

برآورد دبی رودخانه ها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

(طرح مطالعاتی: رودخانه قره آغاج در استان فارس)

رسول شجاعی اردکانی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد استهبان

*

تورج سبزواری

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد استهبان

Tooraj419@yahoo.com, tel: 09177151596

چکیده:

با توجه به اینکه عواملی از جمله میزان بارندگی، درجه حرارت، تبخیر، نفوذ پذیری و جریان آبهای زیر زمینی بر روی دبی ماهیانه رودخانه ها تاثیر دارد، ولی به طور کلی مهمترین عامل تغییرات دبی رودخانه ها میزان بارش می باشد. در این تحقیق نقش پارامترهایی از جمله دبی ماه های گذشته و میزان بارندگی و درجه حرارت بر روی دبی ماهیانه رودخانه ها مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از روشهای مدل سازی دبی رودخانه ها، استفاده از معادلات حاکم بر سری های زمانی است. هدف اصلی در این تحقیق، استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) جهت بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر روی دبی هرماه بوده است. اطلاعات مربوط به دبی ماهیانه ایستگاه هیدرومتری علی آباد خفر در استان فارس و میزان بارندگی و درجه حرارت منطقه به عنوان طرح مطالعاتی تحقیق انتخاب گردیده است. برای مدل سازی اطلاعات از نرم افزار QNET2000 که بر اساس روش پیشخور (Feed Forward) کار می کند استفاده شده است.

مقدمه:

به طور کلی چون دبی ماهیانه رودخانه ها، میزان بارندگی و دمای یک منطقه نسبت به زمان تغییر می کند، جزء سری های زمانی محسوب می شوند و برای مدل سازی آنها باید از معادلات و روشهای مدل سازی سری های زمانی استفاده شود. استفاده از مدل های ARMA و ARIMA در مدل سازی دبی رودخانه مرسوم بوده است و برای پیش بینی اطلاعات می توان از آنها بهره برد.

روش شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) به طور همزمان می توان نقش پارامترهای زیادی را در پیش بینی اطلاعات به کار برد.

به طور کلی دبی ماهیانه در هر ماه می تواند تابعی از دبی ماه های گذشته و بعضی از پارامترها مثل میزان بارندگی ماهیانه، درجه حرارت و تبخیر در همان ماه و ماه های گذشته باشد. در این تحقیق با استفاده از روش شبکه های عصبی ارتباط بین این پارامترها مورد بررسی قرار گرفته است.

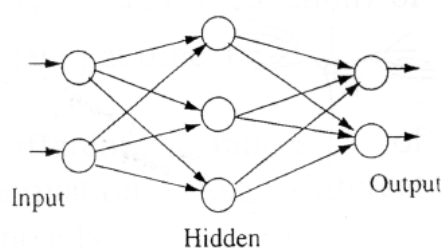
مدل شبکه عصبی مصنوعی:

شبکه عصبی مصنوعی در واقع مدل ساده شده ای از مغز انسان می باشد. این شبکه در واقع یک ساختار ریاضی است که توانایی نشان دادن فرایندها و ترکیبات دلخواه غیر خطی جهت ارتباط بین ورودی ها و خروجی های هر سیستمی را دارا است. این شبکه با داده های موجود طی فرایند یادگیری، آموزش دیده و جهت پیش بینی در آینده مورد استفاده قرار می گیرد.

دیدگاه جدید شبکه های عصبی در دهه 40 قرن بیستم با کار آقایان Warren McCulloch و Walter Pitts آغاز شد. آنها نشان دادند که شبکه های عصبی می توانند هر تابع حسابی و منطقی را محاسبه نمایند. Donald Hebb عمل شرط گذاری کلاسیک را به عنوان خواص نرونها (Neuron) معرفی کرد و سپس مکانیزمی را جهت یادگیری نرونهای بیولوژیکی ارائه داد. نخستین کاربرد علمی شبکه های عصبی در اواخر دهه 50 قرن بیستم مطرح شد، زمانی که Frank Rosenblatt در سال 1958 شبکه پرسپترون (Perceptron) را معرفی نمود. وی شبکه ای ساخت که قادر بود الگوها را از هم شناسایی کند. در طی سالیان متعدد شبکه های عصبی بسیاری بوجود آمده و تحقیقات در این زمینه هنوز ادامه دارد. نرونها کوچکترین واحدهای سازنده شبکه عصبی مصنوعی می باشند و حکم سلولهای مغز انسان را دارند.

هر شبکه از یک لایه ورودی و یک لایه خروجی و یک یا چند لایه میانی تشکیل شده است. نرونهای هر لایه بوسیله وزنهایی به نرونهای لایه بعدی متصل می شوند.

طی فرایند آموزش شبکه این وزن‌ها و مقادیر ثابتی که با آنها جمع می‌شوند اصطلاحاً بایاس (Bias) نامیده می‌شوند، به طور پی در پی تغییر می‌کنند تا اینکه خطا به کمترین مقدار خود برسد. برای انتقال خروجی‌های هر لایه به لایه‌های بعدی از توابع محرک استفاده می‌شود. از توابع معروف می‌توان توابع زیگموئیدی، خطی و آستانه‌ای را نام برد. مطالب بالا در شکل (1) نشان داده شده است.



شکل (1)- نمایش شبکه عصبی ساده

روشی که جهت درست کردن وزن‌ها و بایاس‌ها برای دستیابی به مقدار مطلوب اتخاذ می‌گردد، قانون یادگیری نام دارد. قانون یادگیری در واقع یک الگوریتم ریاضی پیچیده است. هر شبکه برای بوجود آمدن و قابل قبول بودن به دو سری داده نیازمند است: سری آموزش و سری آزمون. در حدود هشتاد درصد داده‌ها صرف آموزش و مابقی صرف تست شبکه می‌شود. در طی فرایند یادگیری، میزان فراگیری شبکه توسط توابع هدف مرتباً سنجیده می‌شود و در نهایت شبکه‌ای مورد پذیرش قرار می‌گیرد که کمترین میزان خطا را دارا باشد. در این تحقیق از مدل کامپیوتری Qnet 2000 که اساس این مدل، روش شبکه‌های پیشخور (Feed-Forward Networks) می‌باشد استفاده شده است. با توجه به اینکه در زمینه شبکه‌های عصبی منابع فراوانی در دسترس هست از توضیحات بیشتر اجتناب شده و به موضوع تحقیقاتی رسیدگی می‌شود.

مدل های تعریف شده برای آموزش:

به طور کلی مقدار دبی در هر ماه می تواند به دبی های اتفاق افتاده در ماه های گذشته ارتباط داشته باشد. با توجه به اینکه دبی رودخانه به عواملی همچون بارندگی و میزان برف در هر ماه بستگی دارد، لذا در این تحقیق ارتباط دبی رودخانه را با دبی های جریان رودخانه در ماه های گذشته و همچنین بارندگی و حرارت هرماه و ماه های گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق از اطلاعات مربوط به ایستگاه هیدرومتری ایستگاه علی آباد خفر در استان فارس واطلاعات هواشناسی منطقه از دی 53-54 تا شهریور 82-83 استفاده شده است.

قابل توجه است که اطلاعات مربوط به سالهای 81-82 و 82-83 جهت صحت یابی شبکه (Recall) استفاده شده است.

تابع کلی دبی جریان در رودخانه در هر ماه به صورت زیر تعریف می شود:

$$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, \dots, Q_{t-n}, P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-n}, T_t, T_{t-1}, \dots, T_{t-n})$$

که در آن Q و P و T به ترتیب دبی جریان ، بارندگی ماهیانه و متوسط درجه حرارت می باشد. n شماره ماه گذشته را نشان می دهد.

همانطور که مشاهده می کنید معادله بالا یک معادله بزرگ و دارای پارامترهای زیادی می باشد. به طور کلی دبی در هر ماه به دبی چند ماه گذشته و میزان بارندگی در همان ماه و چند ماه گذشته بستگی دارد. تاثیر درجه حرارت نسبت به پارامترهای دیگر کمتر بوده در هر صورت تاثیر درجه حرارت در هرماه نیز در تحلیل ها به کار رفته است.

حسن روش استفاده از شبکه عصبی نسبت به سری زمانی این است که در این روش تاثیر همزمان چند پارامتر مثل بارندگی ، درجه حرارت را در مقدار دبی در هر زمان را مورد بررسی قرار می دهد. حال باید ببینیم که دبی رودخانه قره آغاچ به کدام پارامترهای بالا بستگی دارد، لذا مدلهای زیر را مطابق جدول (1) انتخاب کرده و آموزش شبکه را شروع می نماییم.

جدول (1) - انتخاب مدل های پیش بینی دبی رودخانه

مدل	تابع
M1	$Q_t = f(Q_{t-1})$
M2	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2})$
M3	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3})$
M4	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4})$
M5	$Q_t = f(Q_{t-1}, P_t)$
M6	$Q_t = f(Q_{t-1}, P_t, P_{t-1})$
M7	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1})$
M8	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, P_t, P_{t-1})$
M9	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, \dots, Q_{t-3}, Q_{t-4}, P_t, P_{t-1})$
M10	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1}, T_t)$

نمونه ای از اطلاعات مربوط به دبی ماهیانه و میزان بارندگی و متوسط دمای در ایستگاه علی آباد خفر در جدول (2) ارائه شده است.

جدول (2) - نمونه ای از اطلاعات مربوط به دبی، بارندگی و درجه حرارت ایستگاه علی آباد خفر

year	month	Q(t)	P(t)	T(t)
53-54	دی	11.7	117	4.15
53-54	بهمن	12.8	94	3.2
53-54	اسفند	14.9	19	7
53-54	فروردین	8.25	56	11.15
53-54	اردیبهشت	9.03	48	15.75
53-54	خرداد	5.15	0	20.8
53-54	تیر	1.98	0	24.75
53-54	مرداد	0.56	13	25.9
53-54	شهریور	0.03	0	21.8
54-55	مهر	0.76	0	16.2

با بررسی های صورت گرفته براساس مدل های معرفی شده ، مدل M7 با کمترین خطا و بالاترین ضریب همبستگی بهترین مدل پیش بینی دبی ماهیانه رودخانه قره آغاج انتخاب شده است. جدول (3) نتایج بدست آمده از آموزش شبکه را با ساختارهای مختلف نشان می دهد.

جدول (3)- انتخاب مدل های پیش بینی دبی رودخانه ها

مدل	تابع	RMS	R
M1	$Q_t = f(Q_{t-1})$	0.095	0.579
M2	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2})$	0.080	0.718
M3	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3})$	0.068	0.80
M4	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4})$	0.062	0.843
M5	$Q_t = f(Q_{t-1}, P_t)$	0.047	0.915
M6	$Q_t = f(Q_{t-1}, P_t, P_{t-1})$	0.024	0.977
M7	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1})$	0.02	0.984
M8	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, P_t, P_{t-1})$	0.029	0.969
M9	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, \dots, Q_{t-3}, Q_{t-4}, P_t, P_{t-1})$	0.027	0.97
M10	$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1}, T_t)$	0.033	0.958

که R ضریب همبستگی آموزش مربوط به هر ساختار و RMS میزان خطا می باشد. همانطور که در جدول بالا مشاهده می شود، مدل M7 با ساختار 1-30-30-30-4 (4 پارامتر ورودی، 3 لایه پنهان و 1 پارامتر خروجی) و ضریب همبستگی 0.984 به عنوان بهترین مدل برای پیش بینی دبی ماهیانه رودخانه قره آغاج انتخاب گردید.

بررسی مدل M7 :

در هفتمین بررسی فرض بر آن قرار گرفت که دبی در هر ماه به دو دبی ماه گذشته و میزان بارندگی همان ماه و ماه قبل بستگی داشته باشد.

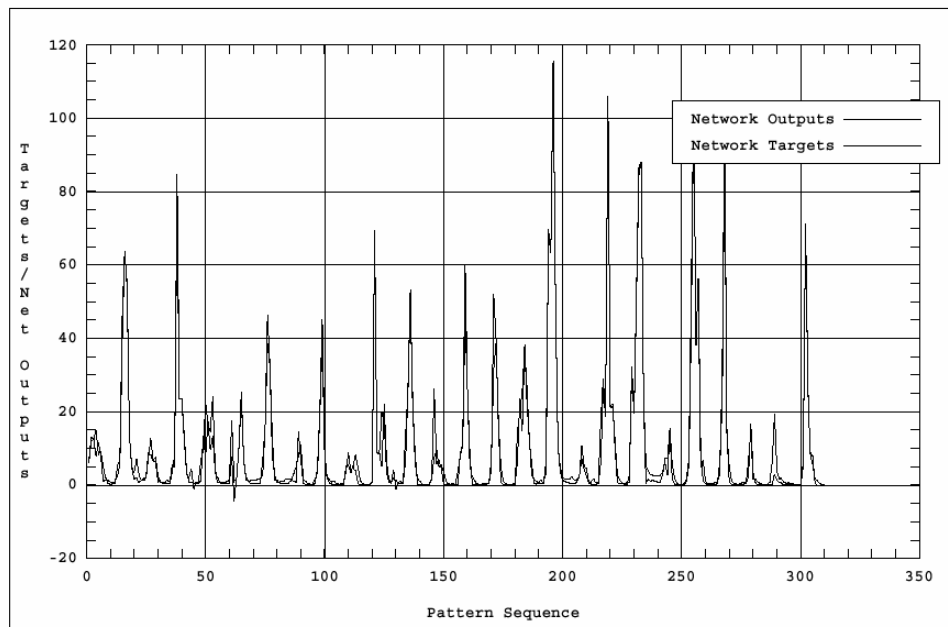
$$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1})$$

در بررسی هفتم مقادیر $P(t-1)$ ، $Q(t-1)$ ، $Q(t-2)$ و $P(t)$ به عنوان ورودی به مدل و مقادیر $Q(t)$ به عنوان خروجی به مدل معرفی گردید. نتایج بدست آمده از آموزش ساختارهای مختلف مطابق جدول (4) می باشد.

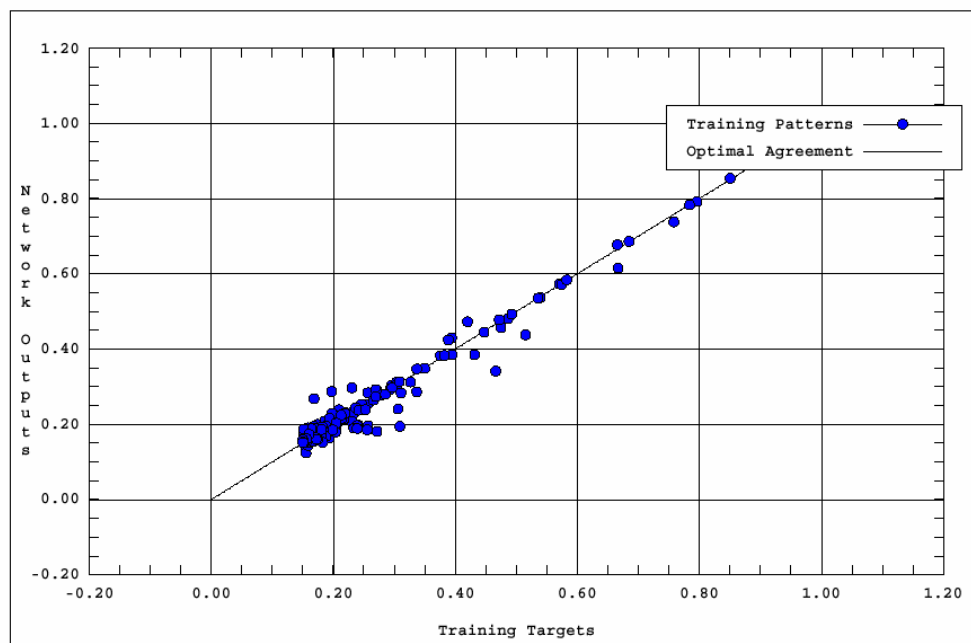
جدول (4)- نتایج حاصله از آموزش با ساختارهای مختلف با تابع متحرک Gaussian

ساختار	RMS	R
4-10-10-10-1	0.026	0.973
4-20-20-20-1	0.026	0.975
<u>4-30-30-30-1</u>	<u>0.02</u>	<u>0.984</u>

مطابق جدول بالا ، ساختار 4-30-30-30-1 به عنوان بهترین ساختار برای مدل M7 انتخاب شده است. مقدار ضریب همبستگی در مدل M7 به 0.984 رسیده است که نسبت به مدل M6 مقداری افزایش یافته است. شکل (2) و (3) نحوه آموزش شبکه عصبی را با ساختار 4-30-30-30-1 نشان می دهد.



شکل (2)- نحوه آموزش داده ها با ساختار 4-30-30-30-1

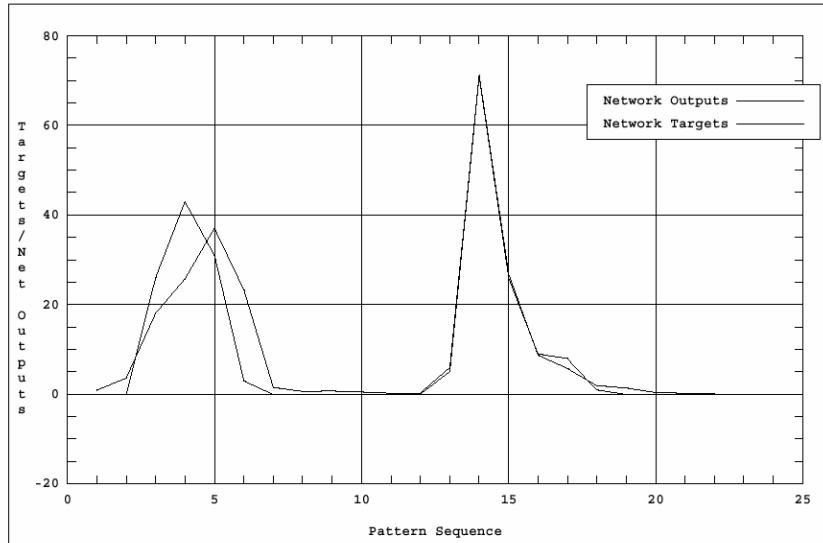


شکل (3) - نحوه آموزش داده ها با ساختار 4-30-30-30-1

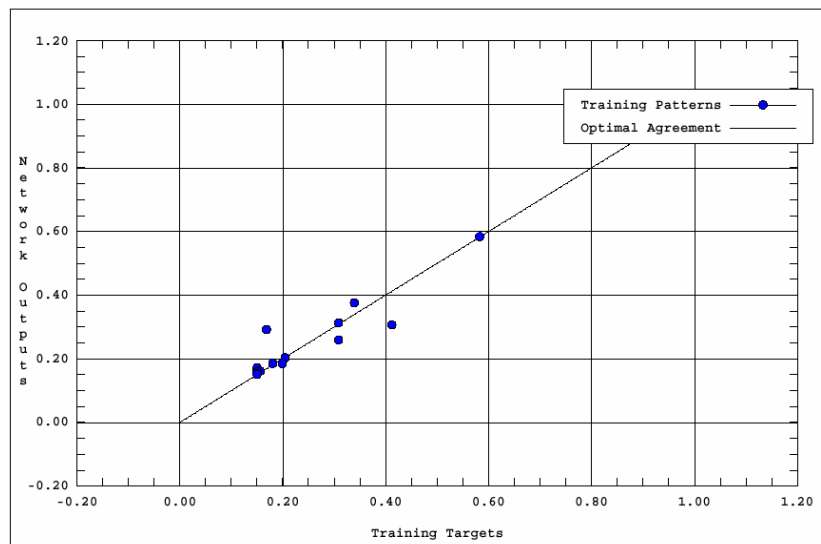
صحت یابی شبکه با مدل M7

برای صحت یابی مدل M7 از اطلاعات مربوط به رودخانه قره آغاج از مهر 82-81 تا شهریور 83-82 به مدت 25 ماه استفاده شده است.

شکل (4) و (5) نحوه صحت یابی مدل M7 با معادله $Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1})$ را نشان میدهد.



شکل (4) نحوه صحت یابی مدل M7



شکل (5) نحوه صحت یابی مدل M7

همانطور که مشاهده می شود ضریب همبستگی آزمون صحت یابی برابر 0.93969 می باشد که این مقدار مناسبی می باشد. لذا می توان گفت که مدل M7 در آموزش شبکه عصبی دبی رودخانه قره آعاج موفق عمل کرده است.

پیش بینی دبی ماهیانه سال 83-84 با مدل M7:

برای پیش بینی دبی ماهیانه سال 83-84 باید یک الگوی بارندگی برای آن ماه تعریف کنیم زیرا مدل M7 به مقدار بارندگی در هر ماه و ماه قبل ارتباط دارد، لذا به عنوان پیش فرض ما الگوی زیر را براساس متوسط بارندگی های سالهای قبل به صورت جدول (5) تعریف می نمائیم.

جدول (5)- الگوی پیش فرض بارندگی در سال 83-84 بر حسب میلی متر

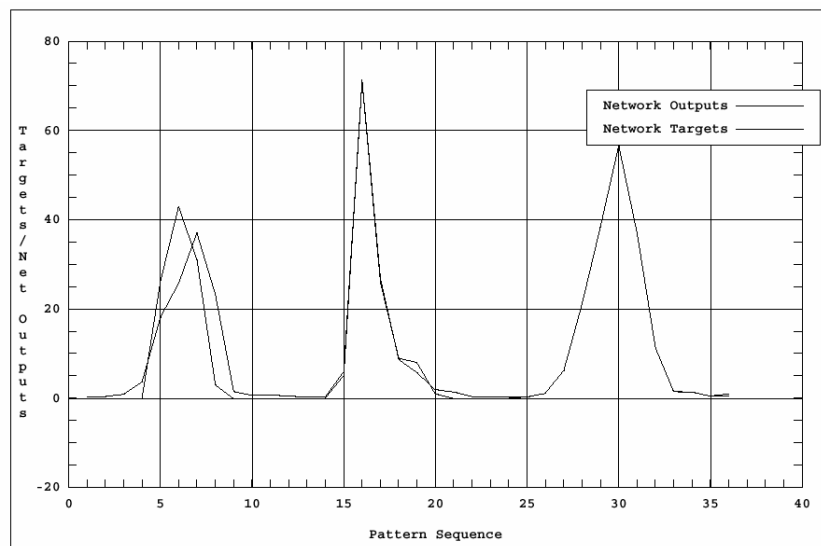
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	اذر	ایان	مهر	ماه
0	0	0	0	0	34	60	71.5	71	54	14.5	1.5	بارندگی

با معرفی اطلاعات مزبور به فایل مدل M7 مقادیر پیش بینی دبی ماهیانه سال مزبور به شرح جدول (6) می باشد.

جدول (6)- پیش بینی مقدار دبی ماهیانه رودخانه قره آعاج در سال 83-84

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	اذر	ایان	مهر	ماه
0.49	0.53	1.39	1.5	11.36	37	56.6	38.4	21.1	6.16	1.07	0.32	بارندگی

شکل (6) مقادیر دبی پیش بینی سال 83-84 را در کنار دبی های سالهای 82-83 و 81-82 نشان می دهد. مقدار ضریب همبستگی پیش بینی 0.82 بوده است.



شکل (6)- مقادیر دبی پیش بینی سال 83-84

به همین طریق می توان برای سالهای بعدی با تعریف یک الگوی بارندگی ماهیانه ، دبی ماهیانه رودخانه را پیش بینی کرد.

نتیجه گیری:

1- با توجه به اینکه عواملی از جمله میزان بارندگی، درجه حرارت، تبخیر، نفوذ پذیری و جریان آبهای زیر زمینی بر روی دبی ماهیانه رودخانه ها تاثیر دارد، ولی به طور کلی مهمترین عامل تغییرات دبی رودخانه ها میزان بارش می باشد.

در این تحقیق نقش پارامترهای دبی ماه های گذشته و میزان بارندگی و درجه حرارت بر روی دبی ماهیانه رودخانه قره آغاج مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت مدل بارش زیر بهترین مدل انتخاب گردید:

$$Q_t = f(Q_{t-1}, Q_{t-2}, P_t, P_{t-1})$$

یعنی دبی ماهیانه در هر ماه به میزان بارش همان ماه و ماه گذشته و به دبی دو ماه گذشته بستگی دارد. مقدار ضریب همبستگی 0.984 محاسبه شده است که مقدار قابل قبولی می باشد. در هر صورت برای رودخانه های دیگر در دنیا باید این روشها به صورت جداگانه انجام گیرد.

2- قدرت روش استفاده از شبکه های عصبی به علت اینکه می توان به صورت همزمان تعدادی زیادی از پارامترها را به عنوان ورودی مدل تعریف کنیم بسیار بالاتر از روشهای سری های زمانی می باشد.

منابع:

- [1]: Atiya, A.F., El-Shoura, S.M., Shaheen, S.I. and M.S. El-Sherif, *A comparison between neural-network forecasting techniques. Case study: river flow forecasting. IEEE Transactions on Neural Networks*, 10(2), 402-409, 1999.
- [2]: A.Y. Shamseldin, *Application of a neural network technique to rainfall-runoff modelling*, *J. Hydrol.* 199(1997) 272-294.
- [3]: Campolo, M., Andreussi, P. and A. Soldati, *River flood forecasting with a neural network model*, *Water Resources Research*, 35(4), 1191-1197, 1999.
- [4]: Hsu K., Gupta H.V. and Sorooshian S. (1995), *Artificial neural network modelling of rainfall-runoff process*, *Water Resources Research*, 31, 2517-2530.
- [5]: Imrie C.E., Durucan S. and Korre A. (2000a), *River flow prediction using artificial neural networks: generalisation beyond the calibration range*, *J. Hydrol.*, 233, 138-153.
- [6]: Karunanithi, N., Grenney, W.J., Whitley, D. and Bovee, K., *Neural Networks for River Flow Prediction*, *J. Comp. Civil Eng., ASCE* 8, 201-220, 1994.
- [7]: Kisi, O., *River Flow Modeling Using Artificial Neural Networks*, *ASCE J. of Hydrologic Engineering*, 9, 1, 60-63, 2004.
- [8]: Karunanithi, N.; Grenney, J.; Whitley, D. and Bovee, K. 1994. *Neural networks for river flow prediction. Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol.8, No.2, 201-220.
- [9]: SHAMSELDIN AY (1997) *Application of a neural network technique to rainfall-runoff modelling*. *J. Hydrol.* 199 (3-4) 272-294.
- [10]: Qnet v 2000, *Neural Network modeling for windows 95/98/2000/xp*, Vesta services. <http://qnetv2k.com/qnet2000information.htm>
- [11]: نیرومند، حسینعلی، تحلیل سری های زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 1376
- [12]: مهدیزاده، شبکه های عصبی مصنوعی و کاربرد آن در مهندسی عمران
- [13]: منهای - مبانی شبکه های عصبی مصنوعی، انتشارات دانشگاه صنعتی، امیرکبیر، 1379