مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی در شبیه سازی جریان رودخانه، مطالعه موردی: رودخانه درونگر(شهرستان درگز)

حسن ساقی[۱] ، امیرعلی معاون شهیدی[۲]، محمد باقر شریفی[۳]

چکیده

سریهای زمانی از شاخه های علم آمار و احتمالات می باشد که در رشته های مختلف علوم همچون اقتصاد مهندسی، ارتباطات و هواشناسی کاربرد فراوانی داشته و همچنین دامنه کاربرد آن روز به روز گسترده تر می شود. تجزیه و تحلیل سریهای زمانی توسط افرادی همچون جورج ای. پی باکس و ام. جنکینس در سال ۱۹۷۰ بسرعت توسعه پیدا نمود. تحلیل پدیده های تصادفی درقلمرو علم آمارو احتمال از زیرمجموعه های علم هیدرولوژی بوده و هدف از آن معمولاً درک یا به مدل در آوردن مکانیسم تصادفی که منجر به مشاهده سری می شود و نیز پیش بینی مقادیر آینده سری ، بر مبنای گذشته آن می باشد [1].

یکی از روشهای تجزیه وتحلیل داده ها در هیدرولوژی، استفاده از مدلهای اتفاقی می باشد. شبکه عصبی مصنوعی نیز به عنوان یکی از روشهای مناسب جهت حل مسائلی که معادله حاکم مشخص ندارد، می تواند روش مناسبی جهت تحلیل سری زمانی باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی کارائی دو روش شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی جهت شبیه سازی جریان رودخانه و مقایسه آنها با یکدیگر می باشد. بدین منظور، اطلاعات مربوط به رودخانه درونگر واقع در شهرستان درگز(خراسان شمالی) مربوط به سالهای ۱۳۲۸ لغایت ۱۳۸۰ استفاده گردید. اطلاعات مربوط به سالهای ۱۳۲۸ لغایت ۱۳۵۴ جهت آموزش شبکه عصبی و به دست آوردن ضرائب مجهول مدلهای اتفاقی و سایر اطلاعات جهت آزمایش شبکه عصبی و مقایسه مدلهای اتفاقی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت ملاحظه گردید مدل اتورگرسیو مرتبه دوم در میان سایر مدلهای اتفاقی نتایج بهتری ارائه می نماید. همچنین شبکه عصبی مصنوعی که ساختار آن بر اساس روابط حاکم بر مدل اتورگرسیو مرتبه دوم به دست آمده است، نتایج بهتری نسبت به مدل اتورگرسیو ارائه می دهد.

واژه های کلیدی: سری زمانی، دبی ماهیانه، مدل اتورگرسیو، شبکه عصبی مصنوعی

---

[۱] دانشجوی دکتری عمران-آب عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد و کارشناس شرکت مهندسی مشاور طوس آب مشهد
[۲] کارشناس ارشد عمران_آب و کارشناس شرکت مهندسی مشاور آب پوی مشهد
[۳] استادیار گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

Comparison of Artificial Neural Network (ANN) and stochastic models in river flow simulation
Case study: Daroungar River (Darrehgaz town)

Hassan Saghi[1] Amir Ali Moaven Shahidi,[2] Mohammad Bagher Sharifi[3]

Abstract:

Time series is a branch of statistics and probability which is largely applied in different fields of science such as; Engineering economics, communication and meteorology and its applicability is increasingly extended day by day. Analysis of time series was rapidly developed by George A. P. Box and M. Jenkins in 1970. Analysis of stochastic phenomena within the area of statistics and probability is a branch of hydrology, aiming to the understanding or modeling of stochastic mechanism causing to the observation of the series, and also prediction of its future amounts based on the past times. A method in data analysis in hydrology is the application of random models. Artificial neural network is another suitable method in time series analysis to solve problems without any governing relations. The objective of this research is the consideration of the efficiency of two methods (Artificial neural network and stochastic models) to simulate river flow and their comparison. In this way, relevant information of Daroungar River located in Darrehgaz town (Northern Khorasan province) for the years 1949 to 2000 is used. Relevant information of the years 1949 to 1975 are used for training of Neural Network and obtaining unknown factors of stochastic models and other information for Neural Network testing and comparison of stochastic models. Finally, it was observed that the second order auto-regressive model provided better results among other stochastic models. Also, as the artificial neural network structure being obtained based on governing relations in second order Auto-Regressive(AR) model, it gives better results than auto-regressive model.

Key words: Time series, Monthly yield, Auto-regressive model, Artificial Neural Network

[1] P.HD civil (water) student, Member of scientific board of Bojnord Azad University, Toossab Consulting Engineers company expert.
[2] M.Sc civil (water) expert and Abpooy consulting engineers company staff
[3] Ferdowsi University Associate professor in civil group

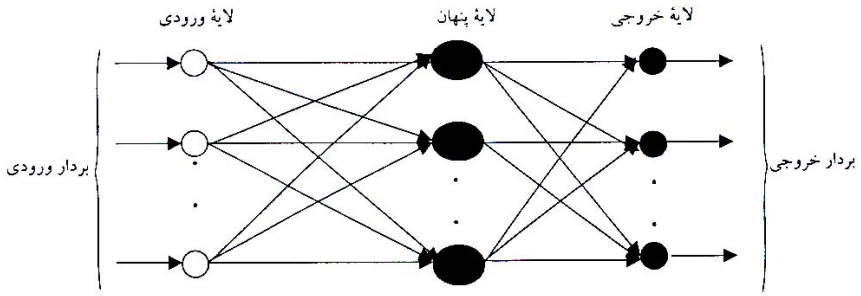
۱- مقدمه

داده های فراوانی را در طبیعت می توان مشاهده نمود که در طول زمان قابل اندازه گیری می باشند. درجه حرارت روزانه، دبی رودخانه و تغییرات آن در طول زمان و ... نمونه هایی از این موارد می باشند. پدیده هایی که در طول زمان ثبت می شوند، سری زمانی نامیده می شوند. مدلهای اتفاقی یکی از روشهای بررسی سریهای زمانی می باشد. استفاده از مدلهای اتفاقی شامل سه مرحله بوده که به ترتیب عبارتند از: تشخیص الگو، برازش الگو و تشخیص درستی الگو. تشخیص الگو شامل شناسایی الگوهای مناسب که برای سری زمانی مشاهده شده مناسب باشد. برازش الگو شامل پیدا کردن بهترین برآوردهای ممکن برای پارامترهای نامعلوم الگو و تشخیص درستی الگو شامل تحزیه و تحلیل کیفیت الگوئی که ما تشخیص و برآورد کرده ایم، می باشد[1].

شبکه عصبی طبیعی موجودات زنده به عنوان یک سیستم پردازشگر، دارای خواص منحصر به فردی می باشد. از اینرو دانشمندان سعی کرده اند مدلی ابداع نمایند که تا حدودی خواص شبکه عصبی طبیعی را داشته باشد و بر این اساس آن را شبکه عصبی مصنوعی[۴] نام نهادند[2]. کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در زمینه مسائل مرتبط با مهندسی عمران(آب)، حل مسائلی است که یا دارای روابط مشخصی به منظور تحلیل مسئله نمی باشند و یا تحلیل آنها به روش متعارف بسیار طولانی می باشد[3]. از آنجمله می توان به استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای بررسی مسئله بارش-رواناب[4]، بررسی موج عددی با انتقال خالص و امواج هیدرولیکی با دامنه کوتاه[5]، بررسی جریان لایه مرزی و جت آزاد توربولانس[6] و ... اشاره نمود. در ادامه به معرفی مختصری از خصوصیات شبکه عصبی مصنوعی، مدلهای اتفاقی(سریهای زمانی) و در نهایت مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی در شبیه سازی جریان رودخانه می پردازیم.

۲- معرفی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی همانند شبکه عصبی طبیعی موجودات زنده از اجزائی به نام سلول عصبی تشکیل شده است. شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه یکی از انواع ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی می باشد که ساختار کلی آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه[3]

همانطوریکه در شبکه عصبی طبیعی، تعدادی از سلولها دریافت اثر محرک خارجی، تعدادی پردازش اطلاعات و تعدادی نیز انتقال پاسخ محرک به عضو مورد نظر را بر عهده دارند، در شبکه های عصبی مصنوعی نیز تعدادی از سلولها دریافت معلومات مسئله، تعدادی پردازش اطلاعات و تعدادی نیز ارائه پاسخ مسئله را بر عهده دارند. سلولهایی که وظیفه آنها دریافت معلومات مسئله می باشد، سلولهای لایه ورودی، سلولهائی که پردازش اطلاعات را بر عهده دارند، سلولهای لایه پنهان و سلولهائی که علاوه بر پردازش اطلاعات، پاسخ محرک را نیز ارائه می دهند، سلولهای لایه خروجی نامیده می شوند[3].

---

[۴] Artifitial neural network

۳- معرفی مدلهای اتفاقی

در این قسمت به معرفی بعضی از مدل های اتفاقی می پردازیم. لازم به ذکر است مدلهای معرفی شده تنها مدلهای ایستایی بوده که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته و شامل دو مدل اتورگرسیو و میانگین متحرک می باشد.

۳-۱- مدل اتورگرسیو

یکی از مدل های متداول در فرایندهای اتفاقی مدل اتورگرسیو می باشد . مدل اتورگرسیو نوعی از مدل است که در واقع خودش را رگرسیون می کند. لذا این مدل توجه اکثر محققان را در مدل سازی سری هیدرولوژیکی به خود جلب نموده است . مدل اتورگرسیو دارای دو خاصیت مهم می باشد. اول آنکه مقدار یک متغیر در زمان حال بستگی به مقدار همان متغیر در زمان گذشته دارد . همچنین مدل های اتورگرسیو از آسانترین مدل ها می باشند و از پیچیدگی خاصی برخوردار نمی باشند. مدل اتورگرسیو از مرتبه p به صورت AR(p) نشان داده شده وفرم اصلی آن به صورت زیر می باشد[1].

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \ldots + \Phi_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

در رابطه فوق Φ پارامتر مدل و ε_t اغتشاش خالص می باشند که ε_t از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2 پیروی می کند و مستقل از زمان بوده و هر چیزی که بوسیله مقادیر گذشته بیان نشده است را در سری منظور می کند . مدل اتورگرسیو از مرتبه اول یعنی AR(1) به مدل مارکوف معروف است. معمولاً در مدل سازی سری های زمانی از مدل های مرتبه اول یا دوم فراتر نمی روند[1] .

۳-۲- مدل میانگین متحرک

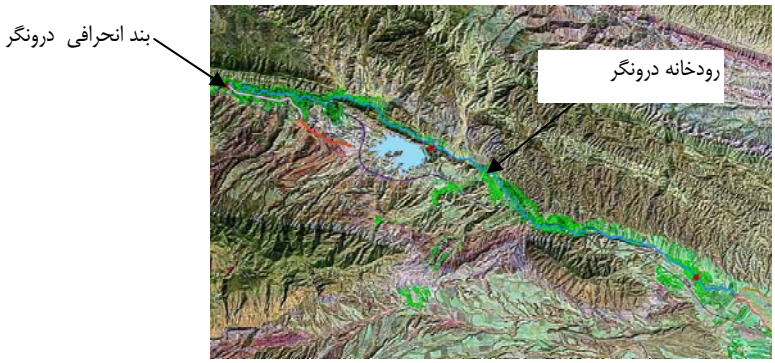
مدل میانگین متحرک برای اولین بار توسط سلاتسکی (۱۹۷۲) و والد (۱۹۳۸) مورد بررسی قرار گرفت. مدل از مرتبه q به صورت MA(q) نشان داده شده و فرم اصلی آن به صورت زیر می باشد[1].

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q} \qquad (۲)$$

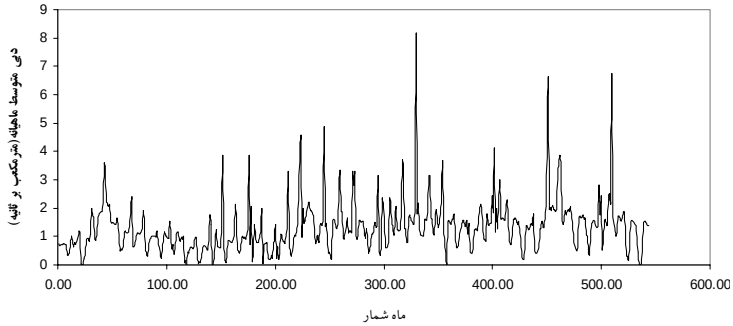
برای تمام مقادیر θ_i فرآیند، ایستای مرتبه دوم می باشد و اگر a ها به طور نرمال توزیع شده باشند z ها نیز دارای توزیع نرمال خواهند بود. اصطلاح میانگین متحرک از این حقیقت ناشی می شود که با استفاده از وزن های ۱ ، $-\theta_1$ ، $-\theta_2$ و ...و $-\theta_q$ برای متغیر های a_t ، a_{t-1} و a_{t-2} و ... a_{t-q+1} ، Z_t حاصل می شود و سپس اگر این وزن ها را یک واحد زمانی به جلو برده و از آن برای a_{t+1} ، a_t ، a_{t-1} و a_{t-2} و ... a_{t-q+1} استفاده کنیم ، Z_{t+1} بدست می آید.

۴- طرح مسئله

شرایط آورده شده در اینجا را می توان به صورت نمونه ای از مسائلی که در این زمینه مطرح است، مورد ارزیابی قرار داد. در تحلیل و بررسی طرحهای مدیریت آب که برای بررسی توزیع مکانی و زمانی جریانهای تنظیم نشده طراحی می شوند، معمولاً به جای استفاده از جریانهای روزانه و یا هفتگی، از جریانهای ماهیانه و یا فصلی استفاده میشود[7]. هدف از این تحقیق، مقایسه کارائی دو روش شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی در زمینه پیش بینی جریان رودخانه می باشد. بدین منظور رودخانه درونگر در مجاورت شهرستان درگز انتخاب و شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی جهت پیش بینی آبدهی رودخانه فوق مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل آبدهی حوضه طی سالهای ۱۳۲۹ الی ۱۳۸۰می باشد(شکل ۳).



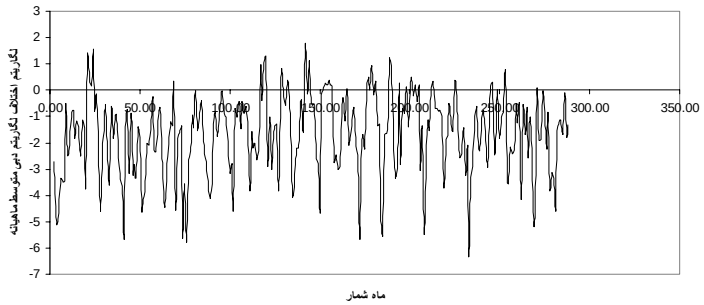
شکل (۲): محدوده مورد مطالعه در مجاورت شهرستان درگز(خراسان شمالی)



شکل(۳): تغییرات دبی متوسط ماهیانه رودخانه درونگر از سال ۱۳۲۹ لغایت ۱۳۸۰

۵- استفاده از مدلهای اتفاقی جهت پیش بینی جهت پیش بینی آبدهی حوضه

به منظور استفاده از مدلهای اتفاقی جهت پیش بینی جریان رودخانه، ابتدا به کمک نرم افزار MINITAB [8] وجود روند و تغییرات فصلی در دیتاهای موجود بررسی و حذف گردید[9]. سپس نرمال بودن دیتاها مورد بررسی و ملاحظه گردید لگاریتم اختلاف میان لگاریتم دیتاهای موجود دارای توزیع نرمال می باشند(شکل ۴).

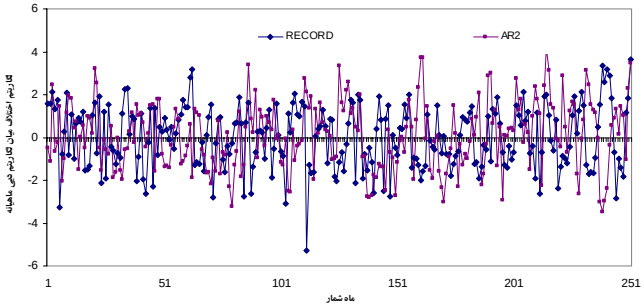


شکل(۴): *تغییرات لگاریتم اختلاف میان لگاریتم دبی* متوسط ماهیانه رودخانه درونگر *از سال ۱۳۲۹ لغایت ۱۳۸۰*

در ادامه، به منظور مقایسه مدلهای اتفاقی مختلف، به کمک اطلاعات موجود نمودار تابع خودهمبستگی و تابع خودهمبستگی جزئی ترسیم و بر اساس تابع خودهمبستگی و تابع خود همبستگی جزئی، مدلهای AR(1)، AR(2)، MA(1)، MA(2) به عنوان مدلهای اولیه انتخاب گردید. به منظور تعیین بهترین مدل، ضریب آکائیکه برای مدلهای مختلف محاسبه با مقایسه ضرائب آکائیکه مدل AR2 به عنوان ساختار مناسب انتخاب گردید. جدول (1) مقادیر پارامترها و ضرایب آکائیکه برای مدلهای مختلف و شکل (۵) نتایج به دست آمده از مدل اتفاقی AR2 را نشان می دهد.

جدول (۱): مقادیر پارامترها و ضرایب آکائیکه برای مدلهای مختلف

نوع مدل	θ_1	θ_2	Φ_2	واریانس باقیمانده ها	ضریب آکائیکه
AR(1)	---	---	---	۲/۱۷۳۶۹	۲۲۴/۸۳
AR(2)	---	---	۰/۰۸۶۴	۲/۱۶۰۱۷	۲۲۵/۰۴
MA(1)	-۰/۵۲۱	---	---	۲/۲۸۲۷	۲۳۸/۸۸
MA(2)	-۰/۳۹۲۶	-۰/۲۹۸۳	---	۲/۱۶۰۱	۲۲۵/۰۳



شکل (۵): پیش بینی دبی متوسط ماهیانه رودخانه درونگر به کمک مدل اتفاقی AR2

۶- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش بینی آبدهی حوضه

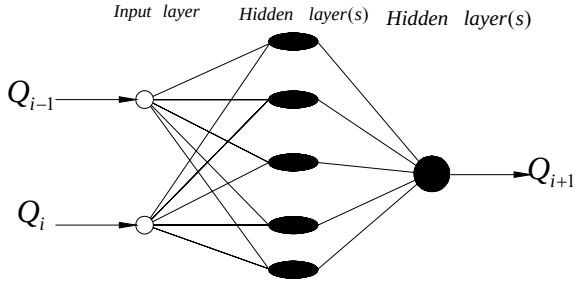
به منظور استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، ابتدا لازم است با توجه به مقادیر معلوم و مجهول مسئله، ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی تعیین گردد. در این راستا، با توجه به رابطه مدل اتورگرسیو درجه ۲، شبکه عصبی مصنوعی با ساختار نشان داده شده در شکل (۶) پیشنهاد گردید بطوریکه مقادیر دبی در گامهای زمانی قبل و کنونی(Q_{i-1} و Q_i) به عنوان پارامترهای بردار ورودی و مقدار دبی در گام زمانی آینده(Q_{i+1}) به عنوان پارامتر بردار خروجی انتخاب گردید(شکل۶).

شبکه عصبی مصنوعی نشان داده شده در شکل (۶) دارای ساختار کلی بوده و به ازاء تعداد مختلف سلول در لایه پنهان و نوع تابع فعالیت در لایه پنهان و لایه خروجی، ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی تعریف می گردد. لذا به منظور تعیین بهترین ساختار از میان ساختارهای مختلف، به کمک اطلاعات مربوط آبدهی حوضه دره قوچ طی سالهای ۱۳۲۹ لغایت ۱۳۵۲ شبکه های عصبی مصنوعی با ساختارهای مختلف آموزش داده شد ه و جهت پیش بینی آبدهی حوضه حدفاصل سالهای ۱۳۵۳ لغایت ۱۳۸۰ مورد استفاده قرار گرفت. روش مورد استفاده جهت آموزش شبکه عصبی مصنوعی روش پس انتشار خطا [۵] بوده و جهت جلوگیری از ایجاد مینیمم محلی [۶] ، تعداد سیکل تکرار ۱۰۰۰۰ در نظر گرفته شد. شکل (۷) پیش بینی آبدهی حوضه به کمک ساختار پیشنهادی را نشان می دهد.

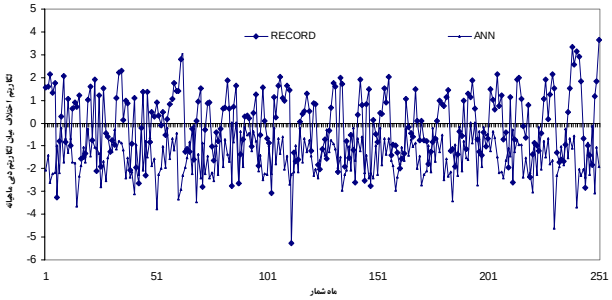
---

[۵] Back propagation

[۶] Local minimum



شکل (۶): ساختار شبکه عصبی مصنوعی پیشنهادی برای پیش بینی دبی ماهیانه رودخانه دره قوچ



شکل (۷): پیش بینی دبی متوسط ماهیانه نرمالیزه شده رودخانه درونگر به کمک شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پیشنهادی

۷- مقایسه مدلهای اتفاقی و شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش بینی آبدهی حوضه

در این مرحله به منظور مقایسه مدل اتفاقی و شبکه عصبی مصنوعی معیارهای زیر محاسبه و با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج محاسبات در جدول (۲) نشان داده شده است.

$SSQ\left[\left(\frac{m^3}{s}\right)^2\right]$: مجموع مربعات اختلاف میان آبدهی مشاهده شده و آبدهی برآورد شده،

$SAD\left[\frac{m^3}{s}\right]$: مجموع قدر مطلق اختلاف میان آبدهی مشاهده شده و آبدهی برآورد شده و

$MAXD\left[\frac{m^3}{s}\right]$: حداکثر اختلاف میان آبدهی مشاهده شده و آبدهی برآورد شده می باشد.

جدول (۲): مقادیر خطا برای مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و مدل اتفاقی AR2

نوع مدل	$SSQ\left[\left(\frac{m^3}{s}\right)^2\right]$	$SAD\left[\frac{m^3}{s}\right]$	$MAXD\left[\frac{m^3}{s}\right]$
AR(2)	۱۲۵۸/۸۲	۴۵۸/۳۹	۷/۱۹
ANN	۶۵۰/۲۱	۳۳۳/۱۸	۵/۰۴

در نهایت با مقایسه معیارهای مختلف خطا، شبکه عصبی مصنوعی با ۳۶ سلول در لایه پنهان، تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک در سلولهای لایه پنهان و تابع فعالیت همانی در لایه خروجی به عنوان بهترین ساختار انتخاب گردید.

۸- نتیجه گیری

پس از بررسی نتایج به دست آمده از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای اتفاقی، نتایج زیر به دست آمد:

۱- به منظور استفاده از مدلهای اتفاقی لازم است دیتاها دارای توزیع نرمال باشد. بدین منظور ضروری است دیتاهای جدید که می تواند لگاریتم دیتاهای اولیه، اختلاف دیتاهای اولیه و یا .... باشد، تا مرحله ای محاسبه شود که دیتاهای حاصل دارای توزیع نرمال باشد.

۲- پس از بررسی مدلهای اتفاقی مختلف، ملاحظه گردید مدلهای اتورگرسیو در مجموع عملکرد بهتری نسبت به سایر مدلها داشته است.

۳- در استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش بینی جریان رودخانه، ملاحظه گردید تابع فعالیت تانژانت هیپربولیک در مجموع رفتار بهتر و پایدارتری نسبت به سایر توابع فعالیت همچون تابع فعالیت سیگموئید از خود نشان می دهد.

۴- در نهایت با مقایسه معیارهای مختلف خطا می توان گفت، شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پیشنهادی نتایج بهتری نسبت به مدل اتفاقی اتورگرسیو مرتبه دوم ارائه می دهد.

۹- مراجع

۱- جاناتان، دی کرایر. ترجمه حسینعلی نیرومند(۱۳۷۱)." تجزیه و تحلیل سریهای زمانی"، انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد).

۲- ساقی،حسن(۱۳۷۷)." استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در زمینه روندیابی سیلاب"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی .

۳- منهاج،م–ب(۱۳۷۷)."مبانی شبکه عصبی مصنوعی"، چاپ اول، مرکز پرفسور حسابی.

4- Mason, J. Pice, R. and Temme, A(1996)."A Neural Network Model of Rainfall Runoff using Radial Basis function", Journal of Hydraulic Research, Vol. 34, No.4, pp. 537-548.

5- Dibike, Y. , Minns, A. and Abott, M(1999). " Application of Artifitial Neural Network to the generation of wave equation from hydraulic data", Journal of Hydraulic Research, Vol. 37, NO.1, pp. 81-97.

۶- علی حوری،ح(۱۳۷۶)." پیش بینی دینامیکی تقاضای آب"، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران(آب)، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی.

۷- شریفی،محمدباقر و شهیدی پور، محمدمهدی(۱۳۷۹)."تحلیل سیستم های منابع آب " انتشارات دانشگاه فردوسی(مشهد).

8- Salas et. Al."Applied Time Series in Hydrology " .