



ارائه مدل استوکاستیک جهت پیش بینی خشکسالی در شهرستان شیراز

محمد داوود عدالت گستر^۱، علی فرزادیان^۲، سید ناصر امیری^۳

چکیده

در میان بلایای طبیعی خشکسالی از اهمیت و گستردگی قابل ملاحظه ای برخوردار می باشد که علی رغم تلفات انسانی کم از خسارتهای اقتصادی و تبعات اجتماعی فراوانی برخوردار هستند. استان فارس در عین دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و خشکسالی با شدت و ضعف های مختلف از ویژگی های اصلی آب و هوای آن محسوب می شود. وقوع خشکسالی های مکرر در سطح استان فارس مبین همین ویژگی آب و هوایی می باشد که ضرورت مطالعه و مدل سازی رفتار پدیده خشکسالی را در استان فارس بیش از پیش نمایان می سازد. با مدل سازی و پیش بینی خشکسالی می توان سیاست های مدیریتی مناسب را در جهت کاهش اثرات خشکسالی اتخاذ نمود. یکی از روشهای مدل سازی و پیش بینی خشکسالی استفاده از تحلیل سری های زمانی می باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از آمار ایستگاه سینوپتیک شیراز اقدام به ارائه مدل سری زمانی جهت پیش بینی خشکسالی های شهرستان شیراز شده است. در این راستا آمار سالهای ۱۳۵۰ الی ۱۳۸۷ ایستگاه سینوپتیک شیراز جمع آوری و با استفاده از شاخص شدت خشکسالی بارش استاندارد شده اقدام به مدل سازی بوسیله مدل های **ARIMA** ضریبی گردیده است. در نهایت با بررسی مدل های مختلف مدل بهینه انتخاب و با استفاده از آن اقدام به پیش بینی خشکسالی برای سال ۱۳۸۹ در شهرستان شیراز شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که پدیده خشکسالی در شهرستان شیراز دارای رفتار فصلی با دوره ۲۴ ماهه می باشد.

کلید واژه : خشکسالی، شاخص شدت خشکسالی بارش استاندارد شده، سری های زمانی، **ARIMA** ضریبی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد (davood_edalat_gostare@yahoo.com)

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد (farzadiyanali@yahoo.com)

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد (amiri_naser@yahoo.com)



مقدمه

کشور ما در عین گستردگی در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکسالی با شدت و ضعف های مختلف از ویژگی های اصلی آب و هوای آن محسوب می شود. به طور کلی هیچ منطقه ای از کشور از این پدیده در امان نبوده و نسبت به موقعیت طبیعی خود اثرات زیان بار آن را تجربه می کنند. به همین جهت مطالعه نقش و اثر خشکسالی در کشور با توجه به واقع شدن ایران در قلمرو آب و هوایی خشک و نیمه خشک جهانی و در نتیجه حساسیت زیاد کشور به این مسئله، ضرورت فوق مطالعه و بررسی خشکسالی را بیشتر جلوه گر می سازد. بنابراین با توجه به درجه اهمیت خشکسالی، نوع و شدت آن سطوح اطلاع رسانی و در نتیجه مدیریت آن متفاوت خواهد بود. پیش بینی خشکسالی این امکان را برای مدیران و تصمیم گیران بخش آب و سایر بخش های اقتصادی فراهم می کند تا بهتر با این بلای طبیعی مقابله کنند. یکی از روشهای پیش بینی خشکسالی استفاده از تحلیل سری های زمانی می باشد. تحلیل سری زمانی به طور نظری و عملی از سالهای ۱۹۷۰ به بعد برای پیش بینی و کنترل به سرعت توسعه پیدا کرده است. این تحلیل معمولاً به داده هایی مربوط می شود که مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته اند (۱). تحقیقی در رابطه با مدل سازی روند بارش و پیش بینی خشکسالی های حوضه آبریز دریاچه ارومیه صورت گرفته است. در این تحقیق با استفاده از سری های زمانی، بارش در زیر حوضه های منتخب حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد مطالعه قرار است. از دیگر تحقیقات انجام گرفته در زمینه پیش بینی خشکسالی استفاده از سری های زمانی و مدل آریمای (ARIMA) برای پیش بینی بارش چهار ایستگاه حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخت. (۲). در تحقیقی دیگر خشکسالی های حوضه آبریز مند و قره آغاج توسط مدل های ARIMA تحلیل و اقدام به پیش بینی خشکسالی توسط شاخص استاندارد شده بارش شده است. (۳)

منطقه مورد مطالعه

استان فارس با مرکزیت شیراز دارای متوسط بارندگی حدود ۳۲۵ میلیمتر و وسعت ۱۲۲۶۰۹ کیلومترمربع در ارتفاع ۱۴۹۱ متری از سطح دریا و در جنوب ایران قرار دارد. شهرستان شیراز به مرکزیت شهر شیراز با وسعت ۱۰۴۳۴ کیلومترمربع ۸/۵



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



درصد کل مساحت خاکی استان فارس را به خود اختصاص داده است. این شهرستان در محدوده جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (۱). متوسط بارش این شهرستان ۳۳۵/۶۵ و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۸/۰۴ درجه سانتیگراد است. با توجه به اهمیت جغرافیایی، اقلیمی و کشاورزی شهرستان شیراز، هدف از پژوهش حاضر مدل سازی و پیش بینی خشکسالی در این شهرستان با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شیراز می باشد.

روش تحقیق

برای پیش بینی خشکسالی در شهرستان شیراز از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) و تحلیل سری زمانی استفاده شده است. برای این منظور ابتدا اقدام به جمع آوری داده های بارندگی مربوط سالهای ۱۳۵۰ الی ۱۳۸۷ متعلق به ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شیراز گردید. بعد از کنترل کیفیت آمارها آزمون همگنی (Runs Test) به منظور اطمینان از همگنی و تصادفی بودن داده ها انجام شد. بعد از این مرحله نواقص داده های بارندگی بوسیله روش ایستگاه معرف بازسازی گردید. بعد از آماده سازی داده ها اقدام به محاسبه شاخص استاندارد شده بارش (SPI) گردید.

تعریف شاخص استاندارد شده بارش

تعریف پیشنهادی بر اساس بارندگی استاندارد شده بنا شده است. در این تعریف بارندگی استاندارد شده در حقیقت تفاضل بارندگی از میانگین یک دوره زمانی خاص می باشد که بر انحراف معیار تقسیم می شود. به طوری که میانگین و انحراف معیار از سوابق و وقایع گذشته قابل تعیین می باشد. معادله زیر نحوه محاسبه شاخص استاندارد شده بارش را نشان می دهد.

(هیز ۲۰۰۳)

$$SPI = \frac{y - \bar{y}}{s} \quad (1-3)$$



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



S: انحراف معیار بارش ایستگاه

\bar{Y} : متوسط بارندگی در همان ایستگاه

طبقه بندی مربوط به این شاخص در جدول شماره (۱) آمده است.

یافتن مدل مناسب جهت تحلیل سری زمانی شاخص SPI

با توجه به اینکه مدل های احتمال سری های زمانی برای سری های ایستا در میانگین و واریانس تعریف شده اند، لازم است ابتدا ایستایی در میانگین و واریانس بررسی شود و در صورت نایستایی با انجام تبدیلات مناسب آن را به یک سری ایستا تبدیل نمود. اگر قرار باشد هر دو نوع تبدیل (تفاضلی کردن و تبدیلات باکس-کاکس) انجام شود، ابتدا اقدام به ایستا کردن واریانس می شود. (خرمی و بزرگ نیا ۱۳۸۶). بعد از محاسبه شاخص استاندارد شده بارش باید اقدام به ساختن سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش نمود. (نمودار ۱) در مرحله بعد باید سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش به لحاظ ایستایی در میانگین و واریانس مورد ارزیابی قرار گیرد. نمودار سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش نشان دهنده نایستایی سری در میانگین می باشد ممکن است که سری هم در میانگین و هم در واریانس نایستایی باشد، در این صورت ابتدا باید واریانس را ایستا نمود. یکی از روش های ایستا سازی واریانس روش تبدیلات باکس-کاکس است. (چتفیلد ۱۹۹۹). با توجه به نایستایی سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش در میانگین با استفاده از روش تفاضل گیری گردید. یکی از روشهای مدل سازی سری های زمانی روش باکس-جنکینز یا روش ARIMA می باشد. در راستای مدل سازی یک سری زمانی به روش باکس-جنکینز یا به عبارت دیگر توصیف رفتار یک سری زمانی به زبان ریاضی سه مرحله کلی در نظر گرفته می شود (باکس و جنکینز، ۱۹۷۶).

۱- تشخیص مدل اولیه ۲- برآورد پارامترهای مدل شناسایی شده ۳- بررسی مناسبت مدل



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



جهت تشخیص یک مدل آزمایشی باید حداقل ۵۰ داده مشاهده ای از سری زمانی مورد نظر در دسترس باشد تا بتوان مدل آزمایشی **ARIMA** را تعیین نمود. (خرمی و بزرگ نیا ۱۳۸۶).

تشخیص مدل اولیه

یکی از ابزارهای مهم در تشخیص آزمایشی و اولیه مدل سری زمانی استفاده از نمودار تابع خودهمبستگی (**Autocorrelation Function**) که به اختصار **acf** خوانده می شود و نمودار تابع خودهمبستگی جزئی (**Partial Autocorrelation Function**) که به اختصار **pacf** خوانده می شود، می باشد. بوسیله رفتار این دو تابع می توان یک مدل اولیه برای سری زمانی در نظر گرفت و بعد مناسب آن را بررسی نمود. (خرمی و بزرگ نیا ۱۳۸۶). نمودار **acf** و **pacf** سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش در ایستگاه سینوپتیک شیراز در نمودار (۳و۲) آورده شده است.

تخمین پارامترهای مدل (برازش مدل)

برازش مدل به معنی برآورد پارامترهای مجهول مدل می باشد. پس از شناسایی مدل آزمایشی، باید اقدام به محاسبه پارامترهای مدل کرد. برای برآورد پارامترهای جملات اتورگرسیون مدل **ARIMA** از روش (**Burg**) یا روش (**Yule-Walker**) و برای برآورد میانگین متحرک مدل **ARIMA** از روش (**Hannan-Rissanen**) استفاده شده است. (فاطمی قمی ۱۳۷۵).

بررسی مناسبیت مدل

پس از تشخیص یک مدل مناسب و برآورد پارامترهای آن باید مشخص شود که آیا مدل برازش یافته برای سری زمانی مناسب می باشد یا خیر. برای این کار از معیار اطلاعاتی آکائیک (**AIC**) استفاده شده است. این تست بر اساس واریانس های تخمینی مدل استوار بوده که توسط آکائیک در سال ۱۹۷۴ ارائه شده است و به صورت معادله زیر می باشد.



$$AIC(p+q) = N.Ln(\sigma_{\varepsilon}^2) + 2(p+q) \text{ (ARIMA Model)}$$

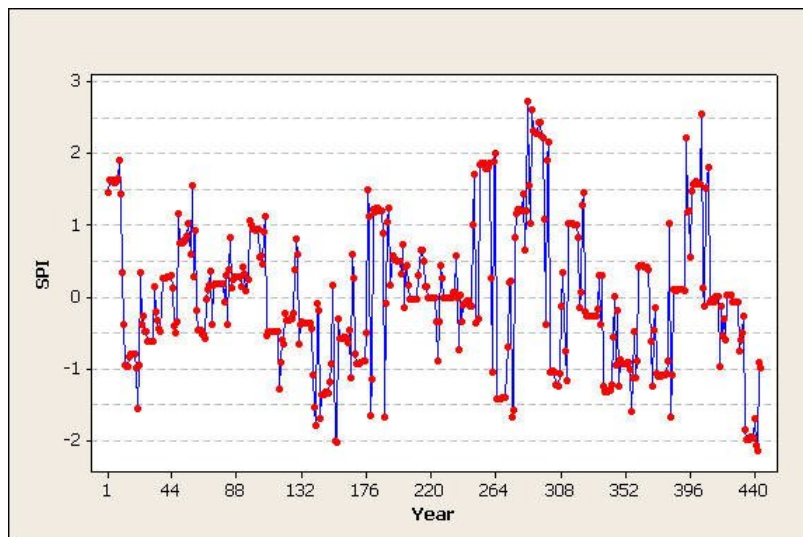
که در آن p و q مرتبه مدل، N تعداد داده ها و σ_{ε}^2 واریانس تخمینی می باشد. طبق این تست هر مرتبه ای که کمترین مقدار AIC را داشته باشد از نظر پیش بینی و تطبیق ایده آل می باشد. (فاطمی قمی ۱۳۷۵). نتایج حاصل از بررسی مدل سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش در جدول (۲) آمده است.

پیش بینی (Forecasting)

بعد از نهایی شدن مدل و بررسی مناسبت آن توسط معیار (AIC) اقدام به پیش بینی شاخص استاندارد شده بارش در ایستگاه سینوپتیک شیراز برای سال ۱۳۸۹ گردید برای پیش بینی نیز از روش باکس-جنکینز استفاده شده است. نتایج حاصل از آن در نمودار (۴) ارائه شده است.

نتایج و بحث

در این پژوهش بعد از آماده سازی داده ها و آزمون همگنی و محاسبه شاخص استاندارد شده بارش، اقدام به ساختن سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش شده است که در نمودار شماره (۱) آمده است. بررسی نمودارهای توابع خودهمبستگی (acf) و خودهمبستگی جزئی ($pacf$) در نمودارهای ۲ و ۳ نشان دهنده نا ایستایی سری در میانگین است.

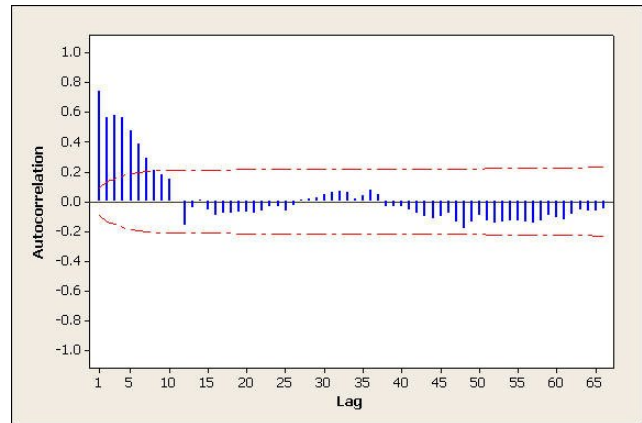
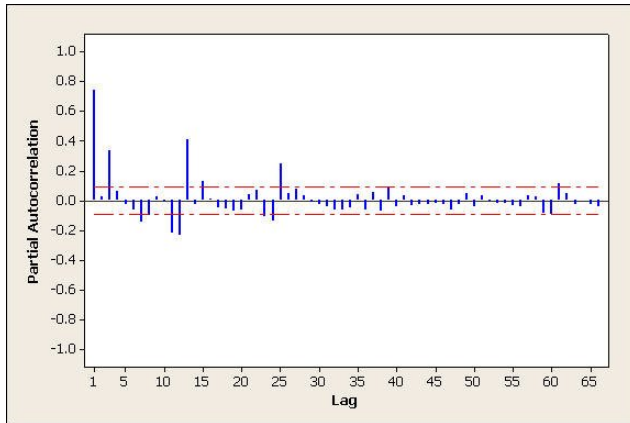




همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



نمودار ۱. سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش در ایستگاه سینوپتیک شیراز



SPI نمودار ۲. تابع خود همبستگی سری زمانی شاخص

SPI نمودار ۳. تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی شاخص

با بررسی نمودارهای خود همبستگی و خود همبستگی جزئی سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش مشخص می شود که روند خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک شیراز دارای مولفه ۱۲ می باشد لذا برای ایستاسازی سری اقدام به تفاضلی کردن با مرتبه ۱۲ فصلی شد. مدل مناسب برای این سری مدل $ARIMA(0,1,0) * (2,1,1)_{12}$ می باشد. برای بررسی مناسبیت مدل از معیار آکائیک (AIC) استفاده شد که نتایج بررسی مناسبیت مدل و پارامترهای محاسبه شده مدل در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول (۱): محدوده های مختلف شاخص استاندارد شده بارش

مفهوم اقلیمی	حدود شاخص SPI
ترسالی بسیار شدید	$Z > 2$
ترسالی شدید	$1.99 < Z < 1.5$
ترسالی متوسط	$1.49 < Z < 1$
نرمال	$-1 < Z < 1$



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸

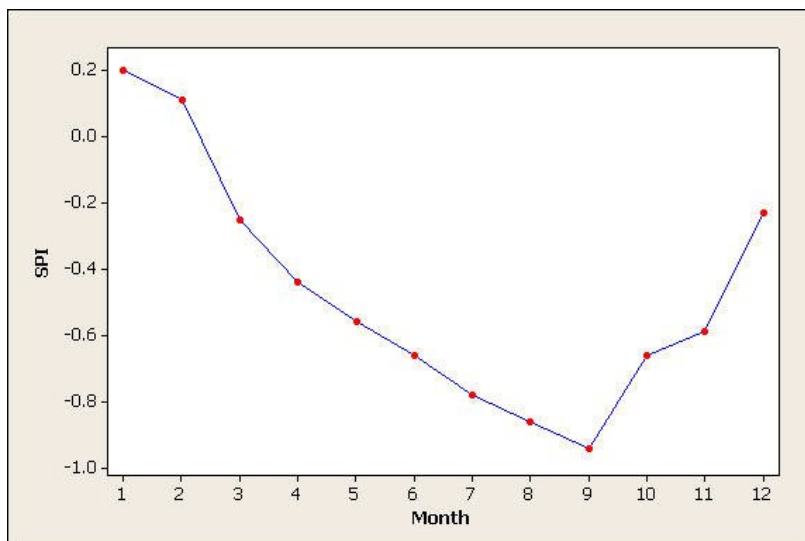


$-1.49 < Z < -1$	خشکسالی متوسط
$-1.99 < Z < -1.5$	خشکسالی شدید
$Z < -2$	خشکسالی بسیار شدید

جدول (۲) مشخصات مدل نهایی سری زمانی ایستگاه سینوپتیک شیراز

رتبه تفاضلی فصلی	رتبه تفاضلی عادی	تبدیل واریانس	نوع مدل
۱۲	۱	ندارد	$ARIMA(0,1,0) * (2,1,1)_{12}$
پارامترهای مدل			
$X(t) = .02017 X(t-1) + .03691 X(t-8) - .05165 X(t-11) - .7871 X(t-12) + .03114 X(t-13) - .05248 X(t-24) + Z(t) + .04569 Z(t-3) + .0000 Z(t-10) - .009396 Z(t-11) - .9570 Z(t-12)$			
معیار آکانیک (AIC) = ۲۳۶/۵۷			

بعد از مشخص شدن مدل نهایی و بررسی مناسبیت مدل پیش بینی خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک شیراز برای سال ۱۳۸۹ با استفاده از روش باکس-جنکینز انجام گرفت. نمودار سری زمانی شاخص استاندارد شده بارش پیش بینی شده برای سال ۱۳۸۹ در نمودار ۴ ارائه شده است. با بررسی این نمودار و با استفاده از جدول طبقه بندی شاخص استاندارد شده بارش وضعیت خشکسالی در سال ۱۳۸۹ در ایستگاه سینوپتیک شیراز برای تمامی ماه ها نرمال پیش بینی میشود.





همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



نمودار ۴. پیش بینی خشکسالی در سال ۱۳۸۹ در ایستگاه سینوپتیک شیراز با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش

منابع

- ۱- پروین، ن.، ۱۳۸۰، پیش بینی (برآورد) خشکسالی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم
 - ۲- خرمی، مصطفی. و ا. بزرگ نیا، ۱۳۸۶، تجزیه و تحلیل سری های زمانی با نرم افزار **Minitab** ۱۴، انتشارات سخن گستر، ۳۳۶ صفحه
 - ۳- عدالت گستر، م.د، ۱۳۸۸، ارزیابی شاخص های خشکسالی **SPI** و **DPI** و ارائه مدل استوکاستیک جهت پیش بینی خشکسالی در حوضه آبریز مند و قره آغاج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد فیروزآباد
 - ۴- فاطمی قمی، م.ت.، ۱۳۷۵، پیش بینی و تجزیه و تحلیل سری های زمانی (ترجمه)، نشر دانش امروز
 - ۵- نیرومند، ح. و ا. بزرگ نیا. ۱۳۸۵. سربهای زمانی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۲۷۶ صفحه.
 - ۶- Box, G.P. Jenkins, G.M. ۱۹۷۶. Time Series Analysis, Forecasting and Control. Holden-Day. pp ۵۸۹.
 - ۷- Chatfield, C. ۱۹۹۳. The Analysis of Time Series, An Introduction. Chapman & Hall/CRC publication. Pp ۲۸۲.
 - ۸- Hayes, M., M.D Svoboda, D.A Wilhite, and O.V Vanyarkho, ۱۹۹۹, Monitoring the ۱۹۹۶ drought using the standardized precipitation index, Bulletin of The American Meteorological Society, ۸۰(۳):۴۲۹-۴۳۸.
- Palmer, W.C, ۱۹۶۵, Meteorological drought , U.S Department of commerce Weather