

تأثیر نوسانات سطح آب و دبی جریان بر میزان بار معلق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

(مطالعه موردی: رودخانه اهر چای)

علی حسین‌زاده دلیر^{۱*}، داود فرسادی‌زاده^۲ و محمدعلی قربانی^۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۶/۹/۵

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: ahdalir@tabrizu.ac.ir

چکیده

بررسی رسوبات معلق در رودخانه‌ها و عوامل موثر بر آن یکی از مسائل مهم در مباحث مهندسی رودخانه است. در این تحقیق تأثیر متقابل نوسانات سطح آب و دبی جریان بر میزان بار معلق با استفاده از شبکه‌های عصبی بررسی شد. بدین منظور حوضه آبریز اهر چای با مساحتی بالغ بر ۲۴۰۰ کیلومتر مربع از زیر حوضه‌های آبریز ارس انتخاب گردید. اطلاعات و داده‌های ایستگاه‌های تازه کند، اورنگ، کاسین، اشدلق و برمیس در بالادست سد ستارخان مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه بررسی‌ها نشان داد که داده‌های سطح آب نسبت به دبی جریان از دقت کمتری در پیش بینی بار معلق برخوردار می‌باشد. حداکثر ضریب همبستگی صحت‌سنجی برای داده‌های سطح آب ۰/۶۹ در ایستگاه، اورنگ و کمترین آن ۰/۰۸ در ایستگاه اشدلق و برای داده‌های دبی حداکثر مقدار این ضریب ۰/۸۴ در ایستگاه اشدلق و حداقل آن ۰/۷ در ایستگاه برمیس حاصل شد. دلیل عمده پایین بودن ضریب همبستگی برازش در برخی از ایستگاه‌ها را می‌توان کم بودن تعداد داده‌ها، عدم دقت اندازه‌گیری سطح آب در مقایسه با دبی جریان، فقدان توالی زمانی در داده‌ها بیان نمود. در سطح حوضه نیز روند کلی نتایج بدین صورت است که از بالادست به پائین دست ب افزایش میزان دبی جریان و رسوب، نتایج شبکه عصبی از کیفیت بهتری در پیش‌بینی میزان بار معلق برخوردار بود در حالی که نوسانات سطح آب چنین روندی را نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: اهر چای، بار معلق، دبی جریان، شبکه‌های عصبی مصنوعی، نوسانات سطح آب

Effects of Water Level and Flow Discharge Fluctuations on Suspended Sediment Load Using Artificial Neural Networks (Case study: Ahar Chay River)

A Hosseinzadeh Dalir^{1*}, D Farsadizadeh² and MA Ghorbani²

Associate and Assistant Professors, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding author :E-mail: ahdalir@tabrizu.ac.ir

Abstract

The evaluation of suspended sediments and parameters affecting them is of great importance in river engineering. In this research the effects of water level and flow discharge fluctuations on suspended sediment load were studied using Artificial neural networks (ANNs). Ahar chay river basin, located in the north of Iran, with area totaling about 2400 km² as a sub-basin of Aras river was chosen. Data from Tazeh-Kand, Orang, Casein, Oshdologh and Bermice (upstream of Sattarkhan dam) stations were employed in ANNs method and the suspended sediment were predicted. The results showed that suspended load forecasted by water level data had low accuracy than that forecasted by the discharge. The maximum and minimum coefficients of correlation for water level data were 0.84 and 0.08 in Orang and Oshdologh stations, respectively. The corresponding values for flow discharge were 0.84 in Oshdologh and 0.7 in Bermice. The main reason for the low coefficient of correlation in some stations probably were due to shortage of data, lack of temporal sequence and accuracy of water level fluctuations compared to the flow measurements. It appeared that, in this study, in moving from high to low land with increasing discharge and sediment rates, the results of ANN became more reliable. Water level fluctuations did not show this trend.

words: Artificial neural networks, Ahar chay, Discharge, Suspended load, Water level fluctuations

شدن آبدی‌ها و اراضی، تغییر مسیر رودخانه‌ها، ظرفیت آبگذری کانال‌ها و تاسیسات انتقال آب، تکثیر آب از حوضه‌های مختلف و مشکلات ناشی از تغییرات

مقدمه

اطلاع از چگونگی فرسایش و توانایی حمل رسوب در رودخانه‌های مختلف، حوضه‌های مختلف و مشکلات ناشی از تغییرات

رسوباتی که توسط آب رودخانه‌ها حمل می‌شود به دو گروه تقسیم بندی می‌شود: رسوباتی که در آب معلق هستند و در بالای بستر رودخانه همراه با آب حرکت می‌کنند به این مواد بار معلق گفته می‌شود و رسوباتی که در سطح بستر رودخانه همراه با جریان آب به صورت غلتش، جهش و لغزش حرکت می‌کنند و بار بستر نامیده می‌شوند (نجمائی ۱۳۶۹). بار کل رسوب عبارت است از حاصل جمع بار بستر و بار معلق و یا حاصل جمع بار مواد بستر و بار آبرفتی موقعی که رسوبات رودخانه کم است، و در رودخانه های کم عمق، کل بار رسوب تقریباً برابر با بار بستر خواهد بود. برعکس در رودخانه های عمیق بار بستر فقط بین ده تا بیست درصد بار کل را تشکیل می‌دهد (شفاعی بجستان ۱۳۸۴). با توجه به اهمیت بار معلق و اثرات آن، تحقیقات وسیعی در سراسر دنیا جهت برآورد و ارزیابی میزان انتقال بار معلق انجام یافته است که از آن جمله می‌توان به روش های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی اشاره نمود. در دهه اخیر نیز استفاده از محاسبات نرم (تئوری هایی که مبنای آن طبیعت و قوانین آن از قوانین طبیعی الهام گرفته شده است) از جمله شبکه های عصبی مصنوعی با توجه به کارائی و دقت بالای آن در علوم مختلف مهندسی از جمله مهندسی رودخانه و انتقال رسوب گسترش پیدا کرده است. شبکه های عصبی مصنوعی ANNs¹ بدلیل توانائی آنها در شناسائی ارتباط بین متغیرهای ورودی و خروجی یک سیستم و عملکرد خوب آن می‌تواند به عنوان ابزار محاسباتی قوی در مدل سازی فرایند انتقال بار معلق کاربرد داشته باشد (جین ۲۰۰۱). مفاهیم اولیه در مورد محاسبات عصبی توسط مک کلوچ و پیتز

یک ابزار نیرومند برای استخراج اطلاعات کاربرد دار بدین معنی که داده های ورودی و خروجی باید به افزار داده شود و قبل از ایجاد مدل، مورد تعلیم گیرد (منهاج ۱۳۷۹). بایزیدی و همکاران (۱۳۸۴) تح در زمینه پیش بینی و برآورد بار معلق روزانه با اس از شبکه های عصبی مصنوعی مدل پرسپترون چند انجام دادند. در این تحقیق عملکرد پرسپترون چند MLP^۲ در برآورد و پیش بینی بار معلق روزانه برر شده است. الگوریتم استفاده شده برای آموزش ن^۳ پس انتشار خطا^۳ می باشد. نتایج پیش بینی و بر مدل MLP با مدل AR^۴ در مدل های آماری رگرس چندمتغیره و همچنین منحنی سنج رسوب مورد مقا و ارزیابی قرار گرفت و برتری MLP نسبت به های AR مشخص گردید. منتظر و همکاران (۱ تحقیقی جهت تخمین میزان رسوب رودخانه با کرمان به کمک شبکه های عصبی مصنوعی انجام د آنها گزارش نمودند که شبکه های عصبی مصنوعی عنوان ابزاری قدرتمند جهت برآورد بار معلق رود ها است. با طراحی دو نوع شبکه عصبی مختلف، پرسپترون چند لایه و دیگری شبکه پس انتد گراسبرگ و مقایسه عملکرد آنها و بررسی میزان دمای ماهانه هوا در این مدل، عملکرد ANNs در بر بار معلق رودخانه بازفت در محل ایستگاه آبسه مرغک ارزیابی شد. نتیجه تحقیق نشان داد که یک مهمترین قابلیت های ANNs توانایی یادگیری از د ارائه مثال بدون نیازمندی به معادلات حاکم بر پ است. شبکه پس انتشار گراسبرگ با توجه به ص بودن منحنی سنج رسوب این شبکه به منظور

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز اهر چای با مساحتی بالغ بر کیلومتر مربع از زیر حوضه های حوضه آبریز محسوب می شود که پروژه های متعددی از جمله ستارخان بر روی آن اجرا شده و سایر پروژه های، کشاورزی و صنعتی در حال انجام و یا مط است. این حوضه بین مختصات جغرافیایی 21° تا 31° طول شرقی و 18° تا 37° عرض شمالی گسترش یافته و از لحاظ بلندی بین قوشه داغ به ارتفاع ۳۱۴۹ متر و محل ورود به رودخانه قره سو به ارتفاع ۸۷۵ متر قرار گرفته است. در شکل ۱ موقعیت حوضه مورد مطالعه نشان داده شده است. اطلاعات ایستگاههای تازه کند، اورنگ، کاسین، اشدلق و بر روی رودخانه اهر چای در بالا دست سد ستارخان منظور بررسی تاثیر نوسانات سطح آب و دبی جریان روی بار معلق مورد بررسی قرار گرفت.

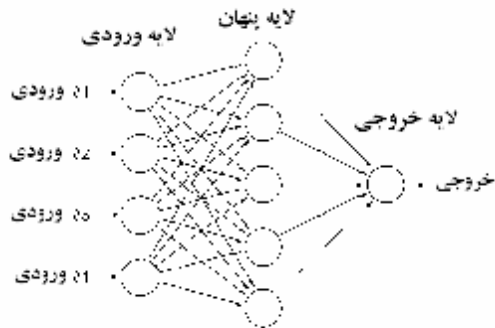
شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند نگاهش تبدیل از فضای چندبعدی به فضای چندبعدی دیگر انجام دهند و قابلیت هایی از قبیل شناسایی الگو، تفکیک الگو، نگاهش غیرخطی، حافظه انجمنی، خودسازمان و کنترل را دارا می‌باشند. یکی از مهمترین از شبکه‌های عصبی، شبکه‌های MLP می‌باشند شبکه‌ها از چند لایه تشکیل شده‌اند که در شکل ۲ نمودار نشان داده شده است (منهاج ۱۳۷۹).

شبکه پس انتشار گراسبرگ، شبکه پرسپترون چند لایه، قادر به تخمین بهتر دبی‌های رسوب بزرگ بوده و می‌تواند در تعیین منحنی سنج رسوب به کار رود. کرم (۲۰۰۲) مطالعه ای به منظور برآورد بار معلق در رودخانه هایی با خصوصیات هیدرولوژیکی یکسان در شمال انگلستان با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و منحنی سنج رسوب انجام داد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که پتانسیل ها و ویژگی های شبکه های عصبی برای اندازه گیری غلظت رسوب، بسیار چشم گیرتر از روش منحنی سنج رسوب است. جین (۲۰۰۱) تحقیقی برای تخمین بار معلق رودخانه با توجه به دبی آب در دو نقطه از رودخانه می‌سی‌سی‌پی و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه انجام داد. در این تحقیق با استفاده از داده های دراز مدت و پیوسته نوسانات سطح آب - دبی - غلظت رسوب، میزان غلظت رسوب در هرگام زمانی تابعی از غلظت رسوب در گام زمانی قبلی بعلاوه دبی آب در آن گام زمانی و گام های زمانی ما قبل در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از شبکه عصبی MLP عملکرد رضایت بخشی از خود نشان می‌دهد. فتاحی و همکاران (۱۳۸۵) تحقیقی را جهت تخمین میزان رسوب رودخانه نکا به کمک شبکه عصبی مصنوعی (MLP) انجام دادند. در این مطالعه میزان رسوب رودخانه نکا پیش بینی شده و با نتایج حاصله از روش منحنی سنج رسوب مقایسه گردید. با توجه به خطای بدست آمده (۰/۰۰۰۱) از شبکه پرسپترون چند لایه برتری این شبکه نسبت به روش منحنی سنج به اثبات رسید. هدف عمده این تحقیق نیز بررسی تاثیر تغییرات سطح آب و دبی بر



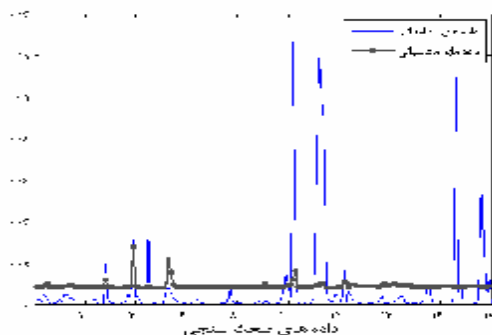
شکل 1- موقعیت حوضه اهر چای



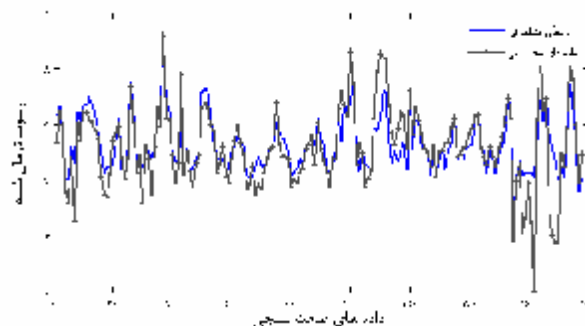
شکل 2- ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی

یک از ایستگاهها با شبکه های عصبی مصنوعی در هر لایه تعدادی نرون در نظر گرفته می شود که بوسیله اتصالات به نرون های لایه های مجاور وصل

مرحله صحت سنجی در ذیل آورده شده است.



شکل 4- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهداتی برای دبی (ایستگاه تازه کند)



شکل 3- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهداتی برای سطح آب (ایستگاه تازه کند)

جدول 1- پیش‌بینی بهینه بار معلق ایستگاه‌های مختلف رودخانه اهرچای با شبکه‌های عصبی مصنوعی

MSE	تعداد داده‌های صحت سنجی	تعداد داده‌های آموزشی	تعداد داده‌ها	ساختار بهینه شبکه	ضریب تعیین (R^2)	پارامتر	ایستگاه
0/004	187	353	540	1-7-10	0/5057	اشل	تازه کند
0/0045	187	353	540	1-7-10	0/8072	دبی	
0/011	50	101	151	1-3-10	0/6351	اشل	اورنگ
0/0049	50	101	151	1-15-10	0/7521	دبی	
0/0052	35	89	124	1-5-10	0/6981	اشل	کاسین
0/0034	35	89	124	1-7-10	0/734	دبی	
0/0097	32	70	102	1-3-10	0/0859	اشل	اشدلق
0/0027	32	70	102	1-3-10	0/8482	دبی	
0/0216	23	50	73	1-3-10	0/1602	اشل	برمیس
0/0088	23	50	73	1-3-10	0/7068	دبی	

ایستگاه تازه‌کند

ثانیه و به همین ترتیب حدود ۶۰ درصد داده‌ها مقمتر از ۳ مترمکعب در ثانیه دارند. با توجه به مقدار دبی حداکثر ۳۷/۳۳ مترمکعب در ثانیه است، انجام گرفته نشان دهنده تمرکز داده‌ها در بازه ص

با بررسی داده‌های مربوط به ایستگاه تازه‌کند حداکثر تراز سطح آب نسبت به تراز مبنا و دبی اندازه گیری در این ایستگاه به ترتیب ۵۶۶ سانتی‌متر و ۳۷/۳۳

خروجی شبکه عصبی برآورد خوبی از نوسانات سطح آب نداشته است و در بسیاری از نقاط حداقل و حداکثر شبکه نتایج هماهنگی را با داده های مشاهداتی در پی نداشته است. علت این امر می تواند کم بودن تعداد داده های سطح آب برای برآورد رسوب این ایستگاه باشد. در مقابل با بررسی شکل ۴ که مربوط به خروجی شبکه عصبی برای حالت ورودی با دبی است، همانطوری که از شکل پیدا است شبکه در بسیاری از نقاط حداقل و حداکثر پیش بینی خوبی داشته و منطبق بر داده های مشاهداتی است. علت این امر مناسب بودن داده های دبی برای برآورد رسوب در ایستگاه تازه کند است که نسبت به نوسانات سطح آب نتایج بسیار بهتری را در پی داشته است.

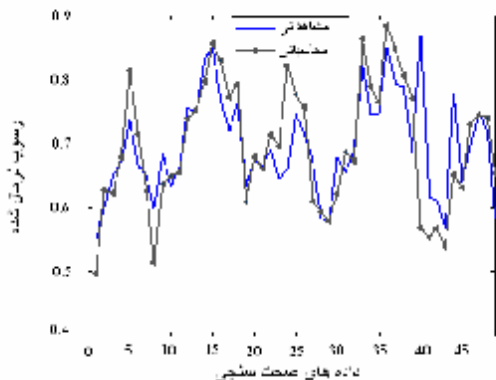
ایستگاه اورنگ

حداکثر تراز سطح آب نسبت به سطح مبنا و دبی اندازه گیری شده در این ایستگاه به ترتیب ۱۵۷ سانتی متر و $17/13$ مترمکعب در ثانیه و همچنین حداکثر رسوب برداشت شده $17308/47$ تن در روز است. در تحلیلی مشابه برای ایستگاه تازه کند، با بررسی دبی جریان برای این ایستگاه مشاهده می شود که مقدار دبی برای ۷۵ درصد داده ها زیر ۵ مترمکعب در ثانیه است و به همین ترتیب حدود ۵۷ درصد داده ها مقدار کمتر از ۳ مترمکعب در ثانیه دارند. این در حالی است که تنها یک مورد دبی بیشتر از ۱۵ مترمکعب در ثانیه است. عدم توزیع یکنواخت داده ها در دامنه داده های ورودی باعث ایجاد خطا در شبکه های عصبی خواهد شد. برای اجتناب از این مشکل علاوه بر نرمال کردن داده های شبکه عصبی لگاریتمی نیز خواهند شد. در شکل های ۵ و ۶ نمودار داده های مشاهداتی رسوب و خروجی شبکه

مشاهده می شود که شبکه در برآورد نقاط حداقل حداقل خوب عمل نکرده است و تنها در بعضی از مماس به نمودار داده های مشاهداتی می باشد. در م برای حالت ورودی با دبی در شکل ۶ روند دو نم محاسباتی و مشاهداتی یکسان بوده و در بیشتر حداکثر و حداقل، شبکه عصبی پیش بینی قابل قبو از خود نشان داده است. در این ایستگاه نیز م ایستگاه تازه کند، داده های سطح آب کارایی لازم را، پیش بینی با استفاده از شبکه های عصبی ندارند و داده ها برای برآورد رسوب مناسب نیستند و نسبت دبی کارایی کمتری از خود نشان می دهند. علت پرتی بعضی از قسمت های نمودار می تواند به علت وجود در داده های اندازه گیری باشد. اما درکل روند پیش شبکه مطابق بر داده های مشاهداتی می باشد. آنچه تحلیل این ایستگاه مشخص است کارا بودن داده های در پیش بینی رسوب می باشد.

ایستگاه کاسین

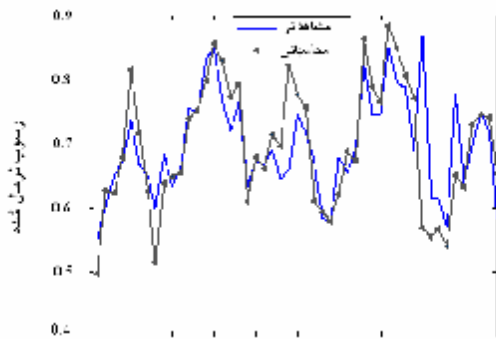
حداکثر تراز سطح آب نسبت به سطح مبنا و دبی موجود در آمار این ایستگاه به ترتیب ۷۰ سانتی و $9/64$ مترمکعب در ثانیه و حداکثر رسوب بردا شده $3494/92$ تن در روز می باشد. با توجه به کم طول شاخه رودخانه در محدوده این ایستگاه مش است که مقدار دبی و رسوب در این ایستگاه از ایس های پایین دست کمتر خواهد بود. با بررسی دبی ج برای این ایستگاه مشاهده می شود که تقریباً ۹۸ داده ها دبی پایین تر از ۵ مترمکعب در ثانیه و حدود ۱ درصد دبی ها پایین تر از ۱ مترمکعب در ثانیه دارند میزان پراکندگی در بین داده ها نسبت به دو ایستگاه

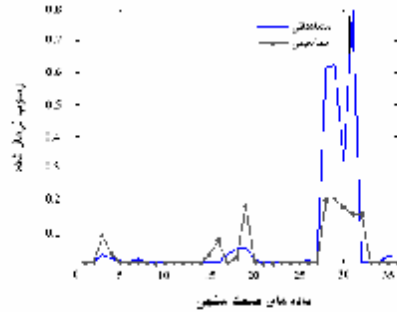
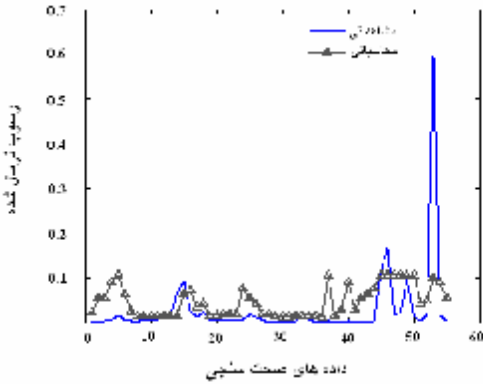


شکل 5- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهداتی برای سطح آب (ایستگاه اورنگ)

می‌تواند کم بودن داده‌های لازم برای آموزش طرفی وجود خطا در داده‌های اندازه‌گیری شده باشد. طور کلی برای این ایستگاه داده‌های دبی بهت داده‌های نوسانات سطح آب عمل می‌کنند و در عین از توانایی خوبی برای برآورد رسوب در برخی از حداقل و حداکثر برخوردار است.

برای حالت ورودی با نوسانات سطح آب در شکل ۷ و برای حالت ورودی با دبی در شکل ۸ صورت گرفته است. همان طوری که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، خروجی شبکه برای حالت نوسانات سطح آب در نقاط حداکثر دقت کافی نداشته است. این در حالی است که برای خروجی شبکه با استفاده از دبی در برخی نقاط هماهنگی بین نمودار مشاهداتی و نمودار خروجی شبکه به چشم می‌خورد. از عوامل موثر در این پدیده



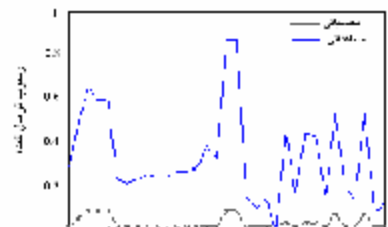
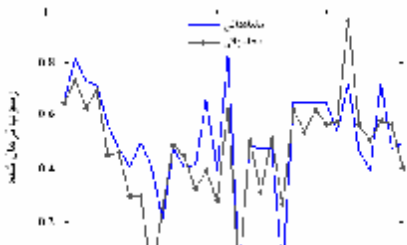


شکل 7- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده‌ای برای سطح آب (ایستگاه کاسین) شکل 8- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده‌ای برای (ایستگاه کاسین)

داده‌ها لگاریتمی شده و سپس بین بازه صفر و نرمال‌سازی می‌شوند. برای مقایسه بین داده مشاهده‌ای رسوب و خروجی شبکه عصبی، برای ورودی با نوسانات سطح آب در شکل ۹ و برای ورودی با دبی در شکل ۱۰ رسم شده‌اند. در این روند کلی داده‌های رسوب و خروجی شبکه بر یک منطبق بوده و شبکه تقریباً در تمامی نقاط حداقل پیش بینی خوبی دارد. وجود فاصله بین حداکثر خروجی شبکه و رسوب مشاهده‌ای ناشی از کم بودن تعداد داده‌ها و وجود خطا در اندازه‌گیری باشد.

ایستگاه اشذلق

حداکثر مقدار سطح آب و دبی جریان موجود در آمار این ایستگاه به ترتیب ۷۸ سانتی‌متر و ۲۵/۱۶ متر مکعب در ثانیه و حداکثر رسوب برداشت شده ۴۳۸۹۳/۱۷ تن در روز است. با بررسی آمار مربوط به دبی جریان برای این ایستگاه از ۱۰۲ مورد مشاهده‌ای ۱۵ مورد دارای دبی‌های بزرگتر از ۱۰ متر مکعب در ثانیه هستند. در دیگر بازه‌های مشخص شده برای دبی، توزیع یکنواختی بین داده‌ها مشاهده می‌شود و اثر مثبت آن در جواب شبکه عصبی نیز دیده خواهد شد. در این مرحله



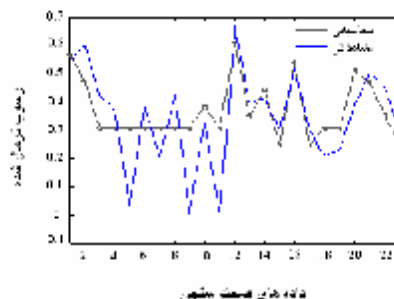
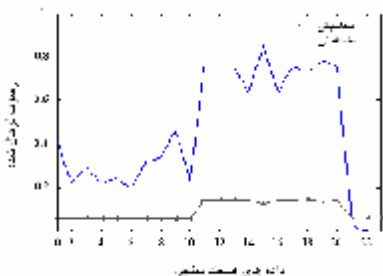
ایستگاه برمیس

رسوب مشاهداتی انجام می‌شد. بطور خلاصه می‌گفت در ایستگاه برمیس تعداد داده‌های موجود، آموزش یا کالیبره کردن شبکه ۵۰ داده می‌باشد و مطلب می‌تواند یکی از دلایل پایین بودن ضریب همبستگی در حالت ورودی با سطح آب باشد. با توجه به اینکه مقدار تعداد داده‌ها در ایستگاه تازه‌کند بیش بقیه ایستگاه‌ها می‌باشد، نتایج بدست آمده در داده‌های این ایستگاه از ثبات بیشتری برخوردار است. ضریب همبستگی در این ایستگاه در حالت ورودی دبی جریان نسبت به بقیه ایستگاه‌ها به جز اشدلق بد است. یکی از دلایل این قضیه به تعداد داده‌های بکار برای آموزش شبکه برمی‌گردد. بالا بودن ضریب همبستگی ایستگاه اشدلق برای حالت ورودی با جریان می‌تواند مربوط به یکنواختی توزیع داده‌ها، ماتریس ورودی و همچنین دقت برداشت داده‌ها، بودن خطا در بین آنها باشد. کمترین ضریب همبستگی در حالت ورودی با دبی جریان برای ایستگاه بر برابر $0/7068$ بدست آمده است.

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی میزان رسوب با استفاده از داده‌های آب در همه ایستگاه‌ها دارای ضریب همبستگی پائین است. در واقع داده‌های دبی نسبت به داده‌های سطح آب ورود خوبی از رسوب در ایستگاه‌های مربوط به آن داشته‌اند. یکی دیگر از پارامترهای تعیین‌کننده خروجی نتایج شبکه‌های عصبی اثر تعداد داده‌ها می‌باشد. هر چه قدر تعداد داده‌ها کمتر شود، ضریب همبستگی پائین می‌آید. در نتیجه ضریب همبستگی پائین در ایستگاه‌های دبی نسبت به سطح آب، نمودار مربوطه نتایج خوبی را در پی نداشته است. در مقابل برای حالت ورودی با دبی مشاهده می‌شود که در قسمت‌های ابتدایی شبکه همخوان با داده‌های مشاهداتی نیست ولی بعد از این قسمت برازش شبکه بر روی داده‌های مشاهداتی کاملاً هماهنگ می‌باشد. علت همخوانی

با بررسی داده‌های مربوط به ایستگاه برمیس حداکثر مقدار سطح آب و دبی اندازه‌گیری شده به ترتیب ۵۵ سانتیمتر و $0/78$ متر مکعب در ثانیه و حداکثر رسوب برداشت شده $153/541$ تن در روز می‌باشد. با بررسی آمار مربوط به این ایستگاه دیده می‌شود که مقادیر دبی این ایستگاه بسیار پایین‌تر از سایر ایستگاه‌ها است. علت این امر کوتاه بودن زیرشاخه رودخانه برمیس می‌باشد. تمامی داده‌های دبی این ایستگاه مقادیری کوچکتر از ۱ دارند و ۶۳ درصد داده‌ها مقداری زیر $0/1$ متر مکعب در ثانیه دارند. این نشان‌دهنده تمرکز داده‌ها در بازه ورودی شبکه عصبی می‌باشد. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی صحت‌سنجی برای این ایستگاه در حالت ورودی با نوسانات سطح آب پایین‌تر از مقدار مشابه برای حالت ورودی با دبی است. برای سایر ایستگاه‌ها نیز چنین نتیجه‌ای گرفته شده است و این مطلب شاید نشان‌دهنده مناسب نبودن داده‌های سطح آب برای برآورد رسوب رودخانه اهرچای باشد. نمودار داده‌های مشاهداتی رسوب و خروجی شبکه در شکل ۱۱ برای حالت ورودی با نوسانات سطح آب و در شکل ۱۲ برای حالت ورودی با دبی آمده است. با توجه به ضریب همبستگی پائین به دست آمده در تحلیل رسوب با استفاده از داده‌های نوسانات سطح آب، نمودار مربوطه نتایج خوبی را در پی نداشته است. در مقابل برای حالت ورودی با دبی مشاهده می‌شود که در قسمت‌های ابتدایی شبکه همخوان با داده‌های مشاهداتی نیست ولی بعد از این قسمت برازش شبکه بر روی داده‌های مشاهداتی کاملاً هماهنگ می‌باشد. علت همخوانی



شکل 11- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده‌ای برای سطح آب (ایستگاه برمیس) شکل 12- خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده‌ای برای سطح آب (ایستگاه برمیس)

جریان پارامتر کارآمدتری در برآورد رسوب می‌باشد. بنابراین به طور کلی استفاده از دبی جریان برای بر رسوب رودخانه اهرچای بسیار بهتر از داده‌های « آب می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز پشتیبانی مالی این تحقیق را در قالب طرح پژوهش شماره ۲۷/۵۵۶۳ قبل نمودند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

جریان و رسوب، نتایج شبکه عصبی از کیفیت بهتری برخوردار می‌شوند در حالیکه برای داده‌های سطح آب چنین روندی وجود ندارد و هر ایستگاه مبنای اندازه‌گیری خود را دارد و روند خاصی را نمی‌توان برای این حالت مشخص کرد. جین (۲۰۰۱)، تحقیقی برای تخمین بار معلق رودخانه با توجه به دبی آب در دو نقطه از رودخانه می‌سی سی پی و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه انجام داد. نتایج حاصل از شبکه عصبی MLP، نشان داد که تغییرات دبی

منابع مورد استفاده

بایزیدی ش م، یاسی ر، فتاحی و کارگر ع، ۱۳۸۴. پیش بینی و برآورد بار معلق روزانه با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی - مدل پرسپترون چند لایه، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید با هنر کرمان، ۱۷-۱۹ آبان ماه ۸۴.

منهاج م ب، ۱۳۷۹. مبانی شبکه های عصبی (هوش محاسباتی). چاپ اول. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
منتظرغ، مشفق م ذ و قدسیان م، ۱۳۸۱. تخمین خبره میزان رسوب رودخانه بازفت به کمک شبکه عصبی
مصنوعی. صفحه‌های ۷۴۹-۷۵۷. ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، بهمن ماه ۱۳۸۱، دانشگاه شهید
چمران اهواز.

نجمائی م، ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. چاپ دوم. شماره انتشار ۱۰۷. دانشگاه علم و صنعت ایران.

SK, 2001. Development of integrated sediment rating curves using Artificial Neural Networks. Journal of Hydraulic Eng, ASCE, 127 (1), 30- 37.

m Cigizoglu H, 2002. Suspended sediment estimation for rivers using Artificial Neural Networks and sediment rating curves. Turkish J Eng Envir Sci 26: 27- 36.

ulloch WS and Pitts WH, 1943. A logical calculus of the ideas immanent in neural nets. Bull. Math. Biophys.5: 115-133