

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۴

M. R. Golabi  
A.M. Akhondali  
F.Radmanesh  
M. Kashfipoor

محمدرضا گلایی، کارشناس ارشد مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز  
علی محمد آخوندعلی، استادیار مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز  
فریدون رادمنش، استادیار مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز  
محمد کاشفی پور، استادیار مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

E-mail: hamid\_golabi65@yahoo.com

شماره مقاله: ۹۶۸ صص: ۶۱-۷۲  
بذیرش: ۹۳/۱/۲۵ وصول: ۹۲/۶/۱۳

## مقایسه دقت پیش‌بینی مدل‌های باکس - جنکینز در مدل‌سازی بارندگی فصلی (مطالعه موردی: ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان)

### چکیده

بنا بر اهمیت روزافزون تأمین آب در کشور، مدیریت منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پیش‌بینی بارندگی به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی از اهمیت ویژه‌ای در استفاده از منابع برخوردار است. برای پیش‌بینی بارش می‌توان از سری‌های زمانی استفاده کرد. پژوهش حاضر در سه ایستگاه منتخب (اهواز، آبادان و دزفول) از استان خوزستان به منظور مقایسه دقت مدل‌های باکس - جنکینز انجام شده است. برای این منظور از داده‌های بارندگی ماهانه سه ایستگاه هواشناسی استان به مدت ۴۸ سال (۱۳۴۰-۱۳۸۷)، استفاده شده است. با استفاده از روش رگرسیون داده‌های ناقص برآورد و همگنی داده‌ها توسط آزمون توالی‌ها بررسی شد. با استفاده از مدل‌های باکس - جنکینز سری زمانی بارش بررسی و بهترین مدل برازش داده شد. صحت و دقت مدل‌ها براساس آماره‌های AIC و تحلیل نمودار توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی تأیید گردید. مدل مناسب بارش فصلی اهواز  $(۲,۱,۰) \times (۰,۱,۲)$  و آریما و آبادان  $(۰,۱,۱) \times (۰,۱,۲)$  و آریما و دزفول  $(۰,۱,۱) \times (۰,۱,۲)$  و آریما به دست آمد. نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که این مدل‌ها از دقت تقریباً خوبی برای پیش‌بینی بارش فصلی برخوردار بودند.

**واژه‌های کلیدی:** پیش‌بینی بارندگی، سری‌های زمانی، مدل‌های باکس - جنکینز، خوزستان، ایران.

### مقدمه

کمبود و یا عدم توزیع مناسب آب، یکی از بزرگترین دغدغه‌های قرن حاضر است که در آینده یکی از مشکلات بشریت به شمار خواهد آمد. از طرفی، هر ساله با کم شدن کمیّت و تخریب کیفی آب، منابع آب با محدودیت بیشتری روبه‌رو می‌شود و از سوی دیگر، مصرف و تقاضا برای آب همواره رو به افزایش است. بارش، عنصری مهم از منابع آبی در تمام نقاط جهان؛ از جمله مناطق خشک و نیمه خشک است. بارندگی یکی از پیچیده‌ترین و اتفاقی‌ترین پدیده‌های طبیعی است. در واقع، تأثیر عوامل محسوس و یا غیرمحسوس آنچنان در ایجاد حادثه دخیل است که این روند را از یک نظام قانونمند روشن به سوی ساختاری پیچیده و آشوبناک سوق داده است.

از آنجایی که ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است، پیش بینی بارش برای برنامه ریزی و مدیریت منابع آب دارای اهمیت است. مدیران منابع آب برای تصمیم گیری های مدیریتی به پیش بینی مطمئنی نیاز دارند. در این میان روش های پیش بینی مختلفی سعی در تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته داشته اند و مدل های مفهومی و آماری زیادی برای پیش بینی و پیش آگاهی متغیرهای اقلیمی استفاده شده است. پژوهشگران با اتخاذ شیوه های مختلف درصدد برآمده اند تا نتایج قابل قبولی را در این زمینه برای نقاط مختلف دنیا به دست آورند (صداقت کردار و فتاحی، ۱۳۸۷). یکی از روش های مطالعاتی بررسی تغییرات بارندگی و پیش بینی، روش های آماری است. سری های زمانی یکی از شاخه های آماری است که از یک سو در رشته های مختلف علوم، مانند: ژئوفیزیک، اقتصاد، مهندسی، ارتباطات، هوا شناسی، اقلیم شناسی و... کاربرد فراوانی دارد و از سوی دیگر، ادامه کاربرد آن روز به روز گسترده تر می شود. تجزیه و تحلیل سری های زمانی معمولاً دو هدف را دنبال می کند: درک یا مدل کردن مکانیسم تصادفی که به مشاهده سری منجر می شود و پیش بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می گیرد (جانانان، ۱۳۷۸: ۹۱). در ایالت متحده آمریکا، کوری (۱۹۸۹: ۹۱) بارش ایالت های آیوا، ایلینویز و آرکانزاس را توسط روش های تجزیه و تحلیل طیفی بررسی و برای پیش بینی بارش از مدل باکس - جنکینز استفاده کرده است. در قاره آفریقا، چوبوکی (۱۹۹۵: ۱۸۷) سه دوره ناهنجاری های رطوبتی اقلیم و روابط بین آتلانتیک و مراکش را تشخیص داده است و الگوی تغییرات اقلیمی را روی نقشه تعیین و برای پیش بینی از ضریب همبستگی و اتورگرسیو استفاده نموده است. سن زکایی (۱۹۹۸: ۱۷۲۵) با تأکید بر اهمیت تعداد نمونه در تعیین تغییرات اقلیمی نظیر: دما، روش مدل سازی آریمای از معتبرترین روش های بررسی تغییرات اقلیمی است. باری (۲۰۰۱: ۳۸۱) ناحیه بندی اقلیمی و بررسی خشکسالی ها و ترسالی ها و پیش بینی اقلیمی را با استفاده از روش های گوناگون، مانند: شاخص خشکسالی پالمر، زنجیره مارکوف، میانگین متحرک، اتورگرسیو و آریمای انجام داده است. دردو (۲۰۱۰) از شبکه عصبی و مدل آریمای برای پیش بینی کیفیت آب رودخانه ای در ترکیه استفاده کرد و نشان داد که ترکیب این دو مدل با هم نتایج بهتری می دهد. زو (۲۰۱۰) از مدل آریمای و شبکه عصبی برای پیش بینی ظرفیت آب و نمک خاک استفاده کرد و نشان داد که مدل آریمای در پیش بینی، بهتر از مدل شبکه عصبی عمل کرد. رضانی (۱۳۸۰: ۱۱۷) سری های زمانی بارش چهار ایستگاه در استان مازندران را بررسی نموده است. برای نمونه، برای ایستگاه بابلسر مدل فصلی (۱،۱،۰) × (۱،۱،۰) را همراه با تبدیل لگاریتم طبیعی پیشنهاد می نماید. ترابی (۱۳۸۰: ۸۰) سری های زمانی بارش حداقل و حداکثر درجه حرارت را روی پنج ایستگاه در سطح کشور بررسی و به عنوان نمونه مدل (۲،۱،۲) × (۱،۰،۰) را برای بارش ایستگاه بابلسر ارائه نموده است. شهابفر (۱۳۸۰: ۹۲) مدل پیش بینی بارش سالانه مشهد را آریمای (۳،۳،۰) تشخیص داده است. خردمندیا و عساکره (۱۳۸۱: ۴۱) برای پیش بینی درجه حرارت متوسط ماهانه منطقه جاسک از مدل سازی سآریمای استفاده نمودند. آشگرطوسی (۱۳۸۲) با استفاده از سری های زمانی، خشکسالی منطقه شیروان، در استان خراسان را پیش بینی نمود و براساس نتایج به دست آمده، بهترین الگوی کشت را پیشنهاد کرد. احمدی (۱۳۸۳) در پژوهشی مقدار باران سالانه ایستگاه های هواشناسی استان خراسان را با استفاده از سری های زمانی و مدل سآریمای پیش بینی نمود. حسین شریفان و بیژن قهرمان (۱۳۸۶) از مدل سآریمای برای پیش



جدول ۱) مشخصات ایستگاه‌های همدید

ارتفاع (متر)	عرض		طول		نام ایستگاه
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۲۲/۵	۵۰	۳۱	۱۱	۴۹	اهواز
۶/۶	۲۰	۳۰	۱۷	۴۸	آبادان
۱۴۳	۱۶	۳۲	۲۵	۴۸	دزفول

جدول ۲) مشخصات آماری سری زمانی بارندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	ضریب چولگی
اهواز	۵۷/۲۴	۲۹۲/۸۰	۰/۰	۶۲/۰	۱/۰۵
آبادان	۳۹/۰۳	۲۰۹/۰	۰/۰	۴۴/۰۵	۱/۲۵
دزفول	۱۰۱/۲۲	۴۴۹/۲	۰/۰	۱۰۷/۸۲	۱/۱۷

## مدل آریما

از الگوهای آماری پرکاربرد، الگوهای خانواده آریما است. در این خانواده از الگوهای آماری مقادیر بر اساس رفتارهای گذشته شان، مدل سازی شده، آینده نگری می‌شوند (عساکره، ۱۳۸۹).

نوع خاصی از مدل‌های فصلی که در عمل نتایج مناسبی را نشان داده و بر ساختار کلی مدل‌های آریما هم منطبق است، از سوی باکس جنکینز<sup>۳</sup> به نام مدل‌های فصلی ضریبی پذیر خوانده شده و به اختصار به صورت  $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)$  نشان داده شده است. در این ساختار  $(p, d, q)$  جزء غیر فصلی مدل و  $(P, D, Q)$  جزء فصلی مدل است. با به کارگیری عملگر انتقال به عقب  $B$  فرم کلی مدل به صورت زیر نشان داده می‌شود:

(۱)

$$\varphi_p(B)\Phi_P(B^S)\nabla^d\nabla_S^d z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)a_t$$

در این مدل  $\phi(B), \Phi(B), \theta(B), \Theta(B)$  به ترتیب چند جمله‌ای‌هایی با مرتبه‌های  $p, P, q, Q$  است. ضرایب  $p, q$  مرتبه غیر فصلی و  $P, Q$  مرتبه فصلی فرایندهای اتورگرسیو و میانگین متحرک را نشان می‌دهد. در این معادله  $d, D$  به ترتیب درجه تفاضل گیری ساده و فصلی را نشان می‌دهد که اغلب این ضرایب از یک تجاوز نمی‌کند. در این مدل  $\nabla_S^d$  عملگر فصلی و  $\nabla^d$  عملگر غیرفصلی است.

مراحل ساخت سری زمانی: ساخت مدل‌های سری زمانی شامل چهار مرحله است که به صورت تکراری انجام شد:  
 ۱- مرحله شناسایی الگو: در این مرحله با رسم نمودارهای خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF) ایستایی در میانگین و واریانس داده‌ها ارزیابی شد. تابع خود همبستگی (ACF) یکی از ابزارهای بسیار مهم برای امتحان وابستگی داده‌هاست (کریر، ۱۹۸۶). این تابع، همبستگی میان مشاهدات را در فواصل مختلف اندازه می‌گیرد و برای بررسی یک سری زمانی یگانه در قلمرو زمان به کار می‌رود. این تابع، اغلب بینشی از الگوی احتمالی که داده‌ها را تولید

می‌کند، به ما ارائه می‌دهد که از این امر برای تشخیص و برازش مدل استوکاستیکی مناسب برای داده‌ها، استفاده می‌شود. علاوه بر خود همبستگی میان  $(x_t, x_{t+k})$ ، اگر مد نظر ما این باشد که همبستگی میان  $(x_t, x_{t+k})$  بعد از اینکه وابستگی خطی مشترک میان متغیرهای  $(x_{t+1}, x_{t+2}, \dots, x_{t+k-1})$  حذف شد، بررسی شود، از تابع خود همبستگی جزئی (PACF) استفاده می‌شود. رفتار این توابع در نمودار همبستگی نگار، یکی از مهم‌ترین معیارها برای تخمین الگوی سری‌زمانی است. در صورت نایستایی، ابتدا سری مورد نظر با استفاده از سری تفاضلی مناسب و تبدیل داده‌ها از روش باکس-کاکس در میانگین و واریانس پایدار شده، سپس سری ایستا گردید. بنابراین، در این مرحله با تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های تفاضل شده مرتبه پارامترهای  $D$  و  $d$  برای مدل طوری انتخاب شد که دارای حداقل واریانس باشد. از سوی دیگر، با استفاده از نمودارهای PACF و ACF مراتب  $p$ ،  $q$ ،  $P$  و  $Q$  مشخص گردید.

۲- برازش الگو (برآورد پارامترها): در این مرحله با شناسایی الگوهای مناسب در مرحله قبل، برای مقایسه چند الگو و انتخاب بهترین آنها می‌توان از معیار آکائیک (AIC) استفاده کرد. معیار آکائیک اصلاح شده (AIC) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۲)

$$AIC = n \left( \ln \left( \frac{2\pi RSS}{n} \right) + 1 \right) + 2m$$

که در آن  $m = (p+q+P+Q)$  و  $RSS$  مجموع مربعات باقی مانده‌هاست. مدلی را انتخاب می‌کنیم که کمترین مقدار (AIC) را داشته باشد.

۳- تشخیص درستی الگو: برای بررسی درستی مدل، نمودار باقیمانده‌ها از نظر نرمال بودن و ایستایی ارزیابی شد.  
 ۴- پیش‌بینی: با استفاده از تبدیل باکس-کاکس، مقادیر سری داده‌های پیش‌بینی شده به مقادیر باران تصحیح شدند. نتایج به دست آمده به عنوان داده‌های نهایی باران پیش‌بینی شده برای سال‌های مورد نظر ارزیابی شد. برای مدل‌سازی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های فوق از نرم افزار Minitab استفاده گردید که اساس کار آن همان شیوه تکراری باکس-جنکینز است. در کنار روش‌های نموداری یک آزمون مفید برای بررسی کفایت مدل آزمون پرت-مانتو است. این آزمون از خود همبستگی باقی مانده‌ها برای بررسی فرضیه صفر توأم  $H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$  آماره آزمون زیر استفاده می‌کند.

(۳)

$$Q = n(n+2) \sum_{h=1}^k (n-h)^{-1} \widehat{p}_2^h$$

که در آن  $n$  تعداد مشاهدات است. این آماره آزمون، آماره  $Q$  اصلاح شده یا همان  $LBQ^f$  است و تحت فرض  $H_0$  تقریباً دارای توزیع  $\chi^2_{k-m}$  است.  $m$  تعداد پارامترهای برآورد شده در مدل است. هرگاه مقدار آماره  $Q$  از مقدار متناظر جدول کی دو بیشتر باشد، فرضیه  $H_0$  رد می‌شود. گاهی فرضیه  $H_0$  را فرضیه کفایت مدل نیز می‌نامند (El-Din and Smith, 2002).

## یافته‌های پژوهش

اگر یک سری زمانی دارای تغییرات فصلی باشد، در نتیجه همبستگی نگار آن هم متناوب خواهد بود. این تابع، اغلب پیشی از الگوی احتمالی که داده‌ها را تولید می‌کند، به ما ارائه می‌دهد که از این امر برای تشخیص و برازش مدل تصادفی مناسب برای داده‌ها، استفاده می‌شود. همان طور که در اشکال (۲)، (۳) و (۴) ملاحظه می‌گردد، با توجه به بیرون زدگی خطوط همبستگی نگار از حدود اطمینان (خطوط قرمز) وجود همبستگی بالایی را بین داده‌های تاریخی بارندگی در هر سه ایستگاه شاهد هستیم که نشان دهنده مستقل نبودن داده‌های تاریخی در زمان‌های تأخیر مختلف است. در این بخش سعی شده که بهترین مدل آریمای برای پیش بینی بارش فصلی سه ایستگاه برای سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ با توجه به رفتار تابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی داده‌های نرمال استاندارد شده شناسایی گردد. همان‌طور که در نمودارهای توابع خود همبستگی در هر سه ایستگاه ملاحظه می‌گردد، تغییرات فصلی کاملاً مشهود است. در اشکال (۵) و (۶) برای ایستگاه اهواز و اشکال (۷) و (۸) برای ایستگاه آبادان و اشکال (۹) و (۱۰) برای ایستگاه دزفول به ترتیب تابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی ترسیم شد. برای انتخاب بهترین مدل از دیدگاه استفاده از حداقل پارامترهای تخمینی از معیار آکائیک اصلاح شده استفاده می‌شود. معیار آکائیک برای بهترین مدل‌های برازش یافته برای هر سه ایستگاه در جدول (۳) آورده شده است. همان گونه که ذکر شد، یکی از روش‌های صحت‌سنجی الگوهای برازش شده بر سری، تجزیه و تحلیل باقی مانده‌های الگوست. یک روش منطقی آزمون خطای مدل، آزمون نرمال بودن داده‌ها همچنین، رسم توابع خود همبستگی باقی مانده‌های مدل است. اگر مدل برازش شده مدل مناسبی باشد، تابع خود همبستگی نمونه‌های مانده هیچ ساختاری را نشان نمی‌دهند و به عبارت دیگر، برای تمام تأخیرها در بازه اطمینان قرار می‌گیرند. در اشکال (۱۱) و (۱۲) تابع خود همبستگی جزئی مانده‌ها برای مدل انتخابی برای ایستگاه اهواز و در اشکال (۱۳) و (۱۴) برای ایستگاه آبادان و در اشکال (۱۵) و (۱۶) برای ایستگاه دزفول آورده شده است. به هر حال، می‌توان مستقل بودن مانده‌ها را با توجه به حدود همبستگی پذیرفت. در شکل (۱۷) تابع توزیع تجربی مانده‌ها در کاغذ احتمالاتی نرمال برای ایستگاه اهواز و در شکل (۱۸) برای ایستگاه آبادان و در شکل (۱۹) برای ایستگاه دزفول نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که فرض نرمال بودن توزیع مانده‌ها درست است. روش رسمی‌تر برای بررسی مناسبیت مدل که بر مبنای خود همبستگی‌های باقی مانده‌هاست، آزمون پرت مانتو است. مقادیر آماره آزمون پرت مانتو  $Q(r)$  برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۳) آورده شده است. برای قضاوت در مورد فرضیه  $H_0$  مقدار آماره به دست آمده از پرت مانتو با مقدار  $\lambda^2$  در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه گردید و همان طور که در جدول (۳) ملاحظه می‌شود، این آماره از مقدار متناظر  $\lambda^2$  در هر ایستگاه کمتر است. جزء فصلی  $(P, D, Q)$  و جزء غیر فصلی  $(p, d, q)$  برای بهترین مدل‌های برازش یافته برای بارش فصلی ایستگاه‌ها در جدول (۱) آورده شده است. با استفاده از مدل‌های تعیین شده و بهره‌گیری از نرم‌افزار مینی تب از داده‌های بارش فصلی در دوره زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۲ برای کالیبره کردن مدل و به دست آوردن بهترین مدل مناسب برای هر ایستگاه استفاده شد و از داده‌های بین سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ برای تأیید مدل و مقایسه با داده‌های پیش‌بینی استفاده شد. رابطه خط رگرسیون بین مقادیر بارندگی واقعی فصلی و مقادیر پیش‌بینی شده بارندگی فصلی در هر ایستگاه به دست آورده شد، که نتایج مربوطه در جدول (۴) برای کلیه ایستگاه‌ها نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از بررسی همبستگی مقادیر بارندگی ماهیانه واقعی و پیش‌بینی شده در ایستگاه‌های

مورد مطالعه که در جدول (۴) ثبت شده است، نشان می‌دهد که حداکثر  $R^2$  بین مقادیر برابر ۹۹/۴۳ درصد در ایستگاه آبادان برای سال ۲۰۰۵، حداقل  $R^2$  برابر ۵۷/۶۱ درصد در ایستگاه اهواز برای سال ۲۰۰۵ و متوسط  $R^2$  بین مقادیر مذکور برابر ۸۷/۹۵ درصد است. این مقادیر حداکثر و حداقل  $R^2$  برای یک ایستگاه مشخص در همه سال‌ها ثابت نبوده و نمی‌توان گفت که در یک ایستگاه بخصوص، همبستگی بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است، بلکه در هر سال وضعیت فرق می‌کند و امکان دارد ایستگاهی که در یک سال از بالاترین همبستگی برخوردار بوده‌است، در سال‌های بعد کمترین همبستگی را داشته باشد. با استفاده از مدل‌های برازش یافته به هر ایستگاه مقادیر پیش‌بینی شده در جدول‌های ۵ تا ۷ آورده شده است.

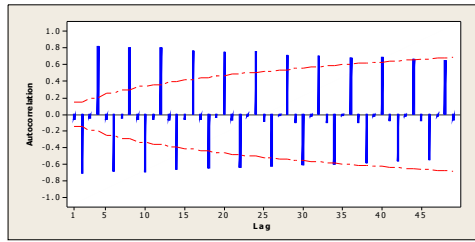
جدول (۳) خلاصه‌ای از پارمترهای آماری بهترین مدل‌های آریمای برازش یافته بر بارش فصلی ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	مدل	$\phi_1$	$\phi_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	Q	$\lambda^2$	AIC
اهواز	$(0, 1, 2) * (2, 1, 0)$	-	-	۰/۹۳۴۷	-۰/۱۹۳۴	-۰/۸۳	-۰/۸	-	-	۲۶/۵۳	۳۲/۶۷	-۸۱/۵
آبادان	$(0, 1, 2) * (0, 1, 1)$	-	-	۱/۰۵۶	-۰/۲۵۳۵	-	-	۰/۵۵۷۶	-	۲۹/۴۵	۳۲/۶۷	-۳۵/۲۲
دزفول	$(1, 1, 2) * (0, 1, 1)$	-۰/۷۳	-	۰/۱۸۸۳	۰/۴۶۴۳	-	-	۰/۷۱۳۸	-	۲۲/۶	۳۲/۶۷	-۵۱/۹

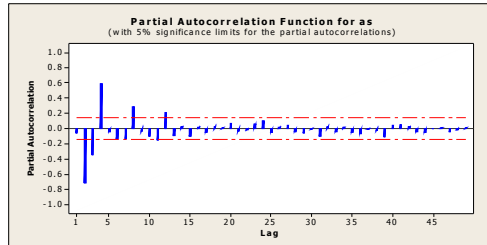
جدول (۴) معادله خط رگرسیون و ضریب تعیین بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بارندگی فصلی در ایستگاه‌های مورد

مطالعه استان خوزستان در یک سال معین

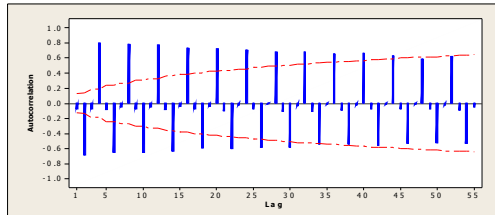
ردیف	نام ایستگاه	کد	سال	معادله خط رگرسیون	R-Sq (%)
۱	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۴	$0.2176x - 1.096y =$	۸۴/۳۴
۲	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۵	$0.927x + 0.601y =$	۵۷/۶۱
۳	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۶	$0.5819x + 0.814y =$	۸۲/۹۸
۴	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۷	$0.5311x + 0.922y =$	۸۵/۷۹
۵	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۸	$0.3449x + 0.8763y =$	۹۵/۱۹
۶	اهواز	سینوپتیک	۲۰۰۸-۲۰۰۴	$0.4503x + 0.8505y =$	۷۸/۱۱
۷	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۴	$0.7852x + 0.6329y =$	۷۳/۰۸
۸	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۵	$0.192x - 1.0454y =$	۹۹/۴۳
۹	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۶	$0.23x - 1.047y =$	۹۹/۲۶
۱۰	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۷	$0.0783x + 0.8802y =$	۹۸/۹۷
۱۱	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۸	$0.472x + 0.7532y =$	۸۸/۴۲
۱۲	آبادان	سینوپتیک	۲۰۰۸-۲۰۰۴	$0.3652x + 0.8143y =$	۸۷/۱۴
۱۳	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۴	$0.3733x + 0.9854y =$	۹۶/۶
۱۴	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۵	$0.4433x + 0.8928y =$	۸۴/۹۶
۱۵	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۶	$0.4207x + 0.8699y =$	۸۶/۲۶
۱۶	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۷	$0.2082x + 1.0174y =$	۹۵/۸۱
۱۷	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۸	$0.4533x + 0.9581y =$	۹۷/۷
۱۸	دزفول	سینوپتیک	۲۰۰۸-۲۰۰۴	$0.2316x + 0.9448y =$	۹۱/۵۲



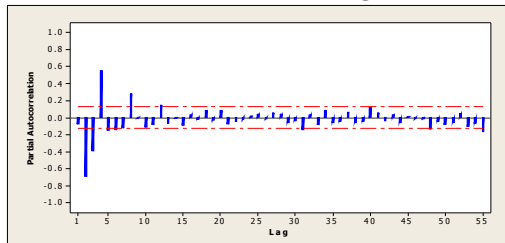
شکل ۲) نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی بارش فصلی اهواز



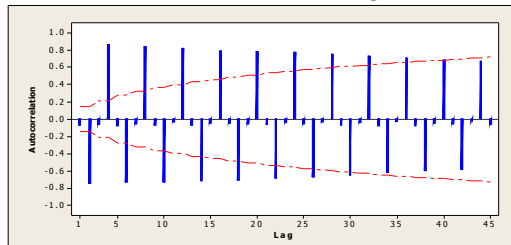
شکل ۳) نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی بارش فصلی اهواز



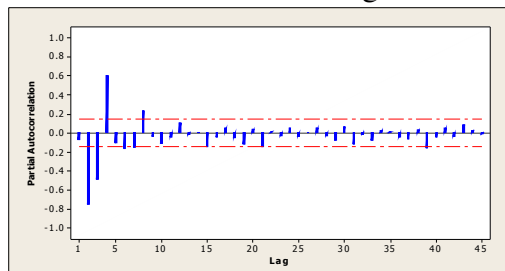
شکل ۴) نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی بارش فصلی آبادان



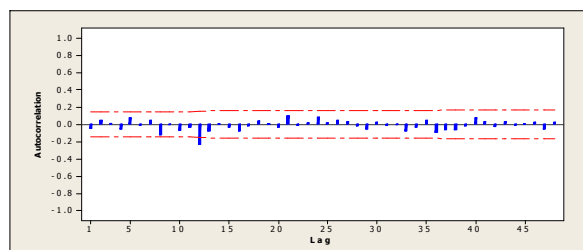
شکل ۵) نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی بارش فصلی آبادان



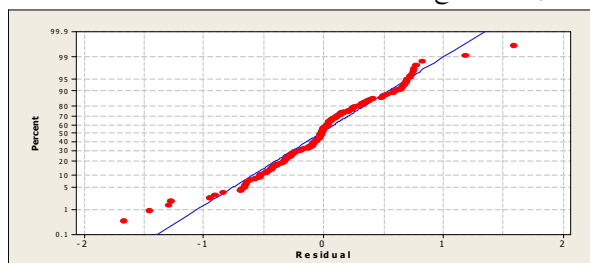
شکل ۶) نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی بارش فصلی دزفول



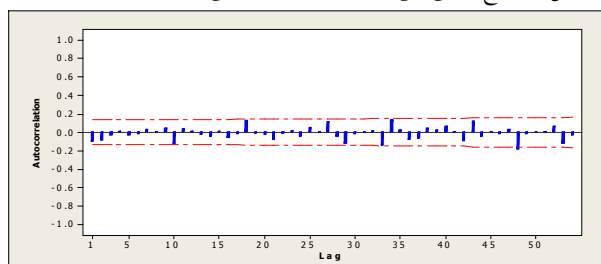
شکل ۷) نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی بارش فصلی دزفول



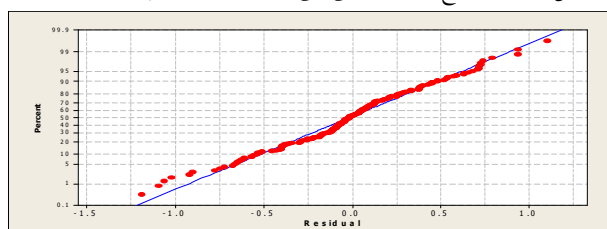
شکل ۸) نمودار تابع خود همبستگی باقی مانده‌های مدل منتخب ایستگاه اهواز



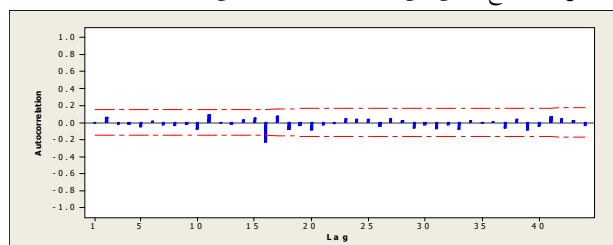
شکل ۹) توزیع تجربی باقی مانده‌ها بر کاغذ احتمالاتی نرمال برای ایستگاه اهواز



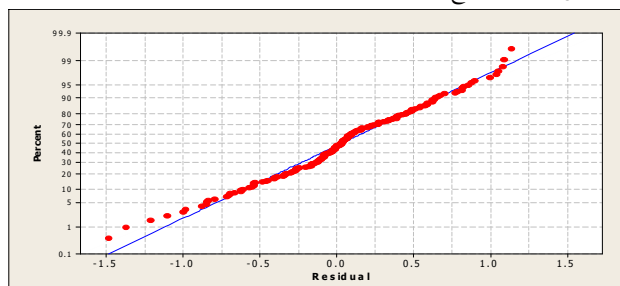
شکل ۱۰) نمودار تابع خود همبستگی باقی مانده‌های مدل منتخب ایستگاه آبادان



شکل ۱۱) توزیع تجربی باقی مانده‌ها بر کاغذ احتمالاتی نرمال برای ایستگاه آبادان



شکل ۱۲) نمودار تابع خود همبستگی باقی مانده‌های مدل منتخب ایستگاه دزفول



شکل ۱۳) توزیع تجربی باقی مانده‌ها بر کاغذ احتمالاتی نرمال برای ایستگاه دزفول

جدول ۵) مقادیر پیش بینی شده میانگین بارندگی فصلی آبادان

سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	میانگین ۴۷ ساله
زمستان	۷۹/۱۷	۷۸/۲۱	۷۵/۱۷	۷۸/۱۴	۷۸/۰۹	۷۶/۵۹
بهار	۱۶/۸۴	۱۵/۹۶	۱۶/۳	۱۷/۲۴	۱۶/۹۳	۱۷/۷۳۶
تابستان	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۵
پائیز	۵۹/۷۹	۵۸/۷۶	۵۷/۷۶	۵۸/۷۳	۶۳/۶۹	۶۱/۶۹

جدول ۶) مقادیر پیش بینی شده میانگین بارندگی فصلی اهواز

سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	میانگین ۴۷ ساله
زمستان	۱۱۱/۴۲۶	۱۹/۷۰	۱۱۶/۶۵	۱۱۸/۴۶	۱۵/۵۰	۱۱۳/۷۵
بهار	۱۹/۶۱	۱۸/۸۷	۱۵/۸۹	۱۶/۲۲	۱۹/۸۵	۲۱/۵۹
تابستان	۱/۵۲	۱/۳۵	۱/۸۷	۱/۲۱	۱/۱۹	۲/۳۶
پائیز	۹۶/۳۰	۹۵/۶۶	۸۹/۸	۹۴/۷۵	۹۴/۴۹	۹۳/۴۶

جدول ۷) مقادیر پیش بینی شده میانگین بارندگی فصلی دزفول

سال	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	میانگین ۴۷ ساله
زمستان	۲۱۵/۳۴۷	۲۱۲/۳۶	۲۱۵/۱۳	۲۱۷/۹۵	۲۱۶/۷۹	۲۱۸/۸۹
بهار	۳۹/۶۶	۳۶/۳۵	۳۸/۳۱	۳۶/۲۷	۳۸/۲۳	۴۱/۰۷
تابستان	۰/۱۲۶	۰/۱۲۴	۰/۱۲۳	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۴۱
پائیز	۱۳۷/۱۱	۱۳۵/۸۸	۱۳۷/۷۶	۱۳۶/۶۴	۱۳۸/۵۲	۱۴۰/۳۶

## نتیجه گیری

روش های آماری ابزارهایی کارا و مفید برای درک و ارزیابی رفتار اقلیم به شمار می آیند. یکی از کاربردهای آمار در اقلیم شناسی، مدل سازی رفتار عناصر اقلیمی است. از الگوهای آماری پرکاربرد الگوهای خانواده آریماست که اقلیم شناسان به آن بسیار توجه نموده اند. مدل های سری زمانی دارای سطحی غنی از ساختارهای متفاوت و مختلف در مدل سازی پیش بینی بارندگی اند. معمولا این مدل ها به داده های زیادی برای ساخت یک مدل پیش بینی موفق نیاز دارند. در این گونه مدل ها قضاوت شخصی و تجربه در انتخاب پارامترها و مدل بهینه مهم است. در واقع، انتخاب بهترین مدل قالب مشخصی ندارد و با سعی و خطا انجام می گیرد. در این پژوهش، پس از برآزش مدل های مختلف سری زمانی (باکس جنکینز) برای پیش بینی - همان طور که ملاحظه گردید- بر اساس معیار آکائیک بهترین مدل باکس-جنکینز، مدل  $(2,1,0) * (0,1,2)$  آریماست برای ایستگاه اهواز و برای ایستگاه آبادان مدل  $(0,1,1) * (0,1,2)$  آریماست و برای ایستگاه دزفول مدل  $(0,1,1) * (1,1,2)$  آریماست. به طور کلی، نتایج پیش بینی بهنگام شده بر کارایی مدل مذکور در مدیریت منابع آب دلالت دارد. بدون شک، آنچه از واژه پیش بینی در مطالعات هیدرولوژی مد نظر است، ارایه مقادیری است که با توجه به سری زمانی تاریخی، دارای بیشترین احتمال وقوع هستند و به هیچ رو منظور ارایه مقادیر دقیق برای بارش های آینده نیست؛ چرا که با توجه به تغییر پذیری های شدید زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی، چنین ادعایی صرفا به معنای عدم درک صحیح از چرخه پیچیده اقلیم و شرایط حاکم بر آن است. به هر حال، مطالعات پژوهشگران حاکی از این

است که مقادیر حاصل از این مطالعات، علی‌رغم عدم اطمینان‌های حاکم بر آن، به گونه‌ای بسیار مؤثر در مدیریت کاراتر از منابع آب تأثیر داشته است. لذا روش مذکور می‌تواند به منظور آگاهی از مقدار بارندگی و احتمال وقوع خشکسالی در سال‌های آینده استفاده شود.

## منابع

- ۱- آشگر طوسی، شادی. (۱۳۸۲). پیش‌بینی وقوع خشکسالی در استان خراسان و بهینه‌سازی الگوی کشت جهت سازگاری با آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۰ صفحه.
- ۲- ترابی، سیما. (۱۳۸۰). بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران، دانشگاه تبریز، پایان‌نامه دکتری جغرافیای طبیعی، ۲۰۱ صفحه.
- ۳- دی. کریر، جانانان، ترجمه حسینعلی نیرومند. (۱۳۷۸). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، انتشارات دانشگاه مشهد، چاپ دوم.
- ۴- رضائی، نبی‌الله. (۱۳۸۰). تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران، دانشگاه تربیت معلم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۱۷ صفحه.
- ۵- شریفان، حسین و قهرمان، بیژن. (۱۳۸۶). ارزیابی پیش‌بینی باران با به‌کارگیری تکنیک سآریمما در استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۱۴).
- ۶- شهابفر، علیرضا و قیامی، علی. (۱۳۸۰). ارزیابی و روش‌های نیکویی برازش توابع توزیع‌های آماری و استفاده از سری‌های زمانی جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه شهر مشهد، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای و مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، جلد سوم، ۳۹۵ صفحه.
- ۷- صداقت‌کردار، عبدالله و فتاحی، ابراهیم. (۱۳۸۴). شاخص‌های پیش‌آگاهی خشکسالی در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، ش ۱۱: ۷۶-۵۹.
- ۸- عساکره، حسین و خردمندنیا، منوچهر. (۱۳۸۱). مدل‌سازی برای متوسط درجه حرارت ماهانه (مطالعه موردی: الگوسازی متوسط درجه حرارت ماهانه جاسک)، مجله نیوار، ۴۷: ۴۱-۵۴.
- ۹- عساکره، حسین. (۱۳۸۹). الگوسازی آریما برای میانگین سالانه دمای شهر تبریز، فصلنامه تحقیقات جغرافیا، ۷۵۶: ۱۵۶۲۲-۱۵۶۰۱.
- ۱۰- قهرمان، نوزدر و قره‌خانی، ابوذر. (۱۳۹۰). ارزیابی مدل‌های تصادفی سری زمانی در برآورد تبخیر از تشت مطالعه موردی: ایستگاه شیراز، مجله پژوهش آب در کشاورزی، ج ۲۵(۱): ۷۵-۸۱.
- ۱۱- ویسی‌پور، حسین؛ معصوم پورسماکوش، جعفر. صحنه، بهمن و یوسفی، یدالله. (۱۳۸۹). تحلیل پیش‌بینی روند بارش و دما با استفاده از مدل‌های سری زمانی آریما (نمونه موردی: شهرستان کرمانشاه)، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا، ۶۵-۸۰.
- 12- Barry, R.G. Carleton, A. M. 2001. Synoptic and Dynamic Climatology. Routledge, London.620 pp.

- 13- Durdu, o. f. 2010. A hybrid neural network and آریمما model for water quality time series prediction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 23: 586-594.
- 14- Chbouki, N. Stockton, CW. Myers, DE. 1995. Spatio – temporal patterns of Drought in Morocco. *International journal of climatology*. 15: 187-205.
- 15- Currie, R.G. 1989. Comments on power spectra and Coherence of Drought in the interior Plains. *International Journal of Climatology*. 9: 91 – 100.
- 16- Zekai, S. 1998. small sample Estimation of the Variance of Time Averages in climate Time series *International Journal of climatology*. 18: 1725-1732.
- 17- Zou, p. Jingsong, Y. Jianrong, f. Guangming, L. Dongshun, L. 2010. Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content. *Agricultural water management*. 97: 2009-2019