

بررسی طول دوره قابل پیش‌بینی خشکسالی با استفاده سری‌های زمانی

* ابوالفضل مساعدي^۱، امیر احمد دهقانی^۲، معصومه عیوضی^۳

۱. دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مامور به دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌هایی است که در همه مناطق اقلیمی به آرامی رخ می‌دهد و باعث بروز تغییرات مهمی در شرایط نرمال منابع آب، کشاورزی، محیط زیست منطقه و شرایط اقتصادی و اجتماعی مردم منطقه می‌شود. به علت طبیعت تصادفی فاکتورهایی که موجب ایجاد این پدیده می‌شوند، وقوع خشکسالی به صورت یک پدیده استوکستیک در طبیعت عمل می‌کند. از آنجایی که پیش‌بینی یک عصری است که دورنمایی از آینده تغییرات سیستم در اختیار کاربر، جهت اعمال مدیریت بهینه قرار می‌دهد، بنابراین پیش‌بینی و شناسایی خشکسالی نیز، قبل از وقوع آن نقش مهمی در طراحی و مدیریت سیستم‌های منابع آبی به منظور کاهش و جلوگیری از گسترش خسارات ناشی از خشکسالی دارد. از این رو، در این تحقیق به منظور بررسی طول دوره قابل پیش‌بینی خشکسالی از داده‌های بارندگی ایستگاه مراوه‌تپه در استان گلستان با دوره آماری ۴۹ ساله (۱۳۳۸-۳۹ الی ۱۳۸۶-۸۷)، استفاده شد. بعد از بررسی داده‌ها از نظر همگنی و صحت و انجام آزمون‌های آماری لازم، وضعیت رطوبتی با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) در دوره‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه گردید. آنگاه با استفاده از مدل سری زمانی SARIMA و یافتن بهترین مدل احتمال خشکسالی به ترتیب در ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ماه آینده پیش‌بینی و با داده‌های مشاهده‌ای بر اساس معیارهای آماری (از قبیل میانگین مربعات خطا و درصد خطای نسبی) مقایسه شد. نتایج نشان داد که با افزایش طول مدت پیش‌بینی دقت پیش‌بینی کاهش می‌یابد. همچنین این کاهش در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت بیشتر نمایان است. بر این اساس طولانی‌ترین مدت قابل پیش‌بینی برای هر دوره ۳ تا ۴۸ ماهه در سطح اطمینان‌های مختلف تعیین گردید.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی خشکسالی، سری‌زمانی، شاخص SPI، احتمال خشکسالی، استان گلستان.

۱. مقدمه

بارندگی یکی از مهمترین پارمترهای اقلیمی است که به طور مستقیم در خشکسالی‌های منطقه، تأثیر دارد. از آنجا که دلیل ماهیت این پدیده تعریف، آشکارسازی و اندازه‌گیری خشکسالی بسیار پیچیده است از این رو محققین این پدیده را به خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی اقتصادی-اجتماعی تقسیم نموده و به تعریف آن در هر طبقه پرداختند. از آنجایی که در مطالعات خشکسالی در هر منطقه ابتدا نیاز به کمی نمودن این پدیده می‌باشد، لذا در همین راستا شاخص‌های مختلفی به منظور بررسی این موضوع از طرف محققان ارائه شده است. اما هیچ یک از این شاخص‌های ارائه شده ذاتاً نسبت به سایر شاخص‌ها در کلیه جوانب برتری ندارند و یک شاخص زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمی، ساده و روشنی از خصوصیات خشکسالی ارائه دهد [۱]. از جمله از شاخص‌های ارائه شده می‌توان به شاخص SPI اشاره نمود. این شاخص در سال ۱۹۹۳ در منطقه کلرودا آمریکا توسط مک‌کی و همکاران جهت تعیین دوره‌های خشکسالی و ارزیابی شدت آن ارائه شد که با توجه به مزایای و برتری‌های آن نسبت به شاخص‌های دیگر استفاده گسترده‌ای از این شاخص توسط محققین بعمل آمده است. که در این راستا می‌توان به تحقیقات میشر و همکاران (۲۰۰۶) در هندوستان، لوکاس و همکاران (۲۰۰۳) در یونان و دومونکوس و همکاران (۲۰۰۱) در مجارستان اشاره نمود [۲، ۳، ۴].

بعلت تصادفی بودن فاکتورهای مؤثر در وقوع و شدت خشکسالی بررسی این پدیده به عنوان فرآیند استوکستیک امکان‌پذیر است و محققینی از جمله میشر و دیزای (۲۰۰۵) و مدرس (۲۰۰۷) به بررسی شدت خشکسالی با استفاده از سری‌های زمانی پرداخته و مدل ARIMA فصلی را پیشنهاد نموده‌اند [۵، ۶].

هدف اصلی این تحقیق محاسبه و مدل‌سازی سری‌های زمانی SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف و بررسی اعتبار و ارزش پیش‌بینی‌های حاصل از مدل‌های استوکستیک با طول دوره‌های مختلف زمانی می‌باشد.

* - مسئول مکاتبه: mosaedi@yahoo.com

۲. بحث

بعد از محاسبه مقادیر SPI های ایستگاه مراوه تپه از داده های بارندگی سال های ۴۰-۱۳۳۹ الی ۸۷-۱۳۸۶ در بازه های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه به مدل سازی و پیش بینی با استفاده از سری های زمانی پرداخته شد. ارائه مدل مناسب در سری های زمانی به منظور پیش بینی شامل سه مرحله: شناسایی مدل، برازش مدل و تشخیص درستی مدل می باشد [۷، ۹]. مجموعه داده های SPI ها در هر یک از پرونده های زمانی از سال ۴۰-۱۳۳۹ الی ۸۲-۱۳۸۱ برای ارائه مدل های مناسب در نظر گرفته شد.

۲.۱. مدل سازی سری زمانی

۲.۱.۱. مرحله شناسایی مدل:

مرحله شناسایی مدل شامل تبدیل داده ها به سری های نرمال (در صورت لزوم) و شناسایی فرم کلی مدل می باشد. همچنین به منظور شناسایی مدل اولیه در این تحقیق از دو نمودار ACF^1 و $PACF^2$ استفاده شد. که بر اساس این دو نمودار و تناوب های ایجاد شده در سری ها بعد از محاسبه SPI ها، مدل ARIMA فصلی به عنوان بهترین مدل در نظر گرفته شد. میشرای و دیزای (۲۰۰۵)، مدرس (۲۰۰۷) و فراندز و همکاران (۲۰۰۶) نیز استفاده از مدل ARIMA فصلی را در مدل سازی خشکسالی ها پیشنهاد نموده اند [۵، ۶، ۱۰].

۲.۱.۲. مرحله برازش مدل

در مرحله تخمین، پارامترهای مدل با استفاده از روش هایی نظیر گشتاورها، کمترین مربعات یا ماکزیمم درست نمایی تعیین شد. در نهایت مدلی هایی که بیشترین P-value و کمترین میانگین مربعات خطا (MSE) را ارائه دادند به عنوان بهترین مدل در نظر گرفته شدند.

۲.۱.۳. مرحله تشخیص درستی مدل

در این قسمت توانایی مدل سازی سری زمانی با استفاده از معیارهای مختلف سنجیده می شود. از جمله معیارهای مختلف می توان آزمون نرمال بودن، استقلال باقیمانده ها در زمان و بررسی نمودارهای ACF و PACF باقیمانده ها را نام برد.

۲.۲. ارزیابی مدل

به منظور بررسی عملکرد مدل های مورد آزمون و تعیین میزان دقت مدل طراحی شده و همچنین بررسی طول دوره قابل پیش بینی، به پیش بینی مقادیر SPI های سال های ۸۲-۱۳۸۱ الی ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب با طول دوره های ۱ تا ۶ ماه آینده نیز پرداخته شد. علاوه بر تعیین سه پارامتر میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین خطا (ME) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر پیش بینی شده توسط مدل های سری زمانی ترسیم و با رسم خط رگرسیون، میزان همبستگی بین آنها و شیب خط رگرسیون تعیین شد. سپس شیب خط رگرسیون با شیب خط ۱:۱ (خط ۴۵ درجه) مقایسه شد.

نتایج نشان داد که با افزایش مقیاس زمانی از SPI_۲ ماهه تا SPI_{۴۸} ماهه، مقادیر فاکتورهای خطا افزایش و میزان همبستگی و شیب خط رگرسیون نیز کاهش یافته است. با توجه به اینکه SPI براساس میانگین متحرک زمانی محاسبه می شود، با افزایش پرونده های زمانی از ۳ تا ۴۸ ماه نوسانات کاهش یافته است. از این رو سری های زمانی قادر به مدل سازی آن بوده و نتایج قابل قبولی را ارائه می کند [۵].

همچنین مقایسه نتایج حاصل از مدل های سری های زمانی هر یک از سری های زمانی در برابر داده های مشاهده ای، نشان داد که با افزایش طول دوره پیش بینی (از ۱ ماه تا ۶ ماه) مقادیر فاکتورهای خطا افزایش و میزان همبستگی و شیب خط رگرسیون نیز کاهش یافته است.

در صورتی که حداکثر مقدار مجاز RMSE برابر با ۰/۵۰ در نظر گرفته شود، با توجه به جدول ۱ در پرونده زمانی ۳ ماهه، وضعیت خشکسالی را برای هیچ زمانی در آینده نمی توان پیش بینی کرد. در حالی که برای پرونده ۶ ماهه، ۱ ماه آینده، ۹ ماهه، ۱ و ۲ ماه آینده، ۱۲ ماهه، ۱ تا ۵ ماه آینده، ۲۴ ماهه، ۱ تا ۶ ماه آینده و ۴۸ ماهه نیز ۱ تا ۶ ماه آینده قابل پیش بینی است.

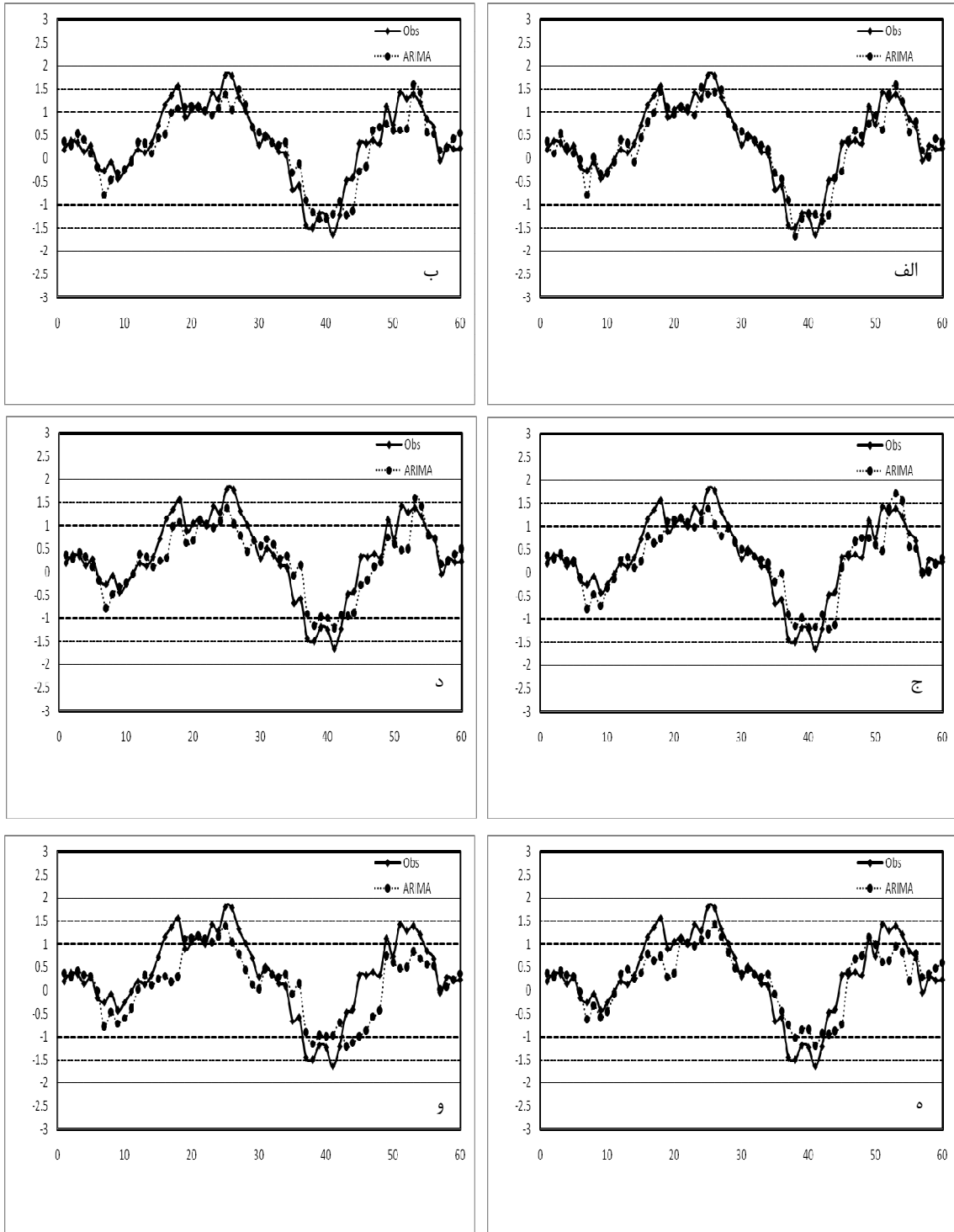
همچنین مقادیر محاسبه شده توسط سری های زمانی ARIMA و مقادیر مشاهده ای در طول زمان رسم شد. برای نمونه SPI_{۱۲} ماهه ارائه شد. شکل ۱ نشان می دهد که پیش بینی های ۱ تا ۲ ماه آینده نسبت به دیگر دوره های پیش بینی ۳، ۴، ۵ و ۶ ماه با دقت مناسب تری تغییرات شاخص خشکسالی را پیش بینی می کند که با نتایج میشرای و دیزای (۲۰۰۵) و میشرای و دیزای (۲۰۰۶) همسو می باشد [۵، ۲]. هر چند که خطاهایی را نیز داشته اند ولی تفاوت وضعیت رطوبتی نسبت به دیگر دوره های پیش بینی کمتر اتفاق افتاده است.

^۱. Auto Correlation Function

^۲. Partial Auto Correlation Function

جدول ۱- نتایج حاصل از ارائه و آزمون مدل‌های سری‌های زمانی هر یک از SPIها در دوره‌های مختلف پیش‌بینی

a	ارزیابی				طول دوره	آموزش			مدل	پریود زمانی (ماه)
	R	RMSE	ME	MAE		RMSE	ME	MAE		
۰.۵۲۷	۰.۴۵۱	۰.۶۹۱	۰.۰۹۲	۰.۵۱۷	۱					
۰.۳۳۶	۰.۲۵۲	۰.۸۲۱	۰.۲۰۷	۰.۶۶۲	۲					
۰.۱۶۲	۰.۰۵۷	۰.۹۰۵	۰.۲۶۳	۰.۷۰۳	۳					
۰.۱۴۹	۰.۰۴۲	۰.۹۱۴	۰.۳۱۱	۰.۷۰۵	۴	۰.۶۴۹	-۰.۰۰۲	۰.۴۸۸	ARIMA (1,0,1)(1,0,1)	۳
۰.۱۰۳	۰.۰۳۵	۰.۹۷۶	۰.۳۲۰	۰.۷۲۷	۵					
۰.۰۴۷	-۰.۱۲۰	۱.۰۰۵	۰.۳۴۹	۰.۸۳۰	۶					
۰.۷۶۹	۰.۷۹۷	۰.۴۲۲	۰.۰۵۳	۰.۳۳۱	۱					
۰.۶۲۰	۰.۶۶۸	۰.۵۳۷	۰.۰۶۴	۰.۴۲۹	۲					
۰.۵۴۰	۰.۵۵۸	۰.۶۲۱	۰.۰۷۷	۰.۴۸۴	۳					
۰.۴۹۶	۰.۵۵۱	۰.۶۵۶	۰.۱۵۶	۰.۵۲۸	۴	۰.۴۹۴	-۰.۰۰۱	۰.۳۶۱	ARIMA (1,0,1)(1,0,0)	۶
۰.۳۵۰	۰.۴۹۹	۰.۶۶۷	۰.۱۶۱	۰.۵۴۵	۵					
۰.۲۴۳	۰.۲۸۸	۰.۸۰۴	۰.۱۷۳	۰.۶۹۲	۶					
۰.۸۵۰	۰.۸۴۴	۰.۳۶۹	۰.۰۲۶	۰.۲۸۵	۱					
۰.۷۴۲	۰.۷۷۷	۰.۴۵۰	۰.۰۸۵	۰.۳۵۱	۲					
۰.۶۸۹	۰.۷۶۸	۰.۵۳۳	۰.۰۸۸	۰.۴۲۷	۳					
۰.۶۴۹	۰.۷۵۲	۰.۵۴۷	۰.۱۴۵	۰.۴۳۱	۴	۰.۳۶۶	۰.۰۰۰	۰.۲۶۹	ARIMA (2,0,1)(1,0,1)	۹
۰.۶۰۱	۰.۷۴۱	۰.۵۱۲	۰.۱۵۵	۰.۴۴۰	۵					
۰.۵۰۰	۰.۴۶۱	۰.۷۱۵	۰.۲۱۶	۰.۶۰۶	۶					
۰.۹۰۱	۰.۸۸۷	۰.۲۸۰	۰.۰۳۳	۰.۲۲۱	۱					
۰.۸۲۰	۰.۸۲۷	۰.۳۵۱	۰.۰۶۵	۰.۲۸۳	۲					
۰.۷۹۰	۰.۸۱۰	۰.۳۹۸	۰.۰۹۰	۰.۲۹۷	۳					
۰.۷۲۷	۰.۸۰۶	۰.۴۰۸	۰.۰۹۲	۰.۳۱۲	۴	۰.۲۹۴	۰.۰۰۰	۰.۲۱۵	ARIMA (1,0,0)(0,0,1)	۱۲
۰.۷۰۸	۰.۷۸۹	۰.۴۴۰	۰.۰۸۳	۰.۳۲۰	۵					
۰.۶۱۷	۰.۶۳۴	۰.۵۳۷	۰.۲۳۱	۰.۴۲۱	۶					
۰.۹۴۹	۰.۸۵۰	۰.۲۲۳	۰.۰۰۷	۰.۱۷۲	۱					
۰.۸۹۸	۰.۷۹۱	۰.۲۷۲	۰.۰۵۰	۰.۲۱۵	۲					
۰.۸۶۰	۰.۷۶۰	۰.۳۰۸	۰.۰۵۱	۰.۲۴۱	۳					
۰.۸۴۶	۰.۷۵۶	۰.۳۳۰	۰.۰۷۷	۰.۲۵۴	۴	۰.۲۰۹	۰.۰۰۲	۰.۱۴۷	ARIMA (2,0,1)(0,0,1)	۲۴
۰.۸۰۱	۰.۶۶۸	۰.۳۴۳	۰.۰۸۴	۰.۲۸۱	۵					
۰.۷۸۴	۰.۶۰۲	۰.۴۰۸	۰.۱۲۴	۰.۳۱۷	۶					
۰.۹۹۶	۰.۹۶۶	۰.۱۸۱	۰.۰۰۲	۰.۱۳۶	۱					
۰.۹۹۰	۰.۹۴۵	۰.۲۳۰	۰.۰۳۵	۰.۱۸۵	۲					
۰.۹۸۷	۰.۹۲۶	۰.۲۷۲	۰.۰۰۴	۰.۲۲۵	۳					
۰.۹۶۳	۰.۹۱۰	۰.۲۹۵	۰.۰۴۳	۰.۲۳۶	۴	۰.۱۸۱	۰.۰۰۲	۰.۱۲۷	ARIMA (1,0,1)(0,0,1)	۴۸
۰.۹۵۸	۰.۹۰۳	۰.۳۰۷	۰.۰۵۰	۰.۲۶۰	۵					
۰.۹۲۲	۰.۸۷۸	۰.۳۴۷	۰.۰۵۸	۰.۲۸۹	۶					



شکل ۱- مقایسه مقادیر SPI₁₂ پیش‌بینی شده برای ماه‌های آینده (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ماه آینده) با مقادیر واقعی در طول دوره آزمون (مهر ۱۳۸۲ الی شهریور ۱۳۸۷)
 الف- يك ماه آینده، ب-دو ماه آینده، ج- سه ماه آینده، د- چهار ماه آینده، هـ- پنج ماه آینده، و- شش ماه آینده

۳. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق از مدل‌سازی سری‌های زمانی در جهت مدل‌سازی وضعیت خشکسالی در پروندهای زمانی متفاوت (۲، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه) در دوره‌های قابل پیش‌بینی مختلف (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ماه) استفاده شد. بر اساس پارامترهای میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین خطا (ME) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و همچنین با ترسیم نمودارهای مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده برای ماه‌های آینده، می‌توان به نتایج زیر دست یافت.

با طولانی‌تر شدن پرونده زمانی مورد بررسی (از ۳ ماه تا ۴۸ ماه) خطای پیش‌بینی کاهش می‌یابد. با افزایش طول مدت پیش‌بینی در مورد هر پرونده زمانی، دقت پیش‌بینی کاهش می‌یابد. همچنین این کاهش در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت (۳ و ۶ ماهه) بیشتر نمایان است. پیشنهاد می‌شود که مشابه این تحقیق در مناطق دیگر نیز به انجام برسد. ضمن آنکه پیشنهاد می‌شود مشابه این تحقیق با شاخص‌های دیگر خشکسالی نیز به انجام برسد تا بتوان تاثیر اقلیم و نوع شاخص را در دقت پیش‌بینی‌ها تعیین نمود.

فهرست منابع

- [۱] Hong, W. and Hayes, J. (۲۰۰۰) An evaluation of the standardized precipitation index, The China- Z Index and the statistical Z- Score International Journal of Climatology, ۲۱:۷۴۵-۷۵۸.
- [۲] Mishra, A. K. and Desai, V. R (۲۰۰۶) Drought forecasting using feed-forward recursive neural network, Journal of Ecological Modeling, ۱۲۷-۱۲۸.
- [۳] Loukas, A., Vasilades, L. and Dalezios, N.R (۲۰۰۲) Inter comparison of meteorological Drought Indices for drought assessment and monitoring in Greece, ۸th International conference on environmental science and technology Iemons Island, ۸-۱۰ September, ۴۸۴-۴۹۱.
- [۴] Domonkos, P., Szalai, S., Zoboki, J (۲۰۰۱) Analysis of drought severity using PDSI and SPI indices, Idűjárás ISSN ۰۳۲۴-۶۳۳۹ CODEN IDOJA۴, ۱۰۵; ۹۳-۱۰۷.
- [۵] Mishra, A.k. and Desai, V. R (۲۰۰۵) Drought forecasting using stochastic models, stochastic environmental research and risk assessment (SERRA), ۱۹ (۵): ۲۲۶-۲۳۹.
- [۶] Modarres, R (۲۰۰۷) Stream flow drought time series forecasting, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, ۲۱ (۳): ۲۲۲-۲۳۳.
- [۷] Box, G. E. P. Jenkins, G. M (۱۹۷۶) Time series analysis, forecasting and control, Holand-day, San Francisco.
- [۸] Bras RL, Rodriguez-Iturbe, I (۱۹۸۵) Random functions and hydrology. Addison-Wesley, Reading MA, USA.
- [۹] Makridakis, S., Wheelwright, S.C. and Hyndman, R (۲۰۰۳) Forecasting methods and applications. Wiley (ASIA) Pvt Ltd., Singapore.
- [۱۰] Ferná ndez C, Vega JA, Gras JM, Fonturbel T (۲۰۰۶) Changes in water yield alter a sequence of perturbations and forest management practices in an Eucalyptus globulus Labill, watershed in Northern Spain. For Ecol Manage ۲۳۴:۲۷۵-۲۸۱

Investigate of predictable length of period by using time series

***Abolfazl Mosaedi¹, Amir Ahmad Dehghani², Masoomeh Eivazi³**

¹: Associated prof, Dept of water Eng. Gorgan University of Agricultural sciences and Natural Resources.

²: Assistant prof, Dept of water Eng. Gorgan University of Agricultural sciences and Natural Resources.

³: MSc student, Dept of water Eng. Gorgan University of Agricultural sciences and Natural Resources.

Abstract

Drought is one of the phenomena which slowly occur in all regions of the climate and cause to appear the important changes in normal conditions of water resources, agriculture, regions environment and social economic conditions of area inhabitants. Because of randomly nature of the factors which cause to create this phenomenon drought occurrence acts as a stochastic phenomenon in nature. Since the prediction is an element which put panorama of future variations system in charge of user in order to give an optimal management. So, predict and indentifying drought has an important role in designating and managing a water sources system in order to reduce and preventing from extension of damages cause by the drought. So, In this study in order to investigate of predictable length of period in this research the rainfall data of marave tappe station in Golestan province (Iran) with 29 years statistical period (1328-29 to 1386-87) were used. After investigate the data from homogeneity and truth point of view and also performing a necessary statistical tests, drought conditions calculated by using SPI in time periods 3, 6, 9, 12, 24 and 48 monthly. Then by using time series model SARIMA and finding the best model of drought probability in 3, 6, 9 and 12 follow months to predict respectively and compare with observational data on a basis of statistical criteria (including the average of error squares and percentage of partial error). The results indicate that by increasing the time length of prediction, predictions precision decrease. Also this reduction in shorter time periods appears more. On this basis, the long time predictable period determined for each series 3 to 48 months in different confidences level.

Keyword: Drought Prediction, Time Series, SPI Index, Drought Probability, Golestan Province.

* Corresponding Author; Email: mosaedi@yahoo.com