. بطوریکه در مقایسه با منحنی سنجه رسوب نتایج بهتری را نشان می‌دهد. همانطوری که در بخش‌های فوق ذکر شده است R^2 که از شبکه عصبی بدست آمده برابر با ۰/۹۱۴۱ و R^2 که از منحنی سنجه رسوب بدست آمده برابر با ۰/۷۸۶۷ ، که این میزان برتری در مقایسه با منحنی سنجه رسوب تقریبا برابر با ۱۳ درصد می‌باشد. نکته قابل ذکر این است که باید همگام با سایر کشورها به سمت روش‌های بهتر و جدیدتری پیش رفته و بتوانیم بطور موثری از این روش‌ها استفاده کنیم. روش‌هایی قدیمی مثل سنجه رسوب در مقایسه با روش‌های جدید از دقت کمتری برخوردار است.

تشکر و قدردانی

از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمانشاه به خاطر همکاری و مساعدت لازم در جمع‌آوری اطلاعات و آمار مربوطه تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

۱- شفاعی بجستان، م.(۱۳۸۱)، "هیدرولیک رسوب"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ویرایش دوم.

۲- امجدی، ن.(۱۳۸۱)،"آشنایی با سیستمهای هوشمند"،انتشارات دانشگاه سمنان.

3- Mehmet Ardiclioglo, Ozgur Kisi, Tefaruk Haktanir(2007). Suspended sediment prediction using tow different feed-forward back-propagation algorithms. Canadian Journal of Civil Engineering, 34, 1; ProQuest Science Journals. pg. 120

4- Mahmud Firat, Mahmud Gunger And et.al(2007). Generalized Regression Neural Networks and Feed Forward Neural Networks for prediction of scour depth around bridge piers. Advance in Engineering Software, volume 40, Issue8, page 731-737

5- Nizamettin Hamidi, Necati Kayaalp(2007). Estimation of the Amount of Suspended Sediment in the Tigris River using Artificial Neural Networks, available in www.clean-journal.com, Clean 2008, 36 (4), 380 – 386.

۶- کرمی،مهدی. کاشفی‌پور، محمود. معاضد، هادی. فروغی، حسن(۱۳۸۵). "پیش بینی کیفیت آب رودخانه کارون با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی"، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

۷- مساعدی،ابوالفضل. جلالی،مهدی. نجفی حاجیور، منصور(۱۳۸۵). "برآورد رسوب انتقالی در ایستگاه هیدرومتری تمر به کمک شبکه عصبی مصنوعی"، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

۸- عباس شوشتری، شاداب. کاشفی‌پور، سید محمود (۱۳۸۵). "برآورد بار معلق رسوب با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی _مطالعه موردی ایستگاه اهواز"، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

۹-غضنفری، مهدی. ارکات، جمال(۱۳۸۳). "شبکه‌های عصبی (اصول و کارکردها)"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

۱۰- نوابیان، مریم. لیاقت، عبدالمجید. همایی، مهدی(۱۳۸۳). "برآورد سریع هدایت آبی اشباع خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۱-منتظر، غلامعلی. ذاکر مشفق، محمد. قدسیان، مسعود(۱۳۸۱). "تخمین خبره میزان رسوب رودخانه بازفت به کمک شبکه عصبی مصنوعی"، ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۸-۱.