



پیش‌بینی و بررسی دبی با استفاده از مدل‌های سری زمانی

افسانه استکی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه فردوسی مشهد

ابولفضل مساعدی

استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

عبدالرسول زارعی

استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزیفدانشگاه فسا

منصور مصداقی

استادمدعو دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

*تلفن نویسنده اصلی: ۰۹۲۱۱۲۵۸۹۹۷، پست الکترونیکی: Mosaedi@um.ac.ir

چکیده

پیش‌بینی دقیق دبی جریان نکته کلیدی در برنامه ریزی و مدیریت به هنگام منابع آب به شمار می‌آید. افزایش برای تقاضای آب در منطقه‌های مختلف بویژه در ناحیه‌های خشک و نیمه خشک، نیاز به مدیریت بهینه منابع آب را بیش از پیش نشان می‌دهد. بر این پایه دستیابی به روشهای مطمئن پیش‌بینی جریان رودخانه‌ها به منظور برنامه ریزی در بهره برداری به موقع از منابع آب از اهمیت روزافزونی برخوردار است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴) ایستگاه پل فسا و براساس مدل ARAR به پیش‌بینی دبی ماهانه و سالانه به کمک نرم افزار ITSM توصیه شد. بر اساس تست آکاتییک بهترین مدل، الگوی (۱ و ۳) MA برای دبی ماهانه را دارد. با توجه به مقادیر p-value آزمون McLeod-Li Statistic در تاخیرهای مختلف دقت مدل پیش‌بینی شده مورد تایید می‌باشد. پس از تولید داده‌های ماهانه دبی برای ۳۰ ماه، به نظر می‌رسد دبی ماهانه تا حدودی بیشتر از مینگین سال‌های اخیر است در نتیجه ابتدا بر آبی و سپس کم آبی برای ماه‌های آتی پیش‌بینی شده است.

کلمات کلیدی: سری زمانی، پیش‌بینی دبی، مدل سازی ARIMA، ایستگاه پل فسا



۱- مقدمه

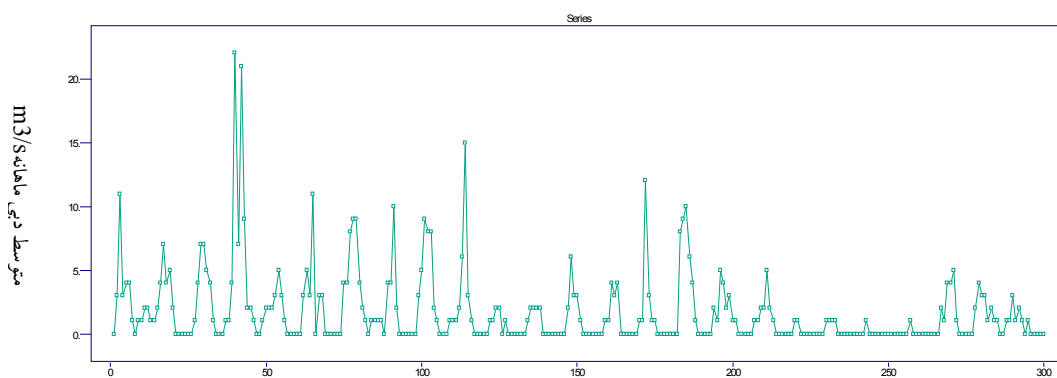
اولین گام در مدیریت یکپارچه منابع آب، ارزیابی منابع آب موجود و تعیین میزان رواناب و تغییرات آن در سطح حوزه آبخیز و پیش‌بینی متغیرهای هیدرولوژیکی است. ویژگی‌های تصادفی بودن پدیده‌های هیدرولوژیکی سبب شده است که هیدرولوژیست‌ها از مفاهیم متغیرهای تصادفی و سری‌های زمانی در مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای هیدرولوژیکی کمک بگیرند (میان‌آبادی و افشار ۱۳۷۸). در هیدرولوژی سری زمانی به طور ساده عبارت از یک متغیر هیدرولوژیکی وابسته به زمان، نظیر دبی یک رودخانه است، که در فواصل زمانی معین اندازه‌گیری و ثبت شده است (salas et.al 1996). سری‌های زمانی به لحاظ نوع متغیرها می‌توانند پیوسته (نظیر میزان دبی جریان در یک رودخانه دائمی) یا گسسته (نظیر بارندگی روزانه) باشند (صباغیان و شریفی ۱۳۸۸). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی معمولاً دو هدف دنبال می‌شود، ابتدا درک یا مدل کردن مکانیسم تصادفی که منجر به مشاهده سری می‌شود و دو پیش‌بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می‌گیرد. تحلیل روند و پیش‌بینی دبی رودخانه از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت منابع آب برخوردار است (کریر ۱۹۹۲). دامال و یالکن (۲۰۰۷)، در رابطه با سری زمانی مطالعات مختلفی در سطح جهان ارائه شده است که از جمله آن می‌توان به کارهای کومورنیک و همکاران (۲۰۰۶)، آندرسون (۱۹۷۶)، کاپیلا (۲۰۰۸) اشاره نمود. وانگ و همکاران (۲۰۱۴)، برای شبیه‌سازی باران از مدل بهبود یافته آریما استفاده کردند که قادر است مقادیر بارش ماهانه را با مدل آریما و رگرسیون خطی پیش‌بینی کند. نتایج نشان داد که این مدل به طور قابل توجهی بالاتر از مدل فصلی است، زیرا دارای کمترین خطا هست دقت و پیش‌بینی را افزایش می‌دهد. در ایران نیز بررسی‌های متعددی در این زمینه انجام شده است که از جمله می‌توان به تحقیقات، پرویز و خلقی (۱۳۷۸)، رضیئی و همکاران (۱۳۸۲)، صدقی (۱۳۷۹)، جلال کمالی (۱۳۸۱) اشاره نمود. در این تحقیقات همگی به پیش‌بینی با استفاده از مدل‌های سری زمانی پرداختند، که نتایج آن‌ها مؤید توانایی سری‌های زمانی در شناسایی و پیش‌بینی الگوی جریان ماهانه و کارایی آن در مدیریت یکپارچه منابع آب است. امید و همکاران (۱۳۹۲)، به پیش‌بینی دبی جریان رودخانه با استفاده از مدل‌های استوکاستیک پرداختند. ایشان داده‌های ۳۰ ساله روزانه دبی، بارش و دما در بازه زمانی را مورد استفاده قرار دادند و سری‌های زمانی مختلف همچون AR، ARIMA، ARMAX برای پیش‌بینی دبی رودخانه بر داده‌ها برازش دادند. سپس برای تشخیص درستی الگوی برازش داده شده نیز از آزمون بررسی فرض استقلال باقیمانده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل ARMAX به دلیل ورود پارامترهای اقلیمی در مدل دارای نتایج بهتری در مقایسه با دیگر مدل‌ها بوده است. کاربردهای متعدد سری زمانی نشان داده شده است که مولفه‌های مرتبط با سری زمانی ابزار مناسبی در فرایند شبیه‌سازی و پیش‌بینی رواناب رودخانه و مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب می‌باشد، در عین حال تا کنون از مدل ARAR کمتر استفاده شده است. هدف از تحقیق حاضر بررسی و تعیین بهترین مدل سری زمانی قابل برازش بر داده‌های ماهانه و سالانه دبی در ایستگاه پل فسا و به دنبال آن پیش‌بینی دبی در این ایستگاه به کمک مدل ARAR بیان نمود.



۲- مواد و روشها

ایستگاه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش، ایستگاه هیدرومتری پل فسا بر روی رودخانه بابا حاجی واقع در حوضه مهارلو واقع می‌باشد. موقیت جغرافیایی ایستگاه شامل طول ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح آب‌های آزاد ۱۴۸۲ و مساحت حوضه ۱۱۸۵ کیلومتر مربع بوده است. در این مطالعه از آمار دبی ماهانه این ایستگاه به مدت ۳۰ سال (از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴) که از شرکت آب منطقه‌ای فارس تهیه شد استفاده گردید (شکل ۱).



ماه‌های سال (از سپتامبر ۱۹۹۰ تا مارچ ۲۰۱۴)

شکل (۱): دبی ماهانه ایستگاه پل فسا

روش کار

کنترل کیفی داده‌ها

به منظور کنترل کیفی داده‌ها اقدام به بررسی نرمال بودن داده‌ها، همگنی داده‌ها، تصادفی بودن داده‌ها و همچنین بررسی وجود داده‌ها پرت شد.

ایست کردن داده‌ها و تبدیل آنها به سری خوش فرم

به منظور مدل سازی سری زمانی، ابتدا باید سری از نظر ایستایی و نایستایی مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نایستایی بودن، بایده سری را از نظر واریانس و سپس میانگین ایستا نموده و سپس مدل سازی انجام گیرد. برای از بین بردن نایستایی واریانس از تبدیل های باکس- کاکس (معادله ۱)، و نایستایی در میانگین داده‌ها با استفاده از تفاضلی کردن داده‌ها بر طرف شد. جهت انجام موارد مذکور از نرم افزار ITSM استفاده شد.

$$T(Z_i) = \frac{Z_i - \lambda}{\lambda} \quad (1)$$

که در آن Z_i مقدار اولیه در زمان i ، λ پارامتر تبدیل می‌باشد.



در مرحله بعد اقدام به تعیین مولفه روند در سری زمانی و همچنین حذف آن در جهت ایستا کردن داده‌ها شد. جهت تعیین مولفه روند، یک خط بر داده‌ها برازش داده شد، شیب این خط برابر با مولفه روند می‌باشد. بدیهی است در صورتی که شیب خط صفر باشد و خط افقی باشد، داده‌ها فاقد مولفه روند بوده و ایستا می‌باشند. در این راستا به کمک نرم افزار ITSM اقدام به اعمال یک بار Difference بر داده‌ها شد. سپس با توجه به ماهانه بودن داده‌ها اقدام به حذف اثر تناوب گردید. به این ترتیب داده‌ها به سری خوش فرم در آمده و آماده استفاده جهت مدل سازی و همچنین پیش‌بینی شدند.

شناسایی نوع و مرتبه مدل

برای تعیین و شناسایی نوع و مرتبه مدل بایستی ابتدا بر روی نمودارهای ACF و PACF قضاوت نمود. به‌طور معمول مدل‌های MA، AR، و ARMA قابل انتخاب می‌باشند. دلیل استفاده گسترده از این مدل‌ها را می‌توان مربوط به توانایی آن‌ها در ایجاد همبستگی بین مقادیر زمان حال با زمان‌های پیشین و همچنین سادگی ساختار این مدل‌ها دانست.

بررسی توابع خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF):

یک روش برای بیان وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی، تعریف تابع خودهمبستگی می‌باشد. رابطه تابع خودهمبستگی (ACF) با تأخیر k به صورت رابطه ۲ نشان داده می‌شود:

(2)

$$\rho_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (Z_i - \bar{Z})(Z_{i+k} - \bar{Z})}{\sum_{i=1}^{n-1} (Z_i - \bar{Z})^2}$$

ρ_k : مقدار تابع خودهمبستگی سری زمانی با تأخیر k

Z_i و Z_{i+k} مقادیر متغیرها یا داده‌های سری زمانی در مرحله زمانی i و مرحله با تأخیر زمانی k

Z مقدار میانگین مربوط به متغیرها

روش دیگر برای عنوان نمودن وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی، تعریف تابع خودهمبستگی جزئی می‌باشد. اگر تابع جزئی خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k باشد، رابطه تابع خودهمبستگی جزئی (PCFA) به صورت رابطه ۳ نشان داده می‌شود:

$$-1 < \rho_k < 1$$

(3)

$$\rho_k(k) = \frac{\rho_k - \sum_{i=1}^{k-1} \rho_i(k-i)\rho_{k-i}}{1 - \sum_{i=1}^{k-1} \rho_i(k-i)\rho_i}$$

$\rho_k(k)$: مقدار تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k

به طور کلی ۳ مدل با مرتبه‌های مختلف می‌توانند بر داده‌ها برازش داده شوند و در آزمونهای انتخاب مدل مورد بررسی قرار گیرند که در بندهای زیر ساختار کلی این مدل‌ها به اختصار تشریح میشوند:



ساختار کلی مدل (Auto Regressive)AR:

این مدل از مدل‌های متداول در هیدرولوژی اماری می‌باشد. است و همانگونه که از نام آن مشخص می‌باشد، بر روی جملات خود رگرسیون گیری را اعمال میکند، و البته این رگرسیون گیری روی مقادیر گذشته Z_t انجام میگیرد. این مدل برای سری های زمانی ایستا و نایستا قابل کاربرد می‌باشد و ساختار اصلی آن مطابق رابطه ۴ می‌باشد:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ ضرایب مدل AR

a_t : مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده (noise) که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت میکند.

ساختار کلی مدل (Moving Average)MA

فرم عمومی مدل با مرتبه q به صورت زیر می‌باشد:

(5)

$$Z_t = a_t + 1a_{t-1} + 2a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

θ_q, \dots : ضرایب و پارامترهای مدل (MA)

ساختار کلی مدل (Auto Regressive-Moving Average)ARMA

از ترکیب نمودن مدل Auto Regressive با مرتبه P و مدل Moving Average با مرتبه q مدل ARMA با مرتبه (pq) به دست می‌آید. ساختار کلی مدل مطابق ساختار زیر می‌باشد:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t + 1a_{t-1} + 2a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (6)$$

پارامترهای مربوط به این مدل نیز همانند مدل‌های AR و MA تعریف می‌گردد.

بررسی آزمون بر اساس معیار آکائیک و انجام پیش‌بینی

آزمون و معیار آکائیک (AIC) یکی از روش‌های مقایسه مدل‌های مختلف می‌باشد. این روش بر این مبنا استوار است که از بین مدل‌های مناسب، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود. سپس با استفاده از مدل‌های ARAR اقدام به پیش‌بینی داده‌های ماهانه دبی برای آینده در ایستگاه مورد مطالعه بررسی شد.

بررسی میزان قابلیت اطمینان به مدل پیش‌بینی

۱- تصادفی بودن داده‌ها بعد از برازش مدل و پیش‌بینی آنها بر اساس روش McLeod-Li Statistic

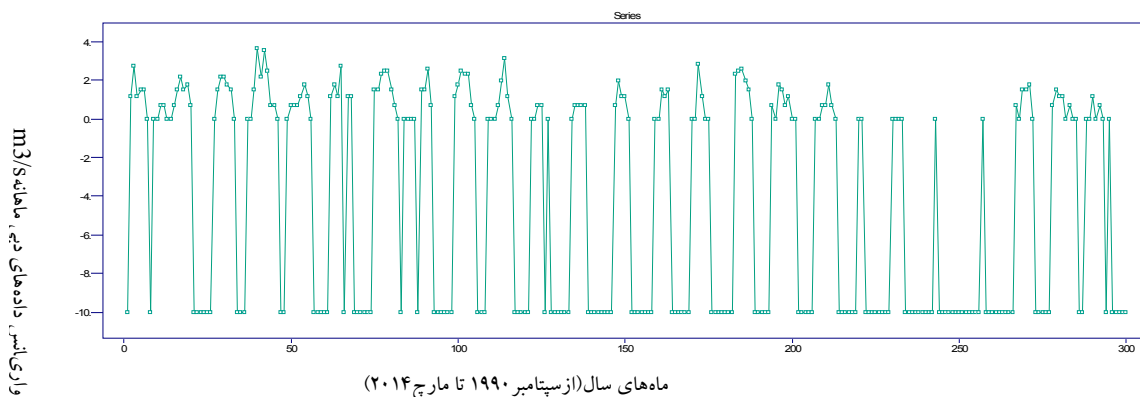
۲- استفاده از Residual ACF و Residual PACF در مدل پیش‌بینی

۳- رسم نمودار Residual Plots، که در بندهای بعدی بیشتر توضیح داده خواهد شد.

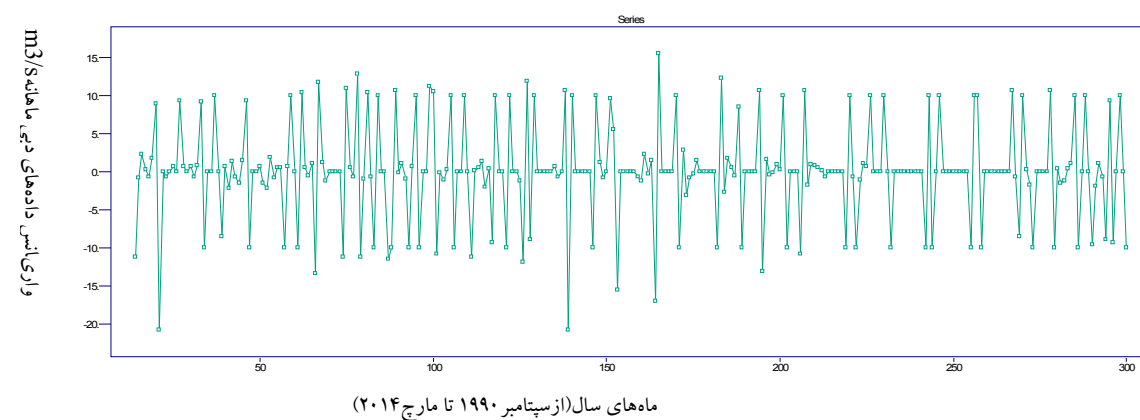


نتایج و بحث

هنگام فرمول بندی یک سری زمانی ممکن است لازم باشد تا سری زمانی ایستا شود. ایستا کردن به معنی ایجاد نوعی تعادل در نوسانات سری است. در تحقیق حاضر برای از بین بردن نایستایی واریانس از تبدیل توانی باکس-کاکس استفاده شده، که در شکل ۲ ارائه شده است. در مرحله بعد به منظور حذف روند در داده‌ها از عمل تفاضل گیری به اندازه d برابر یک استفاده شد. در آخر به منظور خوش فرم کردن سری داده‌ها اقدام به حذف تناوب در داده‌ها شد، که داده‌های ماهانه دارای تناوب ۱۲ می‌باشد. سری داده‌ها پس از حذف تناوب و تبدیل سری به سری خوش فرم در شکل ۳ ارائه شده است.

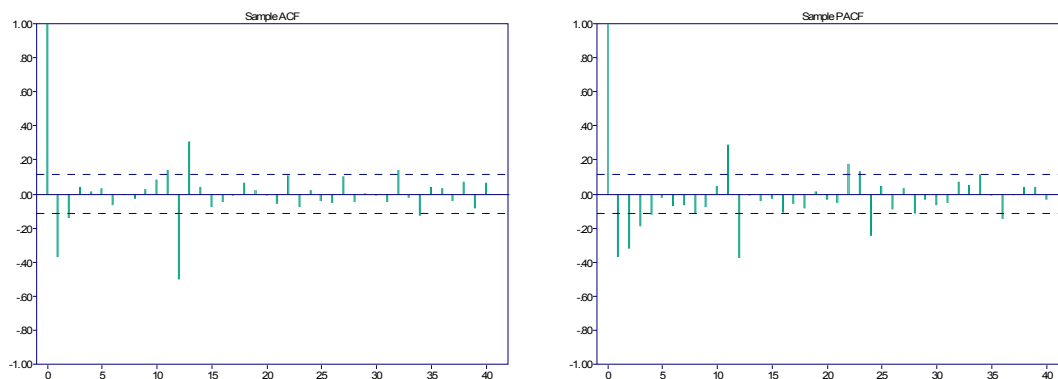


شکل (۲): سری داده‌های ماهانه دبی پس از تبدیل توانی باکس-کاکس



شکل (۳): سری داده‌های سالانه دبی پس از حذف تناوب

در ادامه به منظور مشخص نمودن مرتبه p و q در مدل‌های AR، MA و ARMA از نمودارهای خود همبستگی (ACF) و خود همبستگی جزئی (PACF) استفاده شد. به طوریکه مقدار مناسب p برای داده‌های ماهانه ۲۴ و همچنین مقدار مناسب q برای داده‌های ماهانه ۱۳ تعیین شد (شکل ۴).



شکل (۴): نمودارهای خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF) در سری داده های ماهانه

در مرحله بعد اقدام به برازش مدل های مختلف بر روی داده ها شد و از بین مدل های مورد بررسی مدل (۱۳و۱) MA بر مبنای روش Innovation برای داده های ماهانه، که دارای کمترین مقدار شاخص آکائیکی بود به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (جدول ۱).

جدول (۱): مدل های مختلف برازش داده شده بر سری داده های ماهانه

نام مدل	روش	شاخص آکائیکی	مدل فیت شده
AR (2,1)	Yule-walker	.167489E+04	$X(t) = -.4950 X(t-1) - .3684 X(t-2) - .2375 X(t-3) - .2117 X(t-4) - .1153 X(t-5) - .2022 X(t-6) - .1127 X(t-7) - .1493 X(t-8) - .06105 X(t-9) + .04985 X(t-10) + .04486 X(t-11) - .5563 X(t-12) - .07934 X(t-13) - .09383 X(t-14) - .1102 X(t-15) - .1598 X(t-16) - .08821 X(t-17) - .09336 X(t-18) + .01934 X(t-19) - .007147 X(t-20) + .02880 X(t-21) + .1393 X(t-22) + .004262 X(t-23) - .2475 X(t-24) + Z(t)$
AR (2,1)	Burg	.166998E+04	$X(t) = -.5166 X(t-1) - .3933 X(t-2) - .2838 X(t-3) - .2859 X(t-4) - .1794 X(t-5) - .2708 X(t-6) - .1835 X(t-7) - .2547 X(t-8) - .1573 X(t-9) - .03611 X(t-10) - .02943 X(t-11) - .6822 X(t-12) - .1578 X(t-13) - .1507 X(t-14) - .1737 X(t-15) - .2328 X(t-16) - .1226 X(t-17) - .1278 X(t-18) - .007890 X(t-19) - .04339 X(t-20) + .01099 X(t-21) + .1228 X(t-22) - .006517 X(t-23) - .2964 X(t-24) + Z(t)$
MA (1,1)	Hannan-Rissanen	.166006E+04	$X(t) = Z(t) - .5224 Z(t-1) - .2057 Z(t-2) + .02835 Z(t-3) - .07288 Z(t-4) - .03139 Z(t-5) - .1183 Z(t-6) - .01274 Z(t-7) - .07114 Z(t-8) + .0008397 Z(t-9) + .01684 Z(t-10) - .03081 Z(t-11) - .8011 Z(t-12) + .5337 Z(t-13)$
MA (1,1)	Innovations	.166908E+04	$X(t) = Z(t) - .4707 Z(t-1) - .1745 Z(t-2) + .03621 Z(t-3) - .06733 Z(t-4) + .04060 Z(t-5) - .1050 Z(t-6) + .05881 Z(t-7) - .05717 Z(t-8) + .05886 Z(t-9) + .09306 Z(t-10) - .03911 Z(t-11) - .6088 Z(t-12) + .4874 Z(t-13)$



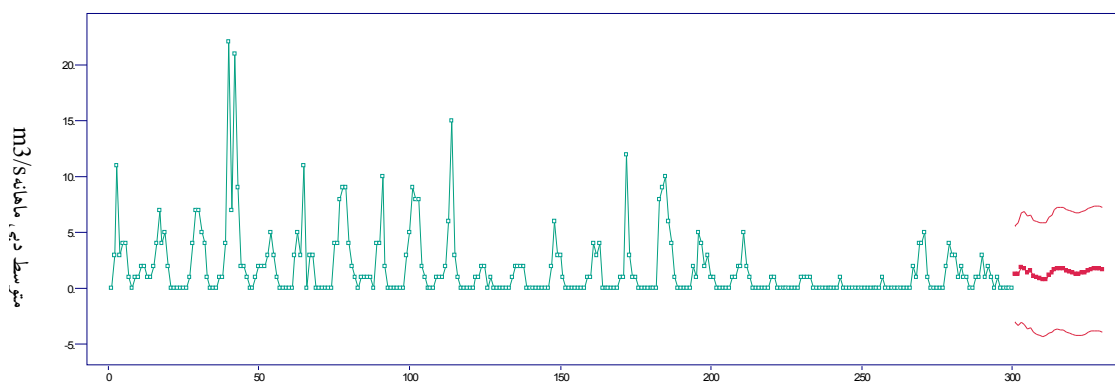
ARIMA

Hannan-
Rissanen

.172838E+04

$$X(t) = -1.022 X(t-1) - .6660 X(t-2) - .7643 X(t-3) - .7718 X(t-4) - .6541 X(t-5) - .5987 X(t-6) - .4755 X(t-7) - .6656 X(t-8) - .5436 X(t-9) - .08924 X(t-10) + .1358 X(t-11) - .1672 X(t-12) - .06059 X(t-13) + .007923 X(t-14) - .1728 X(t-15) - .2960 X(t-16) - .2381 X(t-17) - .1101 X(t-18) - .01684 X(t-19) - .09024 X(t-20) - .05206 X(t-21) + .1569 X(t-22) + .1690 X(t-23) - .06036 X(t-24) + Z(t) + .5461 Z(t-1) + .02191 Z(t-2) + .3149 Z(t-3) + .3051 Z(t-4) + .1339 Z(t-5) + .09303 Z(t-6) + .05987 Z(t-7) + .2118 Z(t-8) + .08427 Z(t-9) - .1554 Z(t-10) - .1985 Z(t-11) - .6016 Z(t-12) - .1019 Z(t-13)$$

در نهایت با استفاده از روش ARAR اقدام به پیش‌بینی دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه مورد بررسی شد (شکل ۵ و جدول ۲).



ماه‌های سال (پیش‌بینی از سپتامبر ۲۰۱۵ تا مارچ ۲۰۱۷)

شکل (۵): پیش‌بینی دبی ماهانه در ایستگاه مورد بررسی

جدول (۳): مقادیر پیش‌بینی شده دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه مورد بررسی

ماه	سال ۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
مهر	1/33	1/36	1/61
آبان	1/28	1/69	1/73
آذر	1/89	1/83	1/79
دی	1/83	1/79	1/83
بهمن	1/44	1/81	1/78
اسفند	1/56	1/62	1/71
فروردین	1/10	1/49	-
اردیبهشت	.98	1/38	-
خرداد	.89	1/28	-
تیر	.80	1/27	-
مرداد	.84	1/35	-
شهریور	1/21	1/44	-

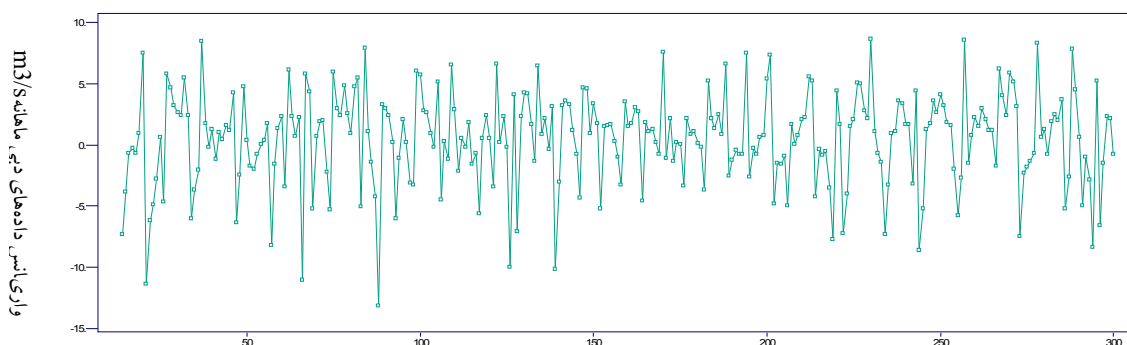


سر انجام به منظور بررسی میزان قابلیت اطمینان به مدل پیش‌بینی داده‌ها از سه آزمون استفاده شد که به شرح زیر می‌باشند.

۱- تصادفی بودن داده‌ها بعد از فیت کردن مدل و پیش‌بینی آنها بر اساس روش McLeod-Li Statistic، به طوریکه بر این اساس با توجه به اینکه p-value این روش در سری ماهانه معادل $0/50$ به دست آمده و در سطح $0/05$ معنی دار بود پس داده‌ها تصادفی می‌باشند که قابل اطمینان بودن مدل را تایید می‌کند.

۲- استفاده از Residual ACF و Residual PACF در مدل پیش‌بینی داده‌ها با توجه به اینکه در هر دو مورد تعداد Lag Time های خارج از محدوده صفر کمتر از ۵ درصد کل تعداد Lag Time ها می‌باشد، مدل قابل اطمینان می‌باشد.

۳- رسم نمودار Residual Plots (شکل ۶). انتظار می‌رود این نمودار در اطراف سطح افقی صفر پراکندگی مستطیلی بدون روندی را نشان دهد. چنانچه رفتار این نمودار شبیه رفتار تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت باشد، آنگاه میتوان مدل برازش داده شده را تایید نمود. با توجه به اینکه این نمودارها طرح خاصی را نشان نمی‌دهند، بنابراین میتوان فرض ثابت بودن باقیمانده‌ها را پذیرفت.



ماه‌های سال (از سپتامبر ۱۹۹۰ تا مارچ ۲۰۱۴)

شکل (۶): نمودار مقادیر باقی مانده های داده‌های ماهانه

آزمون‌های فوق این موضوع را نشان میدهند که مدل سری زمانی فیت شده و همچنین پیش‌بینی انجام شده قابل اطمینان می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

دبی جریان مانند بسیاری از متغیرهای هیدروکلیماتیک از تغییرات فصلی که تحت تاثیر فرآیند تصادفی قرار دارد برخوردار می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داده است که مدل‌های استوکاستیک سری‌های زمانی ابزار مناسبی در شبیه سازی و پیش‌بینی دبی ماهانه در حوزه‌های آبخیز می‌باشد. چنین نتیجه‌ای در بررسی‌ها و مطالعات گذشته توسط



نواکس و همکاران (۱۹۸۵)، هاپیل (۱۹۹۳)، و هونگ و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده شده است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴) ایستگاه پل فسا و همچنین مدل‌های سری زمانی و پیش‌بینی دبی در نرم افزار ITSM گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از نمودارهای خودهمبستگی و خود همبستگی جزئی بهترین مدل فیت شده بر داده‌های ماهانه مدل (۱۳ و ۱) MA بر گرفته از روش Innovation بود، در نهایت با استفاده از روش ARAR اقدام به پیش‌بینی دبی ماهانه برای ۳۰ ماه در ایستگاه مورد بررسی شد. پیشنهاد می‌گردد برای ادامه پژوهش‌ها به منظور مدل‌سازی جریان و تخمین آن برای آینده از روش فناوری نوین استفاده گردد و همچنین از روش‌های منطقه‌ای به جای روش ایستگاهی استفاده شود، همچنین توصیه می‌شود در مطالعات آینده نتیجه پیش‌بینی این مدل در سناریوهای مختلف که مربوط به بازه‌های مختلف است با پیش‌بینی مدل‌های دیگر از جمله روش هوش مصنوعی مقایسه گردد.

منابع

- ۱- امید، ر.، رادمنش، ف.، زارعی، ح. ۱۳۹۲، پیش‌بینی دبی جریان رودخانه با استفاده از مدل‌های استوکاستیک، اولین همایش ملی آبیاری و بهره‌وری آب ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۰ بهمن.
- ۲- بشیری، م. و فاخواه، م. ۱۳۸۹. مقایسه روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوزه آبخیز کرخه، فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال اول، شماره ۲، ص ۷۵-۸۶
- ۳- پرویز، ل. و خلقی، م. ۱۳۷۸. مقایسه بین مدل استوکاستیکی ARIMA و رگرسیون فازی در پیش‌بینی جریان رودخانه. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه تهران: ۹ ص.
- ۴- جلال کمالی، ن. ۱۳۸۱. پیش‌بینی تغییرات جریان ورودی به مخزن سد جیرفت با استفاده از تئوری سریهای زمانی. ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز: ۱۳۰۶-۱۲۹۹
- ۵- جاویدی صباغیان، ر.، شریفی، م. ۱۳۸۸. استفاده از مدل‌های اتفاقی در شبیه‌سازی جریان رودخانه و پیش‌بینی دبی متوسط سالانه رودخانه توسط تحلیل سری زمانی
- ۶- رضی، ط.، شکوهی، ع. ر. و ثقیان، ب. ۱۳۸۲. پیش‌بینی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سریهای زمانی. مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان. نشریه بیابان. جلد ۸. شماره ۲: ۲۰ ص
- ۷- صدقی، ح. ۱۳۷۹. پیش‌بینی تغییرات طول مدت دبی رودخانه کارون با استفاده از سریهای زمانی. دومین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مبارزه با کم‌آبی. کرمان: ۹ ص.
- ۸- کرایر، ج. ۱۳۷۱. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، ترجمه نیرومند، ح. ع. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۰۴ ص.



۹- میان‌آبادی ح.، افشار ع. ۱۳۸۷ کاربرد سری‌های زمانی ماهانه پریودیک در تولید رواناب ماهانه و مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه کشف رود، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۷۸. تبریز.

ص ۹

10-Anderson,o.(1975).Time series analysis and forecasting: the Box- jenkinsapproach. London, Butterworths. p.182pp

11-Capilla, C. 2008. Time series analysis and identification of trends in a Mediterranean urban area. Global and Planetary Change, 63: 275–281.

12-Damle, C. and Yalcin, A. 2007. Flood prediction using time series data mining. Journal of Hydrology. 333 (2):305-316.february,2007, with148reads

13-Huang, W., B. Xu, and A. Chan-Hilton, (2004) Forecasting flows in Apalachicola River using neural networks, Hydrologic Engineering, 18, pp. 2545-2564.

14-Hipel, K.W. (1993) Philosophy of model building, J.B. Marco et al. (eds.), Stochastic hydrology and its use in water resources systems simulation and optimization, 25-45.

15- Komornik, J. Komornikova, M. Mesiar, R. Szokeova, D. and J. Szolgay. 2006. Comparison of forecasting .performance of nonlinear models of hydrological time series Physics and Chemistry of the Earth, 31: 1127

16-Noakes, D.J., A. Ian Mcleod, and K.W. Hipel, (1985) Forecasting monthly riverflow time series, International Journal of Forecasting, (1), pp. 179-190.

17-Salas ,j.p.delleur,j.w.yevjevich,v.lane,w.l. (1996) . ” Applied Time Series in Hydrology ” , Mc Graw Hill

18- wang,H.R. wang,c.line,x.kang,j.,2014,improved ARIMA model for precipitation simulations