

## بررسی خشکسالی و نوسانات اقلیمی با استفاده از سری زمانی ARIMA

(مطالعه موردی: ایستگاه اهواز)

شوکت مقیمی<sup>۱</sup>، علیرضا شکیبیا<sup>۲</sup>، سارا بنی نعیمه<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

<sup>۲</sup> هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی a-shakiba@sbu.ac.ir

<sup>۳\*</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

\* [sun.sb84@yahoo.com](mailto:sun.sb84@yahoo.com)

### چکیده

خشکسالی یکی از جنبه های ذاتی تغییرپذیری شرایط اقلیمی است که بطور کلی در اثر کاهش بارندگی از میزان نرمال و یا میزان مورد انتظار آن در یک دوره ی طولانی مدت بوجود می آید. گرچه برخی آن را واقعه ای نادر و تصادفی می انگارند، اما خشکسالی ویژگی موقت تمام مناطق اقلیمی است و تنها مشخصات آن از یک منطقه به منطقه ی دیگر تفاوت می کند. هدف این پژوهش شناسایی رخداد خشکسالی و بررسی وقوع دوره های خشک ایستگاه اهواز می باشد. که با جمع آوری داده های هواشناسی در ایستگاه اهواز طی دوره آماری ۳۷ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۳) استفاده شده است. به روش آماری و با استفاده از نرم افزارهای Excel، SPSS، لازم به ذکر استفاده شده و سپس به تحلیل الگوهای بارش و اثر آن برخشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد بارش Z و به کمک مدل ARIMA به مدل سازی ریاضی این تغییرات اقدام گردید. نتایج حاکی از تغییرات معنی دار میزان بارندگی می باشد که دارای کاهشی نسبی در انتهای دوره ی مطالعاتی نسبت به ابتدای آن بوده است. همچنین با وجود تغییر نسبی در کمیت شاخص خشکسالی Z طی دو دهه ی اخیر، تغییر ماهیت اقلیمی در منطقه صورت پذیرفته است.

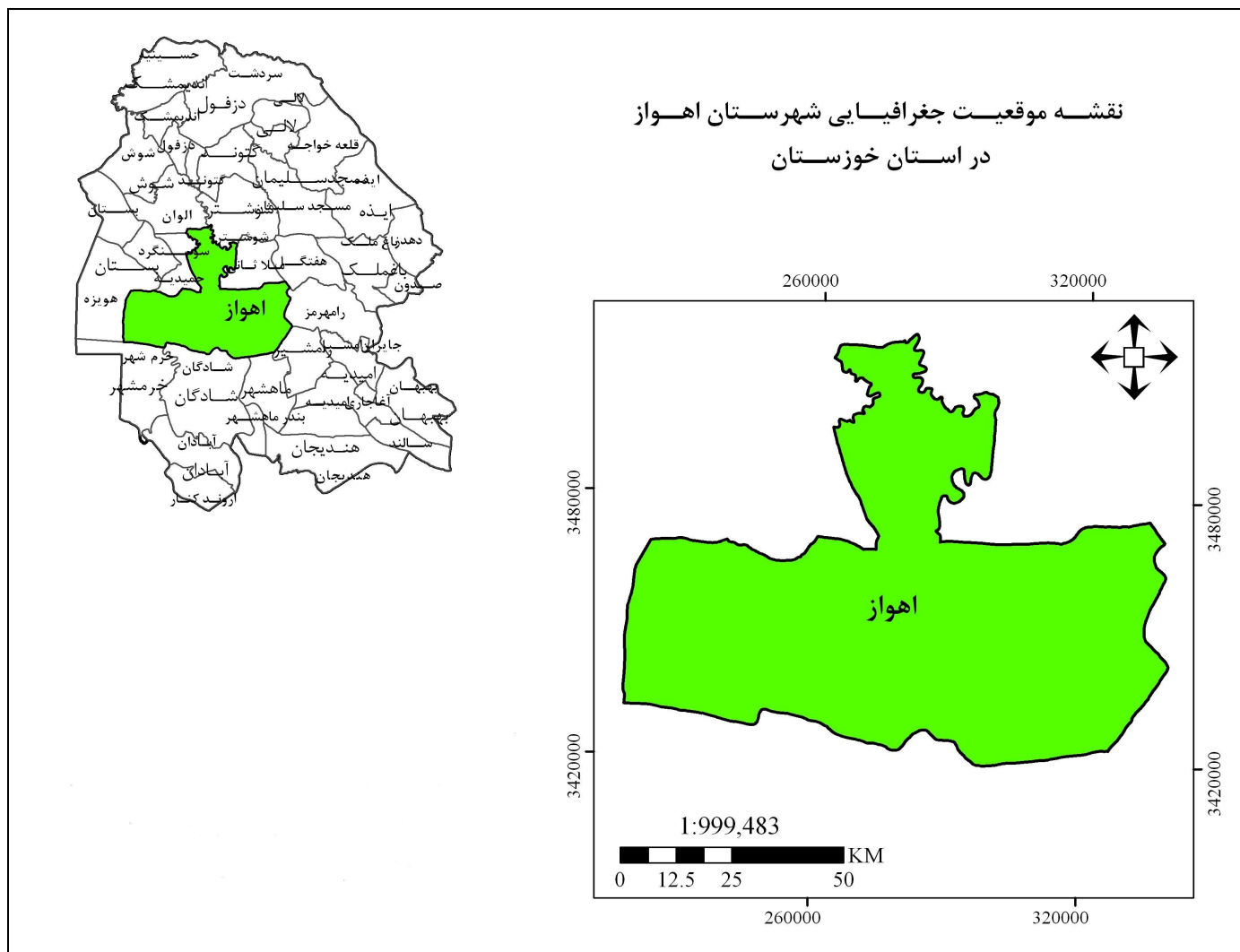
واژه های کلیدی: نوسانات اقلیمی، شاخص استاندارد بارش Z، سری زمانی ARIMA، ایستگاه اهواز

### مقدمه

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. ممکن است هفته ها یا ماه ها طول بکشد تا مشخص شود که آیا واقعاً خشکسالی اتفاق افتاده است یا خیر و به همین ترتیب ممکن است مدت ها پس از شروع بارندگی ها باز هم اثرات خشکسالی وجود داشته باشد. لذا تعریف خشکسالی و چگونگی ارتباط آن با پدیده های هیدرولوژی بسیار مشکل است. (علیزاده، 1383). موقعیت جغرافیایی اهواز در جنوب غرب کشور، در استان خوزستان که از مناطق کم بارش کشور به شمار میرود، خشکی را از ویژگی های آب وهوایی آن ساخته است. پیش بینی پدیده های جوی به ویژه بارندگی به صورت مدل های آماری امکان پذیر است. بررسی های آماری به روش های مختلف تحلیل سری های زمانی، همبستگی خطی و غیر خطی، مدل های ARIMA و انجام می گیرد. (Yosefi, 2007). شاخص Z به منظور کمی سازی کمبود مقدار بارش و پایش وضعیت خشکسالی برای معیار های زمانی کوتاه و بلند مدت طراحی شده است. بر اساس این شاخص می توان آستانه خشکسالی را برای یک دوره زمانی محاسبه نمود که علاوه بر شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می توان تعیین کرد و به منظور هشدار اولیه و پایش شدت خشکسالی اهمیت فراوانی دارد. مدل ARIMA یک سری زمانی خود همبسته \_ میانگین متحرک تلفیق شده است که جهت بررسی روند تغییرات زمانی دراز مدت، فصلی، دوره ای و نامنظم یک را مورد بررسی قرار داد. سری های زمانی نیز یکی از روش های تحلیل چند متغیره هستند که در شناخت عملکرد پدیده های طبیعی در بستر زمان و اصل همانند سازی دارای کاربرد عمده ای هستند. از آنجایی که پیش بینی عملکرد یک پدیده طبیعی مستلزم شناخت و پایش رفتار آن در گذشته و زمان حال می باشد بنابراین شاخصهای فوق الذکر در این مورد کاربرد بسزایی داشته و با استفاده از نتایج آنها می توان به مدیریت بهینه در منطقه پرداخت. همچنین می توانند به عنوان یک ابزاری پر اهمیت و کاربردی در جهت پیش بینی و ارائه تدابیر پیشگیرانه کارشناسان به منظور مدیریت احتمالی بحران و ریسک پدیده های طبیعی نقش به سزایی دارد. به عنوان مثال هر چه میزان شاخص Z کوچکتر باشد به بحرانی شدن وضعیت خشکسالی در منطقه نزدیکتر می شویم.

### موقعیت منطقه

شهر اهواز مرکز استان خوزستان و شهرستان اهواز، بین ۳۱ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. متوسط ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۶ متر است (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۸۹). قرارگیری شهر اهواز در جلگه ودشت پهناور خوزستان باعث گسترش افقی این شهر شده است. در حال حاضر اهواز هفتمین کلان شهر ایران و مساحت آن در حدود ۲۲۵ کیلومتر می باشد (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۸۹). شهر اهواز از لحاظ نسبی در مرکز شهرستان اهواز واقع شده است. عبور رودخانه کارون از میان این شهر و تقسیم آن به دو نیمه شرقی و غربی ویژگی خاص به این شهر داده است. اهواز در دشت پهناور و جلگه خوزستان واقع شده است و جزء محدوده ارتفاعات اندکی در شمال و شمال شرق از شیب عمومی دشت پیروی می کند. همجواری شهرستان اهواز از شمال به شهرستان های شوشتر و دزفول و از شرق به شهرستان رامهرمز، و از غرب به شهرستان دشت آزادگان و از جنوب به شهرستان خرمشهر، شادگان و ماهشهر ویژگی خاصی به این شهرستان داده است (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۸۹).



نقشه (۱) - موقعیت جغرافیایی شهرستان اهواز

از فاکتورهای مهم در تعیین وضعیت اقلیمی هر منطقه، میزان بارش نزولات جوی در آن منطقه می باشد. منظور از بارش به کلیه ی نزولات جوی که به سطح زمین وارد می شوند، از زمانی که یک قطره باران در هوا تشکیل می شود تا موقعی که به زمین می رسد، پدیده هایی رخ می دهند که بیشتر در قلمرو علم هواشناسی است اما هنگامی که به سطح زمین می رسد به عنوان اساسی ترین عنصر چرخه هیدرولوژی به حساب می آید (علیزاده، ۱۳۸۱).

#### مواد و روش ها

جهت بررسی شرایط خشکسالی منطقه مورد مطالعه، مجموع بارش ۳۷ ساله ایستگاه اهواز طی دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۵۳) به نمره استاندارد بارش (Z) تبدیل شد و بر پایه آن خشکسالی ها تحلیل گردید. این شاخص از رابطه زیر بدست می آید:

$$Z = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

رابطه (۱):

$P_i$ : بارش در زمان مشخص

$\bar{P}$ : میانگین بارش

$SD$ : انحراف معیار

جدول شماره ۱ توصیف کیفی خشکسالی ها و ترسالی ها را بر اساس شاخص نمره استاندارد بارش (Z)

نمره شاخص Z	توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی
$Z > 1.75$	ترسالی بسیار شدید
$1.25 < Z < 1.75$	ترسالی شدید
$0.75 < Z < 1.25$	ترسالی متوسط
$0.25 < Z < 0.75$	ترسالی ضعیف
$-0.25 < Z < 0.25$	نرمال
$-0.75 < Z < -0.25$	خشکسالی ضعیف
$-1.25 < Z < -0.75$	خشکسالی متوسط
$-1.75 < Z < -1.25$	خشکسالی شدید
$Z < -1.75$	خشکسالی بسیار شدید

سری زمانی مجموعه ای از مشاهدات در طول زمان است. در هر سری زمانی چند ویژگی وجود دارد که عبارتند از: واحد زمانی ثابت، مکان ثبت ثابت، فاصله زمانی ثابت بین مشاهدات و کمیت مشاهده ای ثابت. مهمترین هدف از تجزیه و تحلیل یک سری زمانی یافتن مدلی است که بتوان بر اساس مشاهدات موجود، اندازه کمیت را در چند واحد زمانی آینده پیش بینی کرد. برای این منظور مدل‌هایی ارائه شده اند که از جمله پرکاربردترین آنها مدل های خود همبسته (Autoregressive)، میانگین متحرک (Moving average) و خود همبسته - میانگین متحرک (Autoregressive Moving Average) است. انجام روال کار به صورت زیر است:

#### ۱-۱- حذف مقادیر پرت

با استفاده از توزیع T و با سطح معنی دار ۹۵٪ داده های پرت شناسایی شده و مقادیر آنها با یک مقدار حاصل از میانبایی خطی جایگزین شد.

#### ۱-۲- حذف روند از سری

هنگام فرمول بندی یک سری زمانی ممکن است لازم باشد سری زمانی ایستا شود. ایستا کردن به معنی ایجاد نوعی تعادل در نوسانات سری است. روند حذف شده در انتها به سری شبیه سازی شده اضافه می شود. از جمله روندهای موجود می توان به روند خطی، روند تناوبی و یا نمایی و توانی از سری زمانی اشاره کرد.

#### ۱-۳- استاندارد سازی

روشهای مختلفی برای استاندارد کردن داده ها وجود دارد. از جمله استاندارد سازی به نحوی که میانگین و انحراف معیار داده ها به مقدار مشخصی تبدیل شوند.

#### ۱-۴- تحلیل اجزای اصلی

در پاره ای موارد تعداد ابعاد بردار ورودی به یک تابع زیاد و اجزای مختلف این بردار به شدت به یکدیگر وابسته هستند. در چنین شرایطی بهتر است که ابعاد بردار ورودی کاهش داده شود (قهرمان و قره خانی، ۱۳۹۰).

#### ۱-۲- روش ارزیابی مدل سری زمانی

یکی از شرایط اولیه استفاده از داده هادر مباحث سری زمانی ایستا بودن آن است، در غیر این صورت باید نایستایی رفع شود (باکس - کاکس، ۱۹۶۴). برای ایستا نمودن داده ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش باکس-کاکس می توان استفاده نمود. مدل های سری زمانی عبارتند از:

#### ۱-۱-۲- مدل تصادفی خود همبسته AR (p)

اساس این مدل بر پایه زنجیره مارکوف در سری زمانی بنا نهاده است. یک سری زمانی از زنجیره مارکوف تبعیت می کند. اگر هر داده ثبت شده سری زمانی t با زمان قبل و زمان بعد از خود مرتبط باشد.

#### ۱-۲-۲- مدل میانگین متحرک MA (q)

در این مدل متغیر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه به علاوه q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمان های قبل از t برآورد می شود.

#### ۱-۳-۲- مدل خود همبسته - میانگین متحرک ARMA (p,q)

هرگاه دو مدل قبل در یکدیگر ادغام شوند، ARMA با مرتبه p و q تصادفی مربوط به زمان های قبل از t برآورد می شود (معادله ۲).

$$Z_t = u + \sum_{t=1}^p (Z_{t-1} - u) - \sum_{t=1}^q \theta_t a_{t-1} + a_t \quad (2) \text{ رابطه}$$

که در آن:

$Z_t$ : مقدار پیش بینی شده

$Z_{t-1}$ : اطلاعات مربوط به گذشته سری

$u$ : میانگین سری

$\alpha, \theta$ : ضرایب مدل

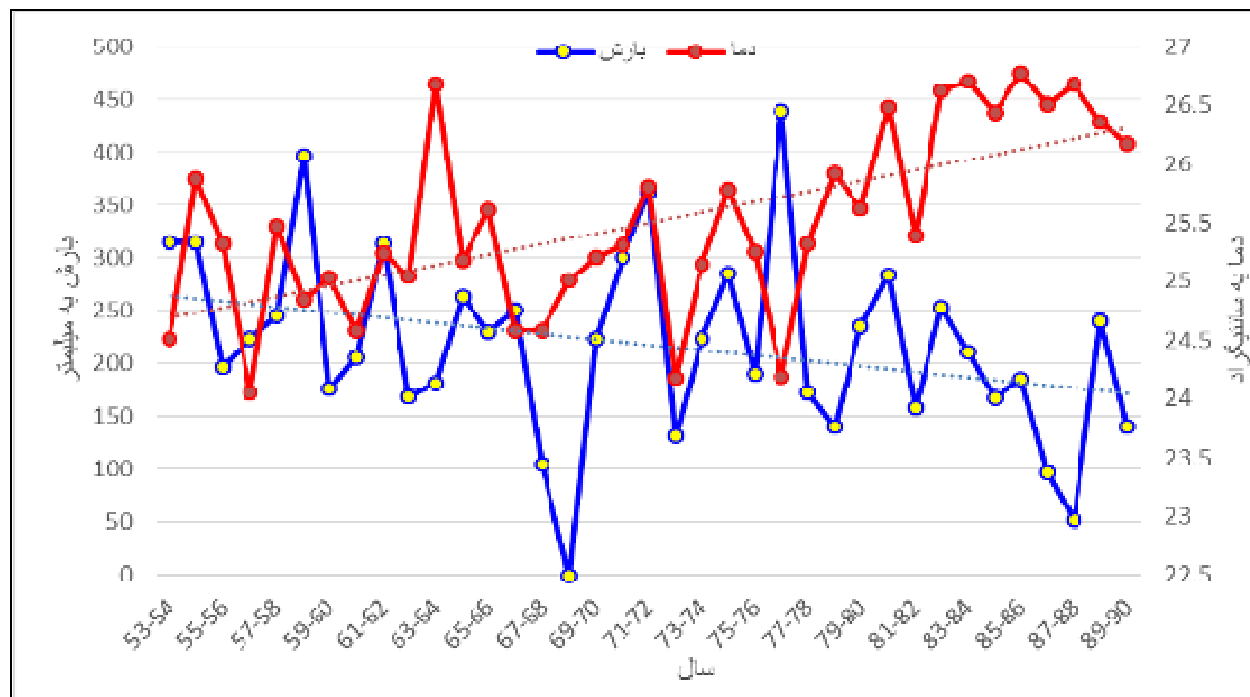
$a_{t-1}$  و  $a_t$  به ترتیب اغتشاش در حال و گذشته می باشد.

#### مدل خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA (p,d,q)

از آنجایی که برای استفاده از مدل های فوق باید فرایند ایستایی برقرار باشد، از اینرو باکس و همکاران (۱۹۹۴) در شرایط نایستایی مدل ARIMA را با مرتبه تفاضلی d ارائه نمودند.

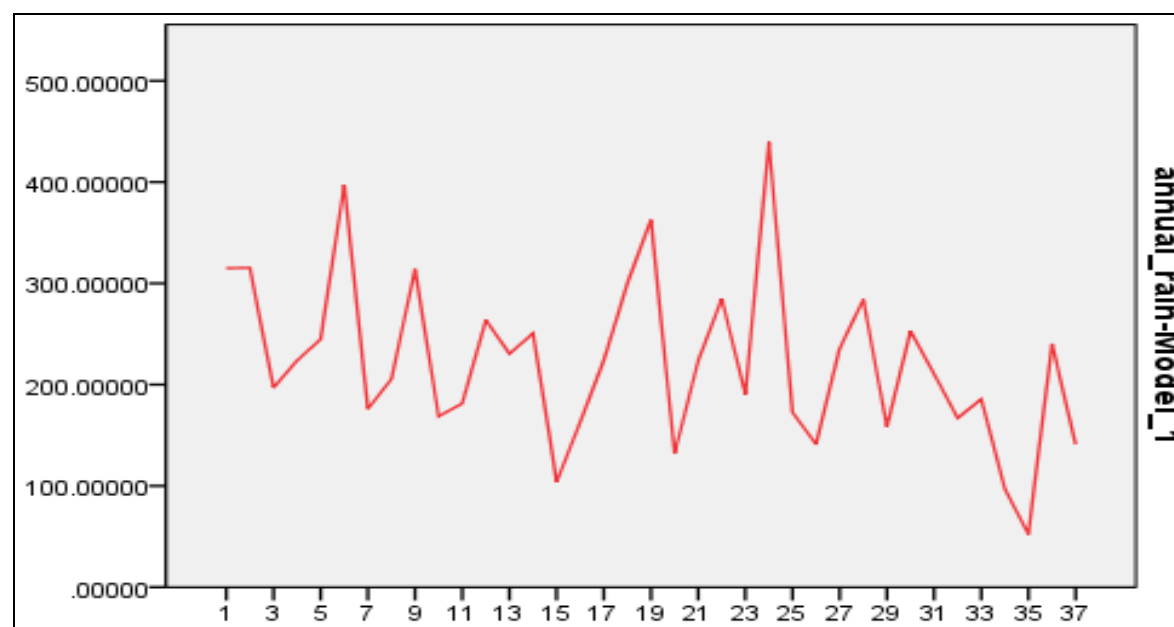
#### نتایج

در زیر تغییرات بارش و دمای ایستگاه اهواز با استفاده از سری زمانی ARIMA جهت بررسی موضوع تغییر اقلیم منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. نمایش نوسان های پارامتر اقلیمی مزبور در زمان اولین مرحله در استفاده از مدل سری های زمانی به شمار می آید. در واقع با نمایش داده ها بر روی محور Xها نوع تغییرات داده ها و ایستایی و نایستایی آنها مشخص می شود (رحیمی و غیور، ۱۳۸۹). نمودار (۱) توزیع زمانی مولفه های بارش و دمای ایستگاه اهواز را در بازه زمانی ۳۷ ساله نشان می دهد.

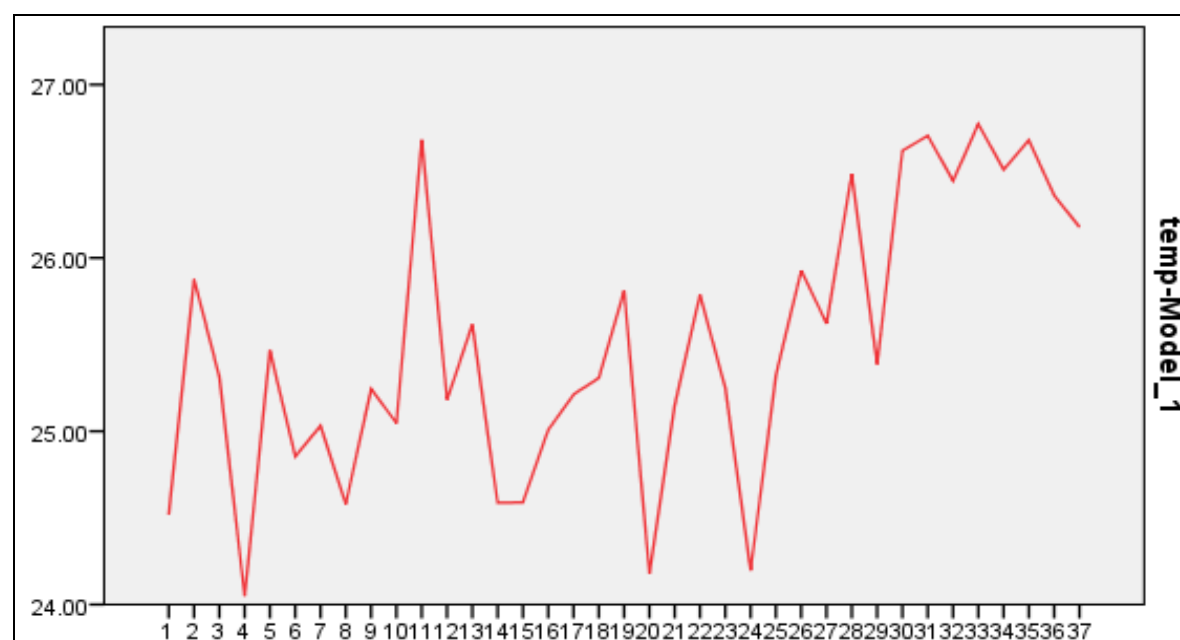


نمودار ۱- توزیع زمانی بارش و دمای ایستگاه اهواز

براساس نمودار (۱) داده های بارش و دمای ایستگاه اهواز در بستر زمان نایستای بوده که باید ایستا گردد. بنابراین با توجه با نایستایی داده ها از روش تفاضل گیری برای ایستایی آنها استفاده شد که نتیجه آن به صورت نمودارهای (۲) و (۳) می باشد.

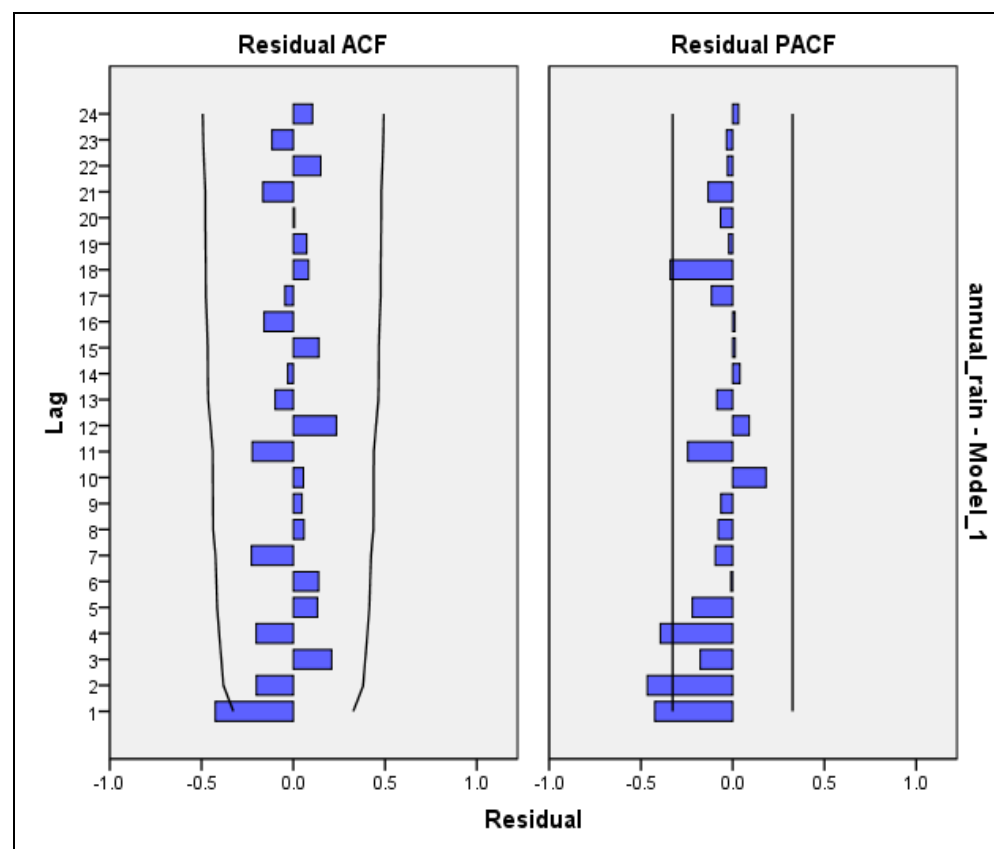


شکل ۲- پراکنش داده های تفاضل گیری شده بارش ایستگاه اهواز

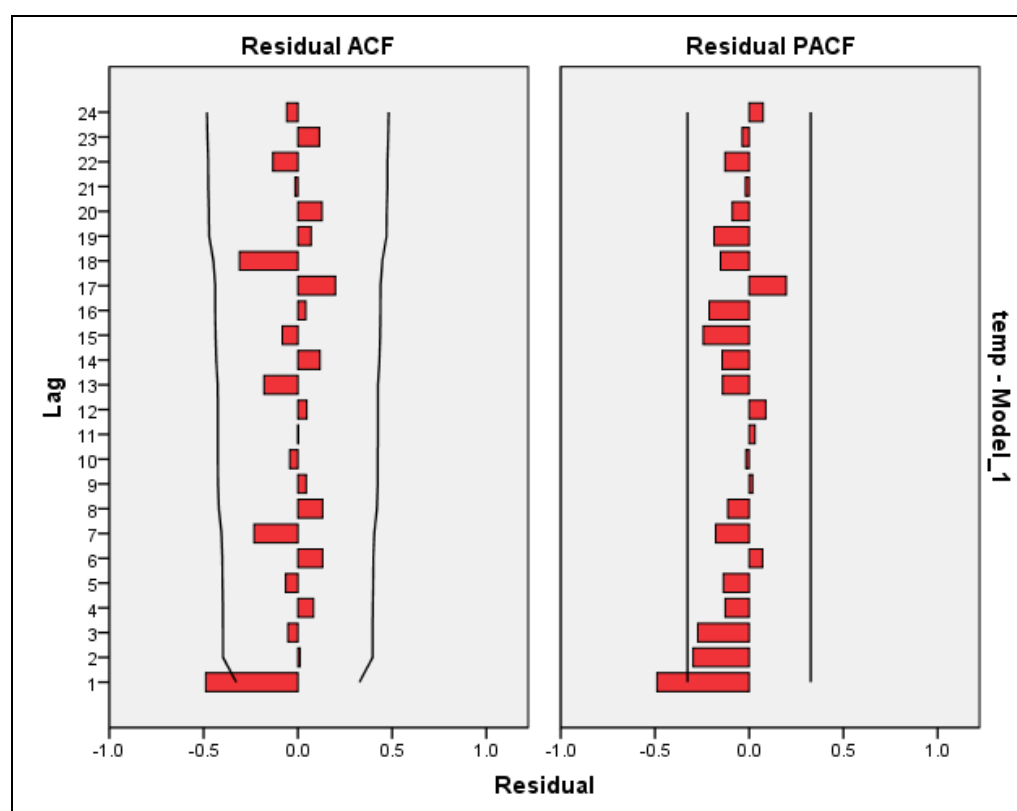


شکل ۳- پراکنش داده های تفاضل گیری شده متوسط دمای ایستگاه اهواز

با توجه به بی روند شدن داده ها به منظور تعیین رتبه مدل از نمودارهای ACF و PACF استفاده شد که به صورت نمودارهای (۴) و (۵) می باشد. نمودارهای زیر نمودار خود همبستگی درونی (ACF) داده ها با رتبه q را نشان می دهد در نمودار خود همبستگی درونی بارش یک مورد از داده های بارش و در نمودار خود همبستگی درونی متوسط دما یک مورد از داده های دما خارج از محدوده معنی داری ۹۵ درصد است. بنابراین نمودار خود همبستگی جزئی (PACF) داده های بارش و دما برای رتبه p ترسیم و شاخص BIC داده ها نیز تعریف گردید.



نمودار ۴- نمودارهای خود همبستگی درونی (ACF) و خود همبستگی جزئی (PACF) داده های بارش ایستگاه اهواز

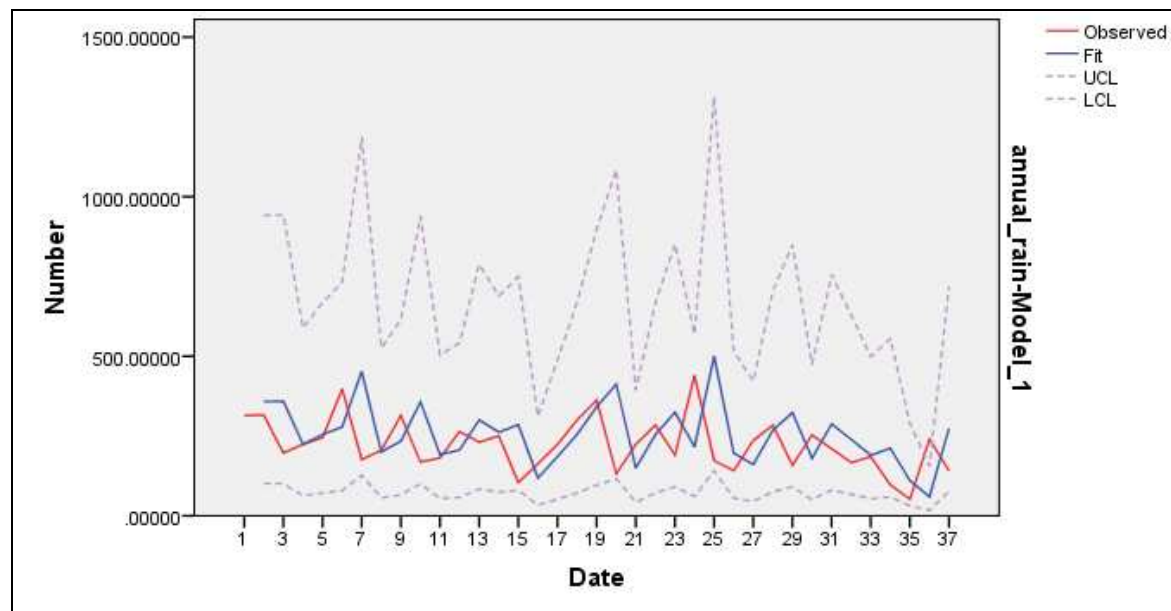


نمودار ۵- نمودارهای خود همبستگی درونی (ACF) و خود همبستگی جزئی (PACF) داده های متوسط دمای ایستگاه اهواز

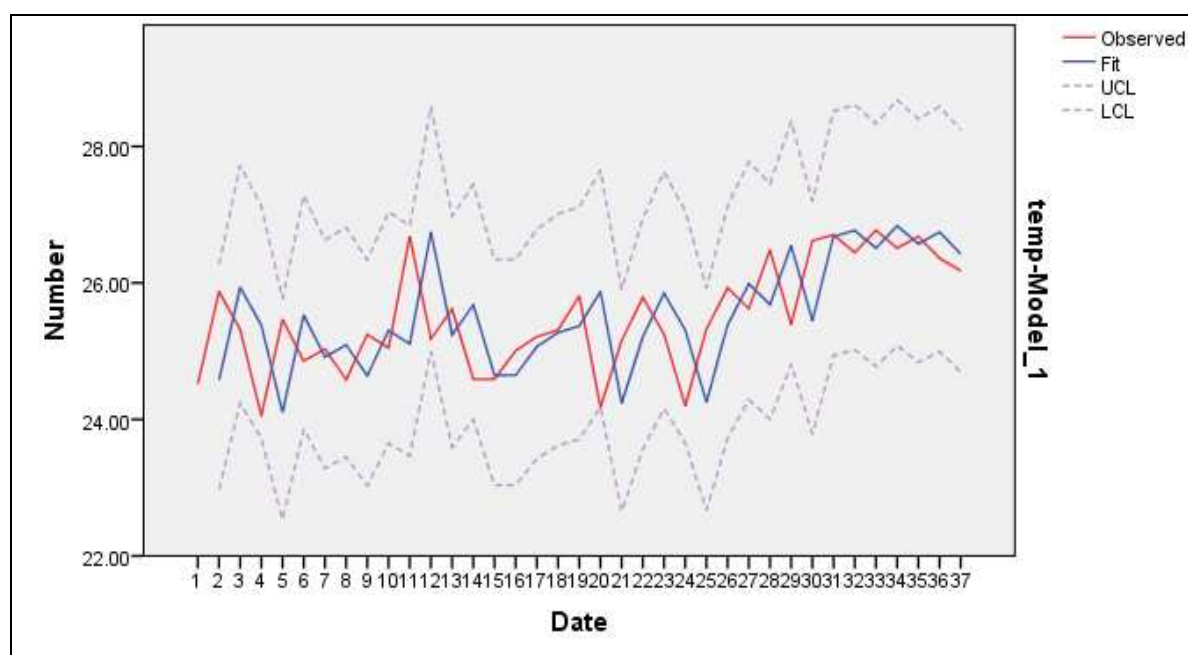
بنابراین با توجه به پارامترهای BIC و AIC مدل  $ARIMA(0,1,4)$  برای داده های بارش و مدل  $ARIMA(0,1,1)$  برای داده های دمای ایستگاه اهواز مناسب شناخته شد. در نتیجه ضرایب موثر مدل سری زمانی داده های بارش و دمای ایستگاه اهواز به صورت جدول (۲) می باشد. همچنین رابطه بین مقدار مشاهده شده و مقدار پیش بینی شده این مولفه ها در ایستگاه اهواز براساس مدل های فوق به صورت نمودار (۶) و (۷) می باشد.

جدول ۲- ضرایب مدل سری زمانی داده های ایستگاه اهواز

پارامتر	مدل	ضریب تعیین ایستا	ضریب تعیین	RMSE	MAPE	MaxAPE	MAE	MaxAE	BIC نرمالیزه
بارش	$ARIMA(0,1,4)$	۰.۲۸۳	-۰.۴۳۱	۹۹.۶۷۶	۴۲.۹۲	۱۷۱.۳۱۷	۷۸.۱۳۷	۲۲۵.۹۶۷	۹.۴۰۳
دما	$ARIMA(0,1,1)$	-۴.۱۲	-۰.۱۴۶	۰.۸۳۷	۲.۶۴	۷.۰۱۱	۰.۶۶۹	۱.۶۹۵	-۰.۲۵۷



نمودار ۶- رابطه بین مقدار مشاهده شده و مقدار پیش بینی شده بارش ایستگاه اهواز

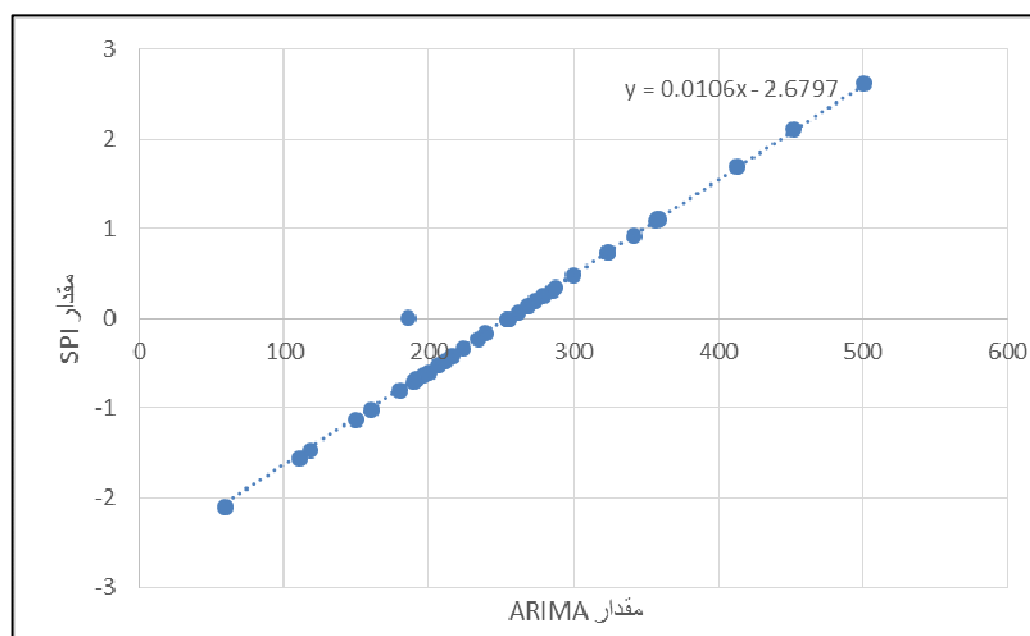


شکل ۷- رابطه بین مقدار مشاهده شده و مقدار پیش بینی شده دمای متوسط ایستگاه اهواز

جهت تعیین تاثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی منطقه مبادرت به رابطه سنجی بین داده های حاصل از شاخص استاندارد Z و مقادیر پیش بینی شده سری زمانی آریما در ایستگاه اهواز گردید. نتایج حاصل از این رابطه سنجی به صورت جدول (۳) و نمودار (۸) می باشد.

جدول ۳- مقادیر مولفه های حاصل از ارتباط بین خشکسالی و تغییر اقلیم ایستگاه های نماینده در استان خوزستان

ایستگاه	رابطه	R	R2	Adjusted R2	STD error	sig
اهواز	خطی	۰.۹۹۲	۰.۹۸۵	۰.۹۸۴	۱۱.۷۸۷	۰.۰۰۰



نمودار ۸- ارتباط بین خشکسالی و تغییر اقلیم ایستگاه اهواز

از آنجایی که خشکسالی تابعی از مقدار بارش سالیانه یک منطقه می باشد، با افزایش مقدار بارش طی دوره های مذکور مقدار خشکسالی کاهش یافته و با کاهش بارش سالیانه، تداوم خشکسالی ها افزایش می یابد. به تبع این موضوع نیز بین سری زمانی پیش بینی شده داده های بارش با مقدار خشکسالی محاسبه شده با شاخص بارش استاندارد شده نیز یک رابطه خطی بسیار قوی وجود دارد. بطوریکه مقدار ضریب تبیین بالای روابط و همچنین مقدار پایین خطای برآورد استاندارد نیز حاکی از تایید این ادعا می باشد. در یک نتیجه گیری کلی می توان بیان نمود که با توجه به نتایج شاخص های سری زمانی آریما اقلیم منطقه به سوی یک آب و هوای گرم و خشک از امروزه تمایل دارد و از آنجایی که بین مقدار سری زمانی و مقدار

خشکسالی رابطه مستقیم خطی با ضریب تبیین بسیار بالا وجود دارد، پس بنابراین مقدار و تعداد خشکسالی های آتی به تبع کاهش بارش و افزایش دما روند صعودی به خود گرفته و نشان از استیلا یک منطقه خشک با خشکسالی های مداوم می باشد. در مجموع روند کلی بارش منطقه یک روند نزولی بوده، بنابراین تعداد دوره های خشکسالی و تداوم آنها نیز در سال های آینده نیز دارای روند صعودی خواهد بود.

نتایج حاصل از مقادیر پیش بینی بارش ایستگاه اهواز با استفاده از مدل های ARIMA به صورت جدول (۴) می باشد. همچنین جهت تعیین روند خشکسالی های آتی ایستگاه مزبور مقدار شاخص خشکسالی برای سال های متناظر محاسبه و گزارش گردید به صورت جدول زیر و شکل زیر می باشد.

جدول (۴) - نتایج مقادیر پیش بینی بارش ایستگاه اهواز با استفاده از مدل های ARIMA

ایستگاه اهواز			ایستگاه اهواز		سال
Z	ARIMA	سال	Z	ARIMA	
-1/86	141/34	1408-09	1/99	310/62	1390-91
-1/05	177/31	1409-10	1/95	308/87	1391-92
0/84	260/27	1410-11	1/00	267/44	1392-93
0/32	237/20	1411-12	1/23	277/46	1393-94
0/69	253/71	1412-13	0/58	248/99	1994-95
0/78	257/52	1413-14	0/34	238/14	1395-96
-0/14	217/12	1414-15	-0/41	205/52	1396-97
1/97	309/79	1415-16	1/13	273/24	1397-98
0/96	265/47	1416-17	0/26	234/72	1398-99
0/28	235/76	1417-18	0/14	229/64	1399-00
-0/50	201/47	1418-19	0/61	250/18	1400-01
-0/20	214/33	1419-20	-0/11	218/40	1401-02
-1/23	169/23	1420-21	-0/67	193/82	1402-03
-0/70	192/77	1421-22	-0/63	195/66	1403-04
-0/88	184/49	1422-23	-0/68	193/42	1404-05
-0/94	182/15	1423-24	-0/01	222/97	1405-06
-0/87	185/26	1424-25	-1/07	176/32	1406-07
-1/66	150/16	1425-26	-1/45	159/37	1407-08
<b>223.34</b>					<b>میانگین</b>
<b>43.97</b>					<b>انحراف معیار</b>

جهت بررسی مقادیر خشکسالی های زمان حاضر با داده های خشکسالی پیش بینی شده، تعداد سال های زیر حد نرمال ملاک کار قرار گرفت و با یکدیگر مقایسه گردید که نتایج آن به صورت جدول زیر می باشد.

جدول ۵- تعداد و فراوانی سالهای همراه با خشکسالی ایستگاه اهواز در زمان حال و آینده

اهواز		ایستگاه
فراوانی	تعداد	دوره
٪۴۸/۶۵	۱۸	۵۳ تا ۹۰
٪۵۲/۷۸	۱۹	۹۰ تا ۱۲۶
٪۴/۱۳	۱	مقدار افزایشی

#### بحث و نتیجه گیری

همانطور که از داده ها و نمودارهای فوق مشاهده می گردد روند بارش ایستگاه اهواز از سال های ۵۳ تا ۶۹ روند کاهشی داشته است، اما از سال های ۶۹ تا ۷۷ روند افزایش داشته و به دنبال آن نیز از سال ۷۸ تا ۹۰ روند بارندگی ها کاهشی بوده است. این تغییرات نشان از نوسانات مقدار بارش این ایستگاه در طی دوره آماری بوده که طبیعی می باشد. ولی در مجموع مقدار بارش سالیانه ایستگاه طی دوره آماری به صورت بلند مدت دارای روند نزولی بوده که شاید بتوان آن را طی یک دوره بلند مدت به تغییرات اقلیمی و تمایل اقلیم منطقه به سوی یک اقلیم خشک نسبت داد. در مورد دما نیز روند بدین گونه است که تا سالهای ۷۰ - ۷۱، متوسط دمای سالیانه حول میانگین در حال نوسان بوده به گونه ای که در پاره ای از سالها از میانگین بیشتر و در پاره ای از سالها از میانگین کمتر بوده است در حالی که حوال محور میانگین کل در نوسان می باشد. اما از این دوره به بعد روند تا حدودی فرق کرده به طوری که میانگین کل دارای نوسان بوده و روند صعودی دارد به طوری که روند آن کاملا در نمودارها مشهود بوده و در حال افزایش می باشد. این موضوع می تواند حاکی از تمایل دمای منطقه به سوی اقلیمی به مراتب کمتر از حال حاضر می باشد و می تواند موید مقوله گرمایش جهانی باشد. همانگونه که در اشکال بالا مشاهده می گردد روند بارش در تمامی ایستگاه برای مقادیر پیش بینی شده یک روند نزولی را نشان می دهد. این روند در ایستگاه های اهواز بالا بوده به طوری که بارز و مشخص است. تفاوت دیگری که از آمار پیش بینی شده نمایان است دامنه نوسان ایستگاه می باشد، به گونه ای که نوسان و بی نظمی های بارشی در ایستگاه اهواز می باشد. به تبع از بارش روند خشکسالی های آتی ایستگاه اهواز نیز روند نزولی به سمت اعداد منفی دارد که نمایانگر خشکسالی ها با شدت بالاتر از زمان حاضر است.

#### پیشنهادات

نتایج این مطالعه می تواند دستاوردهای قابل توجهی را برای اهواز به همراه داشته باشد به طوری که با شناخت کامل از وضعیت حاکم بر ایستگاه اهواز و از طریق وضع ضوابط و استانداردهای زیست محیطی مناسب می توانند فرآیند توسعه پایدار را با هزینه زیست محیطی کمتری طی نمایند. همچنین نتایج بدست آمده از این تحقیق، حاکی از آن است که ایجاد یک نظام کارآمد مدیریت ریسک در کنار نظام موجود، در کشور نه تنها در عملکرد بهتر صنایع وابسته به بخش های کشاورزی اختلالی ایجاد نمی کند بلکه هم لازم است و هم ضروریست.

## تشکر و قدردانی

با تشکر از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی و سازمان آب و برق خوزستان واحد آب دفتر مطالعات پایه و منابع آب که در این زمینه مرا یاری کردند.

## فهرست منابع

- ۱- بداق جمالی، ج. جوانمرد، س. و شیر محمدی، ر. ۱۳۸۱. پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، ۲۴-۶۷.
- ۲- علیزاده، امین، (۱۳۸۱). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ ششم، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۳- کارآموز، محمد، ۱۳۸۶، مدیریت جامع خشکسالی در حوزه های آبریز، دانشکده فنی مهندسی تهران.
- ۴- فرج زاده، منوچهر (۱۳۷۴)، تحلیل و پیش بینی خشکسالی در ایران، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- مساعدی، ابوالفضل. خلیلی زاده، مجتبی. استادکلایه، امین محمدی، ۱۳۸۷، پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۲.
- ۶- مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۷۷، بررسی نظام تغییرات زمانی مکانی بارش در ایران، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه اصفهان
- ۷- Alijani, B. (2005). Analyses and Prediction of precipitation in Iarestan region using Markov chain models. The Iranian Journal of Research in Geography (Quarterly), 7 (2):11-34
- 8- Bakker, E.J. 1992. Rainfall and risk in India's agriculture. An ex-ante evaluaton of rainfall insurance. Groningen Theses in Economics, Management and Organization. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- 9- Boogaard, H.L., Van Diepen, C.A., Rotter, R.P., Cabrera, J.M.C.A., and Van Laar, H.H. 1998. User's guide for the OFOST 7.1 crop