



برازش الگوی فصلی سری زمانی به‌میزان آب‌دهی رودخانه‌ها در دامنه زمان (مطالعه موردی: رودخانه اترک)

* محسن رضائزاد کشتلی^۱، منوچهر بابائزاد^۲ و آرش امینی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آمار ریاضی، دانشگاه گلستان، آدانشیار گروه آمار، دانشگاه گلستان،

^۲آستادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: امروزه بررسی و پیش‌بینی رفتار متغیرهای هیدرولوژیکی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آن در دامنه زمان مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. به همین منظور استفاده از تحلیل داده‌های وابسته به زمان در پیش‌بینی میزان آب‌دهی رودخانه‌ها از نظر آماری دارای اعتبار بوده، به‌طوری‌که می‌توان نتایج حاصله را در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و طراحی تأسیسات زیربنایی به‌کار برد.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه رودخانه اترک بوده که یکی از منابع آبی مهم از نظر اقتصادی، کشاورزی و زیست‌محیطی در شمال‌شرق کشور است. در سال‌های اخیر این رودخانه با سیلاب‌ها و یا کاهش سطح آب همراه بوده که بی‌شک بر میزان دبی آن تأثیر گذاشته است. در این مقاله داده‌های مربوط به شش ایستگاه هیدرومتری از سال آبی ۵۳-۵۲ تا سال آبی ۸۱-۸۲ از حوزه آبریز رودخانه اترک مورد استفاده قرار گرفته است.

یافته‌ها: در برازش الگو و برآورد پارامترهای موجود در الگو معیار اطلاعاتی آکاییک (AIC)، معیار اطلاعاتی بی‌زی (BIC) و میانگین مربعات خطا (MSE) مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی و پس از تثبیت واریانس و حذف روند و تغییرات فصلی، الگوی اتورگرسیو میانگین متحرک تلفیق شده $ARIMA(1,0,2)(1,1,2)_2$ انتخاب شد. سرانجام با استفاده از این الگو، مقادیر آتی میزان آب‌دهی رودخانه اترک به مدت یک‌سال پیش‌بینی شد.

نتیجه‌گیری: از آن‌جا که حوزه آبریز رودخانه اترک دارای دو بخش کوهستانی و دشت بوده و همچنین آب و هوای آن همواره در حال تغییر است، بنابراین توجه ویژه به تغییرات روند و تغییرات فصلی در ایستگاه‌های هیدرومتری این حوزه قبل از برازش یک الگوی سری زمانی و پیش‌بینی ضروری به‌نظر می‌رسد. در غیر این صورت تحلیل سری زمانی ممکن است به نتایجی اریب منجر شود.

واژه‌های کلیدی: سری زمانی، پیش‌بینی، الگوی اتورگرسیو میانگین متحرک تلفیق‌شده، آب‌دهی، رودخانه اترک

* مسئول مکاتبه: mohsenmrk@gmail.com

مقدمه

امروزه از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به‌طور وسیعی در بسیاری از شاخه‌های مهندسی مانند مهندسی آب، هیدرولوژی و زمین‌شناسی مورد استفاده واقع می‌شود. معمولاً هدف اصلی از تجزیه و تحلیل سری زمانی درک مکانیسم تصادفی به‌وجود آورنده سری و پیش‌بینی مقادیر آینده سری بر مبنای مقادیر گذشته آن است (7, 4). ویژگی تصادفی بودن متغیرهای هیدرولوژیکی سبب شده است هیدرولوژیست‌ها از مفاهیم متغیرهای تصادفی و سری زمانی در مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای هیدرولوژیکی کمک بگیرند (5). کاربرد سری‌های زمانی در قالب مدل‌های هیدرولوژیکی از حدود پنج دهه پیش آغاز شده و با ارایه مدل‌های باکس-جنکینز به اوج خود رسید (1). طبیعت ذاتی یک سری زمانی وابسته یا همبسته بودن مشاهدات آن در طول زمان است، بنابراین ترتیب مشاهدات دارای اهمیت است. توماس و فیرینگ (1962) جزء اولین کسانی بودند که از مدل خودهمبسته در تحلیل جریان‌های رودخانه‌ای استفاده کردند (14). مک‌کرچار و دللر (1974) و سالاس و همکاران (1980) با توجه به وجود ویژگی‌های فصلی در پارامترهای جریان رودخانه مدل فصلی و ضریبی ARIMA را معرفی نموده‌اند و معتقد بودند که نتایج بهینه مطالعات مذکور تنها در این مدل به‌دست می‌آید (12, 6). نوآکس و مک‌لیود (1985)، و یغمایی و همکاران (2013) قدرت پیش‌بینی کوتاه‌مدت مدل‌های SARIMA و ARIMA و مدل‌های اتورگرسیو دوره‌ای (PAR) را بر روی سری ۳۰ ماهه جریان رودخانه مقایسه کردند (15, 9). مقایسه روند هیدرولوژیکی رودخانه اترک با استفاده از روش‌های ناپارامتری شامل تکنیک LOWESS، من-کندال، رو اسپیرمن و تیل-سن نشان داد که حجم کل آب‌دهی سالانه حوزه آبخیز اترک کاهش

پیدا کرده است. در حقیقت می‌توان ادعا نمود که رژیم آب‌دهی رودخانه اترک به‌سمت حالت نامتعادل و ناسازگار پیش‌رفته است (13). در این پژوهش سعی شده است پس از تحلیل روند و تغییرات فصلی با رصد کردن رفتارهای توابع خود همبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF)، یک الگوی سری زمانی مناسب به رفتار میزان آب‌دهی حوزه آبخیز اترک برازش کرده و با روش حداکثر درست‌نمایی، پارامترهای مدل را برآورد کنیم. در انتها از روی مدل و با توجه به مقدار خطای کنترل‌شده به مقادیر پیش‌بینی شده دست‌یافته و فاصله اطمینانی ۹۵ درصدی برای مقادیر پیش‌بینی شده، ارائه می‌نماییم.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: حوزه آبریز اترک در شمال‌شرق کشور و در شمال استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی و گلستان بین طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۹ درجه و ۴ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی قرار دارد. این حوزه از شمال به جمهوری ترکمنستان و از جنوب به حوزه آبریز گرگان‌رود و کال‌شور (کویر مرکزی) و از شرق به حوزه آبریز قره‌قوم و از غرب به دریای خزر ختم می‌شود. مساحت کل حوزه اترک به‌جز بخشی از آن که در کشور ترکمنستان واقع شده، حدود ۲۵۶۲۷ کیلومتر مربع است. رودخانه اصلی حوزه حدود ۵۲۰ کیلومتر طول دارد و جریان اصلی آن از شرق به غرب می‌باشد و در نهایت به دریای خزر می‌ریزد.

در این مقاله از داده‌های مربوط به شش ایستگاه هیدرومتری حوزه رودخانه اترک در مناطق داشلی‌برون، ترشکلی، چات، هوتن، مراوه‌تپه و قازانقایه استفاده شده است. در ایستگاه داشلی‌برون شاهد نقص آماری در دو سال آبی ۵۳-۵۲ و سال

در رابطه ۱، RSS مجموع مربعات باقیمانده، N تعداد کل داده‌ها و K تعداد پارامترهای مدل است. سپس از روی مدل برازش شده می‌توان با مقدار خطایی (کنترل شده) به مقادیر پیش‌بینی آینده دست یافت. البته می‌توان برای ارزیابی مدل، مقادیر باقیمانده‌های مدل را نیز مورد تجزیه قرار داد و مقادیر آن را مدل‌سازی و پیش‌بینی کرد و در انتها پیش‌بینی دو بخش مذکور را برای مقایسه با مقدار مشاهده شده تلفیق نمود.

تبدیلات پایداری واریانس: داده‌های مربوط به علوم هیدرولوژی اغلب در واریانس ناپایستا می‌باشند، بنابراین جهت انجام استنباط‌های آماری مربوط به این قبیل داده‌ها، باید با حذف تمایلات ایستایی به یک سری زمانی ایستا برسیم. برای این منظور باکس و کاکس (1964) تبدیلی توانی برای پایداری واریانس ارائه دادند که به صورت زیر می‌باشد (2).

$$T(X_t) = X_t^\lambda = \frac{X_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2)$$

در رابطه ۲ به λ پارامتر تبدیل می‌گویند. معمولاً از چند پارامتر تبدیل در تبدیلات پایداری واریانس استفاده می‌شود که برخی از آنها در جدول ۱ به اختصار آورده شده‌اند (8, 11).

آبی ۶۴-۶۳ می‌باشیم، همچنین در ایستگاه ترشکلی نیز داده‌های مربوط به سال آبی ۸۳-۸۱ به دلیل عدم ثبت داده‌های دبی دارای نقص آماری می‌باشند. ساداتی‌نژاد و همکاران (2011) روش‌هایی برای بازسازی داده‌های ثبت نشده ارائه دادند. آن‌ها معتقد بودند در اولویت اول روش رگرسیون خطی ساده و در اولویت دوم روش رگرسیون خطی فازی به عنوان روش‌های برتر می‌باشند (10). بنابراین در این مطالعه با روش رگرسیون خطی ساده داده‌های ثبت نشده بازبازی شدند.

روش‌های بررسی و پیش‌بینی داده‌های سری زمانی: برای تحلیل داده‌های سری زمانی، ابتدا روند و تغییرات فصلی سری داده‌ها را حذف کرده و سپس به برازش مدلی مناسب به آن‌ها می‌پردازیم. در انتها با توجه به رفتار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی بین داده‌های فارغ از روند و تغییرات فصلی به برآورد ضرایب مدل به روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) پرداخته و با توجه به معیار اطلاعاتی آکاییک (AIC) در بین مدل‌های به دست آمده مقایسه انجام می‌گردد و مدلی که از کم‌ترین مقدار آکاییک برخوردار شد، ارجح تر می‌باشد (5).

$$AIC = 2K + N[\ln(RSS/N)] \quad (1)$$

جدول ۱- تبدیلات پایداری واریانس به‌ازای پارامترهای تبدیل مختلف.

Table 1. Stability transformations of the variance for various transformation parameters.

-1	-0.5	0	0.5	1	λ
$\frac{1}{X_t}$	$\frac{1}{\sqrt{X_t}}$	$\ln(X_t)$	$\sqrt{X_t}$	بدون تبدیل X_t With out taranslation	نوع تبدیل Type of translation

روند و تغییرات فصلی باشد، در گام اول با تفاضلی کردن در تأخیر دوازدهم تغییرات فصلی مشاهدات را حذف می‌کنیم (8) و به سری زمانی $y_t = \nabla_{12} X_t = X_t - X_{t-1}$ می‌رسیم. در گام بعدی،

عملیات حذف روند و تغییرات فصلی: عملیات تفاضلی کردن یک صافی مناسب در جهت حذف روند و تغییرات فصلی یک سری داده می‌باشد، تا سری مذکور ایستا شود. اگر یک سری زمانی دارای

همچنین بهره‌برداری از آب در محدوده این ایستگاه توسط زارعین محلی با استفاده از پمپ پاژ باشد. دبی ماهانه در بعضی از مواقع ممکن است مقدار صفر را اختیار کند، از این رو برای رفع این مشکل می‌توان عدد ثابتی را به داده‌ها اضافه کرد که این عمل تغییری در واریانس ایجاد نمی‌کند. برای داده‌های دبی، تمامی تبدیل‌های جدول ۱ را انجام داده و در انتها مقدار مجموع مربعات باقیمانده به‌ازای پارامترهای تبدیل مختلف محاسبه شدند که تنها در حالت $\lambda = -0.5$ حداقل مجموع مربعات باقیمانده‌ها به‌دست آمده است.

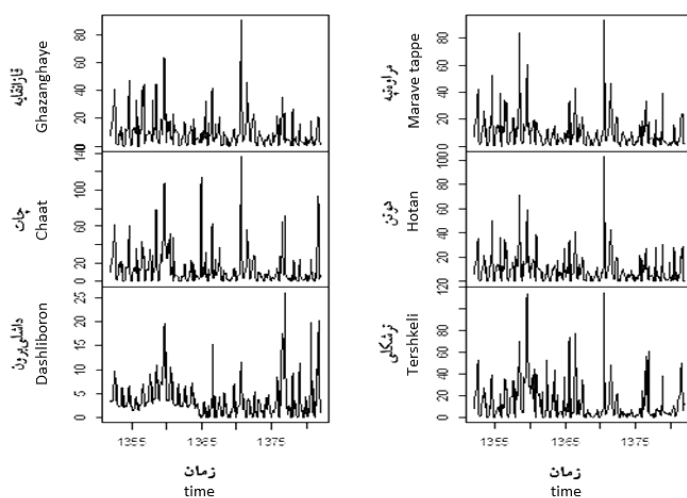
از تبدیل $T(x) = \frac{1}{\sqrt{X_t + 1}}$ به‌عنوان تبدیلی برای

پایداری واریانس سری زمانی $\{X_t\}$ استفاده شد و سری زمانی جدیدی $\{X_t\}$ به‌وجود آمد. از آن‌جا که در تمامی ایستگاه‌ها وجود روندی نامتعادل به چشم می‌خورد و با توجه به این‌که داده‌ها به‌صورت ماهانه جمع‌آوری شده‌اند، بنابراین با تفاضلی کردن تأخیر ۱۲ شاخص فصلی مدل را در حد امکان حذف نموده و سپس اگر داده‌های تفاضلی شده دارای روند باشد با تفاضل‌گیری مرتبه اول سعی بر حذف روند می‌نماییم (3).

اگر این سری مشاهدات تفاضلی شده دارای روند باشند، با تفاضلی کردن مرتبه اول روند سری مشاهدات را حذف می‌کنیم و به سری زمانی $w_t = \nabla^1 \nabla_{12}^1 X_t$ می‌رسیم. معمولاً با یکبار تفاضلی کردن مرتبه یک روند به‌صورت ظاهری حذف می‌شود. بنابراین بهتر است که عملیات تفاضلی چندین بار تکرار شود تا روند به‌طورکلی حذف شود یا دارای حداقل روند باشند به‌طوری‌که روی رفتار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده‌ها تأثیر نداشته باشد (15).

نتایج و بحث

گام اول در تحلیل و بررسی یک سری زمانی رسم نمودار آن است. بنابراین نمودارهای سری زمانی داده‌های مربوط به میزان آب‌دهی حوزه آبخیز رودخانه اترک به تفکیک ایستگاه‌ها رسم شده است. بر مبنای شکل ۱ نمودارها از لحاظ ترسالی و خشک‌سالی به نسبت از الگویی یکسان پیروی می‌کنند به غیر از ایستگاه داشلی‌برون که تفاوت ناچیزی در الگوی نمودار وجود دارد که دلایل احتمالی آن می‌تواند بازسازی داده‌ها برای سال‌های آبی ۵۳-۵۲، ۶۳-۶۲ و

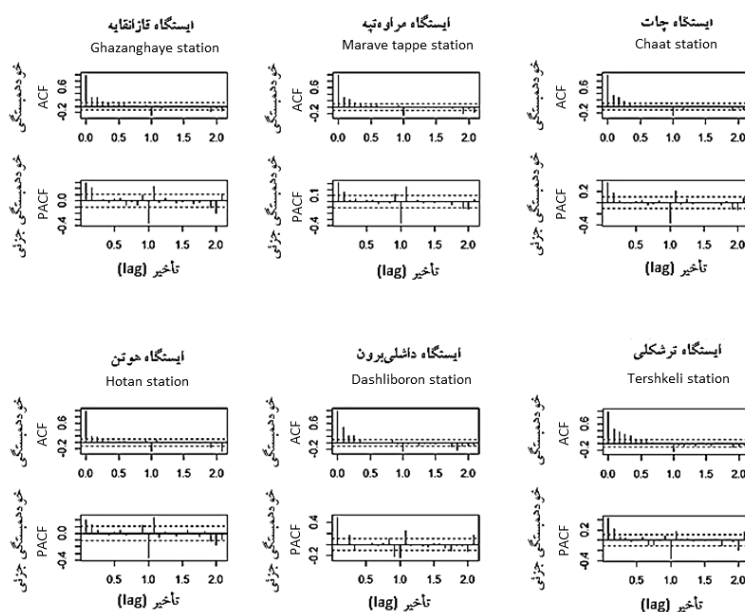


شکل ۱- سری زمانی مربوط به مشاهدات میزان آب‌دهی در شش ایستگاه، رودخانه اترک.

Figure 1. Time series of observations of discharge rate at six stations, Atrak River.

جهت تعیین الگوی مناسب برای داده‌های دبی جریان ماهانه، نمودارهای توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای سری‌های زمانی فارغ از روند و تغییرات فصلی، رسم شده است. برای این منظور همبستگی‌نگار ρ_k در مقابل تأخیر زمانی $\{X_t\}$ رسم و خطوط محدوده ۹۵ درصدی احتمال از رابطه $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$ روی آن مشخص می‌شود. از نمودار تابع خودهمبستگی می‌توان مرتبه سری میانگین متحرک را تعیین نمود و با کمک نمودار تابع خودهمبستگی جزئی می‌توان رتبه سری زمانی اتورگرسیو را تشخیص داد (شکل ۲). همبستگی‌نگارهای شکل ۲ نشان می‌دهند که مقادیر تابع خودهمبستگی در تأخیرهای اول و دوم در تمامی ایستگاه‌ها معنی‌دار هستند، البته نمودارهای تابع خودهمبستگی جزئی نشان می‌دهند که مقادیر خودهمبستگی جزئی در تأخیر اول تمامی ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه داشلی‌برون معنی‌دار است؛ برای ایستگاه داشلی‌برون تابع خودهمبستگی جزئی در تأخیر دوم معنی‌دار است. به دلیل عدم وجود روند معنی‌دار بر داده‌ها، مرتبه تفاضلی برای قسمت غیرفصلی صفر و برای قسمت فصلی به جهت حذف تغییرات فصلی برابر یک در نظر گرفته شده است.

الگوهای سری زمانی که در این پژوهش جهت پیش‌بینی آب‌دهی مورد استفاده قرار گرفت، الگوهای SARIMA می‌باشد که توسط پژوهشگران مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. برای بررسی الگوی رفتاری داده‌ها، نمودارهای توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی سری زمانی عاری از روند و تغییرات فصلی که در واریانس نیز پایدار می‌باشد، رسم شد (شکل ۲). پس از بررسی و تحلیل همبستگی‌نگارهای ایستگاه‌های پنج‌گانه $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)$ قازانقایه، مراوه‌تپه، چات، هوتن و ترشکلی، با توجه به معیار اطلاعاتی آکاییک (AIC)، معیار اطلاعاتی بی‌زی (BIC) و میانگین مربعات خطا (MSE) الگوی فصلی $ARIMA(1,0,2)(1,1,2)_{12}$ برازش شد. برای ایستگاه داشلی‌برون نیز الگوی پیشنهادی پذیرفته شده به صورت $ARIMA(2,0,2)(2,1,2)_{12}$ می‌باشد، که این مدل نیز همانند الگوی ایستگاه‌های قبلی دارای کم‌ترین میزان شاخص اطلاعاتی آکاییک (AIC) و کم‌ترین میزان مجموع مربعات خطا (MSE) بوده است. جهت بررسی صحت ادعای خویش، الگوهای دیگری که دارای پارامترهای بیش‌تری هستند را به داده‌ها برازش نموده که نتایج به صورت خلاصه در جدول ۲ به تفکیک ایستگاه‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۲- نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی سری زمانی فارغ از روند و تغییرات فصلی داده‌های شش ایستگاه هیدرومتری حوزه رودخانه اترک.

Figure 2. Plots of Auto-correlation and partial Auto-correlation functions time series without trend and seasonal variations of the observations of the six stations of the hydrometric areas of Atrak River.

جدول ۲- الگوهای مختلف ARIMA (p, d, q) (P, D, Q) برای پیش‌بینی دبی رودخانه اترک به تفکیک ایستگاه‌ها.

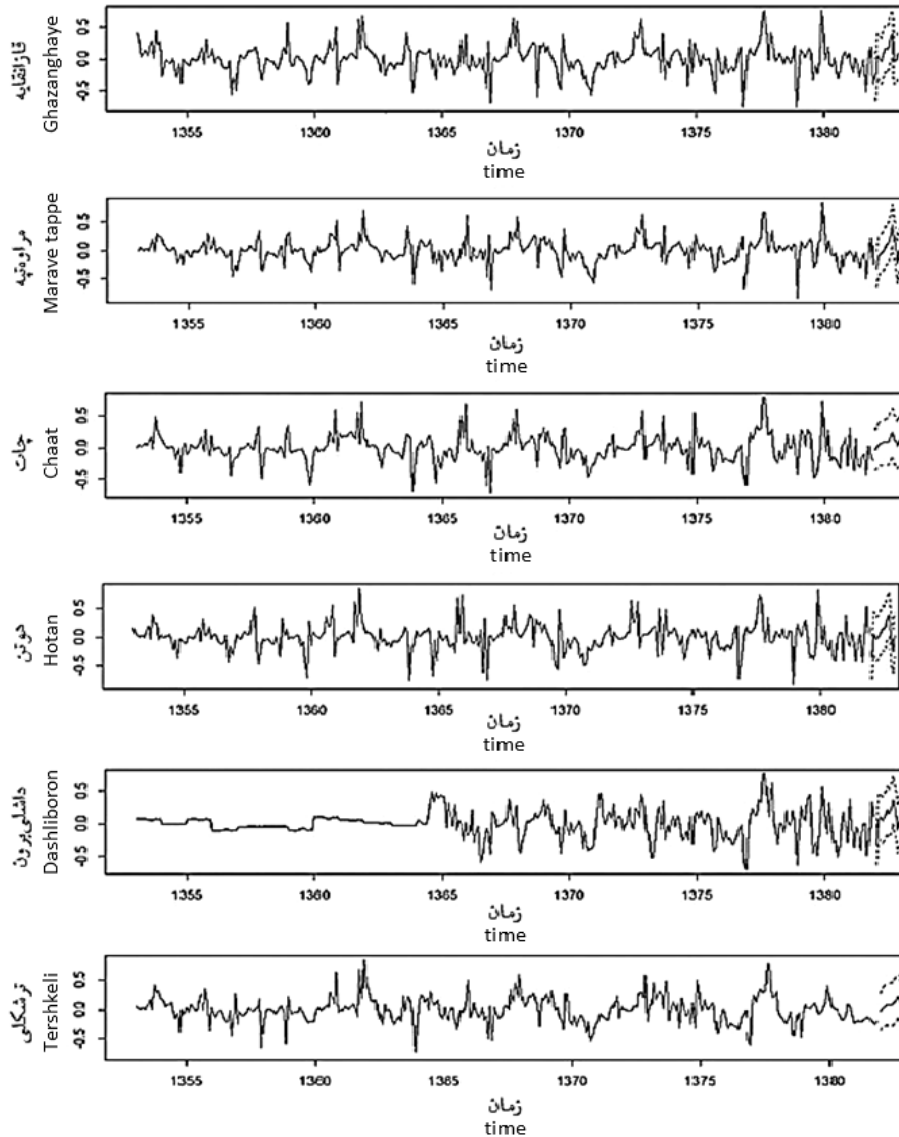
Table 2. Different patterns of ARIMA (p, d, q) (P, D, Q) for forecasting of the discharge of Atrak River for stations separately.

شاخص	شاخص	فصلی		غیرفصلی		ایستگاه	Station	شاخص	شاخص	فصلی		غیرفصلی		ایستگاه	Station		
BIC	AIC	seasonal	seasonal	Non-seasonal	Non-seasonal			BIC	AIC	seasonal	seasonal	Non-seasonal	Non-seasonal				
-118.24	-137.32	1	1	1	0	1	مرآه تپه Marave tappe	-89.10	-108.19	1	1	1	0	1	قازانقایه Ghazanghaye		
-149.13	*-184.99	2	1	1	2	0		1	-133.23	*-159.95	2	1	1	2		0	1
-140.57	-174.97	3	1	1	3	0		1	-118.19	-152.55	3	1	1	3		0	1
-40.02	28.57	0	1	1	0	0		1	92.76	81.31	0	1	1	0		0	1
-55.16	-66.61	1	1	0	1	0	0	-14.51	-25.96	1	1	0	1	0	0		
-8.86	-27.94	1	1	1	1	0	1	-85.25	-104.33	1	1	1	1	0	1	چات Chaat	
-45.88	*-72.60	1	1	1	2	0	1	-121.36	*-149.47	2	1	1	2	0	1		
-30.47	-64.83	3	1	1	3	0	1	-104.33	-138.69	3	1	1	3	0	1		
140.19	128.74	0	1	1	0	0	1	87.46	76.01	0	1	1	0	0	1		
44.28	32.83	1	1	0	1	0	0	-12.76	-24.24	1	1	0	1	0	0		
-110.1	-129.19	1	1	1	1	0	1	-180.1	-206.82	1	1	2	1	0	2	داشلی‌برون Dashliboron	
-144.94	*-171.66	2	1	1	2	0	1	-192.42	*-226.77	2	1	2	2	0	2		
-125.71	-160.7	3	1	1	3	0	1	2.37	-9.08	0	1	1	0	0	1		
84.70	73.25	0	1	1	0	0	1	-121.3	-132.75	1	1	0	1	0	0		
-24.90	-36.35	1	1	0	1	0	0	-194.94	-214.02	2	1	0	2	0	0		

با توجه به کم‌ترین مقدار شاخص آکایک، مدل پیشنهادی برای هر ایستگاه با علامت * مشخص شده است.

By noting that the lowest value of AIC, the proposed model for each station is marked by *.

با توجه به الگوهای پیشنهادی و مدل برازش داده شده، نمودار مقادیر پیش‌بینی شده را برای یک سال آینده ایستگاه‌های مذکور همراه با فاصله اطمینانی ۹۵ درصدی ترسیم شد (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار داده‌های پیش‌بینی شده تحت الگوی پیشنهاد شده برای یک سال آینده به تفکیک ایستگاه‌ها به همراه فاصله اطمینان ۹۵ درصدی.

Figure 3. Plot of forecasted data under the proposed patterns for next year with its 95 % confidence interval for stations separately.

به جز ایستگاه داشلی‌برون ناهمبسته هستند و مقادیر خودهمبستگی آن‌ها اختلاف معنی‌داری با صفر در سطح $0/05$ ندارند. البته در ایستگاه داشلی‌برون دلیل وجود مقادیر خودهمبستگی در تأخیرهای مختلف و

جهت تشخیص صحت الگوها، به تحلیل باقیمانده‌های آن‌ها پرداخته شد. بدین منظور از روی مقادیر تابع خودهمبستگی مانده‌ها دریافتیم که مانده‌های الگوهای انتخاب شده برای تمامی ایستگاه‌ها

نکته دیگر این‌که هر چند برای این حوزه در تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری به برآزش مدل‌های خطی توجه شده است، پیشنهاد می‌گردد داده‌های هیدرومتری این پژوهش را به صورت سری زمانی غیرخطی فرض کرده و به بررسی الگوی روند، توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی غیرخطی پرداخته شود. با توجه به این توابع مناسب است الگویی غیرخطی را به آن برآزش داده و نتایج حاصله را با این پژوهش مقایسه نماییم. نکته آخر این‌که میزان بارندگی حوزه اترک به دلیل کوهستانی بودن آن تغییرات شدید مکانی دارد و پیشنهاد می‌شود علاوه بر تحلیل زمانی به تحلیل مکانی نیز پرداخته شود.

همچنین وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر آن‌ها به دلیل بازسازی داده‌ها در سال‌های مذکور بوده است. در نهایت از آن‌جا که حوزه آبخیز رودخانه اترک دارای دو بخش کوهستانی و دشت بوده و همچنین آب و هوای آن همواره در حال تغییر است، بنابراین توجه ویژه به تغییرات روند و تغییرات فصلی در ایستگاه‌های هیدرومتری این حوزه قبل از هر گونه تحلیل آماری و انتخاب الگو برای آن ضروری به نظر می‌رسد. در غیر این صورت تحلیل آماری به نتایجی اریبی منجر خواهد شد. در این پژوهش قبل از برآزش یک مدل آماری مناسب، تغییرات روند و تغییرات فصلی را کنترل و سپس به حذف آن‌ها پرداختیم.

منابع

1. Azizi, Gh., and Roshan, A.A. 2005. Forecasting of droughts and wet years by uses Holt-Winters model in Hormozgan province. *Geographical Research*. 79: 13441-13456.
2. Box, G.E.P., and Cox, D.R. 1964. An Analysis of Transformations. *J. Royal stat. Soc. Seri. B (Methodological)*. 26: 2. 211-252.
3. Coghlan, A. 2011. *A Little Book of R for Time Series*. University College Cork, Ireland.
4. Cryer, J.D. 1992. *Time series Analysis*. Translated by Niroomand, H.A., Mashhad University Publication, 404p. (In Persian)
5. Karamoz, M., and Araghinezhad, Sh. 2005. *Advanced Hydrology*. Amirkabir University. 480p. (In Persian)
6. McKerchar, A.I., and Delleur, L.W. 1974. Application of seasonal parametric linear stochastic models to monthly flow data. *J. Water Resour. Reservoir*. 10: 246-255.
7. Meshkati, M. 1992. *Time Series Analysis, Forecast and control*, Shahid Beheshti University Press. (In Persian)
8. Niroomand, H., and Bozorgnia, A. 1992. *Time series analysis*. Ferdowsi University of Mashad Press, 585p. (In Persian)
9. Noaks, D., and Mcleod, A. 1985. Forecasting monthly river flow time series. *Inter. J. For.* 1: 179-190.
10. Sadatinezhad, S.J., Naghdi, R., and Shayannezhad, M. 2011. Application of Fuzzy Linear Regression for predicting annual discharge missing data in hydrometric station compared with other conventional methods. *Gorgan J. Water Soil Cons.* 17: 4. 67-86. (In Persian)
11. Saiedian, Y., and Ebadi, H. 2005. Estimate the Model of Time series of Flew. The Second Iranian Society Students Conference of Water and Soil Resources. Shiraz University. (In Persian)
12. Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V.M., and Lane, W.L. 1980. *Applied Modeling of Hydrologic TimeSeries*. Water Resources Publications: Littleton, CO.
13. Shekh, V.B., Bahremand, A., and Mooshakhian, Y. 2011. A Comparison of Trends in Hydrologic Variables in the Atrak River Basin Using Non-parametric Trend Analysis Tests. *Gorgan J. Water Soil Cons.* 18: 2. 1-22. (In Persian)
14. Thomas, H.A., and Fiering, M.B. 1962. *Mathematical synthesis of stream flow sequences for the analysis of river basin by simulation*. Harward University Press. Cambridge, 751p.
15. Yaghmaei, F., Abdollahnezhad, K., Hezarjaribi, A., and Babanezhad, M. 2013. Fitting statistical models to the data set of maximum and minimum temperatures of Gorgan. *Gorgan J. Water Soil Cons.* 20: 2. 65-84. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(6), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Short Technical Report

Fitting the seasonal time series model to the rivers discharge in time domain (Case study: Atrak River)

***M. Rezanezhad Keshteli**¹, **M. Babanezhad**² and **A. Amini**³

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Mathematical Statistics, Golestan University, ²Associate Prof.,
Dept. of Statistics, Golestan University, ³Assistant Prof., Dept. of Geology, Golestan University

Received: 06/09/2014; Accepted: 03/08/2015

Abstract

Background and Objectives: Nowadays, investigations to forecast the hydrological variables behavior and the effective climatological factors on it in the time domain are considered by researchers. Therefore, the usage of time dependent data analysis in the prediction of river discharge rates is statistically valid and so that the results can be used in the planning and management of water resources and infrastructure design.

Materials and Methods: The study area was Atrak River which is one of the most important water resources in economic, agricultural and environmental point of view in the North East of Iran. In recent years, this river had overflow or decline of the water levels that certainly affected on river discharge rates. In this paper, we use the data of the six hydrometric stations from 51-52 years till 81-82 years of the catchment Atrak River.

Results: First we have paid attention to the descriptive analysis of data and then we fitted a suitable model to the discharge time series data of considered stations after removing trend and the seasonal variations. Finally, through estimating the parameters of the model, we predicted the distribution behavior of the river flow rate. We used Akaike Information Criterion (AIC), Bayesian Information Criterion (BIC) and Mean Square Error (MSE) for fitting model and estimating the parameters of the fitted model. After fixing the variance of the data and remove the trend and seasonality variations and by using the Auto-correlation and Partial Auto-correlation plots, $ARIMA(1,0,2)(1,1,2)_{12}$ model was admitted. Finally, using this model, future values Atrak river discharge rates were forecasted for the year.

Conclusion: Since Atrak river basin has been both mountainous and plain, as well as its climate is constantly changing, therefore special attention to changes in trends and seasonal variations in hydrometric stations in this area before fitting a time series model and forecasting is necessary. Otherwise the statistical analysis of time series analysis may yield to the bias results.

Keywords: Time series, Forecasting, Autoregressive moving average integrated model, Discharge, Atrak River

* Corresponding Author; Email: mohsenmrk@gmail.com

