

## بررسی و پیش‌بینی جریانات سطحی استان خوزستان با استفاده از مدل‌های سری زمانی

علیرضا انتظاری<sup>۱</sup>

رسول سروستان<sup>۲\*</sup>

[r.sarvestan@gmail.com](mailto:r.sarvestan@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵

### چکیده

زمینه و هدف: پژوهش حاضر به مطالعه و بررسی جریانات سطحی استان خوزستان و پیش‌بینی آن برای دوره ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۷ با استفاده از مدل‌های سری زمانی است.

روش بررسی: پژوهش حاضر در ۹ ایستگاه منتخب از استان خوزستان به منظور مقایسه دقت مدل سری‌های زمانی و پیش‌بینی مقدار جریانات سطحی انجام شده است. برای این منظور از داده‌های دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری به مدت ۲۲ سال (۱۳۷۰-۱۳۹۲) استفاده شده است. از مدل سری زمانی فصلی ضریبی جریانات سطحی بررسی و بهترین مدل برازش داده شد، صحت و دقت مدل‌ها به کمک نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌ها، فرض ثابت بودن واریانس، نمودارهای مربوط به باقی‌مانده‌ها در طول زمان، تأیید گردید.

یافته‌ها: یافته‌های این مطالعه نشان داد، بهترین مدل‌های برازش شده در ایستگاه‌های اهواز  $(1,0,1)(1,1,1)$  SARIMA، بامدژ  $(1,0,1)(0,1,1)$  SARIMA، تله زنگ  $(1,1,1)(1,0,1)$  SARIMA، حرمه  $(1,1,1)(1,0,1)$  SARIMA، دزفول  $(1,0,2)(1,1,1)$  SARIMA، دشت بزرگ  $(2,0,2)(1,1,1)$  SARIMA، دوکوهه  $(0,2,2)(1,1,1)$  SARIMA، گتوند  $(1,0,1)(1,1,2)$  SARIMA و فارسباب  $(2,1,1)(1,1,2)$  SARIMA می‌باشند؛ که این مدل‌ها از دقت خوبی برای پیش‌بینی جریانات سطحی برخوردار بودند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج جریانات سطحی برای سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۷ نشان داد که جریانات سطحی در تمام ایستگاه‌های منتخب کاهش می‌یابد و این کاهش در ایستگاه اهواز به بیش‌ترین و ایستگاه دوکوهه به کمترین مقدار به ترتیب با ۹/۷۸ و ۰/۵۸ می‌رسد. همچنین نتایج پیش‌بینی ماهانه نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کاهش جریانات سطحی به ترتیب در آذر ماه با ۶/۹۸ و شهریور با ۱/۶۷ خواهد رسید.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، جریانات سطحی، سری زمانی، فصلی-ضریبی، خوزستان.

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

۲- دانشجوی دکتری در رشته آب و هواشناسی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. \*مسئول مکاتبات)

## **Surveying and Predicting Surface Currents of Khuzestan Province Using Time Series Models**

**Alireza Entezari<sup>1</sup>**  
**Rasoul Sarvestan<sup>2\*</sup>**  
[r.sarvestan@gmail.com](mailto:r.sarvestan@gmail.com)

Admission Date: March 6, 2019

Date Received: August 18, 2017

### **Abstract**

**Background and Objective:** The present study is to evaluate the surface currents of Khuzestan province and its forecast for the period 2019 to 2021 using time series models.

**Material & Methodology:** The present study was conducted in 9 selected stations from Khuzestan province in order to compare the accuracy of the time series model and predict the amount of surface currents. For this purpose, the monthly flow data of the hydrometric station for 22 years (1391-2014) has been used. The multiplicative seasonal time series model of surface currents was investigated and the best model was fitted.

**Findings:** The results of these studies show that the best models fitted in SARIMA (1,1,1) (1,0,1), SARIMA, SARIMA (0,1,1) (1,0,1), telephoto SARIMA, Primate (1,0,1) (1,1,1) SARIMA, Dezful (1,0,2) (1,1,1) SARIMA, Plain SARIMA, Dokehe (0,2,2) (1,1,1) SARIMA, Gotvand (1,1,2) (1,0,1) SARIMA (1,1,1) And SARAB (1.1.2) (2.1.1), which had good accuracy to predict surface currents.

**Discussion and Conclusion:** Surveying the annual prediction of surface currents for 2019 to 2029 showed that surface currents in all selected stations decreased and this decrease in Ahwaz station to the highest and the two-hill station to the lowest values reaches to 9.78 and 0/58 respectively; also, the monthly forecast showed that in December, with 6/98 and 1/67, the highest and lowest decreases would occur.

**Keyword:** Predictions, Surface Currents, Time Series, Seasonal-Demand, Khuzestan.

---

1- Associate Professor, Department of Geography, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

2- PhD Student of Urban Climatology. Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.\* (*Corresponding Author*)

## مقدمه

یالسین (۷) به پیش‌بینی سیلاب با کاربرد سری‌های زمانی در رودخانه میسی سیپی آمریکا پرداختند. نتایج آن‌ها نیز حاکی از توانایی سری‌های زمانی در ساخت داده‌های دبی روزانه و صحت پیش‌بینی‌های حاصله می‌باشد. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان کویمو (۸)، کارونن (۹)، اسپولیا (۱۰) و چو (۱۱) اشاره کرد.

اشگرطوسی (۱۲). با استفاده از سری‌های زمانی، خشک‌سالی منطقه شیروان، در استان خراسان را پیش‌بینی نمود و بر اساس نتایج به دست آمده، بهترین الگوی کشت را پیشنهاد کرد. بشری و ویتنکه (۱۳). به مقایسه روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه آبریز کرخه پرداخت و به این نتیجه رسید که روش آنالیز روند بهترین پیش‌بینی و پس‌از آن مدل‌های مختلف خود همبسته با میانگین متحرک با اختلاف جزئی در اولویت بعدی قرار دارند و نیز بررسی معیار اطلاعاتی آکائیک که در مدل‌های اخیر نشان داد که مرتبه‌های بالاتر، دقت بالاتری در مدل‌سازی دارند ولی درزمینه‌ی پیش‌بینی مقادیر آینده مرتبه‌های پایین‌تر مدل موفق‌تر هستند. شریفان و همکاران (۱۴) از مدل آریمای برای پیش‌بینی بارش‌های ۱۰ روزه ایستگاه‌های معرف اقلیم استان گلستان استفاده کردند. قهرمان و همکاران (۱۵) برای پیش‌بینی سری زمانی تبخیر از تشت در ایستگاه سینوپتیک شیراز از مدل آریمای استفاده کردند و بهترین مدل را آریمای (۱،۱،۱) تشخیص دادند. در عصر حاضر از یک طرف کم بودن آب قابل استفاده، از طرف دیگر افزایش روزافزون مصرف آب در نتیجه افزایش سریع جمعیت، بالا رفتن سطح آموزش و بهداشت، توسعه صنایع، توسعه شهرها، مهاجرت بیش‌از حد از روستا به شهرها، و... مسئله کمبود آب بیش از پیش آشکار شده است.

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، هرساله با کم شدن کمیت و تخریب کیفی آب، منابع آب قابل‌استفاده با محدودیت

بحران آب یکی از مسائل بسیار جدی است که جوامع امروز بشری را تهدید می‌کند، به طوری که به استناد گزارش سازمان بهداشت جهانی بیش از یک بلیون نفر در کشورهای با درآمد کم و متوسط به آب سالم دسترسی ندارند که این رقم بیش از ۲۰ درصد جمعیت جهان را شامل می‌گردد (۱). سری زمانی به طور ساده عبارت از یک متغیر هیدرولوژیک وابسته به زمان، نظیر دبی یک رودخانه است. وقتی سری‌های زمانی در عمل مورد تحلیل قرار می‌گیرند، مقدار محدودی داده ثبت شده یا یک نمونه وجود دارد. هدف مطالعات هیدرولوژیک درک و توصیف کمی جامعه آماری و همین‌طور فرآیند ایجادکننده این جامعه آماری، بر اساس تعداد محدودی نمونه است (۲). استفاده از سری‌های زمانی امروزه به عنوان ابزاری مناسب برای پیش‌بینی‌های مختلف به کار می‌رود. سری زمانی مجموعه‌ای از مشاهدات است که برحسب زمان مرتب شده‌اند و چنانچه این مشاهدات به طور منظم و در فاصله‌های مساوی ثبت و یا اندازه‌گیری شده باشد، یک سری زمانی گسسته به دست می‌آید (۳).

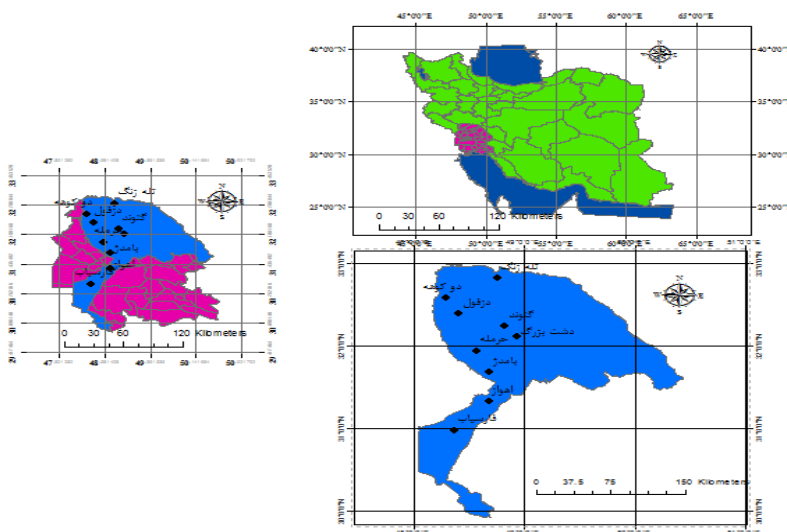
در جهان و ایران تحقیقات مختلفی بر روی پیش‌بینی منابع آبی صورت گرفته است به طور نمونه:

کومورنیک و همکاران (۴) به مقایسه و پیش‌بینی کارایی مدل‌های هیدرولوژیکی سری‌های زمانی در جمهوری چک پرداختند که نتایج آن‌ها کارایی بالای مدل‌های مذکور در پیش‌بینی فرایندهای هیدرولوژیکی را بیان می‌کنند بورلاندو و همکاران (۵) جهت پیش‌بینی از مدل‌های آریمای همزمان بارندگی‌های ساعتی استفاده کرده و مقادیر به دست آمده را با داده‌های باران‌سنجی مقایسه کردند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش تداوم بارندگی، پیش‌بینی‌ها روند دقیق‌تری داشته و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان بارش پیش‌بینی از مقدار واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود. دردو (۶). از شبکه عصبی و مدل آریمای برای پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه‌ای در ترکیه استفاده کرد و نشان داد که ترکیب این دو مدل باهم نتایج بهتری می‌دهد. دامل و

داده‌ها نرمال می‌باشند و نیازی به نرمال‌سازی ندارند، سپس بررسی برازش تجزیه و تحلیل‌های مدل (برازش مدل، بررسی مناسبت مدل و پیش‌بینی) در نرم‌افزار MINITAB 17 انجام و خروجی آن‌ها برای پیش‌بینی آینده (۱۳۹۸-۱۴۰۷) به صورت نقشه تهیه گردید.

### منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۴ کیلومترمربع بین ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۳ درجه و عرض شمالی از ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی در جنوب غربی ایران قرار دارد و از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و مشرق با استان کهگیلویه و بویر احمد و استان چهارمحال بختیاری، از جنوب شرقی با بوشهر، از جنوب با خلیج فارس و از مغرب با کشور عراق هم‌مرز است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهند (۱۶).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure 1. The study area

### مدل‌سازی سری زمانی

مدل‌سازی یک سری زمانی یا به عبارتی توصیف رفتار یک سری زمانی به زبان ریاضی شامل سه مرحله کلی در پژوهش می‌باشد (۱۹).

✓ تشخیص مدل اولیه با استفاده از رسم نمودار

سری‌های زمانی

✓ برآورد پارامترهای مدل شناسایی شده

✓ بررسی مناسبت مدل

مدل‌سازی سری زمانی ابزاری قدرتمند در خصوص طراحی، مدیریت و تصمیم‌گیری در خصوص منابع آب و بررسی نوسانات اقلیمی است و عموماً به منظور تولید داده، پیش‌بینی، برآورد

بیشتری روبه‌رو می‌شود و از سوی دیگر، تقاضا برای آب همواره رو به افزایش است. بنا بر اهمیت و ضرورتی که نقش آب برای زندگی ایجاد می‌کند هدف از این پژوهش بررسی و پیش‌بینی جریان‌ات سطحی در استان خوزستان برای ۹ ایستگاه اصلی می‌باشد.

### روش پژوهش

برای انجام پژوهش حاضر ابتدا داده‌های دبی روزانه کلیه ایستگاه‌های موجود در منطقه از سازمان تحقیقات منابع آب اخذ و مورد بازبینی قرار گرفت. جمعاً ۹ ایستگاه هیدرومتری در حوزه آبخیز مطالعاتی به دلیل دوره‌های آماری مناسب انتخاب گردید. سپس با تبدیل داده‌های دبی به صورت ماهانه با دوره آماری از سال آبی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ با طول دوره آماری ۲۲ ساله وارد محاسبات شد (جدول ۱). برای تشخیص نرمال بودن داده‌ها از آزمون آندرسون دارلینگ استفاده شده که نشان داد؛

انتظار می‌رود سری‌های زمانی آب و هوایی در مقیاس سالانه به صورت ایستا باشند، اما ممکن است به علت تغییرات زمین‌شناسی، تغییرات طیف اقلیم یا تغییرات اقلیمی که توسط بشر به وجود می‌آید، تبدیل به سری زمانی نا ایستا شوند (۱۸). با توجه به مدل‌های احتمال سری زمانی برای سری‌های ایستا در میانگین و واریانس تعریف شده‌اند، لازم است که ابتدا ایستایی سری‌های زمانی بررسی شود. پس از بررسی نمودارهای سری‌های زمانی ایستگاه‌های مورد مطالعه، نتایج نشان داد که سری‌های زمانی مورد بررسی در میانگین و واریانس نایستا هستند؛ در شکل ۳ نمودار سری‌های زمانی ایستگاه مورد مطالعه که نایستا در میانگین و واریانس می‌باشد، ارائه شده است.

داده‌های مفقوده شده و تطویل داده‌های هیدرولوژیک به کار گرفته می‌شود (۱۷).

در این پژوهش با توجه به نایستا بودن واریانس و میانگین و داده‌ها فصلی و دارای روند می‌باشند، از مدل‌سازی به روش‌های فصلی و ضربی استفاده شد.

### بحث و یافته‌ها

سری‌های زمانی هنگامی ایستا به شمار می‌روند که میانگین و واریانس آن‌ها در طول زمان ثابت باقی بماند. مسلماً در چنین شرایطی ایستا فاقد روند، جهش و یا دوره‌های فصلی خواهد بود. سری‌هایی را که ایستا نباشند نا ایستا می‌نامند. هرچند

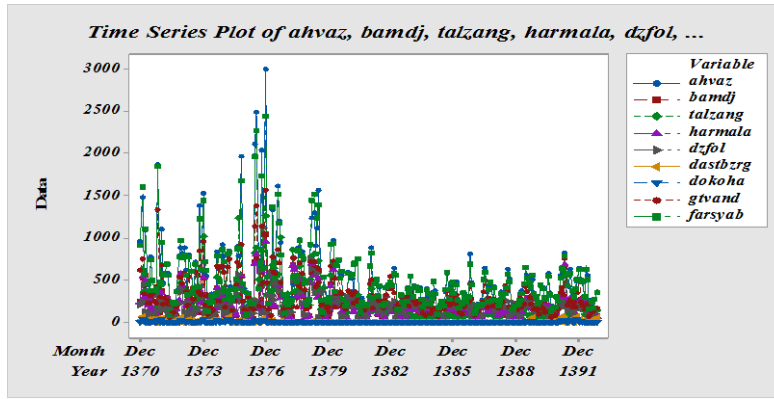
### جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری استان

Table 1. Characteristics of hydrometric stations in province

| نام ایستگاه | طول جغرافیای | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا |
|-------------|--------------|---------------|--------------------|
| اهواز       | ۴۸/۳۶        | ۳۰/۹۸         | ۱۰                 |
| بامدژ       | ۴۸/۶۸        | ۳۱/۶۸         | ۲۰                 |
| تله زنگ     | ۴۸/۷۶        | ۳۲/۸۲         | ۴۸۰                |
| حرمله       | ۴۸/۵۵        | ۳۱/۹۵         | ۳۸                 |
| دزفول       | ۴۸/۴         | ۳۲/۴          | ۱۵۰                |
| دشت بزرگ    | ۴۹/۹۳        | ۳۲/۱۱         | ۷۰                 |
| دوکوهه      | ۲۸/۴۸        | ۳۲/۵۸         | ۲۴۰                |
| گتوند       | ۴۸/۸۱        | ۳۲/۲۵         | ۱۰۰                |
| فارس‌سیاب   | ۴۸/۳۶        | ۳۰/۹۸         | ۶                  |

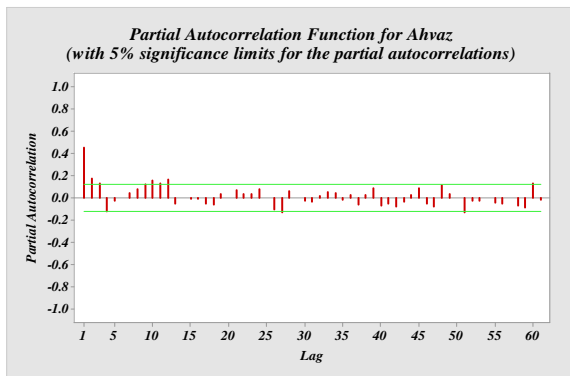
۴ و ۵ نمودارهای PACF و ACF سری زمانی نمونه ایستگاه اهواز را در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد. در این نمودارها مقادیر مدل‌سازی شده (با توجه به جدول ۲) برای تمامی ایستگاه‌ها با مقادیر واقعی مقایسه گردیدند. نتایج مربوط به برازش بهترین مدل برای هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. از این ایستگاه‌ها، ایستگاه تله زنگ با حرمله برازش  $(1,0,1)$  با هم یکی هستند.

بررسی نمودارهای سری زمانی دبی سالانه کلیه ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی در دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ نشان داد که روند داده‌های دبی در کلیه ایستگاه‌های فصلی است، به همین دلیل از مدل فصلی-ضربی SARIMA به منظور مدل‌سازی سری زمانی جریان‌ات سطحی ماهانه استفاده گردید. روش مهم در تشخیص مدل، رسم نمودارهای خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF) می‌باشد. شکل‌های



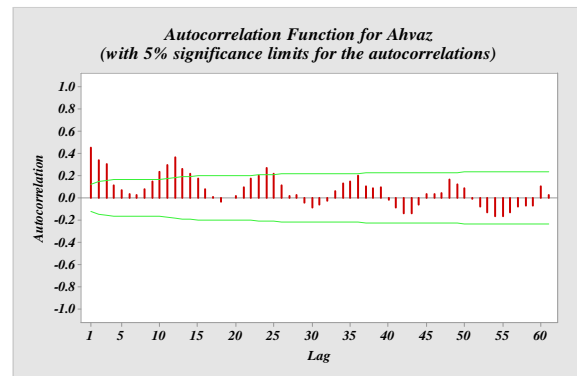
شکل ۳- سری های زمانی ایستگاه های هیدرولوژی استان

Figure 3. Time series of hydrological stations of the province



شکل ۵- نمودار ACF ایستگاه اهواز

Figure 5. ACF chart of Ahvaz station



شکل ۴- نمودار PACF ایستگاه اهواز

Figure 4. The PACF Station of Ahvaz Station

جدول ۳- مدل های مختلف SARIMA برای پیش بینی دبی ایستگاه های هیدرولوژی در دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۲

Table3. Different SARIMA models for forecasting hydrological stations in the statistical period of 1392-1370

| نوع مدل               | معرف       | ایستگاه ها | ردیف |
|-----------------------|------------|------------|------|
| SARIMA (1,0,1)(1,1,1) | دبی ماهانه | اهواز      | ۱    |
| SARIMA (1,0,1)(0,1,1) |            | بامدژ      | ۲    |
| SARIMA (1,1,1)(1,0,1) |            | تله زنگ    | ۳    |
| SARIMA (1,1,0)(1,0,1) |            | حرمه       | ۴    |
| SARIMA (1,1,1)(1,0,2) |            | دزفول      | ۵    |
| SARIMA (1,1,1)(2,1,2) |            | دشت بزرگ   | ۶    |
| SARIMA (1,1,0)(0,2,2) |            | دوکوهه     | ۷    |
| SARIMA (1,1,0)(1,1,2) |            | گتوند      | ۸    |
| SARIMA (2,1,1)(1,1,2) |            | فارسباب    | ۹    |

۰/۶۵۲، ۰/۷۲۱، ۰/۸۵۳، ۰/۸۱۴، ۰/۸۲۴، ۰/۷۱۸، ۰/۹۰۶، ۰/۵۸۱ و ۰/۴۱۲ نمایش داده شده برای هر ایستگاه نیز بیش از ۰/۰۵ است. بنابراین فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد و به معنی عدم وجود روند قطعی در مدل‌ها سری زمانی دبی آب برای ایستگاه‌های استان می‌باشند. در گام بعد بر روی فراسنج‌های مدل قضاوت می‌شود. در این گام چنانچه مقدار  $p$ -value در هر یک از اجزای مدل برازش داده شده بیش از ۰/۰۵ باشد باید یک‌مرتبه از آن را کاهش داد و دوباره مدل را با مرتبه‌های جدید برازش داد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد میزان  $p$ -value در همه فراسنج‌های مدل کمتر از ۰/۰۵ است.

در مورد وجود یا عدم وجود روند قطعی در مدل می‌توان تصمیم‌گیری کرد. برای این کار ابتدا مدل را با جمله ثابت برازش می‌دهیم و سپس با توجه به آماره  $t$  و  $p$ -value در مورد حضور یا عدم حضور جمله ثابت در مدل تصمیم می‌گیریم. با توجه به جدول ۳ فراسنج‌های مدل‌های برازش شده سری‌های دبی آب ایستگاه‌های حوضه، مشاهده می‌گردد که آماره  $t$  برای همه ایستگاه‌های اهواز، بامدژ، تله زنگ، حرمله، دزفول، دشت بزرگ، دوکوهه، گتوند و فارس‌یاب به ترتیب: ۴/۷۶، -۷/۳۵، ۰/۱۹، ۰/۲۴، ۰/۲۲، ۰/۳۶، ۰/۱۲، ۰/۵۵ و ۵/۷۲- درصد که کمتر از ۲ بوده و نیازی به لحاظ کردن جمله ثابت در مدل نیستند. مقدار  $p$ -value هم به ترتیب:

جدول ۴- فراسنج‌های مدل ایستگاه‌های هیدرومتری استان خوزستان

Table 4. The parameters of the model of hydrometric stations in Khuzestan province

| ایستگاه | Type     | Coef  | SE Coef | T     | P    | ایستگاه  | Type     | Coef  | SE Coef | T     | P    |
|---------|----------|-------|---------|-------|------|----------|----------|-------|---------|-------|------|
| اهواز   | AR1      | ۰/۷۹  | ۰/۰۸    | ۹/۲۴  | ۰    | دزفول    | AR1      | ۰/۲۱  | ۰/۰۷    | ۳/۰۲  | ۰    |
|         | SAR12    | ۰/۰۳  | ۰/۰۶    | ۰/۵۶  | ۰    |          | SAR12    | ۰/۹۹  | ۰/۰۸    | ۵۳/۱  | ۰    |
|         | MA1      | ۱/۵۵  | ۰/۱۲    | ۴/۵۹  | ۰    |          | MA1      | ۰/۹۰  | ۰/۰۳    | ۳۰    | ۰    |
|         | SMA12    | ۰/۹۳  | ۰/۰۳    | ۲۴/۷  | ۰    |          | SMA12    | ۰/۹۰  | ۰/۰۷    | ۱۲/۸  | ۰    |
|         | Constant | -۴/۰۸ | ۰/۸۵    | -۴/۷۶ | ۰/۶۵ |          | SMA24    | ۰/۰۲  | ۰/۰۶    | ۰/۴   | ۰    |
|         | AR1      | ۰/۷۱  | ۰/۰۹    | ۷/۳۵  | ۰    |          | Constant | ۰/۰۲  | ۰/۱۱    | ۰/۲۲  | ۰/۸۲ |
| بامدژ   | MA1      | ۰/۳۶  | ۰/۱۲    | ۲/۸۵  | ۰    | دشت بزرگ | AR1      | ۰/۲۲  | ۰/۰۶    | ۳/۴۲  | ۰    |
|         | SMA12    | ۰/۹۴  | ۰/۰۳    | ۲۷/۹  | ۰    |          | SAR12    | ۰/۴۱  | ۰/۰۸    | ۱۶/۵  | ۰    |
|         | Constant | -۳/۲۵ | ۰/۴۴    | -۷/۳۵ | ۰/۷۲ |          | SAR24    | -۰/۴۱ | ۰/۰۷    | -۵/۳۸ | ۰    |
|         | AR1      | ۰/۲۶  | ۰/۰۶    | ۴/۱۶  | ۰    |          | MA1      | ۰/۹۵  | ۰/۰۲    | ۴۲/۲  | ۰    |
| تله زنگ | SAR12    | ۰/۹۹  | ۰       | ۱۱۴   | ۰    | SMA12    | ۱/۵۴     | ۰/۰۸  | ۱۷/۲    | ۰     |      |
|         | MA1      | ۰/۹۴  | ۰/۰۲    | ۴۶/۱  | ۰    | SMA24    | -۰/۵۰    | ۰/۰۶  | -۷/۹    | ۰     |      |
|         | SMA12    | ۰/۹۳  | ۰/۰۴    | ۱۹/۵  | ۰    | Constant | -۰/۰۰    | ۰/۰۱  | -۰/۳    | ۰/۷۱  |      |
|         | Constant | ۰/۰۱  | ۰/۰۶    | ۰/۱۹  | ۰/۸۵ | AR1      | ۰/۰۵     | ۰/۰۶  | ۰/۷۹    | ۰/۰۳  |      |
| حرمله   | AR1      | ۰/۳۸  | ۰/۰۶    | ۶/۰۶  | ۰    | MA1      | ۰/۹۳     | ۰/۰۲  | ۳۷/۰    | ۰     |      |
|         | SAR12    | ۰/۹۹  | ۰/۰۱    | ۷۱/۵  | ۰    | SMA12    | ۱/۶۸     | ۰/۰۳  | ۴۴/۰    | ۰     |      |

|      |       |      |       |          |           |      |       |      |       |          |       |
|------|-------|------|-------|----------|-----------|------|-------|------|-------|----------|-------|
| ۰    | -۱۷/۵ | ۰/۰۴ | -۰/۷۲ | SMA24    | فاز سیمین | ۰    | ۴۰/۹  | ۰/۰۲ | ۰/۹۳  | MA1      | گتوند |
| ۶/۹۰ | ۰/۱۲  | ۰    | ۰     | Constant |           | ۰    | ۲۰/۸  | ۰/۰۴ | ۰/۹۵  | SMA12    |       |
| ۰    | ۶/۰۲  | ۰/۱۰ | -۰/۶۳ | AR1      |           | ۰/۸۱ | -۰/۲۴ | ۰/۰۶ | -۰/۰۰ | Constant |       |
| ۰    | ۳/۲۸  | ۰/۰۹ | ۰/۳۱  | SAR12    |           | ۰    | ۳/۴۶  | ۰/۰۶ | ۰/۲۳  | AR1      |       |
| ۰    | ۱/۴۹  | ۰/۱۳ | ۰/۱۹  | MA1      |           | ۰/۰۴ | ۱/۹۹  | ۰/۰۶ | ۰/۱۳  | AR2      |       |
| ۰    | ۱۴/۳  | ۱/۰۹ | ۱/۲۱  | SMA12    |           | ۰    | -۶/۰۲ | ۰/۱۴ | -۰/۸۴ | SAR12    |       |
| ۰/۰۱ | -۲/۶  | ۰/۰۹ | -۰/۲۴ | SMA24    |           | ۰    | ۳۴/۴  | ۰/۰۲ | ۰/۹۳  | MA1      |       |
| ۰/۴۱ | ۵/۷۲  | ۰/۶۴ | -۳/۶۸ | Constant |           | ۰    | ۰/۱۷  | ۰/۱۲ | ۰/۰۲  | SMA12    |       |
|      |       |      |       |          |           | ۰    | ۷/۹۸  | ۰/۱۰ | ۰/۸۵  | SMA124   |       |
|      |       |      |       |          |           | ۰/۵۸ | ۰/۵۵  | ۰/۲۴ | ۰/۱۳  | Constant |       |

### بررسی مناسب بودن مدل

پس از تشخیص یک مدل مناسب و برآورد پارامترهای آن، سؤالی که باقی می‌ماند این است که آیا مدل رسا است یا نه؟ اگر دلایلی از نارسایی شدید وجود داشته باشد، می‌خواهیم بدانیم مدل در سیکل تکراری بعدی چگونه باید تغییر داده شود. بررسی میزان مناسبیت مدل باید چنان باشد که مدل را به مخاطره بیندازد؛ یعنی بایستی نسبت به انحرافات که احتمال رخ داد حساس باشد. برای بررسی مناسبیت مدل از دو روش که مکمل یکدیگر می‌باشند استفاده شد:

۱- تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌های مدل برازش داده شده.

۲- تجزیه و تحلیل مدل‌های که پارامتر بیشتری دارند؛ یعنی مدلی که کلی‌تر از مدل مشخص شده است و این مدل را به‌عنوان یک حالت خاص دربرمی‌دارد (۱۹). در این پژوهش از تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌های مدل که رایج‌تر است، استفاده می‌گردد. این تجزیه و تحلیل به کمک نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌ها، فرض ثابت بودن واریانس و نمودارهای مربوط به باقی‌مانده‌ها در طول زمان انجام می‌گیرد. برای بررسی فرض

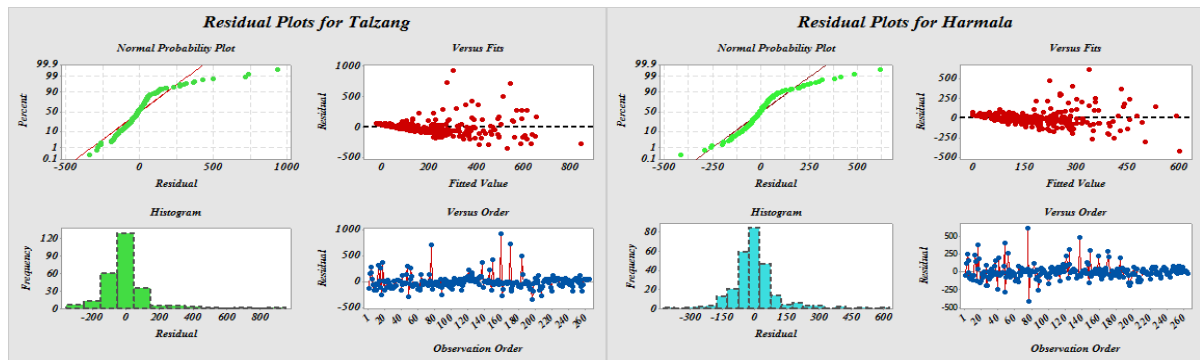
نرمال بودن باقی‌مانده‌های مدل نمودار احتمال نرمال باقی‌مانده‌ها و نمودار هیستوگرام باقی‌مانده‌ها ترسیم گردید شکل (۶ تا ۱۰). در نمودار احتمال نرمال، نقاط در امتداد خط قطری گسترده شده‌اند که تطابق این دو بیانگر توزیع نرمال است. نمودار هیستوگرام نیز با توزیع ستون مقادیر توزیع نرمال داده‌ها را نشان می‌دهد. با نگاهی به نمودارها مشاهده می‌گردد که هیچ‌یک از خودهمبستگی‌ها معنی‌دار نیستند که این خود به معنی نا همبسته بودن و تصادفی بودن باقی‌مانده‌ها است. اگر مدل برازش داده شده مناسب باشد، انتظار می‌رود نمودار باقی‌مانده‌ها در برابر زمان در اطراف سطح افقی صفر پراکندگی مستطیلی بدون روندی را نشان دهد. چنانچه رفتار این نمودار شبیه رفتار یک فرایند تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت باشد، آنگاه می‌توان مدل برازش داده شده را تأیید نمود. با توجه به نمودارهای ترسیم شده در مدل صحت مدل برازش داده شده تأیید می‌گردد.





شکل ۶- نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های مدل ایستگاه اهواز و بامدژ

Figure 6. shows the diagrams of the remaining models of the Ahvaz station and the bumpers



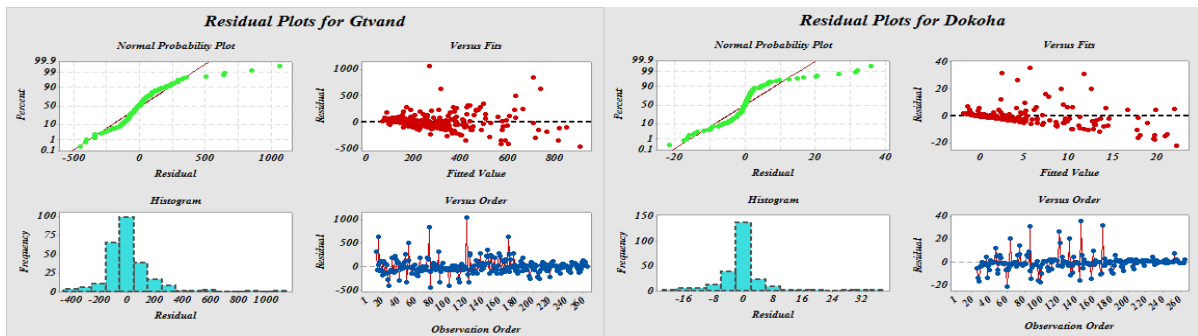
شکل ۷- نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های مدل ایستگاه تله زنگ و حرمله

Figure. 7. Charts related to the residual model of the telegraph station and the impostor station



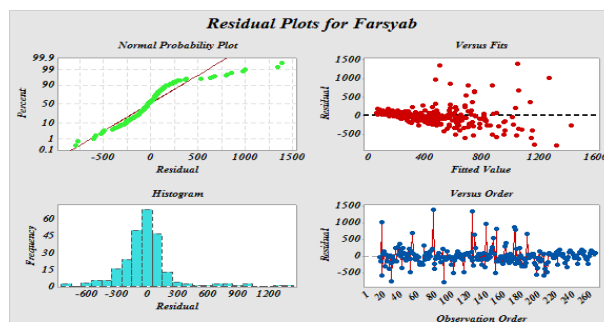
شکل ۸- نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های مدل ایستگاه دزفول و دشت بزرگ

Figure 8. The diagrams of the remains of the Dezful and Grand Plain station models



شکل ۹- نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های مدل ایستگاه دوکوهه و گتوند

Figure 9. Chart of the remains of the Doukkeh and Gotvand stations



شکل ۱۰- نمودار مربوط به باقی مانده‌های مدل ایستگاه فارسباب

Figure 10. Chart of residual parts of the station

معیار و ایستگاه فارسباب با  $۲۲۵/۰۱$  داری بزرگ‌ترین معیار آکائیک می‌باشد و در نتیجه ایستگاه دوکوهه به دلیل کوچک‌تر بودن داری مناسب‌ترین مدل است (جدول ۵).

#### پیش‌بینی و ناهنجاری جریانات سطحی

امروزه به علت رخداد تغییرات زیست‌محیطی، کره زمین دچار آسیب‌های جدی شده است. به‌منظور ارزیابی دقیق اثرهای این تغییرات به یک ابزار پایش و نظارتی نیاز است که طی فواصل زمانی مشخص، چگونگی رخداد تغییرات را بررسی نمود. پیش‌بینی‌ها با توجه به مدل‌های SARIMA، توانایی این ارزیابی تغییرات دبی جریان را به‌خوبی داشته و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار و مدل مناسب برای این منظور به کار گرفته شود. ناهنجاری در واقع برای به دست آوردن میانگین سال‌های پایه با سال‌های پیش‌بینی و همچنین تک‌تک ایستگاه‌های پیش‌بینی برای هر ایستگاه را برآورده می‌کند. شکل ۱۱ مقدار ناهنجاری جریانات سطحی را به‌صورت ماهانه برای ایستگاه‌های منتخب استان نشان می‌دهد. بیش‌ترین کاهش جریانات سطحی در ایستگاه‌های اهواز با  $۲۶/۷۳$  در ماه آبان و بام دژ با  $۱۸/۶۹$  در ماه اردیبهشت می‌باشد، از طرف دیگر کم‌ترین مقدار کاهش در ایستگاه دشت بزرگ با  $۰/۰۱$  در ماه خرداد اتفاق می‌افتد.

با توجه به نمودارهای مشاهده شده فرض نرمال بودن و توزیع باقی‌مانده‌های حاصل از برازش مدل‌های سری زمانی ایستگاه‌های استان و همچنین فرض ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها پذیرفته می‌شود. نمودارهای باقی‌مانده‌های این سری‌ها در طول زمان نیز طرح خاصی را نشان نمی‌دهند و رفتار آن‌ها مشابه یک فرایند اغتشاش خاص با میانگین صفر و واریانس ثابت می‌باشد. این نمودارها حاکی از آن است که باقی‌مانده‌ها حاصل از برازش این مدل‌ها نا همبسته هستند؛ بنابراین با توجه به آنکه هیچ‌یک از خودهمبستگی‌ها از حدود استانداردشان تجاوز نکردند می‌توان فرض استقلال نمونه‌ها را پذیرفت.

#### معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)

روشی بر پایه خطای پیش‌بینی است که از پیش‌بینی‌های خارج نمونه محاسبه گردد. در این روش اغلب با استفاده از بخش اول سری یک مدل مناسب تشخیص داده می‌شود و سپس از بخش باقیمانده سری به‌عنوان یک دوره قابل‌دسترس برای ارزیابی پیش‌بینی استفاده می‌شود. در این پژوهش با استفاده از معیار آکائیک بر مبنای باقی‌مانده‌های مدل برازش شده، مدل مناسب را از بین چند مدل انتخاب می‌شود. بررسی یافته‌های تحقیق نشان داد که مدل ایستگاه دوکوهه با  $۱۴۹/۱۵$  کوچک‌ترین

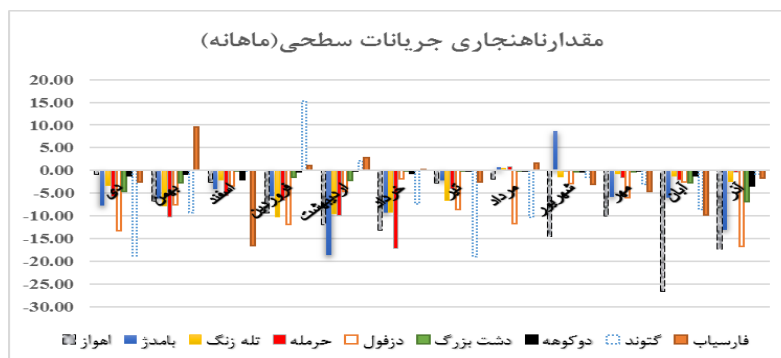
جدول ۵- معیار اطلاعاتی آکائیک

Table 5. AIC Information Criterion

| اولویت | AIC    | ایستگاه  |
|--------|--------|----------|
| ۸      | ۲۲۴/۹۹ | اهواز    |
| ۵      | ۲۱۰/۴۸ | بامدژ    |
| ۴      | ۲۰۹/۲۹ | تله زنگ  |
| ۶      | ۲۱۱/۸۴ | حرمه     |
| ۳      | ۲۰۶/۲۰ | دزفول    |
| ۲      | ۱۶۲/۷۳ | دشت بزرگ |
| ۱      | ۱۴۹/۱۵ | دوکوهه   |
| ۷      | ۲۲۳/۹۶ | گتوند    |
| ۹      | ۲۲۵/۰۱ | فارسیاب  |

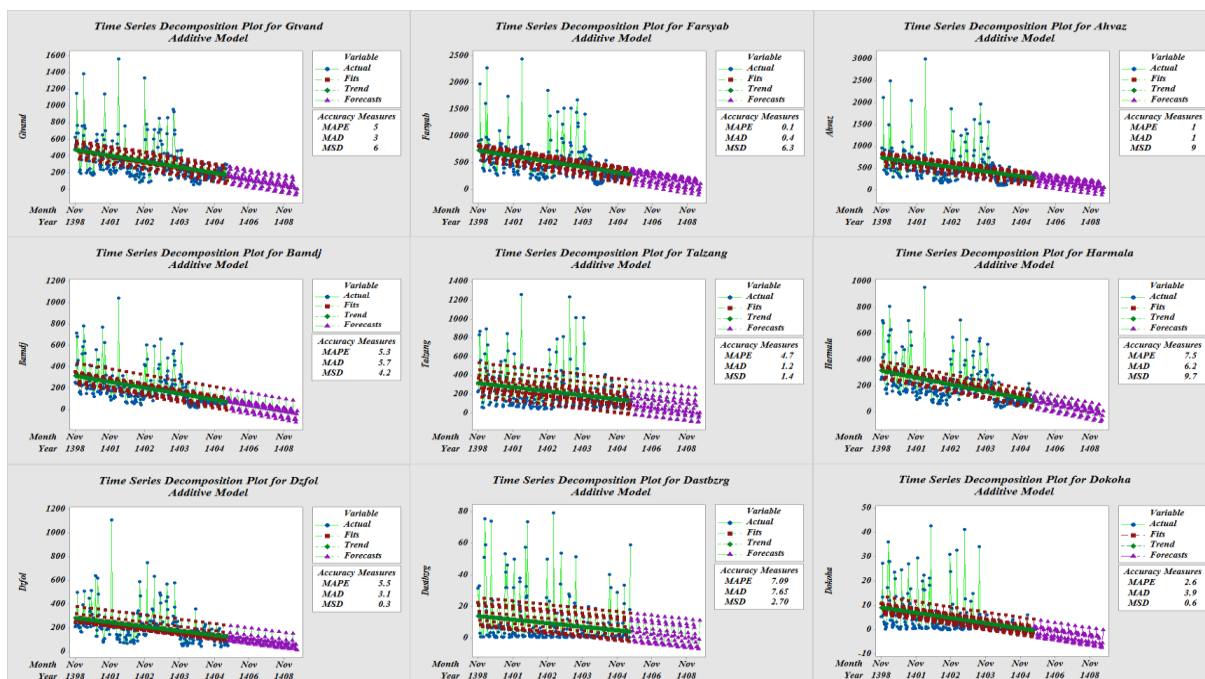
حرمه ۵/۲۴، گتوند ۵/۱۴، تله زنگ ۴/۵۲، فارسیاب ۲/۱۲، دشت بزرگ ۱/۷۷ و دوکوهه به ۰/۵۸ می‌رسد. همچنین مقدار جریان‌های سطحی ماهانه برای سال‌های پیش‌بینی نشان داد که مقدار جریان‌های سطحی در ماه آذر با ۶/۹۸ به بیشترین مقدار کاهش و در ماه شهریور به ۱/۶۷ به کمترین مقدار کاهش دبی جریان‌های سطحی می‌رسد.

ایستگاه گتوند با بیش‌ترین افزایش ماهانه جریان‌های سطحی در ماه فروردین با مقدار ۱۵/۲۴ روبه‌رو خواهد شد. شکل ۱۲ مقدار پیش‌بینی دبی را برای تمام سال‌های پیش‌بینی یعنی از سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۷ به مدت ۱۰ سال نشان می‌دهد. مقدار جریان‌های سطحی برای تمام ایستگاه‌های کاهش می‌یابد. این مقدار کاهش از بیش‌ترین به کم‌ترین کاهش حجم دبی به ترتیب در ایستگاه‌های اهواز با ۹/۷۸، دزفول ۷/۵۹، بامدژ ۵/۷۵،



شکل ۱۱- مقدار ناهنجاری جریان‌های سطحی به صورت ماهانه برای سال‌های پیش‌بینی ۱۳۹۸-۱۴۰۷

Figure 11. Surface abnormalities on a monthly basis for forecasting years of 1398-1407



شکل ۱۲- نقشه پیش‌بینی دبی جریان سالانه حوضه استان خوزستان برای سال ۱۳۹۸-۱۴۰۷

Figure 12. Flow forecasting map of the annual flow of the Khuzestan province basin for 1398-1407

نتیجه‌گیری

حجم آبی برای سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۷ نشان داد که جریان‌ات سطحی برای سال‌های پیش‌بینی، در تمام ایستگاه‌های منتخب استان روند کاهشی را طی می‌کنند. بیش‌ترین کاهش جریان‌ات سطحی در ایستگاه اهواز با ۹/۸۷٪ و کمترین کاهش جریان‌ات سطحی در ایستگاه دوکوهه با ۰/۵۷٪ می‌رسد، همچنین بررسی ماهانه پیش‌بینی جریان‌ات سطحی نشان داد که در ماه‌های آذر و شهریور به ترتیب به بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش جریان‌ات سطحی با مقدار ۶/۹۸٪ و ۱/۶۷٪ می‌رسد. بنابراین مسئولان و برنامه ریزان حوزه‌های آبخیزداری و آبی در استان خوزستان باید به فکر راهکارها و تمهیداتی در مقابل این کاهش دبی جریان آبی در ایستگاه اهواز باشند و بتوانند از هدر دادن بی‌مورد آن خوداری کنند. زیرا با کاهش حجم جریان‌ات سطحی در این ایستگاه‌ها مشکلات و محدودیت‌های زیان باری را برای زندگی مردم و کارخانجات وابسته متحمل می‌شوند. از طرف دیگر به دلیل قرارگیری شهر اهواز در مرکز استان قطعاً در آینده با رشد جمعیت شهری، فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی بیشتری مواجه خواهد شد که این نیازمند احساس شدیدتری به آب خواهد شد و با توجه به این مسئولان و برنامه ریزان در

پیش‌بینی جریان سطحی رودخانه جهت مدیریت حوضه‌های آبخیز و به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز شهری از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. در این مناطق کمبود منابع آبی می‌تواند زیان‌ها و آسیب‌هایی به اقتصاد و دارایی‌های کشور و زندگی مردم وارد کند، از طرف دیگر وقوع پدیده‌های حدی هیدرولوژیک نظیر سیلاب‌ها می‌تواند علاوه بر خسارت‌های مالی، خسارت‌های جانی را نیز در پی داشته باشد؛ بنابراین پیش‌بینی دبی جریان‌ات سطحی می‌تواند از بسیاری از مخاطرات کاهش و افزایش حوضه‌های آبی استان را کاهش دهد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد: که بهترین مدل‌های برازش شده در ایستگاه‌های اهواز  $SARIMA(1,0,1)(1,1,1)$ ، بامدژ  $SARIMA(1,0,1)(0,1,1)$ ، تله زنگ  $SARIMA(1,0,1)(1,1,1)$ ، حرمه  $SARIMA(1,1,1)(1,0,1)$ ، دزفول  $SARIMA(1,1,1)(1,0,1)$ ، دشت بزرگ  $SARIMA(1,1,1)(2,0,2)$ ، گتوند  $SARIMA(1,1,1)(0,2,2)$ ، دوکوهه  $SARIMA(1,1,1)(0,2,2)$ ، فارس‌سیاب  $SARIMA(1,0,1)(1,1,2)$  و  $SARIMA(2,1,1)(1,1,2)$  می‌باشند؛ که این مدل‌ها از دقت خوبی برای پیش‌بینی حجم آبی برخوردار بودند و همچنین پیش‌بینی

9. Karvonen T., Koivusalo H., Jauhiainen M., Palko J. and Weppling K. 1999. A hydrological model for predicting runoff from different land use areas, *Journal of Hydrology*, 217: 253-265.
10. Spolia, S.K. and S. Chander. 1970. Modeling of surface runoff systems by an ARIMA model. *J. Hydrology*, 22: 317-332.
11. Chow, V. T., Maidment, D. R. and Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*, New York, Mc Graw Hill Pub. p. 572
12. Ashgar Tosi, S. The prediction of the occurrence of drought in Khorasan province and optimization of the pattern of cultivation for adaptation to it, 2003, Master's degree in irrigation and drainage engineering, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
13. Bashiri, M. Watankha, M. Comparison of Different Time Series Analysis Methods in Monthly Dubai Monthly Forecast Estimation of Karkheh Basin, 2010, *Water Management and Irrigation Journal*, 2. (In Persian)
14. Sharifan, H and Ghahraman, B, Estimation of Rain Forecasting Using ARIMA Technique in Golestan Province, 2007 *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 3 (14). (In Persian)
15. Ghahraman, N and Gharakhani, A, Evaluation of time series models for estimation of evaporation from the case of case study: Shiraz Station", 2011, *Journal of Water Research in Agriculture*, C: (1) 81-75. (In Persian)
16. *Statistical Calendar of Khuzestan Province*, 2017. (In Persian)
17. Cohen, S. A. Ianetz and G. Stanhill. 2002. Evaporative climate changes at

کلیه حوضه‌های مرتبط با آب و سایر بخش باید به این تهدید توجه کنند.

### Reference

1. Manzafari, G, *Urban Hydrology*, 2010, Yazd University Press Center, 1st edition. (In Persian)
2. Asakereh, H, *Modeling of Arima for annual average temperature of Tabriz city*, 2010, *Geography Research Quarterly*, 756.15622-15601. (In Persian)
3. Niromand, H; and Bzorg Nia A, *Time Series*, 2008, Payame Noor University Press. (In Persian)
4. 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.
5. Burlando P. Montana A. and Raze R. 1996. Forecasting of storm rainfall by combined use of radar, rain gages and linear models, *Atmospheric Research*, 42: 199-216.
6. Durdu, o. f. 2010. A hybrid neural network and Arima model for water quality time series prediction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 23: 586-594.
7. Damle, C. and A. Yalcin. 2007. Flood prediction using time series data mining. *Journal of Hydrology*. 333, (2-4): 305-316.
8. 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.

19. Khorrami, Mostafa, Bzorg Nia, A, Analyzing Time Series Models with Minifry Software 14. Spokesperson's Publishing House, Mashhad, 1386, 336. (In Persian)
18. Rahimzadeh, F, Statistical Methods in Meteorological and Climatological Studies. Seyed Bagher Hosseini Publishing House, 2011, Tehran, 463. (In Persian)
- Bet Dagan, 1964-1998. Agricultural and Forest Meteorol. 111(2): 83-91.