

مقایسه کارایی مدل سری زمانی ARIMA فصلی در شبیه‌سازی دبی متوسط

ماهانه رودخانه‌های افرینه کشکان و کاکارضا

حافظ میرزاپور*، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

زاهده حیدری زادی، کارشناس ارشد بیابان زدایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

E-mail* : Mirzapour.lu@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۲۵ - پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۳

چکیده

بررسی و شناخت تغییرات زمانی دبی پایه در مطالعات حوزه‌های آبخیز به‌ویژه در فصل‌های با جریان کم، اهمیت زیادی دارد. به همین منظور مدل‌های مختلف آماری و احتمالاتی ارائه و توسعه داده شده است. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه کارایی سری زمانی ۳۰ و ۵۶ ساله به ترتیب مربوط به دبی متوسط ماهانه رودخانه کاکارضا در شهرستان سلسله و رودخانه افرینه کشکان در شهرستان پلدختر در استان لرستان می‌باشند. بدین منظور ابتدا اقلیم دو منطقه تعیین و در گام بعد توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده‌های واقعی در نرم‌افزار XLSTAT ترسیم و داده‌ها با استفاده از روش‌های باکس کاکس و لکاریمی نرمال شده‌اند. سپس روند داده‌ها که نشان‌دهنده نالیستایی داده‌ها بود تعیین شد. بنابراین با استفاده از روش عملگر تفاضل در نرم‌افزار MINITAB روند داده‌ها حذف، و مدل مناسب با کمترین آکاتیک انتخاب شد. سپس دو دوره‌ی ۱۲ و ۲۴ ماهه برای دو منطقه شبیه‌سازی گردید. نتایج حاکی از آن بود که مدل‌های انتخابی در دوره‌ی ۱۲ و ۲۴ ماهه به ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰/۹۲، ۰/۸۶، برای رودخانه کاکارضا و ۰/۹۴، ۰/۸۸، برای رودخانه افرینه کشکان می‌باشد. در نهایت دوره‌ی کوتاه‌مدت ۱۲ ماهه، توانست شبیه‌سازی مناسبتری را هر دو رودخانه نشان دهد. باتوجه به شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه کارایی مدل در منطقه نیمه خشک نسبت به منطقه نیمه مرطوب بهتر تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: سری زمانی، ARIMA فصلی، شبیه‌سازی، کاکارضا، افرینه.

۱- مقدمه

استفاده قرار می‌دهد، روش‌های تحلیل سری‌های زمانی نامیده می‌شود. اساس بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در فرآیندهای هیدرولوژیکی و تصمیمات بهره‌برداری از منابع آب بر پایه پیش‌بینی و تحلیل سری‌های زمانی می‌باشد (کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۹۳) برای پیش‌بینی سری زمانی و تعیین مدل پیش‌بینی، فنون مختلفی وجود

در هر علم، به آمار جمع‌آوری شده مربوط به متغیری که قرار است پیش‌بینی شود و در دوره‌های زمانی گذشته موجود است، اصطلاحاً سری زمانی می‌گویند. منظور از یک سری زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده باشند. روش‌های آماری که این گونه داده‌های آماری را مورد

دارد. این فنون را می‌توان به دو دسته کمی و کیفی تفکیک کرد. از جمله روش‌های کمی، مدل‌های میانگین متحرک ساده و موزون، هموارسازی نمایی ساده و حالت وینترز، باکس جنکینز، اتورگرسیون میانگین متحرک تلفیقی^۱ (ARIMA) و مدل‌های اقتصادسنجی و از روش‌های کیفی، روش‌های دلفی، طوفان مغزی و گروه اسمی را می‌توان برشمرد (آذر و مومنی، ۱۳۹۱). یکی از شرایط اولیه استفاده از داده‌ها در مباحث سری زمانی، ایستا بودن آنهاست، در غیر این صورت باید نایستایی رفع شود.

اگر قوانین حاکم بر مدل مانند میانگین و کوواریانس در طول زمان به صورت دوره‌ای ثابت باشد سری از نوع ایستای دوره‌ای می‌باشد، چون این نوع سری قابل تبدیل به ایستا نمی‌باشد، بنابراین باید از روش‌های جدید سری زمانی که بر مبنای ایستای دوره‌ای می‌باشند مانند مدل PMA، PAR و مدل PARMA استفاده کرد. در غیر این صورت برای ایستا نمودن داده‌ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش باکس-کاکس می‌توان استفاده نمود. در جهت مدل‌سازی از سری‌های زمانی، در بیشتر موارد متخصصان از انواع متنوع مدل‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند، به طوری که همبستگی‌های موجود ما بین زمان و مشاهدات مد نظر است (نیرومند ۱۳۸۹). دودانگه و کوپاپی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل‌های باکس-جنکینز سری زمانی ماهانه جریان رودخانه پل دختر را بررسی کردند و مدل $ARIMA(2,0,2)(2,0,0)$ را به عنوان بهترین مدل برای پیش‌بینی جریان آن رودخانه انتخاب کردند. میرزاوند و همکاران (۲۰۱۴) با تجزیه و تحلیل داده‌های ۳۶ حلقه چاه در کاشان، سطح آب زیرزمینی را پیش‌بینی نمودند.

نتایج حاصل مبین این بود که مدل $AR(2)$ مناسب‌ترین مدل می‌باشد و برای دوره زمانی ۶۰ ماه پیش‌بینی

مناسب‌تری را انجام خواهد داد. نواکز و همکاران (۱۹۸۵) قدرت پیش‌بینی کوتاه‌مدت مدل‌های SARIMA، ARIMA^۲ مدل‌های خودهمبستگی دوره‌ای (PAR) را بر روی سری ۳۰ ماهه جریان مقایسه کردند و نشان داد که مدل‌های خود همبسته دوره‌ای دقیق‌ترین پیش‌بینی را دارند. این پژوهشگران همچنین برتری لگاریتمی را به دیگر تبدیل‌های باکس - کاکس بر اساس روش حداکثر درست‌نمایی به دست آوردند. ون چووان و همکاران (۲۰۱۵) رواناب سالانه را با $ARIMA$ و $EEMD-ARIMA$ مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از معیارهای RMSE، MAPE، R و NSEC مدل را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد $EEMD-ARIMA$ با دقت قابل توجهی نسبت به $ARIMA$ پیش‌بینی سالانه را انجام می‌دهد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی و شبیه‌سازی دبی متوسط ماهانه رودخانه‌های افرینه کشکان و کاکارضا با استفاده از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی بر این داده‌ها و مقایسه دقت مدل SARIMA در دو منطقه می‌باشد.

۲- روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر به منظور شبیه‌سازی دبی ماهانه ایستگاه‌های افرینه کشکان و کاکارضا از آمار زیر حوزه‌های حوزه کرخه و سری زمانی دبی ماهانه به ترتیب در دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۳۴ و ۱۳۹۰-۱۳۶۰ استفاده شد.

ایستگاه افرینه کشکان در استان لرستان شهرستان پلدختر قرار دارد، این حوزه با مساحت ۶۷۰۰ کیلومتر مربع و میانگین ارتفاع ۸۲۰ متر در طول جغرافیایی $54^{\circ} \square 47^{\circ}$ شرقی و عرض جغرافیایی $20^{\circ} \square 33^{\circ}$ شمالی واقع شده است. رودخانه کاکارضا یا رود ولم در شهرستان سلسله در استان لرستان با طول $21^{\circ} 14' 44^{\circ}$ و عرض

مدیریت محیط زیست- سال دوم- شماره ۱- بهار ۱۳۹۵

مدل‌های خود همبسته (AR)، مدل‌های میانگین متحرک (MA) و مدل‌های تلفیقی خود همبسته و میانگین متحرک (ARMA). شرط استفاده از این مدل‌ها ایستا بودن داده‌های مورد استفاده است. اگر داده‌ها ایستا نباشند باید به روش‌های موجود سری داده‌ها ایستا شود. وجود «I» در ARIMA نشان‌دهنده‌ی غیرایستا بودن داده‌های اصلی و تغییر در داده‌ها به منظور مدل‌سازی است (هان و همکاران ۲۰۱۰). اگر سری داده‌ها دارای حالت چرخه و تناوب باشند آنگاه نوع مدل فصلی یا SARIMA می‌باشد. مدل‌های سری زمانی دارای ۲ جزء (p, d, q) و (P, D, Q)s می‌باشند که (P, D, Q) جزء فصلی گفته می‌شود که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\phi(B)P(Bs) \nabla^d \nabla_s D Z_t = \theta(B)Q(Bs) a_t \quad (2)$$

$\phi(B)$ و $\theta(B)$ چندجمله‌ای‌هایی از درجه q و p:

$$\phi(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \quad (3)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \quad (4)$$

P: درجه اتو رگرسیو غیرفصلی؛

d: مرتبه تفاضل‌گیری؛

Q: درجه میانگین متحرک غیرفصلی؛

P: درجه اتورگرسیو فصلی؛

D: درجه تفاضل‌گیری فصلی؛

Q: درجه میانگین متحرک فصلی و s طول فصل است (باورمن و همکاران، ۲۰۰۳؛ باکس و همکاران ۲۰۱۳). دو پارامتر دیگر یعنی D و d پارامترهای تفاضلی برای ایستا کردن سری زمانی است عملگر تفاضلی مورد استفاده برای سری‌های زمانی پویا عبارتند از $\Delta = 1 - B$ (B عملگر جهش به عقب است) این شکل از مدل‌های ARIMA غیرفصلی به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$a_t \Phi(B)Z_t = \Phi(B)(1 - B) Z_t = \theta(B) \quad (5)$$

که Z_t سری‌های مشاهده شده $\Phi(B)$ رتبه چندجمله‌ای p و $\theta(B)$ رتبه چندجمله‌ای q است.

به‌طورکلی مدل‌سازی سری‌های زمانی شامل سه مرحله شناسایی مدل، برآورد پارامترهای مدل و تشخیص درستی

جغرافیایی "۳۳°۴۲'۳۸" قرار دارد. این رود که بزرگترین رودخانه منطقه الشتر می‌باشد از کوه‌های جنوب غربی الشتر سرچشمه گرفته و پس از عبور از جنوب الشتر و مجاورت بسطام از طرف شرق به طرف جنوب غربی جریان پیدا می‌کند و به ویژه در فصل بهار سیلابی و غیر قابل عبور می‌باشد. موقعیت مناطق مورد مطالعه در شکل ۱ مشخص شده است.

۲-۲- روش پژوهش

در پژوهش حاضر اقلیم حوزه کاکارضا و افرینه کشکان با استفاده از این روش به ترتیب منطقه نیمه مرطوب و نیمه خشک تعیین شد. در این روش با استفاده از سه شاخص گرما، سرما و رطوبت اقلیم منطقه را معرفی می‌نماید شاخص رطوبتی در این روش وضعیت خشکی محل را با استفاده از رابطه زیر مشخص می‌کند.

$$I = 5T / P \quad (1)$$

که در آن I: شاخص رطوبتی؛

P: مجموع بارندگی سالانه؛

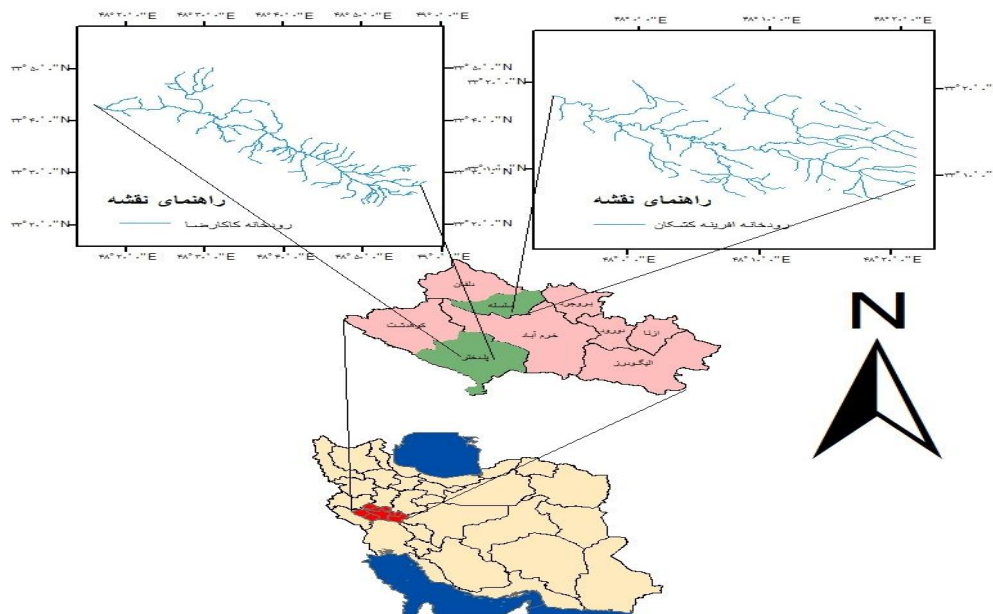
T: مجموع درجه حرارت ماه‌هایی از سال که منوط دمای ماهانه آنها بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد است. آنگاه بر اساس مقادیر مختلف I اقلیم مناطق به شرح زیر از یکدیگر متمایز می‌شود.

در این پژوهش به منظور تحلیل سری زمانی داده‌های دبی از روش یوجویچ و همکاران (۱۹۶۷) استفاده شد. مدل‌های سری زمانی به ۳ شکل اصلی دیده می‌شوند:

جدول ۱. کلاسه بندی شاخص رطوبتی

نوع اقلیم	شاخص رطوبتی I
بسیار مرطوب	$I < 0.5$
مرطوب	$0.5 < I < 1$
نیمه مرطوب	$1 < I < 3$
نیمه خشک	$3 < I < 6$
خشک	$6 < I < 10$
بسیار خشک	$10 < I$

میرزاپور و حیدری زادی



شکل ۱. مناطق مورد مطالعه

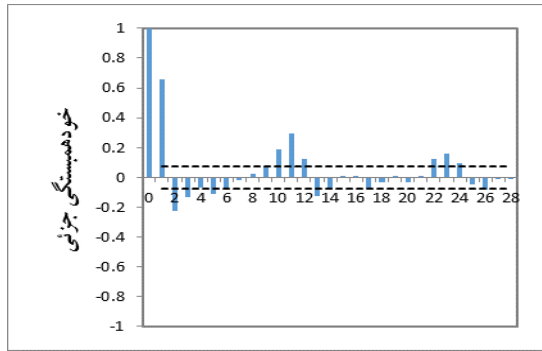
اگر فرض صفر ($H_0=0$) با در نظر گرفتن احتمال خطای برابر یا بیشتر از $\alpha = 0.05$ رد شود در این صورت پارامتر معنی دار خواهد بود و در مدل باقی می ماند. همچنین اگر مقدار P-value کوچکتر یا مساوی سطح معنی دار بودن آزمون یعنی ۵% باشد، فرض صفر (H_0) رد می شود (دودانگه، ۱۳۹۰). در مرحله بعد درستی مدل تشخیص داده می شود که یکی از رایج ترین آزمون های نرمالیتیه داده ها روش پلات Q-Q است که در پژوهش حاضر نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- نتایج

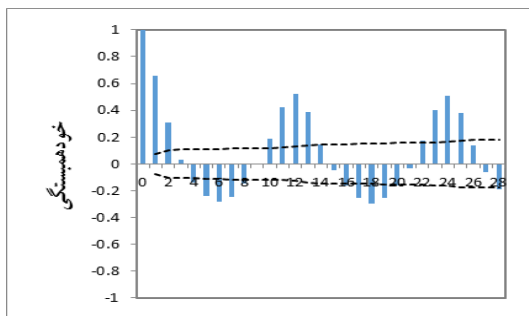
پس از تعیین اقلیم دو منطقه به روش ، در گام اول توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده های واقعی برای هر منطقه به صورت جداگانه در نرم افزار XLSTAT ترسیم شد. همان طور که در نمودارهای ACF و PACF شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده، هر دو در تأخیرهای اولیه جهش های بزرگی را نشان می دهند. بنابراین با استفاده از

مدل است (باکس و جیکنز، ۱۹۷۶). در شناسایی مدل با استفاده از توابع خودهمبستگی^۱ (ACF) و خودهمبستگی جزئی^۲ (PACF) مدل مناسب به داده های سری زمانی مورد بررسی برازش داده می شود و با استفاده از این توابع ایستایی و فصلی بودن داده ها مورد بررسی قرار می گیرد. داده های مورد استفاده باید فاقد روند باشند. روش های متفاوتی به منظور تعیین روند مورد استفاده قرار می گیرد که در این مطالعه برای بررسی روند از روش عملگر تفاضلی استفاده شد. پس از اینکه مدل مناسب تشخیص داده شد، باید پارامترهای مدل برآورد شوند. این پارامترها باید دارای دو شرط ایستایی برای خودهمبستگی و معکوس پذیری را برای میانگین متحرک باشند (باکس و همکاران ۲۰۱۳: مدرس، ۲۰۰۷). این پارامترها همچنین از نظر معنی داری مورد آزمون قرار می گیرند که این معنی داری در ارتباط با انحراف استاندارد برآوردها و مقدار t می باشد. مقدار t از رابطه ۶ به دست می آید:

$$t = \frac{\theta}{s\theta} \quad (6)$$

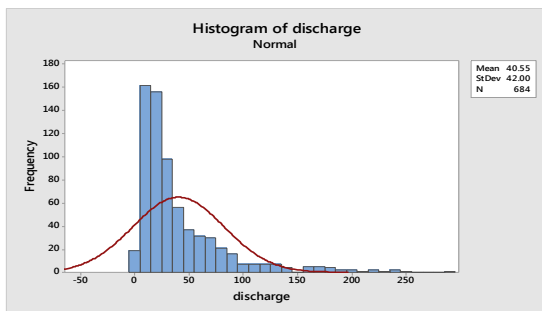


الف) نمودار PACF

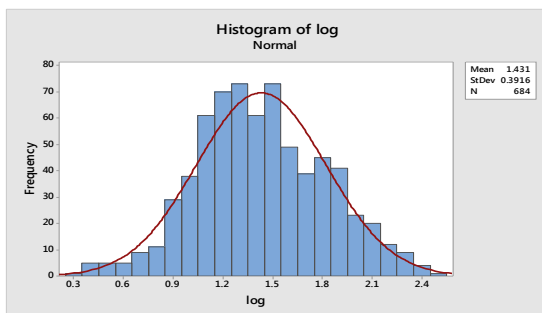


ب) نمودار ACF

شکل ۳. الف و ب به ترتیب توابع خودهمبستگی جزئی و خودهمبستگی رودخانه کاکارضا



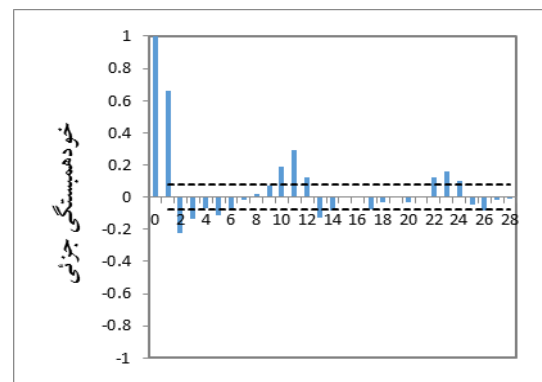
الف



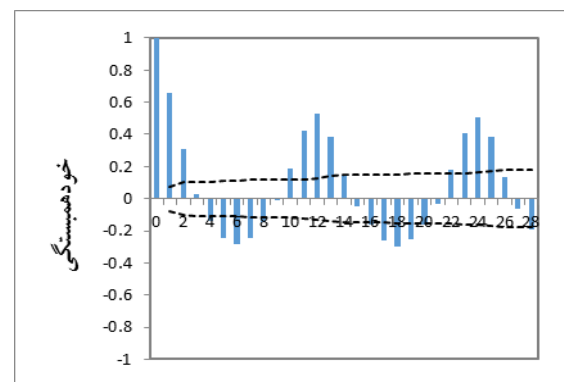
ب

شکل ۴. الف) هیستوگرام داده‌های واقعی (ب) هیستوگرام داده‌های نرمال شده رودخانه افرینه کشکان

تابع خودهمبستگی (ACF) مقدار p و با استفاده از تابع خودهمبستگی جزئی (PACF) مقدار q مشخص شد. از سوی دیگر نتایج پلات Q-Q نشان داد که داده‌های واقعی مناطق مطالعاتی نرمال نیستند. نرمال بودن داده‌ها به این دلیل اهمیت دارد که تئوری سری‌های زمانی بر اساس نرمال بودن داده‌ها توسعه یافته و در صورتی که داده‌ها نرمال نباشند باید با استفاده از روش‌های مختلف آنها را نرمال سازی نمود، از جمله روش‌های نرمال سازی داده‌ها استفاده از روش باکس کاکس و لگاریتم می‌باشد که در پژوهش حاضر از روش باکس کاکس برای داده‌های رودخانه افرینه و از روش لگاریتم برای داده‌های رودخانه کاکارضا استفاده شده است که هیستوگرام داده‌ها در شکل‌های ۴ و ۵ نمایش داده شده است.



الف) نمودار PACF



ب) نمودار تابع ACF

شکل ۲. الف و ب به ترتیب توابع خودهمبستگی جزئی و خودهمبستگی رودخانه افرینه کشکان

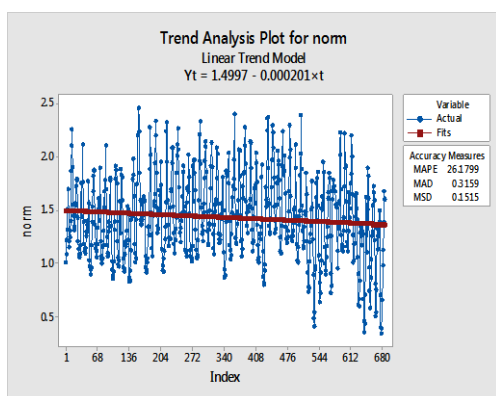
بر داده‌ها به صورت رابطه ۷ و ۸ به ترتیب برای آفرینه و کاکارضا می‌باشند:

$$Y_t = 1.4997 - 0.000201 * t \quad (7)$$

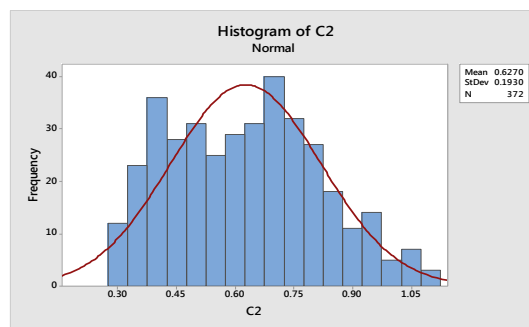
$$Y_t = 0.5572 + 0.000374 * t \quad (8)$$

این امر مبین نایستایی مدل در دو منطقه می‌باشد. بنابراین با استفاده از روش عملگر تفاضلی در نرم‌افزار MINITAB روند داده‌ها حذف شد. در شکل‌های ۶ و ۷ نتایج نشان داده شده است.

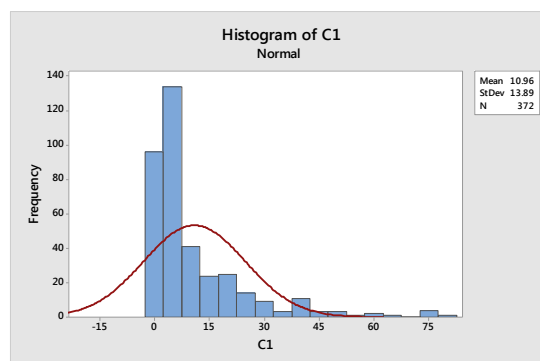
با توجه به شکل‌های ذکر شده مقدار d برای رودخانه‌های آفرینه و کاکارضا برابر ۱ می‌باشد. آزمون و معیار آکائیک (AIC) یکی از روش‌های مقایسه مدل‌های مختلف می‌باشد. این روش بر این مبنا استوار است که از بین مدل‌های مناسب، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به‌عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود (فاطمی قمی، ۱۳۷۵). بنابراین مقادیر P و Q را با آزمون و خطا به دست می‌آیند. در جدول ۱ مدل‌های اولیه سری زمانی مشاهده می‌شود. در این جدول بر اساس معیار آکائی که کمترین مقدار آکائیک مشخص و مدل مناسب انتخاب شد. با توجه به جدول ۲ مدل SARIMA انتخاب شده برای رودخانه آفرینه به صورت $(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ و برای رودخانه کاکارضا به صورت $(1, 1, 2) \times (1, 1, 2)_{12}$ می‌باشد.



الف



الف



ب

شکل ۵. الف) هیستوگرام داده‌های واقعی (ب) هیستوگرام داده‌های نرمال شده رودخانه کاکارضا

نوسانات ماهانه مشاهده شده در داده‌ها نشان‌دهنده رفتار فصلی و تناوب ۱۲ ماهه آن‌ها و در نتیجه $S=12$ و $D=1$ می‌باشد. مرحله بعد در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، تعیین مؤلفه روند در سری زمانی و همچنین حذف آن در جهت ایستاد کردن داده‌ها می‌باشد و پس از بررسی ایستایی داده‌ها، مدل‌های مناسب به داده‌ها برازش داده می‌شوند. نرم‌افزار برای تعیین مؤلفه روند، یک خط را بر داده‌ها برازش می‌دهد. شیب این خط برابر با مؤلفه روند می‌باشد. بدیهی است در صورتی که شیب این خط صفر باشد و خط افقی باشد، داده‌ها فاقد مؤلفه روند بوده و ایستا می‌باشند (نیرومند، ۱۳۸۹). با بررسی صورت گرفته داده‌های دبی رودخانه‌های آفرینه کشکان و کاکارضا مشخص گردید، به ترتیب داده‌ها دارای روند نزولی و صعودی می‌باشند و معادله خط برازش داده شده

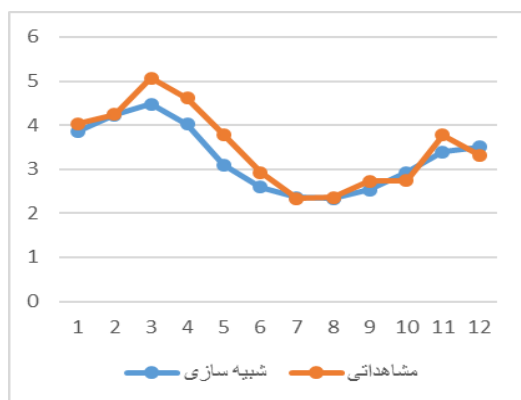
جدول ۲. استفاده از معیار آکائیکه برای انتخاب مدل مناسب

کاکارضا		افرینه	
$\times (P,D,Q)_{12}$ (p,d,q)	AIC	$\times (P,D,Q)_{12}$ (p,d,q)	AIC
$(1,1,2) \times (3,1,1)_{12}$	-690/761	$(1,1,2) \times (1,1,0)_{12}$	629/182
$(1,1,2) \times (3,1,0)_{12}$	-614/214	$(1,1,2) \times (1,1,1)_{12}$	629/098
$(1,1,2) \times (2,1,4)_{12}$	-701/10	$(1,1,2) \times (0,1,0)_{12}$	630/147
$(1,1,2) \times (2,1,1)_{12}$	-678/336	$(1,1,2) \times (2,1,1)_{12}$	631/182

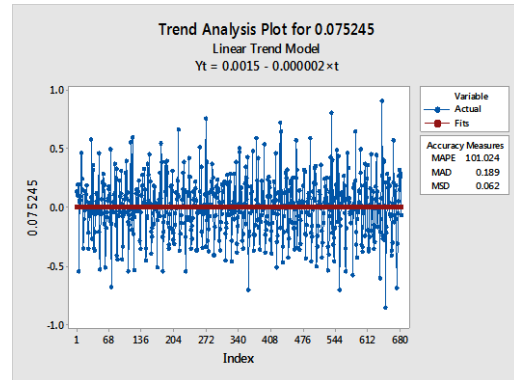
مدل‌های SARIMA انتخاب شده برای شبیه‌سازی در دو دوره ۱۲ و ۲۴ ماهه مورد بررسی و واسنجی قرار گرفت. با توجه به معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب کارایی نش ساتکلیف و ضریب همبستگی مطابق جدول ۳ بهترین دوره زمانی برای استفاده از مدل‌ها تعیین و شبیه سازی صورت گرفت (شکل‌های ۸ و ۹).

جدول ۳. واسنجی نتایج مدل در دوره‌های مختلف

ضریب همبستگی	ضریب کارایی نش ساتکلیف	ریشه میانگین مربعات خطا	دوره زمانی	رودخانه‌های مورد مطالعه
.۹۴	.۹۹	-.۴۶	۱۲ ماهه	افرینه کشکان
.۸۸	.۹۹	-.۳۲	۲۴ ماهه	
.۹۲	.۹۹	-.۴۰	۱۲ ماهه	کاکارضا
.۸۶	.۹۹	-.۳۵	۲۴ ماهه	

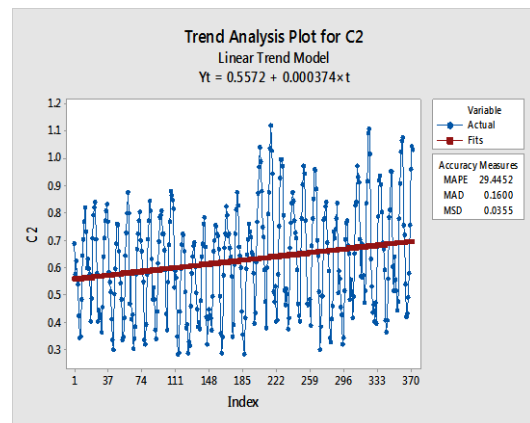


الف) در دوره ۱۲ ماهه

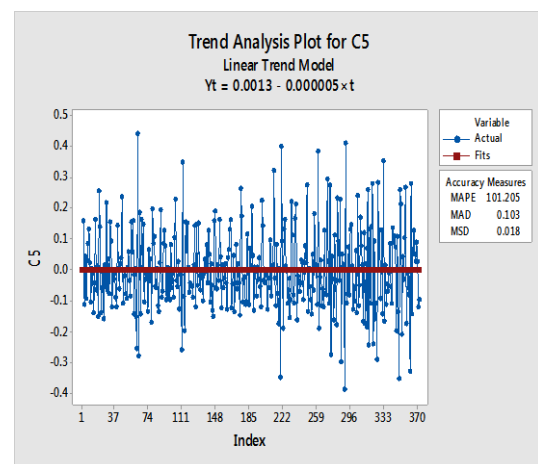


ب

شکل ۶. الف و ب به ترتیب نمودار آنالیز داده‌های نرمال شده و آنالیز داده‌های حذف روند شده رودخانه افرینه کشکان



الف



ب

شکل ۷. الف و ب به ترتیب نمودار آنالیز داده‌های نرمال شده و آنالیز داده‌های حذف روند شده رودخانه کاکارضا

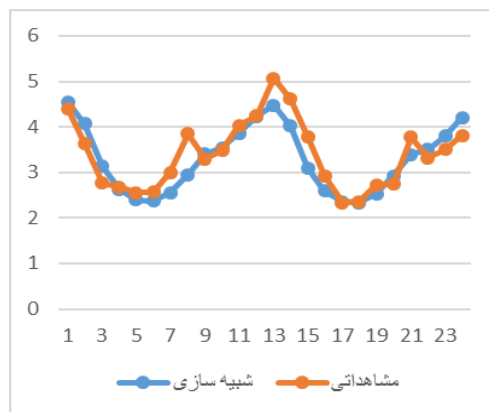
دارند. نتایج این پژوهش با نتایج (Frausto-Solis, Pita) (et al. 2008) و (Singh, Singh et al, 2011) مبنی بر پیش‌بینی مناسب مدل در ۱۲ ماه همخوانی داشته و با نتایج (Abudu, Cui et al, 2010) که مدل را برای پیش‌بینی دوره کوتاه‌مدت یک‌ماهه جریان رودخانه مناسب تشخیص داده بودند در تضاد است. بیشترین اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در فواصل دو ماه اسفند و فروردین می‌باشد که به دلیل بارش‌های فراوان مقدار دبی در ماه فروردین افزایش چشم‌گیری دارد.

۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از نرم‌افزارهای MINITAB و XLSTAT، نتایج با نرمال بودن و روند داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس بر اساس معیار آکائیک، مدل $SARIMA(1,1,1) \times (1,1,2)$ برای رودخانه افرینه کشکان مناسب، و مدل $SARIMA(1,1,2) \times (4,1,2)$ برای رودخانه کاکارضا انتخاب شد، با مدل انتخابی در دو دوره ۱۲ و ۲۴ ماهه شبیه‌سازی صورت گرفت، نتایج نشان داد مدل انتخابی در دوره ۱۲ ماهه شبیه‌سازی مناسب‌تری را انجام می‌دهد. با بررسی صورت گرفته در اقلیم دو منطقه افرینه کشکان و کاکارضا با استفاده از روش نتایج حاصل شده نشان داد مدل سری زمانی SARIMA در منطقه نیمه خشک (افرینه کشکان) نسبت به منطقه نیمه مرطوب (کاکارضا) دارای دقت بالاتری می‌باشد. همچنین افزایش دوره آماری در دقت مدل باعث افزایش دقت در پیش‌بینی می‌شود.

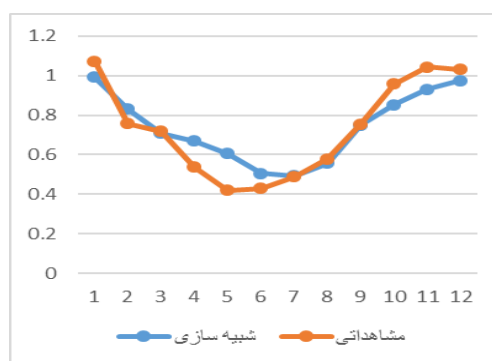
۶- پی نوشت‌ها

1. Auto Regressive Integrated Moving Average
2. Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average

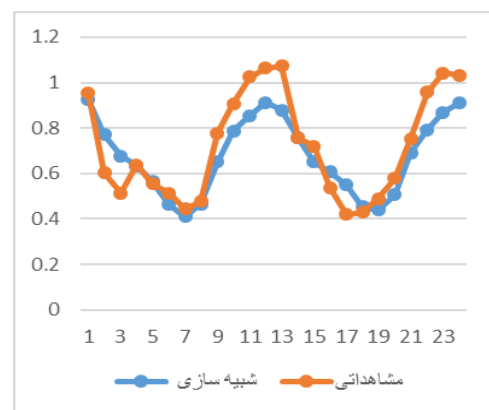


ب) دوره ۲۴ ماهه

شکل ۸. نمایش مقدار مشاهداتی و شبیه‌سازی شده رودخانه افرینه



الف) در دوره ۱۲ ماهه



ب) دوره ۲۴ ماهه

شکل ۹. نمایش مقدار مشاهداتی و شبیه‌سازی شده رودخانه کاکارضا

۴- بحث

نتایج مدل نشان داد که مدل‌های سری زمانی (SARIMA) برای دوره ۱۲ ماهه کارایی قابل قبولی

مؤسسه انتشارات امیرکبیر، چاپ دوم، تهران.

- مهدوی، م. (۱۳۸۵) "هیدرولوژی کاربردی"، دانشگاه تهران، ص ۳۴۲.

- نیرومند، ح. ع. (۱۳۸۹) "مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی"، (ترجمه) انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ویرایش اول، چاپ سوم.

-Abudu, S., et al. (2010) "Comparison of performance of statistical models in forecasting monthly streamflow of Kizil River, China", *Water Science and Engineering* 3(3): 269-281.

-Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., (2003) "Forecasting and time series: An applied approach.3rd.

- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., (2013) "Time series analysis: forecasting and control: John Wiley & Son".

- Frausto-Solis, J., et al. (2008) "Short-term streamflow forecasting: ARIMA vs Neural Networks. American Conference on Applied Mathematics (MATH'08)", Harvard, Massachusetts, USA.

- Han, P., et al. (2013) "Application of the ARIMA Models in Drought Forecasting Using the Standardized Precipitation Index", *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI*, Springer: 352-358.

- Han, P., et al. (2010) "Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models" *Mathematical and Computer Modelling* 51(11): 1398-1403.

- Mirzavand, M., et al. (2014) "Prediction of Ground Water Level in Arid Environment Using a Non-Deterministic Model", *Journal of Water Resource and Protection* 2014.

- Modarres, R., (2007) "Streamflow drought time series forecasting", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21(3), 223-233.

- Noakes, D.J., Mcleod A.I., and Hipel, W. (1985) "Forecasting monthly river flow time series". *Internattional Journal of Forecasting*, 1: 179-190.

3. Auto Correlation Function

4. Partial Auto Correlation Function

۷- منابع

- آذر، ع. - مؤمنی، م. (۱۳۹۲) "آمار و کاربرد آن در مدیریت (جلد اول)" سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

- دودانگه، ا.، سلطانی کوپائی، س. (۱۳۹۰) "بررسی کارایی مدل‌های سری زمانی وینترز و آریمای در پیش‌بینی جریان رودخانه (ایستگاه پل دختر)"، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه اصفهان.

- دودانگه، ا.، عابدی کوپائی، س.، گوهری، س.، ع. (۱۳۹۱) "کاربرد مدل‌های سری زمانی به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب" *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک*، سال شانزدهم، شماره پنجاه و نهم.

- شمس نیا، س.، ا. پیرمردیان، ن.، امیری، س.، ن. (۱۳۸۸) "مدل سازی خشکسالی در استان فارس با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی"، *جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۴، شماره ۲۸.

- صباغیان، ج.، شریفی، م. (۲۰۰۹) "استفاده از مدل‌های اتفافی در شبیه‌سازی جریان رودخانه و پیش‌بینی دبی متوسط سالانه رودخانه توسط تحلیل سری‌های زمانی"، *کنفرانس بین المللی منابع آب با رویکرد منطقه‌ای*.

- عراقی نژاد، ش. کارآموز، م. (۱۳۹۳) "هیدرولوژی پیشرفته"، نشر: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تعداد صفحات ۴۶۸.

- فاطمی قمی، م. ت. (۱۳۷۵) "پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی"، *نشر دانش امروز (وابسته به*

Decomposition”, Water Resources Management 29(8): 2655-2675.

- Yevjevich, V., et al. (1967) “An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts”, Colorado State University Fort Collins.

- Singh, M., et al. (2011) “Application of software packages for monthly stream flow forecasting of Kangsabati River in India”, International Journal of Computer Applications 20(3): 7-14.

- Wang, W.-c., et al. (2015) “Improving Forecasting Accuracy of Annual Runoff Time Series Using ARIMA Based on EEMD