کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

تخمین رسوب معلق ورودی به چاه نیمه های سیستان و بلوچستان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی- عصبی ومنحنی سنجه رسوب (مطالعه موردی: جریکه چاه نیمه)

ام البنی محمد رضاپور[۱]، محمد ملایی [۲]، محمد حسین زاده[۳]

۱-استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه زابل

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه زابل

چکیده

ارائه راه کارهای مناسب جهت برآورد دقیق بار معلق رودخانه‌ها در پروژه‌های منابع آب کاربردهای فراوانی دارد. به دلیل تاثیر پارامترهای مختلف بر انتقال رسوبات در رودخانه‌ها، تعیین معادلات حاکم برآن مشکل بوده و مدل‌های ریاضی نیز در این راستا از دقت کافی برخوردار نیستند. امروزه استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی به عنوان راه کاری جدید در تحلیل مسائل آبی گسترش یافته است. در تحقیق حاضر از شبکه های عصبی، منطق فازی – عصبی و منحنی سنجه رسوب جهت برآورد رسوب استفاده شده است . در این مطالعه از سه ترکیب مختلف ورودی برای تخمین بار رسوبی استفاده گردید. در حالت اول دبی رسوب تنها تابعی از دبی جریان همان روز در نظر گرفته شده است. در حالت دوم دبی رسوب علاوه بر دبی جریان همان روز، تابعی از دبی جریان روز قبل نیز در نظر گرفته شده است. در نهایت در حالت سوم دبی رسوب علاوه بر دبی جریان همان روز، تابعی از دبی جریان روز قبل و دو روز قبل نیز در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که روش شبکه عصبی با ضریب تبیین ۰/۸۴و میانگین مربع خطای ۰/۰۵از دقت بالاتری نسبت به مدل های دیگر در ایستگاه جریکه چاه نیمه برخوردار است.

واژه های کلیدی: بارمعلق، چاه نیمه، شبکه عصبی مصنوعی، منحنی سنجه نروفازی، منطق فازی- عصبی .

Estimating Suspended Sediment Entering in Chahnime Reservoir of Sistan and Balochetan Province Using Artificial Neural Network, Inference Neuro - Fuzzy System and Sediment Rating Curve (Case Study: Jarike Chahnime)

Omolbanin Mohammad Rezapor*[1], Mohammad Molaee[2], Mohammad Hoseinzade[3]

1- **Department of Water Engineering, University of Zabol**

2- Water Resources Engineering graduate student at the University of Zabol

3- Water Resources Engineering graduate student at the University

Abstract

Providing appropriate strategies for estimating the accurate suspended load of rivers has many applications in water resources projects. Because of the influence of various parameters on sediment transport in rivers, it is difficult to determine the governing equations, and mathematical models are not sufficiently accurate in this regard. Todays, the use of artificial intelligence systems as a new way of analyzing water issues has expanded. In this study, the neural networks, neuro- fuzzy and sediment rating curves are used for estimating sediment. In this

* Corresponding Author's E-mail (nmohammadrezapour@uoz.ac.ir)

study, three different input combinations were used to estimate sediment load. In the first case, the deposition rate is considered only as a function of the flow discharge in the same day. In the second case, the discharge flow rate other than the same day is considered as a function of the flow rate in the day before. Finally, in the third case discharge flow rate is regarded as a function of flow rate other than the same day and two days before it. The results show that neural network method with correlation coefficient **0/84** and the mean square error **0/05** has higher accuracy than other models in Jarikeh station on Chahnime.
Keywords: suspended load, Chahnime, artificial neural network, neuro-fuzzy rating curve, neuro-fuzzy logic.

الف-مقدمه

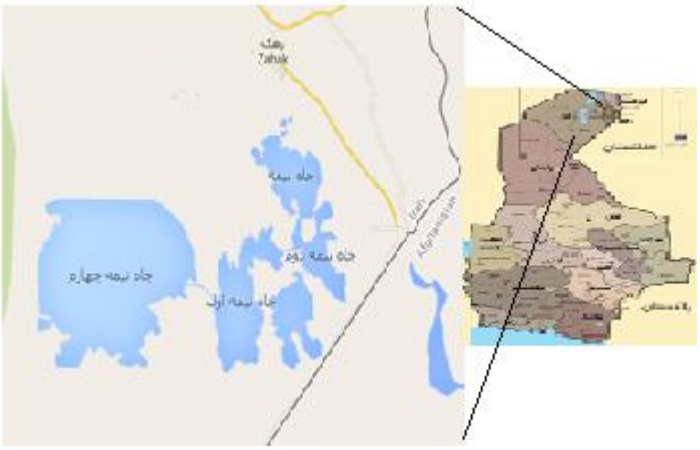
باتوجه به محدودیت منابع آب در طبیعت، توزیع مکانی وزمانی غیر یکنواخت منابع آبی، افزایش آلدگی ها، تخریب منابع طبیعی وهمچنین افزایش جمعیت، رشد وتوسعه جوامع شهری وفعالیت های کشاورزی وصنعتی، ضرورت برنامه ریزی ومدیریت صحیح منابع آبی اجتناب ناپذیر است. شبیه سازی وارزیابی آورد رسوب رودخانه نیز از جمله مسائل مهم وکاربردی در مدیریت منابع آب می باشد. در اغلب رودخانه های طبیعی بخش اعظم رسوبات به صورت بار معلق انتقال می یابند. رسوبات حمل شده توسط رودخانه ها مشکلات زیادی از جمله رسوبگذاری در مخازن سدها وکاهش حجم مفید آنها، تغییر مسیر رودخانه به دلیل رسوبگذاری در بستر آنها، کاهش ظرفیت عبور کانال ها وتاسیسات انتقال آب و تغییر کیفیت آب به لحاظ مصارف شرب وکشاورزی را به وجود می آورند،(احمدی وهمکاران۱۳۸۷). بار معلق به رسوباتی اطلاق می شود که درون آب وبالاتر از لایه بستر در حرکت هستند و بدلیل وزن کم شان ، توسط جریان آب به راحتی حمل شده وبه خاطر مولفه های رو به بالای جریان های متلاطم برای مدت زمان قابل ملاحظه ای به حالت معلق باقی می مانند (میرزایی وهمکاران،۱۳۸۴). سابقه بررسی علمی در مورد انتقال رسوب معلق رودخانه ها بیش از ۱۰۰ سال است (والینگ ووب، ۱۹۸۱). با استفاده از داده های اندازه گیری شده بار معلق رسوب و به کمک مدل های سنجه رسوب می توان مقدار رسوب انتقالی را برآورد کرد. در عین حال برآورد رسوب از طریق این معادله همواره با مقداری خطا همراه می باشد (مساعدی، ۱۹۹۸؛ آسلمن،۲۰۰۰؛ عرب خدری وهمکاران، ۲۰۰۵؛ اعظمی وهمکاران، ۲۰۰۵؛ میر باقری و رجایی ،۲۰۰۶؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸) (آچیت واوییلن، ۲۰۰۷) روابط رگرسیونی مقادیر پیش بینی شده را ۲۵-۲۰ بیشتر از مقادیر واقعی برآوردکرده وبیان کردند که برآورد دقیق تر آن نیاز به دوره های طولانی مدت دارد. (پیاسی ۱۹۹۷) و (صادقی و همکاران، ۲۰۰۴) با به کارگیری مدل های دینامیک خطی وغیر خطی در یک حوزه آبخیز در هند وایران به نقش بارش، دبی و رسوب روزهای پیشین تاحداکثر ۱۰روز در کنترل رسوب پرداختند. شبکه عصبی مصنوعی روشی است که بر پایه شبیه سازی عملکرد مغز انسان برای حل مسایل متنوع ارایه واز لایه های نرون ورودی، خروجی، میانی و وزن های مربوط به مقادیر ورودی و بایاس و تابع تحریک تشکیل شده است. از قابلیت های شبکه عصبی مصنوعی می توان به مواردی مانند محاسبه یک تابع معلوم، تقریب یک نگاشت نا معلوم شناسایی الگو، پردازش سیگنال و

یادگیری اشاره کرد(انجمن مهندسان عمران آمریکا،۲۰۰۰). از معایب روش های شبکه عصبی نیز این است که تابعی در اختیار قرار نمی دهد که بتوان ازآن به صورت صریح استفاده نمود. مطالعات زیادی در زمینه رسوب با استفاده از شبکه عصبی انجام نشده است. (سارنگی وبا تاچاریا، ۲۰۰۵) برتری روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش های رگرسیونی در پیش بینی رسوب و فرسایش را نشان دادند (ژو وهمکاران، ۲۰۰۷) با مطالعه بر روی رود خانه لانگچوانگ جینگ در چین به برآورد موفق بار معلق رسوب به وسیله روش شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. در ایران نیز (آوریده و همکاران ، ۲۰۰۱)، (میرباقری و رجایی، ۲۰۰۴)، (ابوالواسط و شهرادفر، ۲۰۰۶)و (رجایی وهمکاران، ۲۰۰۷) کاربرد موفق شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رسوب معلق در رودخانه های مختلف داخل و خارج کشور را تایید نمودند. جمع بندی سابقه های پژوهش ها نشان دادکه روش های رگرسیونی از دقت زیاد برخوردار نبوده اند (دهقانی وهمکاران ، ۱۳۸۹). بنابراین در این پژوهش، به کارگیری روش شبکه عصبی مصنوعی و در نظر گرفتن رفتار دینامیکی بار معلق رسوب و درنظر گرفتن دبی جریان روزهای پیشین به عنوان متغیر موثر، ارزیابی شده است.

ب-مواد وروش ها

منطقه مورد مطالعه

مجموعه مخازن چاه نیمه در موقعیت جغرافیایی N3047 E6135 در استان سیستان و بلوچستان واقع است. چاه نیمه ها که چهار گودال طبیعی آب را شامل می شود در ۳۵ کیلومتری زابل در شهرستان زهک قرار گرفته است . از این مخازن علاوه بر آبیاری، می‌توان برای پرورش ماهی نیز استفاده کرد. حداکثر گنجایش این مخازن ششصد و شصت میلیون متر مکعب است و ظرفیت قابل بهره‌برداری سالانه آن تا سیصد و چهل میلیون متر مکعب نیز می‌رسد، که در حال حاضر چاه نیمه های ۱ تا ۳ مورد استفاده قرار گرفته و در کنار آنها چاه نیمه چهارم در حال بهره برداری می باشد.ایستگاه اندازه گیری کانال ورودی چاه نیمه به نام ایستگاه جریکه چاه نیمه نام دارد. شکل(۱)

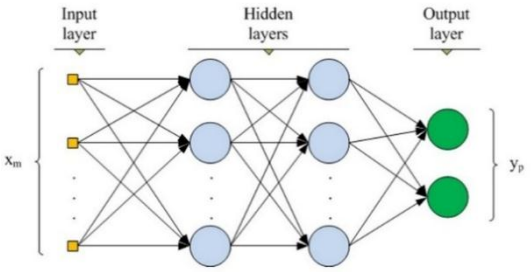


شکل۱- چاه نیمه های سیستان

شبکه های عصبی

شبکه های عصبی مصنوعی از فرآیندهای موجود در شبکه عصبی مغز انسان به شرح زیر الگوبرداری شده اند: اول، پردازش اطلاعات در اجزائی به نام نرون (گره) صورت می گیرد. دوم، اطلاعات بین نرون ها از طریق ارتباطات برقرار شده بین آنها مبادله می شود. سوم، هریک از این ارتباطات، مشخصه یا وزنی دارد که در اطلاعات انتقال یافته از یک نرون به نرون دیگر ضرب می شود. چهارم، هر نرون برای محاسبه خروجی، یک تابع محرک (معمولا غیر خطی) را به ورودی ها اعمال می کند. در نهایت هر شبکه براساس ساختار(نشانگر طریقه بین نرون ها) روش آموزش شبکه وتابع محرک مشخص می شود. متداولترین شبکه ها در پیش بینی وحل مسائل غیر خطی، شبکه های موسوم به چند لایه پرسپترون(MLP) می باشند. شکل ۲ شبکه عصبی مصنوعی سه لایه که دراین تحقیق به کاررفته است را نشان می دهد. آموزش این شبکه ها با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا صورت می پذیرد. الگوریتم پس انتشارخطا اساساً دارای دو مسیر اصلی است. اعمال MLP مسیر رفت که در آن بردار ورودی به شبکه می شود و تأثیراتش از طریق لایه های پنهان، به لایه خروجی انتشار می یابد مسیر بازگشت که پارامترهای شبکه مطابق با قانون یادگیری اصلاح خطا تغییریافته وتنظیم می شوند . سیگنال خطا، درلایه خروجی شبکه محاسبه می گردد و پارامترهای شبکه طوری تنظیم می شوند که پاسخ واقعی شبکه هرچه بیشتربه پاسخ مطلوب نزدیکتر شود . این امر تا رسیدن مقدارخطا به مقدار قابل قبول ادامه می یابد. در این صورت مرحله یادگیری شبکه به پایان می رسد و شبکه آمادگی تعیین خروجی مناسب در برابر داده ورودی جدید را داراست. الگوریتم پس انتشار، به گونه ای است که به ازای

هر ورودی در مرحله واسنجی باید خروجی متناظر و مناسب آن برای طی روند یادگیری شبکه موجود باشد. پس از آموزش شبکه، در مرحله آزمایش، فقط اطلاعات وارد می شود، اطلاعات فقط از سمت نرونهای ورودی وارد می شود و به نرونهای ورودی شبکه تخصیص داده می شود .



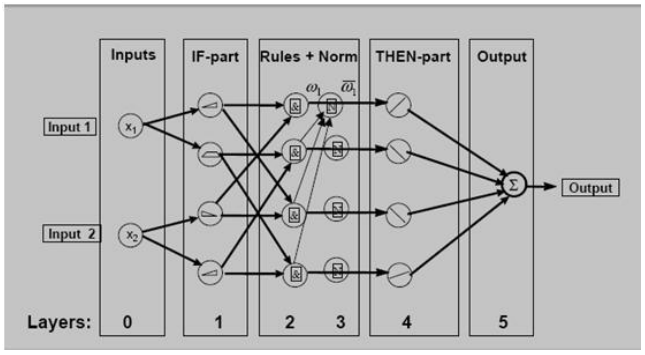
شکل۲-شبکهMLP

سیستم استنتاج فازی عصبی

اخیرامنطق فازی برای مدل کردن مدیریت مخازن و حل ویژگی های مبهم آنها استفاده پیشنهاد شده است. با وجود این، مشکل اصلی منطق فازی این است که روند سینماتیک برای طراحی یک کنترل کننده فازی وجود ندارد. به عبارت دیگر، یک شبکه عصبی این توانائی را دارد که از محیط آموزش ببیند(جفت های ورودی - خروجی)ساختارش را خود مرتب می کند وبا شیوه ای، تطابق خود را تطبیق دهد. به این منظور(جنگ وهمکاران ،۱۹۹۷) مدل ANFIS را ارائه کردکه قابلیت ترکیب توانائی دو روش یاد شده را داشت. ANFIS قابلیت خوبی در آموزش ، ساخت و طبقه بندی دارد و همچنین دارای این مزیت است که اجازه استخراج قوانین فازی را از اطلاعات عددی یا دانش متخصص می دهد و به طور تطبیقی یک قاعده - بنیاد می سازد. ساختار ANFIS شامل ۵ لایه با تعدادی متغیر ورودی است که هر ورودی دو یا چند تابع عضویت دارد . در لایه اول (ورودی) میزان تعلق هر ورودی به بازه های مختلف فازی توسط کاربر مشخص می شود. با ضرب مقادیر ورودی به هر گره در یکدیگر، وزن قانونها در لایه دوم به دست می آید. در لایه سوم عمل محاسبه وزن نسبی قوانین انجام می شود . لایه چهارم، لایه قوانین است که از انجام عملیات بر روی سیگنال های ورودی به این لایه حاصل می شود. لایه آخر، لایه خروجی شبکه می باشد که هدف آن حداقل نمودن اختلاف خروجی به دست آمده از شبکه وخروجی واقعی است.(شکل ۳)

این شبکه براساس یادگیری بانظارت ،آموزش داده می شود. بنابراین هدف ما آموزش شبکه های تطبیقی است که قادر به تخمین توابع نامشخص حاصل از اطلاعات آموزش بوده و مقدار دقیقی برای پارامترهای بالا پیدا کنند. ساختار مناسب ANFIS

متناسب با داده های ورودی، نوع تابع عضویت ورودی وخروجی ،قوانین وتعداد تابع عضویت انتخاب می گردد. برای افراز بخش مقدم قواعد فازی، دو روش زیر خوشه بندی و منقطع سازی شبکه ای وجود دارد (چانگ وچانگ،۲۰۰۵) که در این پژوهش روش زیر خوشه بندی مورد استفاده قرار می گیرد. برای انجام این قسمت از پژوهش نیز ابتدا داده ها نرمال سازی وسپس با استفاده از محیط ANFIS EDIT در نرم افزار MATLAB وتعیین توابع عضویت ورودی وخروجی وتعدادتوابع عضویت در نظر گرفته شده برای داده های ورودی، رسوب اندازه گیری شده تعیین شدند. روش مورد نظر برای یادگیری نیز الگوریتم گوسی انتخاب شد.(امیر احمد دهقانی وهمکاران،۱۳۸۷)



شکل (۳)- شمای ساده ای از مدل ANFIS

داده ها وروش های مورد آزمون

در این پژوهش از آمار۵۲۶ نمونه (۱۳۸۸-۱۳۶۵) رسوب ودبی جریان اندازه گیری شده متناظربا رسوب برحسب گرم در لیتر ودبی جریان روزهای قبل از نمونه برداری به متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه هیدرومتری جریکه چاه نیمه استفاده شد. جهت تخمین بار معلق رسوب از مقدار رسوب به عنوان متغیر وابسته و مقادیر دبی روز جاری، دبی روز جاری و دبی روز قبل و دبی روز جاری، روزقبل و دو روز قبل به عنوان متغیرهای مستقل از بین حالت های مختلف و براساس همبستگی بالای آن با انجام آنالیزهای آماری انتخاب گردید. سپس براساس مدل های سه گانه یادشده داده ها مرتب وبا توجه به عملکرد بهتر رابطه (۱) نرمال گردید تا در محدوده صفر و یک قرار گیرند.(منهاج،۲۰۰۱).

$$x_{normal} = {}^{x_i}/_{x_{max}} \qquad (۱)$$

در گام بعدی داده ها به ۳ دسته آموزش و صحت سنجی ونیز آزمون به نسبت ۸۰ و ۲۰ درصد تقسیم بندی شدند(منهاج،۲۰۰۱).پس از آماده سازی داده ها ، وبا استفاده از نرم افزار Matlab7.8.0 (R2009) شبکه عصبی پرسپترون

چند لایه بر اساس الگوریتم های مختلف یادگیری مانند شبکه عصبی و الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا مورد آزمایش قرار گرفتند. تعداد لایه میانی ۱ تا ۲ لایه ،تعداد نرون های لایه میانی از ۵ تا ۱۰ نرون (منهاج،۲۰۰۱) وتابع انتقال TASNIG مورد بررسی قرار گرفت؛ در این روش ۲/۳ داده ها برای آموزش و ۱/۳ نیز برای صحت سنجی استفاده شده است، پس از اجرای متعدد مدل شبکه عصبی ، بهترین حالت براساس معیار آماری ضریب همبستگی انتخاب گردید، همچنین درسیستم استنتاج فازی عصبی از ۸۰درصد داده ها ۲/۳ برای آموزش ۱/۳ برای چک ، ۲۰ درصد داده ها نیز برای تست به کار می روند .

جدول (۱) پارامترهای آماری مربوط به داده های ایستگاه جریکه چاه نیمه

	نوع داده ها	متوسط	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	ضریب تغییرات
داده های آموزشی	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۶۱/۶۳۹	۴۱۶/۶۲	۰/۴۳۶	۳۸/۳۷۹	۰/۶۱۹
	رسوب (تن در روز)	۳۵۴۷۲/۵۶	۵۸۴۵۵۸	۲/۵۳۴	۲۴۹۰۰/۲۴	۰/۷۰۱
داده های تست	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۸۰/۵۷	۲۲۴/۳	۰/۵۹	۶۲/۸۶	۰/۷۸
	رسوب (تن در روز)	۱۹۰۹۴	۳۵۳۲۵۲	۱۴/۰۰۲	۵۰۲۰۳	۲/۶۲۹

به طور کلی برای برآورد بار رسوبی سه مدل برای روش های شبکه عصبی وسیستم استنتاج فازی-عصبی تعریف شده است:

۱_دبی رسوب فقط به دبی جریان همان روز وابسته است (Q_n).

۲-دبی رسوب علاوه بر دبی جریان همان روز به دبی جریان روز قبل نیز وابسته است (Q_n,Q_{n-1}).

۳- و در نهایت دبی رسوب علاوه بر دبی همان روز و دبی روز قبل به دبی جریان دو روز قبل نیز وابسته است(Q_n,Q_{n-1},Q_{n-2}). در نتیجه برای محاسبه رسوبات معلق ترکیبهای مختلفی از ورودیها بکار رفته است که در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول (۲) ترکیب های مختلف از ورودی ها برای محاسبه رسوب معلق

مدل		الگوی ورودی ها به شبکه ها
شبکه عصبی	ANN1	Q_n
	ANN2	Q_n,Q_{n-1}
	ANN3	Q_n,Q_{n-1},Q_{n-2}
سیستم استنتاج فازی-عصبی	ANFS1	Q_n
	ANFS2	Q_n,Q_{n-1}
	ANFS3	Q_n,Q_{n-1},Q_{n-2}
منحنی سنجه	SRC	Q_n

پس از انتخاب داده های آموزش و صحت سنجی، اقدام به طراحی شبکه عصبی وسیستم استنتاج فازی-عصبی گردید. برای آموزش شبکه از نرم افزار MATLAB(ver:7.8.0.347) استفاده شده است. بر اساس پژوهش های پیشین، یک شبکه پرسپترون با یک لایه پنهان در تقریب زدن هر تابع غیر خطی تواناست.

معیارهای ارزیابی مدلها

برای سنجش کارایی مدل معیارهای مختلفی وجود دارد. در این تحقیق از معیارهای ضریب تبیین و جذر میانگین مربعات خطا مطابق روابط (۲) و (۳) استفاده شده است.

$$R^2 = \frac{\sum_1^k x_k y_k}{\sqrt{\sum_1^k (x_k)^2 \sum_1^k (y_k)^2}} \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^k (x_k - y_k)^2}{k}} \qquad (۳)$$

درروابط فوق x_k مقادیر مشاهداتی، y_k مقادیر برآورد شده و k تعداد داده ها می باشد. پس از آموزش شبکه برای مدل های مختلف، اقدام به مقایسه برای یافتن بهترین مدل شده است.

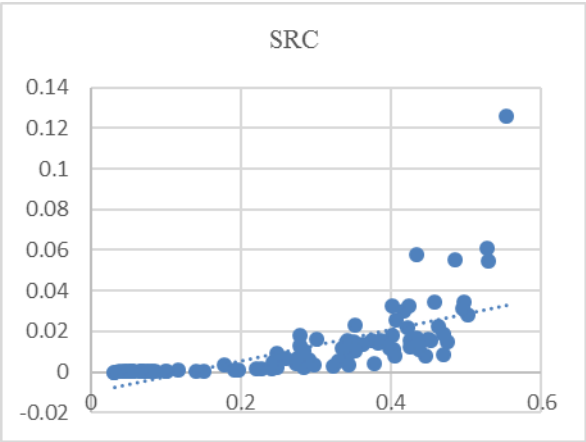
ج-نتایج و بحث

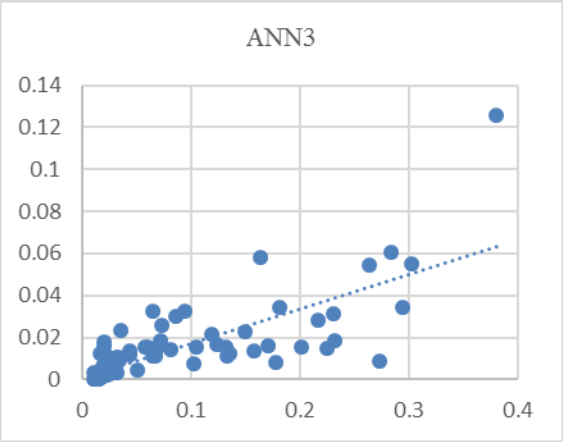
در مدل شبکه عصبی نیز بعد از سعی و خطاهای مکرر بهترین تابع، تعداد نرونها و تعداد لایه های پنهان برای آموزش شبکه مشخص شد. مقادیر R^2 و **RMSE** در هر مدل در جدول (۳) آمده است.

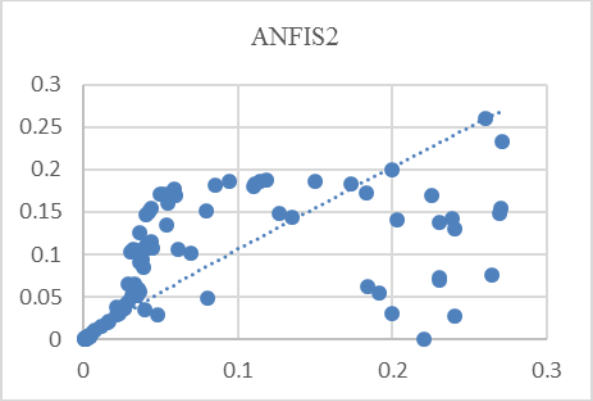
جدول (۳) – مقایسه روشهای فازی-عصبی، شبکه های عصبی و منحنی سنجه رسوب برای الگوهای مختلف دادههای تست

مدل ها	نوع تابع	الگوی داده های ورودی	R^2	RMSE
ANN1	TRAINLM	Q_n	۰.۰۷۹	۰.۱۰
ANN2	TRAINLM	Q_n,Q_{n-1}	۰.۸۴	۰.۰۵
ANN3	TRAINLM	Q_n,Q_{n-1},Q_{n-2}	۰.۸۵	۰.۰۹
ANFIS1	Gaussmf	Q_n	۰.۵۶	۰.۰۹
ANFIS2	Gaussmf	Q_n,Q_{n-1}	۰.۷۷	۰.۰۹
ANFIS3	Gaussmf	Q_n,Q_{n-1},Q_{n-2}	۰.۷۲	۰.۱۱
منحنی سنجه رسوب	SRC	Q_n	۰.۷۶	۰.۳۰

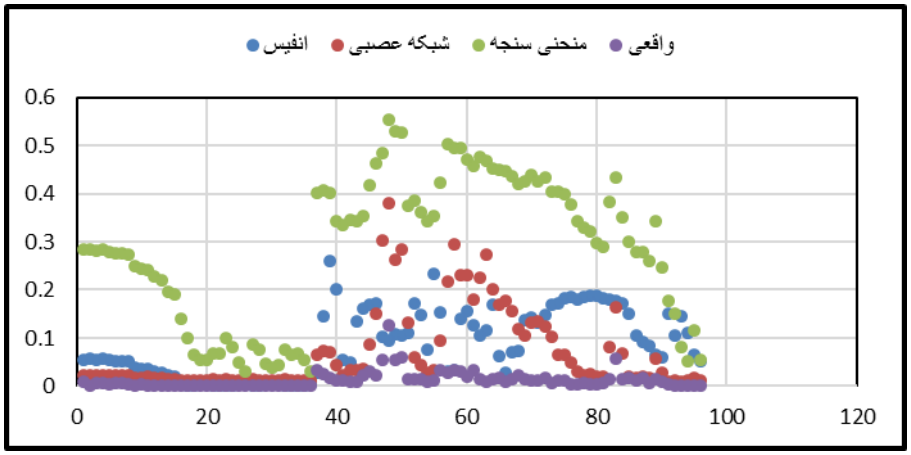
همانطور که در جدول (۳) دیده می شود از بین مدلهای معرفی شده در مدل های شبکه عصبی، مدل ANN3 دارای بیشترین ضریب تبیین، ومدل ANN2 دارای کمترین مقدار خطا می باشد. در شکل(۴) نمودار ضریب تبیین بین داده های واقعی و تخمین زده شده از مدل هایANN3 وSRC وANFIS2 نشان داده شده است. همچنین در شکل (۵) مقادیر تخمین زده شده توسط منحنی سنجه رسوب، مدل ANN3 ، مدل ANFIS2 و داده های مشاهداتی در دوره تست نشان داده شده است.







شکل۴- نمودار ضریب تبیین مدل هایANN3 وSRC وANFIS2



شکل۵- مقادیر تخمین زده شده توسط منحنی سنجه رسوب، مدل ANN3 ، مدل ANFIS2 و داده های مشاهداتی در دوره تست

در مقایسه با نتایج پیش بینی دبی رسوب مطالعه موردی حوزه گرگانرود که **سیستم استنتاج فازی عصبی** عملکرد بهتری نسبت به منحنی سنجه وشبکه عصبی داشت (محمدرضاپور وهمکاران،۱۳۹۲) در این مطالعه **شبکه عصبی** عملکرد بهتری در برآورد دبی رسوب وابسته به دبی جریان دو روز قبل و دبی جریان سه روز قبل نسبت به روش های منحنی سنجه و سیستم استنتاج فازی عصبی دارد (جدول۳) همچنین با توجه به شکل (۵) منحنی مدل ANN3 وابستگی بیشتری با داده های واقعی دارد. بنابراین توصیه می شود با توجه به عملکرد بهتر **سیستم شبکه عصبی**، از این مدل برای **برآورد دبی بار رسوبی** در حوزه های آبخیز معرفی شده و نیز سایر حوضه های آبریز استفاده شود تا بتوان از این مدل ها به عنوان جایگزین روش های معمول بهره گرفت.

۵-منابع

احمدی وهمکاران۱۳۸۷."استفاده از نظام فازی در برآورد رسوب معلق(مطالعه موردی :حوزه آبخیز طالقان)"مجله علمی وپژوهشی علوم ومهندسی آبخیزداری ایران، سال دوم شماره ۵،زمستان ۱۳۸۷

امیراحمد دهقانی و همکاران ۱۳۸۹."تخمین رسوب معلق رودخانه بهشت آباد با استفاده از شبکه عصبی "مجله پژوهش های حفاظت آب وخاک۱۳۸۹.

بنی حبیب وهمکاران،۱۳۸۹."مدل شبکه عصبی برای بررسی همبستگی روزانه بین ایستگاه های در پیش بینی جریان ورودی به مخزن سد دز".مجله پژوهش آب ایران،سال چهارم/شماره هفتم/پائیز وزمستان ۱۳۸۹(۲۵-۳۲).

بیدختی و همکاران، ۱۳۸۷ ."پیش بینی بار رسوبی در بازه هایی از رودخانه خشک شیراز با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی"، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، ۱۳۸۷.

نظام خیاوی و همکاران، ۱۳۸۹. "استفاده از سیستم استنتاج فازی – عصبی تطبیقی در برآورد بار معلق رسوب رودخانه ها"، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

نورانی.و همکاران. .۱۳۸۵."تخمین چند ایستگاهه بار معلق تلخه رود با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی"، سومین کنگره ملی عمران، تبریز، ایران، ..

محمدرضاپوروهمکاران،۱۳۹۲." مقایسه روشهای هوش مصنوعی و منحنی سنجه رسوب در برآورد رسوبات معلق رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه گرگانرود)"اولین همایش بهینه سازی مصرف آب ،گرگان۱۳۹۲.

معیری وهمکاران، ۱۳۸۹."مقایسه روش های شبکه عصبی مصنوعی، فازی-عصبی تطبیقی ومنحنی سنجه رسوب در برآورد رسوبات معلق رودخانه ها(مطالعه موردی رودخانه آجی چای)"،مجله دانش آب وخاک جلد۲۰/۱شماره۱۳۸۹/۲.

میر باقری، سید.احمد.رجائی،طاهر.۱۳۸۳. "استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی و تخمین بار معلق رودخانه ها"، اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تهران

میرزائی وهمکاران۱۳۸۴."مقایسه روش های آماری برآورد رسوب معلق رودخانه ها"مجله منابع طبیعی ایران جلد۵۸ (۲)، ۳۰۱-۳۱۳.

Ariffin J, Abdul Ghani A, Zakaria N and Shukri Yahya A, 2003. Sediment prediction using ANN and regression approach. Pp 930-945. 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century: Issues and Challenges.

Cigizoglu Hk, 2004. Estimation and forecasting of daily suspended sediment data by multi-layer perceptrons. Advanced Water Resources. 27: 185–195.

Kisi O, 2005. Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches. Journal of Hydrological Sciences, IAHS Press, 50: 683-696.

Jang, J. S. R., Sun, C. T. and Mizutani, E. 1997. "*Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*". Prentice-Hall International. New Jersey.

Sarangi, A., Bhattacharya, A. K., 2005. "Comparison of artificial neural network and regression models for sediment loss prediction from Banha Watershed in India". Agricaltural water management, Vol.78, Issue 3, 5 December 2005, pp.195-208.