

## مقایسه روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوزه آبخیز کرخه

مهدی بشری

دانشجوی دوره دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور.

کدپستی ۴۶۴۱۷ ۷۶۴۸۹

me\_bashari@yahoo.com

مهدی وفاخواه

مسئول مکاتبات و استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور.

کدپستی: ۴۶۴۱۷ ۷۶۴۸۹

vafakhah@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۶

تاریخ ارسال: ۸۹/۵/۱۱

### چکیده

پیش‌بینی متغیرهای هیدرولوژیکی ابزاری بسیار کارآمد به‌منظور مدیریت منابع آب می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از مفاهیم حاکم بر سری‌های زمانی در پیش‌بینی بسیار مناسب ارزیابی گردیده‌است. لذا در تحقیق حاضر داده‌های دبی ماهانه اندازه‌گیری شده در ۲۱ ایستگاه هیدرومتری از سال آبی ۶۳ ۶۴ تا سال آبی ۸۳ ۸۴ در حوزه آبخیز رودخانه کرخه مورد استفاده قرار گرفت و سپس روش‌های مختلف پیش‌بینی و مدل‌سازی در سری‌های زمانی شامل آنالیز روند، روش هولت و وینترز و مدل‌های مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک توصیه شده در روش باکس و جنکینز بر داده‌ها برازش داده‌شد. در ادامه وضعیت روش‌های برازش یافته و دقت هر روش در پیش‌بینی مقادیر آبی دبی ماهانه به ترتیب توسط معیار اطلاعاتی آکایکه (AIC) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) مورد بررسی قرار داده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که روش آنالیز روند بهترین پیش‌بینی و پس از آن مدل‌های مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک (ARMA) با اختلاف جزئی در اولویت بعدی قرار دارند و نیز بررسی معیار اطلاعاتی آکایکه در مدل‌های اخیر نشان داد که مرتبه‌های بالاتر، دقت بالاتری در مدل‌سازی دارند ولی در زمینه پیش‌بینی مقادیر آینده مرتبه‌های پایین‌تر مدل موفق‌تر هستند. در روش هولت و وینترز نیز خطای بسیار بالایی وجود داشته و در منطقه قابل کاربرد نمی‌باشد. نهایتاً این که مقادیر محاسبه شده توسط روش‌های مذکور بیان‌گر تخمین بالاتر از مقادیر واقعی در دبی‌های ماهانه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: سری زمانی، روش باکس و جنکینز، روش هولت و وینترز، مدل ARMA، آبخیز کرخه

### مقدمه

جمع‌آوری شده باشند و روش‌های آماری که این‌گونه داده‌های آماری را مورد استفاده قرار می‌دهد 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 عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی معمولاً دو هدف را دنبال می‌کند، ابتدا درک یا مدل کردن مکانیسم تصادفی که منجر به

امروزه تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به‌طور وسیعی در بسیاری از شاخه‌های مهندسی، علوم فیزیک و اقتصاد مورد استفاده واقع می‌شود و می‌توان گفت که بیشتر شاخه‌های علوم منجر به مطالعه داده‌هایی می‌شوند که به شکل سری‌های زمانی رخ می‌دهند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۷۲). منظور از یک سری زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی

در ایران از جمله تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می توان به پیش بینی دما و بارش استان تهران با استفاده از سری زمانی توسط جمشیدی (نقل از پرویز و خلقی، ۱۳۷۸)، پیش بینی خشکسالی در غرب کشور با استفاده از ARIMA توسط مالکی (نقل از پرویز و خلقی، ۱۳۷۸)، مقایسه بین روش باکس و جنکینز و رگرسیون فازی به منظور پیش بینی جریان رودخانه توسط پرویز و خلقی (۱۳۷۸)، پیش بینی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش های احتمالاتی و سری های زمانی در استان سیستان و بلوچستان توسط رضیعی و همکاران (۱۳۸۲)، کاربرد سری های زمانی ماهانه در پیش بینی رواناب در حوزه آبخیز کشف رود توسط میان آبادی و افشار (۱۳۷۸)، بررسی تغییرات دراز مدت دبی رودخانه کارون با روش سری های زمانی توسط صدقی (۱۳۷۹) و یا استفاده از مدل های سری زمانی برای جریان های ماهانه ورودی به سد جیرفت به وسیله جلال کمالی (۱۳۸۱) اشاره نمود که نتایج آنها موید توانایی سری های زمانی در شناسایی و پیش بینی الگوی جریان ماهانه و کارایی آن در مدیریت یکپارچه منابع آب است.

با توجه به کاربردهای متعدد مدل های سری های زمانی نشان داده شده است که آنها ابزار مناسبی در فرآیند شبیه سازی و پیش بینی رواناب رودخانه و برنامه ریزی و مدیریت منابع آب می باشند (میان آبادی و افشار، ۱۳۷۸)، لذا تحقیق حاضر تلاش دارد با استفاده از تجزیه و تحلیل سری های زمانی بر داده های دبی ماهانه حوزه آبخیز رود کرخه به بررسی، مدل سازی و پیش بینی مقادیر آن بپردازد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در حوزه آبخیز رود کرخه انجام گرفت که این حوضه به وسعت حدود ۴۳ هزار کیلومتر مربع، بین ۴۶ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده و شامل استان های همدان، کرمانشاه، کردستان، ایلام، لرستان و خوزستان است (شکل ۱). کرخه رودخانه ای است که در جنوب غربی ایران در استان خوزستان جریان دارد. رودخانه کرخه از مناطق

مشاهده سری می شود و دوم پیش بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می گیرد (Cryer, 1992). از سوی دیگر اولین گام در مدیریت یکپارچه منابع آب، ارزیابی منابع آب موجود و تعیین میزان رواناب و تغییرات آن در سطح حوزه آبخیز و پیش بینی متغیرهای هیدرولوژیکی است. ویژگی های تصادفی بودن پدیده های هیدرولوژیکی سبب شده هیدرولوژیست ها از مفاهیم متغیرهای تصادفی و سری های زمانی در مدل سازی و پیش بینی متغیرهای هیدرولوژیکی کمک بگیرند (میان آبادی و افشار، ۱۳۷۸). کاربرد سری های زمانی در هیدرولوژی از چهار دهه پیش آغاز شده و با ارایه مدل های باکس و جنکینز به اوج خود رسید (عزیزی، ۱۳۸۴). Thomas و Fiering (۱۹۶۲) جزء اولین کسانی بودند که از مدل های خودهمبسته<sup>۱</sup> در تحلیل جریان های رودخانه بهره جستند و شاید بتوان گفت اولین گام مهم در کاربرد عملی سری های زمانی در هیدرولوژی توسط Delleur McKerchar (۱۹۷۴) برداشته شد که با توجه به وجود ویژگی های فصلی در پارامترهای جریان رودخانه، مدل فصلی و ضربی<sup>۲</sup> ARIMA را جهت شبیه سازی رودخانه انتخاب نمودند.

Chow و Kareliotis (۱۹۷۰) به آنالیز یک متغیره سری های زمانی بارینگی و درجه حرارت پرداختند. در این آنالیز وجود مولفه های تناوبی شدید یک ساله و تناوب ضعیف با دوره ۶ ماهه را در سری داده ها تشخیص دادند. Komornik و همکاران (۲۰۰۶) به مقایسه و پیش بینی کارایی مدل های هیدرولوژیکی سری های زمانی در جمهوری چک پرداختند که نتایج آنها کارایی بالای مدل های مذکور در پیش بینی فرایندهای هیدرولوژیکی را بیان می کند.

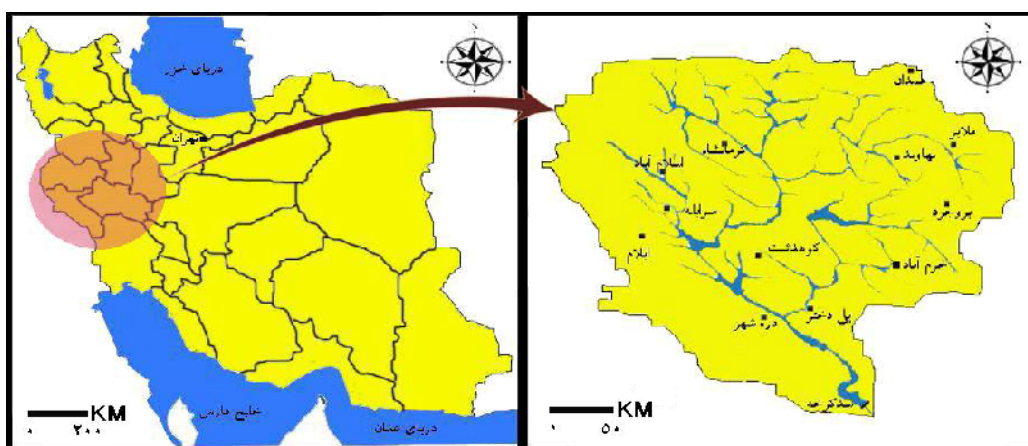
Damle و Yalcin (۲۰۰۷) به پیش بینی سیلاب با کاربرد سری های زمانی در رودخانه می سی سی پی آمریکا پرداختند. نتایج آنها نیز حاکی از توانایی سری های زمانی در ساخت داده های دبی روزانه و صحت پیش بینی های حاصله است. از دیگر مطالعات در این زمینه می توان به Quimpo (۱۹۷۱)، Kelmel (۱۹۷۳) و Spolia و Chander (۱۹۷۰) اشاره کرد.

<sup>۱</sup> Autoregressive Model

<sup>۲</sup> Autoregressive Integrated Moving Average

بزرگترین سد خاکی ایران و خاورمیانه است. این سد بر رودخانه کرخه در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان ساخته شده است. سرشاخه های اصلی تشکیل دهنده رودخانه کرخه، رودخانه های سیمره، کشکان، قره سو، گاماسیاب و چرداول هستند و یکی از مشخصه های طبیعی رودخانه کرخه احتمال وقوع سیلاب و خطرات ناشی از آن است (وزارت نیرو، ۱۳۶۹) که اهمیت مطالعه رفتار جریان این حوزه را نشان می دهد.

میانی و جنوب غربی رشته کوه های زاگرس در نواحی غرب و شمال غرب کشور سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شمال به جنوب، سرانجام در مرز مشترک ایران و عراق به مرداب هورالعظیم می رسد. رودخانه کرخه پس از رودخانه های کارون و دز سومین رودخانه بزرگ ایران از نقطه نظر آبدهی محسوب می شود. رودخانه کرخه از شمال به سوی جنوب جریان دارد و در ۴۰ کیلومتری شمال اهواز مسیر آن تغییر کرده و وارد عراق می شود. همچنین بزرگترین سد ایران روی رود کرخه ساخته شده و سد کرخه نام دارد. سد کرخه یکی از بزرگترین سدهای خاکی دنیا و



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کرخه در کشور

۱۳۶۸ می باشند. لذا به عنوان مطلوب ترین حالت ممکن تعداد ۲۱ ایستگاه با دوره آماری از سال آبی ۶۴ ۱۳۶۳ تا سال آبی ۸۴ ۱۳۸۳ وارد محاسبات گردیدند که جدول ۱ مختصات ایستگاه های مورد مطالعه و جدول ۲ مشخصات آماری داده های دبی ماهانه در هر ایستگاه را نشان می دهد.

### روش انجام کار

برای انجام تحقیق حاضر ابتدا داده های دبی ماهانه کلیه ایستگاه های موجود در منطقه از سازمان تحقیقات منابع آب اخذ و مورد بازبینی قرار گرفت. جمعاً ۸۹ ایستگاه هیدرومتری در حوزه آبخیز مطالعاتی موجود بوده که عمده ایستگاه ها دارای نقص آماری در سالهای ۱۳۵۹ تا

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه	رودخانه	رودخانه اصلی	شماره ایستگاه	کد حوزه
۱۱۰۰	۳۵ ۲۰'	۴۶ ۱۹'	تغلی	فاضلاب زریوار (گارارن)	سیروان	۴۱	۲۱
۱۴۵۰	۳۴ ۲۱'	۴۶ ۲۵'	توتشامی (گهواره)	زمنکان	سیروان	۵۱	۲۱
۶۵۰	۳۴ ۳۰'	۴۵ ۵۶'	پیران	الوند	دجله	۶۱	۲۱
۷۰۰	۳۴ ۱۷'	۴۵ ۵۵'	پل شاه	هیره	الوند	۶۷	۲۱
۱۱۸۰	۳۳ ۴۹'	۴۶ ۱۸'	ایوان	کنگبیر	دجله	۸۱	۲۱
۲۸۰	۳۳ ۳۳'	۴۵ ۵۸'	تخت خوان	گذارخوش	دجله	۸۵	۲۱
۲۲۱	۳۲ ۴۴'	۴۷ ۳۱'	دهلران (پل جاده)	میمه	دجله	۹۵	۲۱
۱۵۱	۳۲ ۳۶'	۴۷ ۲۳'	پل دویرج	دویرج	دجله	۹۹	۲۱
۱۲۷۰	۳۴ ۲۰'	۴۷ ۲۵'	پل چهر	گاماسیاب	سیمره	۱۲۷	۲۱
۱۳۲۰	۳۴ ۳۰'	۴۶ ۴۴'	خرس آباد	آب مرگ	قره سو	۱۳۱	۲۱
۱۲۹۰	۳۴ ۳۳'	۴۶ ۴۷'	دوآب مرگ	قره سو	سیمره	۱۳۳	۲۱
۱۲۸۰	۳۴ ۱۴'	۴۷ ۱۵'	قره باغستان	قره سو	سیمره	۱۴۳	۲۱
۹۷۰	۳۳ ۴۴'	۴۷ ۱۴'	هولیلان (سیمره)	سیمره	کرخه	۱۴۷	۲۱
۷۸۰	۳۳ ۳۴'	۴۶ ۵۱'	تنگ سازین	سیمره	کرخه	۱۵۹	۲۱
۱۱۲۰	۳۳ ۳۲'	۴۶ ۴۴'	سرجوی	کرخه	کرخه	۳۶۷	۲۱
۱۰۲۰	۳۴ ۱۸'	۴۷ ۱۷'	پل جاده (کمیش)	سیمره	کرخه	۳۷۹	۲۱
۸۵۰	۳۴ ۱۴'	۴۶ ۴۰'	پیر سلمان	خرسان	کرخه	۳۸۳	۲۱
۱۰۸۰	۳۳ ۴۷'	۴۶ ۲۱'	حیدرآباد (دینور)	کرخه	کرخه	۳۸۹	۲۱
۱۱۵۰	۳۴ ۱۳'	۴۶ ۲۷'	روانسر (نهر اصلی)	ماربر	خرسان	۳۹۳	۲۱
۱۱۲۰	۳۴ ۲۹'	۴۶ ۳۳'	طاق بستان (نهر اصلی)	کرخه	سیمره	۴۰۱	۲۱
۹۲۰	۳۴ ۳۳'	۴۶ ۲۵'	طاق بستان (نهر راست)	ماربر	خرسان	۴۰۵	۲۱

از مجموع ۲۱ سال آمار موجود، ۷ سال انتهایی جهت ارزیابی پیش‌بینی کنار گذاشته شد و ۱۴ سال باقیمانده وارد مرحله مدل‌سازی گردید و داده‌های میانگین حوضه نیز به‌روش وزنی محاسبه شد. در مرحله بعد اطلاعات این ایستگاه‌ها به‌صورت سری متوالی مرتب شده و سپس در محیط نرم افزار MINITAB نسخه ۱۴ مورد آنالیز قرار گرفت.

در بررسی و پیش‌بینی روش‌های مختلف موجود در سری‌های زمانی با توجه به وجود روند و تغییرات فصلی در داده‌ها سه روش آنالیز روند<sup>۱</sup> و برون‌یابی آن، روش ارایه شده توسط هولت و وینترز<sup>۲</sup> و روش باکس و جنکینز<sup>۳</sup> قابل کاربرد می‌باشند که این روش‌ها بر داده‌های موجود اعمال گردیدند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۷۲). شکل ۲ نمودار جریانی روش تحقیق را نمایش می‌دهد.

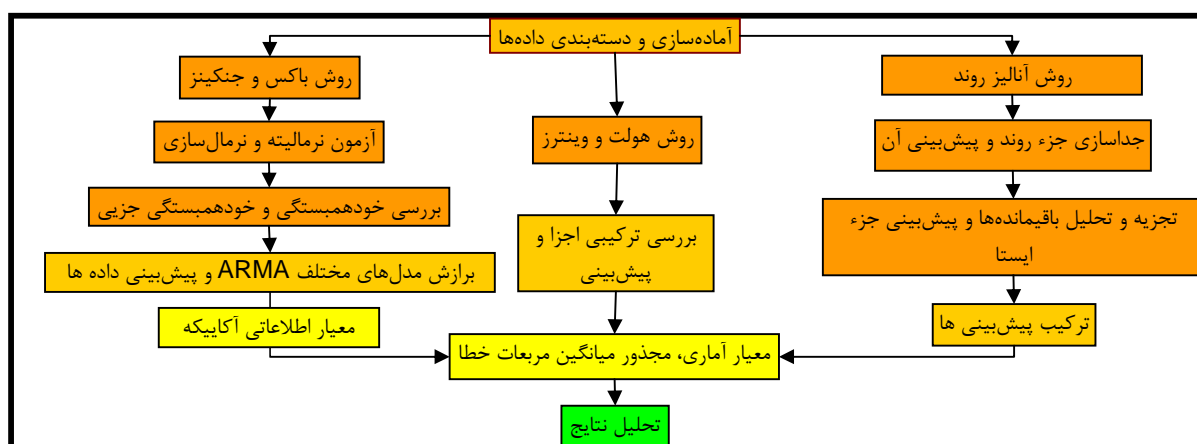
<sup>۱</sup> Trend Analysis

<sup>۲</sup> Holt and Winters

<sup>۳</sup> Box and Jenkins

جدول ۴ خصوصیات آماری ایستگاهها

ایستگاه	متغیر آماری نام	میانگین دبی (m <sup>3</sup> /s)	دبی حداکثر (m <sup>3</sup> /s)	دبی حداقل (m <sup>3</sup> /s)	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات
تفلی		۱۵/۴۱	۱۷۷/۹۸	۰/۰۲	۲۶/۰۳	۱۶۸/۹۶
توتشامی (گهواره)		۰/۹۲	۶/۳۵	۰/۱۵	۰/۹۴	۱۰۱/۳۹
پیران		۴/۵۶	۲۸/۲۴	۰/۵۱	۴/۶۶	۱۰۲/۰۵
پل شاه		۴/۴۸	۱۶/۰۷	۰/۸۶	۱/۹۴	۴۳/۲۷
ایوان		۰/۵۴	۶/۳۳	۰	۰/۷۸	۱۴۴/۹۴
تخت خوان		۵/۰۴	۶۱/۹۷	۰/۳۳	۷/۱۶	۱۴۱/۸۶
دهلران (پل جاده)		۵/۹۶	۵۹/۶۸	۰/۳۱	۸/۲۰	۱۳۷/۶۲
پل دوبرج		۶/۲۲	۴۹/۷۸	۰/۱۰	۸/۵۱	۱۳۶/۷۶
پل چهر		۳۳/۱۶	۲۸۵/۵۶	۰/۰۴	۴۴/۶۲	۱۳۴/۵۸
خرس آباد		۱/۳۲	۱۷/۱۲	۰	۲/۲۳	۱۶۸/۳۸
دوآب مرک		۵/۲۸	۵۲/۵۲	۰	۷/۲۷	۱۳۷/۷۳
قورباغستان		۲۰/۶۱	۱۶۵/۳۸	۰/۳۰	۲۶/۷۶	۱۲۹/۸۳
هولبلان (سیمره)		۷۱/۰۹	۴۳۶/۴۳	۱/۱۸	۸۶/۵۴	۱۲۱/۷۳
تنگ سازین		۸۵/۵۷	۵۱۰/۵۳	۴/۲۵	۹۸/۰۵	۱۱۴/۵۸
سرجوی		۲/۲۹	۲۳/۳۵	۰/۱۹	۲/۵۴	۱۱۰/۹۲
پل جاده (کمیش)		۱/۱۹	۸/۴۷	۰	۱/۳۴	۱۱۲/۵۸
پیر سلمان		۱/۸۴	۱۳/۳۴	۰/۰۱	۲/۴۲	۱۳۱/۴۵
حیدرآباد (دینور)		۱۲/۱۰	۹۴/۹۵	۰/۰۸	۱۶/۹۴	۱۳۹/۹۹
روانسر (نهر اصلی)		۱/۸۹	۹/۷۶	۰/۰۱	۲/۰۴	۱۰۷/۸۹
طاق بستان (نهر اصلی)		۱/۰۱	۷/۳۴	۰	۱/۳۲	۱۳۰/۳۴
طاق بستان (نهر راست)		۱/۶۰	۲۶۱/۵۵	۰	۱۶/۹۳	۱۰۵۴/۶۱
مجموع		۲۸۲/۰۹	۱۶۸۹/۱۶	۱۰/۵۱	۳۲۴/۱۸	۱۱۴/۹۲
میانگین		۱۳/۴۳	۸۰/۴۳	۰/۵۰	۱۵/۴۴	۱۱۴/۹۲



شکل ۴ نمودار جریان روش تحقیق

$$AIC = 2K + n[Ln(RSS / n)] \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن RSS مجموع مربعات باقیمانده، N تعداد داده ها و K تعداد پارامترهای مدل است. نهایتاً برای سنجش دقت روش‌های مختلف پیش‌بینی از شاخص مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)<sup>۴</sup> بر طبق رابطه ۳ استفاده گردید (Barnston, 1992).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_p - X_o)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن  $X_p$  مقادیر تخمینی،  $X_o$  مقادیر مشاهده ای و n تعداد مشاهدات می‌باشد که با استفاده از این شاخص بین مقادیر تخمینی و مشاهده‌ای مدل برتر انتخاب گردید.

### نتایج

به عنوان نمونه نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌های دبی ماهانه میانگین حوزه آبخیز مطالعاتی ارایه گردیده است که این خروجی‌ها از ۲۱ ایستگاه مورد مطالعه نیز حاصل گردید. شکل ۳ وضعیت داده‌های اصلی میانگین حوزه آبخیز را نشان داده‌است. شکل ۴ نیز روند مشخص شده در ۱۴ سال آماری ورودی و ۷ سال پیش‌بینی شده را نشان داده است. همچنین تحلیل باقیمانده‌ها پس از حذف جزء روند و داده‌های پیش‌بینی شده نیز در شکل ۵ آمده است.

در روش آنالیز روند ابتدا پس از حذف جزء روند و پیش‌بینی مقادیر آن، باقیمانده‌ها مورد تجزیه<sup>۱</sup> قرار گرفت و مقادیر این بخش نیز مدل‌سازی و پیش‌بینی گردید و نهایتاً پیش‌بینی دو بخش مذکور برای مقایسه با مقادیر مشاهداتی تلفیق گردید و در روش هولت و وینترز نیز به صورت تلفیقی دو بخش مذکور مدل‌سازی و مقادیر آتی پیش‌بینی گردید.

در روش باکس و جنکینز مدل‌های خودهمبسته با میانگین متحرک<sup>۲</sup> بررسی گردیدند که شکل کلی معادلات مذکور در رابطه ۱ ارایه گردیده است (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۷۲).

رابطه (۱)

$$y(t) = \sum_{i=1}^m a(i).y(t-i) + \sum_{i=0}^n b(i).x(t-i). \in(t)$$

که پارامترهای مدل به صورت m: رتبه بخش خودهمبسته، n: رتبه بخش میانگین متحرک، a: ضرایب بخش خودهمبسته، b: ضرایب بخش میانگین متحرک، X(t): عنصر خطای ورودی،  $\in(t)$ : خطاهای خروجی و نهایتاً y(t) نیز میزان متغیر در زمان t می‌باشد.

در روش باکس و جنکینز ابتدا توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی برای تشخیص سرشت داده‌ها ترسیم گردید که با توجه به میرا شدن هر دو تابع به صورت موج سینوسی در تمام ایستگاه‌ها نتیجه شد که برای آنالیز داده‌ها باید از مدل‌های ترکیبی خودهمبسته با میانگین متحرک استفاده نمود (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴) که انواع مختلف ترکیب در مدل‌های مذکور به داده‌ها برازش داده شد.

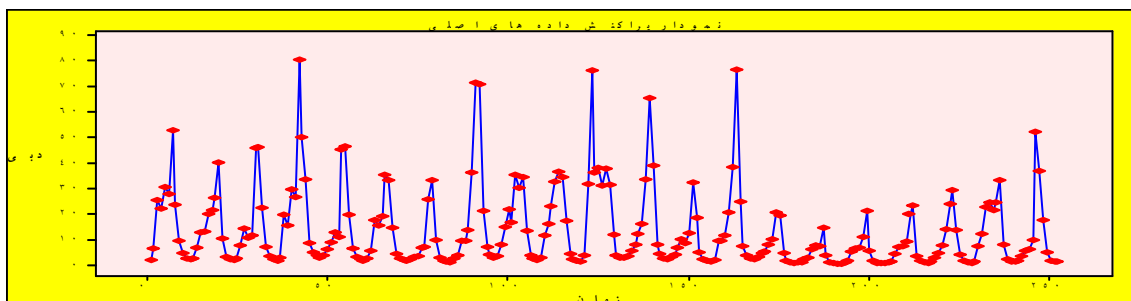
همچنین برای مقایسه مدل‌های با مرتبه مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک از معیار اطلاعاتی آکاییکه<sup>۳</sup> استفاده گردید که در مقایسه میان مدل‌های مختلف، مدل دارای حداقل مقدار در معیار ذکر شده ارجح‌تر می‌باشد. معادله مربوطه و پارامترهای آن در رابطه ۲ بیان گردیده است (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴).

<sup>1</sup> Decomposition

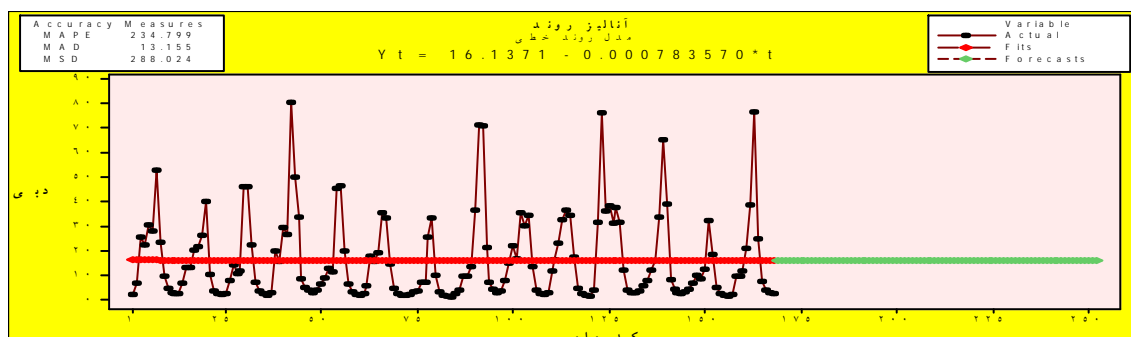
<sup>2</sup> Autoregressive Moving Average Model (ARMA)

<sup>3</sup> Akaike Information Criterion

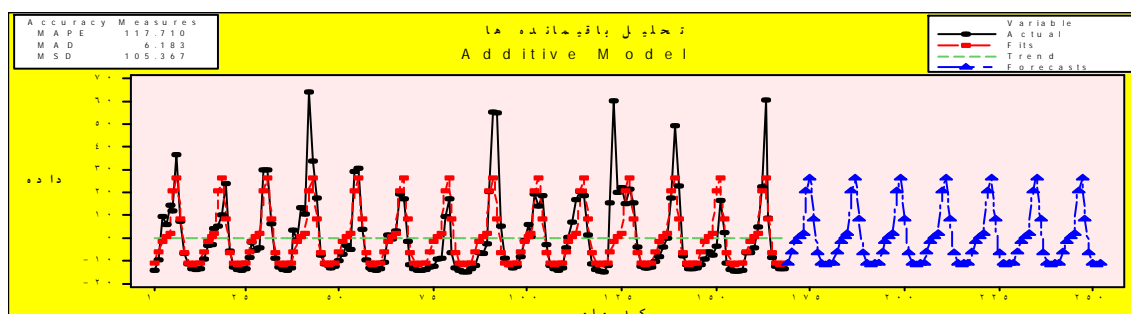
<sup>4</sup> Root Mean Squared Error



شکل ۴ داده‌های اصلی میانگین حوزه آبخیز



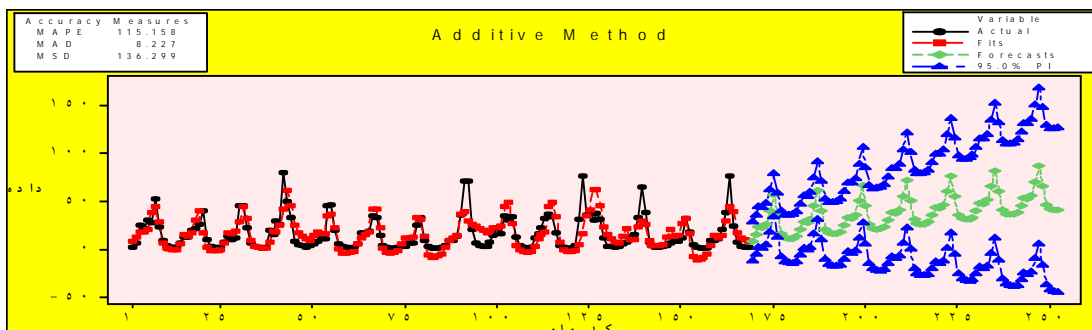
شکل ۴ پیش‌بینی جزء روند به روش برون‌یابی منحنی روند



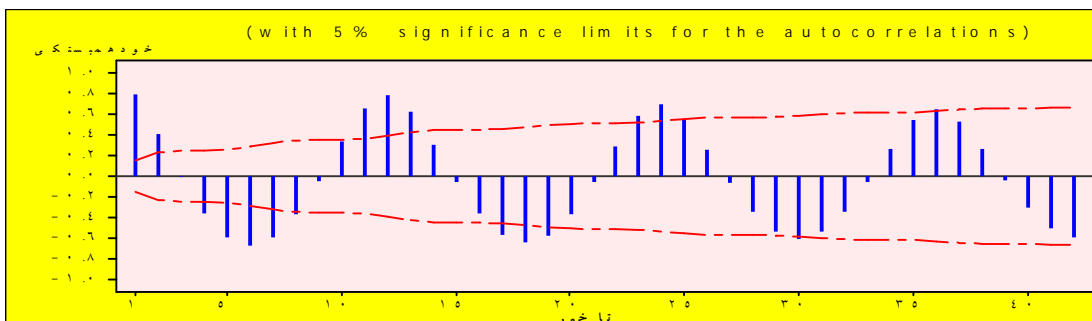
شکل ۵ تحلیل باقیمانده‌ها پس از حذف جزء روند و پیش‌بینی مقادیر آینده

همبستگی و خودهمبستگی جزئی را نمایش داده و شکل ۹ نیز داده‌های پیش‌بینی شده حاصل از مدل  $ARMA(1,1)$  را که کمترین میزان مجذور میانگین مربعات خطا را داشته است، نشان می‌دهد.

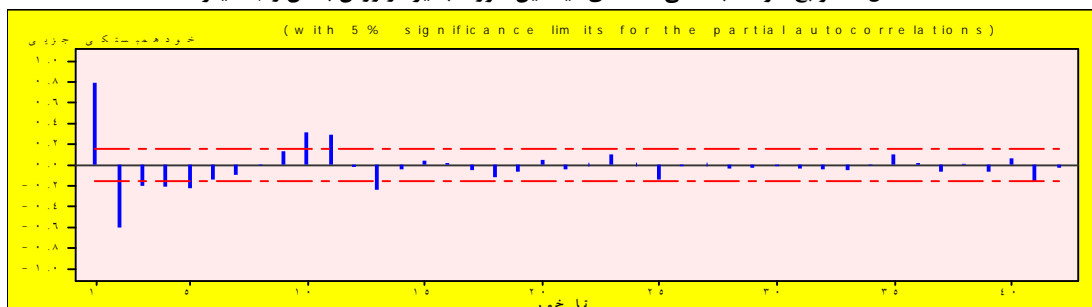
در ادامه به روش هلت وینترز که به صورت تلفیقی جزء روند و باقیمانده‌ها را بررسی می‌کند اقدام به پیش‌بینی مقادیر گردید که نتایج حاصله بر داده‌های میانگین حوزه آبخیز در شکل ۶ آمده است. شکل ۷ و ۸ توابع خود



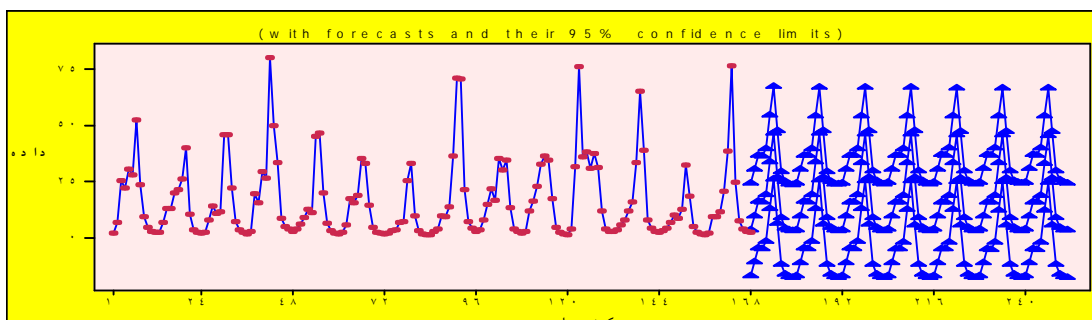
شکل ۶ داده‌های پیش‌بینی شده به روش هولت و وینترز بر داده‌های میانگین حوزه آبخیز



شکل ۷ توابع خودهمبستگی داده‌های میانگین حوزه آبخیز در روش باکس و جنکینز



شکل ۸ توابع خودهمبستگی جزئی داده‌های میانگین حوزه آبخیز در روش باکس و جنکینز



شکل ۹ داده‌های پیش‌بینی شده بر اطلاعات میانگین حوزه آبخیز در مدل (1,0) ARMA

نهایتاً روش‌های مذکور بر داده‌های کلیه ایستگاه‌ها برازش داده شد که جدول ۴ مقایسه مقادیر تخمینی توسط هر روش با داده‌های مشاهداتی را با استفاده از شاخص مجذور میانگین مربعات خطا نمایش می‌دهد.

مقادیر معیار اطلاعاتی آکاییکه در مدل‌های مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک برای بررسی دقت مدل‌های برازش داده شده به داده‌ها محاسبه گردید که در جدول ۳ آورده شده است.



جدول ۳. مقادیر معیار اطلاعاتی آکاییکه در مدل های مختلف ARMA برازش داده شده به داده ها

نام ایستگاه	مرتبۀ مدل					
	(۰۱)	(۰۲)	(۱۰۱)	(۱۰۲)	(۲۰۱)	(۲۰۲)
تفلی	۱۰۲۴/۳۴	۱۰۲۱/۹۷	*	۱۰۱۴/۸۴	*	*
توتشامی (گهواره)	۴۸/۱۶	۴۶/۵۵	۱۴۸/۰۴	۱۴۷/۶۲	۱۴۸/۲۵	۱۵۸/۲۷
پیران	۴۹۸/۱۳	۴۷۸/۵۰	۳۵۸/۹۳	۳۶۲/۷۷	۳۶۲/۲۳	۳۵۲/۶۹
پل شاه	۱۵۹/۸۳	۱۴۷/۰۴	۱۳۶/۳۸	۱۴۲/۱۱	۱۴۰/۳۱	۱۳۸/۰۷
ایوان	۹۳/۷۶	۱۰۰/۰۱	۱۳۰/۳۶	*	۱۳۶/۴۴	۱۴۶/۵۶
تخت خوان	۶۸۲/۳۱	۶۷۳/۴۳	۶۴۰/۶۵	۶۸۲/۳۲	*	*
دهلران (پل جاده)	۶۹۲/۰۵	۶۷۳/۰۷	۶۴۷/۷۴	۶۹۰/۶۲	*	*
پل دویرج	۷۳۸/۰۷	۷۲۹/۶۰	۷۰۷/۱۱	۷۰۱/۳۵	۷۰۰/۳۶	*
پل چهر	۱۲۷۷/۹۵	۱۲۶۰/۵۲	*	۱۱۹۰/۰۴	۱۱۹۰/۲۴	*
خرس آباد	۴۱۸/۳۷	۲۹۱/۱۴	۲۳۲/۵۶	۲۸۹/۰۷	۲۲۱/۹۳	۲۱۷/۶۹
دوآب مرک	۶۸۱/۹۲	۶۵۹/۳۰	*	۶۸۱/۶۴	۵۷۲/۵۵	۵۷۳/۱۲
قورباغستان	۱۱۰۷/۰۸	۱۰۸۳/۰۶	۹۹۴/۶۴	۹۹۲/۵۰	۹۹۱/۲۱	۹۸۱/۰۹
هولیلان (سیمره)	۱۴۹۵/۸۳	۱۴۷۰/۸۷	*	*	*	*
تنگ سازین	۱۵۴۰/۱۰	۱۵۱۹/۶۱	*	*	*	*
سرجوی	۳۲۷/۹۰	۳۲۲/۶۵	۲۸۷/۳۲	۳۲۵/۶۰	*	۲۸۷/۶۸
پل جاده (کمیش)	۹۳/۰۱	۷۸/۹۲	۲/۳۲	*	۳/۶۲	*
پیر سلمان	۲۹۷/۰۳	۲۸۴/۶۶	۲۰۰/۹۱	*	۱۹۳/۵۵	۱۹۰/۴۴
حیدرآباد (دینور)	۹۲۹/۸۶	۹۱۰/۳۳	۸۲۲/۷۹	۹۱۰/۲۴	۸۲۱/۶۳	*
روانسر (نهر اصلی)	۲۰۸/۵۶	۱۸۸/۸۳	۸۵/۵۱	*	*	۸۰/۳۱
طاق بستان (نهر اصلی)	۲۳/۶۴	۹/۹۰	۸۸/۷۵	۸۵/۲۹	*	*
طاق بستان (نهر راست)	۵۹۸/۶۳	۶۵۲/۰۷	۷۳۸/۷۹	۷۳۷/۲۰	۷۴۰/۳۵	۷۳۷/۳۵
میانگین	۹۱۰/۴۰	۸۸۸/۷۴	۷۹۳/۵۲	۷۹۰/۰۳	*	*

\* مدل برازش نشد.

جدول ۴. مجذور میانگین مربعات خطا بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده

نام ایستگاه	روش	مقدار میانگین مربعات خطا بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده					
		(۰۱)	(۰۲)	(۱۰۱)	(۱۰۲)	(۲۰۱)	(۲۰۲)
تفلی	۲۲/۷۶	۳۶/۰۷	۲۹/۲۱	۲۹/۲۳	*	۳۰/۷۵	
توتشامی (گهواره)	-/۹۳	۲/۲۵	۱/۰۱	۱/۰۷	۱/۰۶	۱/۰۴	
پیران	۳/۷۳	۲۳/۱۰	۴/۶۳	۴/۹۶	۴/۱۰	۴/۲۸	
پل شاه	۱/۶۹	۱/۳۴	۲/۶۷	۲/۵۴	۲/۵۱	۲/۱۷	
ایوان	-/۷۷	۲/۳۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۹	
تخت خوان	۵/۵۹	۸/۲۴	۶/۳۸	۶/۳۲	۵/۸۶	۶/۳۸	
دهلران (پل جاده)	۸/۴۵	۱۲/۰۶	۸/۹۴	۸/۹۳	۸/۲۷	۸/۹۷	
پل دویرج	۶/۶۴	۲۰/۵۲	۷/۳۷	۷/۴۲	۶/۲۹	۶/۳۹	
پل چهر	۳۲/۱۶	۱۱۰/۷۳	۳۵/۳۳	۳۵/۱۲	*	۳۸/۷۸	
خرس آباد	۲/۱۶	۶/۹۳	۱/۷۴	۱/۷۳	۲/۱۰	۲/۳۶	
دوآب مرک	۵/۱۰	۲۱/۳۴	۵/۷۸	۵/۹۴	*	۵/۷۹	
قورباغستان	۱۹/۰۵	۷۳/۴۵	۲۳/۴۳	۲۴/۵۴	۲۱/۵۸	۲۳/۶۶	
هولیلان (سیمره)	۶۸/۵۱	۲۲۹/۴۲	۷۰/۴۳	۷۱/۰۸	*	*	
تنگ سازین	۷۴/۰۵	۲۵۸/۱۱	۸۰/۳۴	۸۰/۱۶	*	*	
سرجوی	۲/۳۷	۳/۳۰	۲/۱۱	۲/۱۱	۱/۶۸	۱/۷۴	
پل جاده (کمیش)	۱/۱۰	۳/۰۸	۱/۱۷	۱/۱۶	۱/۲۳	۱/۳۲	
پیر سلمان	۱/۸۷	۶/۴۲	۱/۹۵	۱/۹۸	۱/۸۳	۲/۱۵	
حیدرآباد (دینور)	۱۱/۵۸	۳۱/۷۳	۱۴/۱۸	۱۴/۶۶	۱۱/۵۰	۱۲/۵۸	
روانسر (نهر اصلی)	۱/۴۳	۳/۵۳	۱/۸۷	۱/۹۷	۱/۳۱	*	
طاق بستان (نهر اصلی)	۱/۳۲	۱/۶۸	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۳۳	۱/۳۴	
طاق بستان (نهر راست)	۲۹/۳۴	۲۹/۲۹	۲۹/۳۶	۲۹/۳۶	۲۹/۳۳	۲۹/۳۳	
میانگین	۱۰/۹۲	۳۲/۳۴	۱۲/۷۰	۱۲/۹۹	۱۲/۹۰	۱۲/۹۰	

\* مدل برازش نشد.

## نتیجه گیری

نتایج (جدول ۴) نشان داد که از میان ۲۱ ایستگاه مطالعه شده همراه با مقادیر میانگین حوزه آبخیز روش برون‌یابی منحنی روند در ۱۴ ایستگاه بهترین پیش‌بینی را انجام داده است و در سایر ایستگاه‌ها نیز میزان برآورد شده حداکثر ۰/۳ مجذور میانگین مربعات خطا با حداقل خطا اختلاف داشته است، لذا روش برون‌یابی منحنی روند بهترین روش پیش‌بینی در حوزه آبخیز تشخیص داده شد که با مطالعات Kalayci و Kahya (۲۰۰۴) و Capilla (۲۰۰۸) مطابقت دارد. همچنین در میان ۲۲ مورد مطالعاتی روش هولت و وینترز در ۲۰ مورد بالاترین خطا در پیش‌بینی را نشان داد که نشان دهنده عدم توانایی این روش در پیش‌بینی مقادیر آینده می‌باشد.

با توجه به دبی‌های مشاهداتی در ایستگاه‌ها بالاتر بودن حجم دبی ایستگاه‌ها خطای پیش‌بینی بالاتری را باعث می‌شود ولی پارامتر ضریب تغییرات داده‌ها ارتباط بسیار بهتری با خطای تخمین مدل‌ها نشان می‌دهد.

مقایسه داده‌های حاصل از پیش‌بینی توسط روش‌های مختلف و داده‌های اصلی نشان می‌دهد که عمدتاً روش‌های مذکور تخمین بالاتر از میزان واقعی داشته‌اند که با یافته‌های Hughes و Smakhtin (۱۹۹۶) و Kaimal و Kristensen (۱۹۹۱) همسو است.

در بررسی مدل‌های مختلف ARMA توسط معیار اطلاعاتی آکاییکه با افزایش مرتبه مدل میزان آن کاهش می‌یابد که نشان دهنده این نکته است که مدل‌های خودهمبسته با میانگین متحرک مرتبه بالا قابلیت بالاتری برای مدل‌سازی داده‌ها دارند ولی در پیش‌بینی مقادیر آینده چندان کارا نمی‌باشند. نکته دیگر این‌که در ایستگاه‌های موجود در شاخه‌های اصلی رودخانه‌ها که همواره دبی بالاتری را نسبت به سایر ایستگاه‌های واقع در شاخه‌های فرعی دارند مدل‌های مرتبه بالاتر ARMA قابل‌برازش نمی‌باشد.

به دلیل نزدیکی میزان مقادیر برآوردی با مقادیر مشاهده‌ای توسط مدل‌های ARMA مرتبه پایین و روش برون‌یابی منحنی روند و حتی تخمین بهتر آن‌ها در ۶ ایستگاه مطالعاتی می‌توان آن‌را روش مناسبی در مدل‌سازی بیان نمود که با مطالعات میان‌آبادی و افشار (۱۳۷۸) در حوزه آبخیز کشف رود همسو می‌باشد.

نهایتاً این‌که مدل‌های ARMA در دبی‌های بالا با تعداد پارامترهای کمتر (مدل‌های ساده‌تر) تخمین‌گر مناسب‌تری برای مقادیر هستند که دلیل آن قابلیت پایداری بیشتر شرایط و نوسان کمتر در این مناطق طبق بیانات Luo و همکاران (۲۰۰۹) و Mantua و همکاران (۱۹۹۷) می‌باشد.

## منابع

- ۱ پرویز، ل. و خلقی، م. ۱۳۷۸. مقایسه بین مدل استوکستیک ARIMA و رگرسیون فازی در پیش‌بینی جریان رودخانه. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه تهران: ۹ ص.
- ۲ جلال‌کمالی، 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.
- ۳ رضی، ط، شکوهی، ع. ر. و تقفیان، 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.
- ۴ 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.
- ۵ عزیزی، ق. ۱۳۸۴. بررسی خشکسالی‌ها، ترسالی‌ها و امکان پیش‌بینی آن‌ها با استفاده از مدل سری زمانی در استان هرمزگان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۹: ۴۸-۶۳.
- ۶ کارآموز، م. و عراقی‌نژاد، ش. ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۴۸۰ ص.

- ۴ میان‌آبادی، ح. و افشار، ع. ۱۳۷۸. 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 مهر ماه. تبریز. ۹ ص.
- A نیرومند، ح. ع. و بزرگ‌نیا، ا. ۱۳۷۲. مقدمه‌ای بر سری‌های زمانی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۸۹ ص.
- 4 وزارت نیرو. ۱۳۶۹. اطلس ملی منابع آب ایران. معاونت بهره‌برداری و مدیریت منابع آب. دفتر برنامه‌ریزی و مطالعات منابع آب. تلفیق مطالعات. ۱۱۱ ص.
- 10- Barnston, A.G. 1992. Correspondence among the Correlation, RMSE, and Hiedke Forecast Verification Measures, Refinement of the Heidke Score. Climate Analysis Center. Washington D.C, 11pp.
- 11- Capilla, C. 2008. Time series analysis and identification of trends in a Mediterranean urban area. *Global and Planetary Change*, 63: 275–281.
- 12- Chow, W.T. and S.J. Karelitis. 1970. Analysis of Stochastic Hydrologic Systems. *Water Resources Research*, 16: 1569-1582.
- 13- Cryer, J.D. 1992. Time series Analysis. Translated by Niroomand, H.A., Mashhad University Publication, 404 pp. (in Farsi)
- 14- Damle, C. and A. Yalcin. 2007. Flood prediction using time series data mining. *Journal of Hydrology*. 333, (2-4): 305-316.
- 15- Hughes, D.A. and V.Y. Smakhtin. 1996. Daily Flow times series patching or extension: a spatial interpolation approach based on Flow duration, curves. *Hydrological Sciences Journal*, 41: 851-871.
- 16- Kahya, E. and S. Kalayci. 2004. Trend analysis of stream flow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289: 128–144.
- 17- Kaimal, J. C. and L. Kristensen. 1991. Time series tapering for short data samples. *Boundary-Layer Meteorology* 57(1-2): 187-194.
- 18- Kelmes, V. 1973. Watershed as semi infinite storage reservoirs. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE* 99: 477-491.
- 19- 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: 1127–1145.
- 20-Luo, H. Kurozawa, L.H. Li, Y. Wang, Y. and H. Nose. 2009. Climate Change, Humidity, and human health in Japanese coastal city of Sanin. The seventh International Conference on Urban Climate. 29 June - 3 July. Yokohama, Japan, 4pp.
- 21- Mantua, N.J. Hare, S.R. Zhang, Y. Wallace, J.M. and R.C. Francis. 1997. A pacific inter decadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 37pp.
- 22- McKerchar, A.I. and L.W. Delleur. 1974. Application of seasonal parametric linear stochastic models to monthly flow data. *J. Water resource reservoir*, 10: 246-255.
- 23- Quimpo, R. 1971. Structure relation between parametric and stochastic hydrology models. International symposium on mathematical models in hydrology. Int. Assoc. of hydrology. Sci. Warasaw: 140-150.
- 24- Spolia, S.K. and S. Chander. 1970. Modeling of surface runoff systems by an ARIMA model. *J. Hydrology*, 22: 317-332.
- 25- Thomas, H.A. and M.B. Fiering. 1962. Mathematical synthesis of stream flow sequences for the analysis of river basin by simulation. Harward University Press. Cambridge, 751pp.

## Comparison of Different Time Series Analysis Methods for Forecasting Monthly Discharge in Karkheh Watershed

**Bashari, M.**

Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran, postal code: 46417-76489, Tel: 0122-6253907, Fax: 0122-6253499, E-mail: me\_bashari@yahoo.com,

**Vafakhah, M.**

Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran, postal code: 46417-76489, Tel: 0122-6253907, Fax: 0122-6253499, E-mail: vafakhah@modares.ac.ir,

### Abstract

Forecasting of hydrological variables are suitable tools for water resources management. On the other hand, using time series concepts in forecasting is very useful. Therefore in present research for this aim, measured monthly discharge in 21 hydrometric stations from 1984-1985 to 2004-2005 in Karkheh watershed used, Then different method in forecasting and modeling in time series analysis include Trend Analysis, Holt-Winters method and various Autoregressive Moving Average Models (ARMA) suggested by Box-Jenkins were fitted to data. Afterwards, condition and accuracy of fitted models in forecasting of future monthly discharges considered using Akaike Information Criterion (AIC) and Root Mean Squared Error (RMSE). The results showed that trend analysis have the best forecast and autoregressive moving average models with few differences are in next place. In addition, Akaike Information Criterion showed that ARMA models with higher orders have better accuracy in modeling, but in forecasting ARMA with lower orders have better efficiency. There are high error in Holt-Winters method and is not recommended in this area. Finally, forecasted values using expressed methods have an overestimation in comparison with observed data.

**Key words:** Time series, Box-Jenkins method, Holt-Winters method, ARMA model, Karkheh watershed