



## تحلیل و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI)

(مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)

محمد علی نصیری<sup>۱</sup>، سحر جباری<sup>۲</sup>، فردین بوستانی<sup>۳</sup>، سید امیر شمس نیا<sup>۴</sup>

### چکیده

در این پژوهش از شاخص استاندارد شده بارش SPI، به عنوان یکی از رایجترین شاخص ها در تحلیل خشکسالی شهرستان مرودشت استفاده گردید. جهت بررسی و پایش خشکسالی با توجه به داشتن آمار طولانی مدت، نواقص کم و پراکنش مناسب، طول دوره آماری مشترک ۲۰ ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) انتخاب گردید. شاخص SPI با مقیاس زمانی ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه برای ایستگاههای مورد استفاده در این پژوهش محاسبه گردید. نتایج شدت و فراوانی انواع خشکسالی ها و تداوم آنها را در طول دوره مورد نظر نشان داد. منطقه مورد مطالعه در بیشتر سال ها دچار خشکسالی های کوتاه مدت بوده و با تداوم خشکسالی شدت آن در سال های اخیر به مراتب بیشتر از سال های قبل می باشد. در طول دوره آماری مورد مطالعه، شهرستان مرودشت ۵ دوره خشکسالی را تجربه کرده است که طولانی ترین آن دو سال بطول انجامید و شدیدترین آن مربوط به سال آبی ۸۷-۸۶ می باشد و شدت آن در حد خشکسالی بسیار شدید می باشد. همچنین SPI بیش از ۱۲ ماهه برای مطالعه دوره های تر و خشک در منطقه مطالعاتی مذکور بسیار رضایت بخش می باشد و مقیاس زمانی ۶ ماهه و پایتتر بدلیل زیاد بودن نوسانات بهتر است با احتیاط بیشتری مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: خشکسالی، شاخص SPI، شهرستان مرودشت

- <sup>۱</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه شیراز
- <sup>۲</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد مرودشت
- <sup>۳</sup> - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس
- <sup>۴</sup> - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز. گروه مهندسی آب



## مقدمه

آب و بحران آن یکی از بزرگترین چالش های قرن حاضر و یکی از عمده ترین مشکلات بشریت در آینده، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک =جهان بحساب می آید. این مسائل با عنایت به وجود مشکلاتی چون افزایش جمعیت، پایین بودن راندمان استفاده از آب، تبخیر و تعرق بالا، عامل محدود کننده مهمی در رشد اقتصادی و توسعه ملی کشور های بسیاری در سطح جهان بشمار می رود. در کشور ما نیز اکثر مناطق از مشکلات کم آبی رنج می برند. کم آبی و کمی نزولات جوی و نوسانات شدید بارش ها عواملی هستند که در سالهای اخیر به تشدید این بحران دامن زده و خشکسالی های متعددی را بر این مرز و بوم حاکم نموده اند. خشکسالی به عنوان یکی از موضوعات مهم در مطالعه بلاای طبیعی و تاثیرگذار در کشاورزی، مطرح می باشد که در چند دهه اخیر از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف اصلی پایش خشکسالی تهیه و تامین اطلاعاتی است که مردم و سازمان های مسئول را برای فعالیت هایی که باعث افزایش ضریب اطمینان برنامه ریزی و کاهش خسارت های ناشی از خشکسالی می شود، تشویق نماید. پایش خشکسالی شامل سامانه هایی است که بدان وسیله می توان پارامتر های اقلیمی و هیدرولوژیکی و تغییرات آنها را به طور پیوسته دیده بانی کرد. وجود یک سیستم پایش می تواند شروع خزننده یک خشکسالی را تشخیص و اعلام نماید از جمله مهمترین مراحل ارزیابی وضعیت خشکسالی در هر منطقه انتخاب شاخص جهت تعیین دقیق و مطمئن دوره های تر، خشک و تحلیل میزان شدت و تداوم خشکسالی در آن منطقه است.

بر اساس نتایج تحقیقات ناتانیل و گاتمن (۵). مشخص شد که برای دوره زمانی کمتر از یکسال شاخص PDI نسبت به SPI وقوع خشکسالی ها و تر سالی ها را با تاخیر نشان می دهد و تحلیل مکانی نتایج نشان داد که شاخص SPI نتایج مطلوب تری را بدست می دهد (۲).. در تحقیقاتی که برای منطقه ای در جنوب ایتالیا در سال ۲۰۰۴ توسط piccarreta و همکاران (۶). انجام شد، ابتدا سری بارش سالیانه و ماهانه مربوط به ۵۰ ایستگاه موجود در منطقه، در دوره ای از سال ۱۹۲۳ تا ۲۰۰۰ مطالعه شد و بعد از کنترل سری ها از نظر یکنواختی، برای همین دوره شاخص SPI



برای چندین مقیاس زمانی ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه محاسبه و نقشه های خشکسالی در طی این دوره، برای منطقه مورد مطالعه ارائه گردید در ایران نیز توجه زیادی به شاخص SPI شده است. بذر افشان(۱)، در مطالعه برخی از شاخص های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران عنوان کردند که در مقیاس های ۶، ۱۲، ۲۴ ماهه می توان ایستگاه های متفاوت از نظر اقلیمی و سال های آماری از نظر شدت خشکسالی را با یکدیگر مقایسه کرد و نتیجه گرفتند که شاخص SPI در مقیاس های زمانی سه ماهه و در مناطق خشک به علت وجود داده های صفر با مشکل مواجه می شود و ارزیابی ماهانه با این مقیاس توصیه نمی شود. مقدم و همکاران در محاسبه شاخص های استاندارد شده بارش، به مقیاس های ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه توجه ویژه ای نشان داده اند. بنابر مطالعه شیروانی و همکاران، توصیه می شود که متخصصین کشاورزی از شاخص استاندارد شده بارش با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه یا کمتر استفاده نمایند(۳). لشنی زند در تحقیق خود محاسن شاخص SPI را به صورت زیر بیان کرد که (۱) سادگی محاسبات (۲) SPI در هر مقیاس زمانی قابل محاسبه است، این ویژگی باعث شده است تا قابلیت پایش شرایط توام اقلیمی، هیدرولوژیکی و کشاورزی را داشته باشد(۳). به علت تبعیت این شاخص از توزیع نرمال، می توان وقایع خشکسالی شدید و حدی را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه بندی نمود(۴).

این مقاله پیرامون کاربرد شاخص SPI در شهرستان مرودشت، با مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ ماهه به بحث می پردازد.

## مواد و روش ها

### موقعیت منطقه، آمار و داده های مورد استفاده

شهرستان مرودشت تقریباً در مرکز استان فارس واقع شده است. وسعت کل شهرستان مرودشت ۴۰۰۰ کیلومتر است. این شهرستان از شمال به شهرستان اقلید، از شمال خاوری به شهرستان خرم بید، از خاور به شهرستان بوانات، از جنوب خاوری به شهرستان ارسنجان، از جنوب و جنوب باختری به شهرستان شیراز، از باختر به شهرستان سپیدان،



محدود است. مرکز شهرستان مرودشت در ۵۲ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۵۹۵ متری از سطح دریا واقع شده است. آب و هوای شهرستان مرودشت معتدل است و مهم ترین رودخانه های این شهرستان رودخانه کر و رودخانه سیوند هستند که بسیار مهم و حیاتی محسوب می شوند. در این تحقیق به منظور پایش و پدیده خشکسالی، دو ایستگاه از سه ایستگاه شهرستان با در نظر گرفتن معیارهایی از جمله داشتن آمار طولانی مدت، داشتن آمار ناقص کم، پراکنش مناسب در منطقه انتخاب و بدین ترتیب دوره آماری ۶۸-۳۶۷ لغایت ۸۷-۱۳۸۶ به عنوان مبنای مطالعه انتخاب گردید. روش به کار گرفته شده برای بازسازی داده ها (آمار بارندگی) روش رگرسیون خطی و کمترین مربعات بوده که در آن داده گمشده به عنوان متغیر وابسته و داده های موجود در سایر ایستگاهها به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می شود.

#### شاخص بارش استاندارد

جهت پایش و مطالعه پدیده خشکسالی شاخص SPI انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. شاخص SPI برای مقیاس های مختلف زمانی (با تعداد ماه مختلف) قابل محاسبه است، قابلیت یاد شده این امکان را می دهد تا وضعیت منابع آب را برای دوره های کوتاه مدت که در کشاورزی مطالعه رطوبت قابل دسترس گیاه مناسب است و نیز مقیاس های زمانی بلند مدت که در مطالعه جریان های رودخانه ای و مخازن آب زیرزمینی دارای اهمیت است مورد مطالعه قرار داد. از ویژگی های دیگر این شاخص آن است که همزمان می توان از آن در مطالعه ترسالی ها نیز استفاده بعمل آورد. برای محاسبه شاخص SPI ابتدا تابع توزیع احتمال داده ها با برازش یک تابع احتمال مناسب بر کل داده ها تعیین می گردد. سپس تابع توزیع تجمعی داده ها با استفاده از احتمال معادل آن به توزیع نرمال که دارای میانگین صفر و انحراف از معیار یک می باشد تبدیل می گردد. از این رو مقدار SPI محاسبه شده به واحد انحراف معیار بیان می گردد (V).



$$Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$$

در این معادله Z: شاخص نمره استاندارد، X: بارش ماهانه،  $\mu$ : میانگین،  $\sigma$ : انحراف از معیار جامعه می باشد. در حقیقت استاندارد کردن داده ها موجب حذف اثرات مکانی و دامنه ای از سری داده های فوق می شود. با توجه به اینکه مقادیر SPI تولید شده به طور تقریباً کاملی با توزیع نرمال برازش دارد، در نتیجه این مقادیر در ۶۸ درصد موارد در درون یک انحراف از معیار و با دو انحراف از معیار، ۹۵ درصد از موارد و در ۹۹ درصد از موارد درون سه انحراف از معیار قرار دارد.

## نتایج

همانگونه که در شکل های ۱ تا ۸ مشاهده می شود، پدیده خشکسالی در شهرستان مرودشت از فراوانی وقوع زیادی برخوردار است و بسیاری از رویدادها در حدود خشکسالی های بسیار خشک محسوب می شوند. نکته دیگر اینکه به وضوح در شکل ها مشخص است که دوره های مرطوب از فراوانی و تکرار بیشتری نسبت به دوره های خشک برخوردار می باشد و از نظر تداوم نیز دوام بیشتری نشان می دهد.

همانطور که مشاهده می شود SPI در مقیاس های زمانی کوتاه مدت (سه ماهه) دارای نوسانات زیاد می باشد. می توان اینطور تفسیر کرد که SPI کوتاه مدت نسبت به شرایط رطوبتی بسیار حساس بوده و با کوچکترین تغییر در بارندگی ماهانه سریعاً SPI پاسخ می دهد، اگر این تغییرات مثبت باشد SPI به بالای صفر نوسان می کند و چنانچه تغییرات منفی باشد SPI به زیر صفر نوسان می کند. با توجه به اینکه این مقیاس زمانی بر مبنای میانگین متحرک سه ماهه استوار می باشد، تا زمانی که مقدار بارندگی صفر و یا رقم ناچیزی را شامل شود این شاخص، خشکسالی را نشان می دهد و در ماه هایی که مقدار بارندگی رقم قابل توجهی را در بر می گیرد تاثیر خود را بر میانگین توالی سه ماهه گذاشته و شاخص را به بالاتر از میانگین گرایش می دهد. از اینرو تاثیر رویدادهای بارندگی فصل سرد باعث



گسستگی تداوم دوره های خشک می شود. این قابلیت SPI را به عنوان ابزار قوی جهت پایش شرایط رطوبتی و تغییرات کوتاه مدت، مطالعه آب های سطحی و مسائل مرتبط با کشاورزی را نشان می دهد.

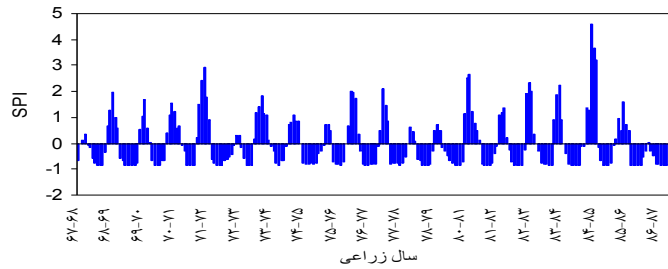
شکل های ۲ و ۶ مقیاس زمانی ۶ ماهه دو ایستگاه را نشان میدهد، با توجه به اشکال ملاحظه می گردد شدیدترین خشکسالی مربوط به آبان ۱۳۸۶ بوده و از آن زمان تا سال ۱۳۸۷ یک خشکسالی پیوسته در منطقه برقرار بوده است و شدت آن تغییرات چندانی نداشته است.

همانطور که در شکل های ۳ و ۷، مقادیر SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، هر دو ایستگاه نشان می دهد، در این نمودارها دوره های خشک و مرطوب به طرز واضحتری نمایان می شود. همانطور که ملاحظه می گردد ۴ دوره خشک و ۳ دوره مرطوب طولانی مدت و قابل توجه در ایستگاه ها رخ داده است.

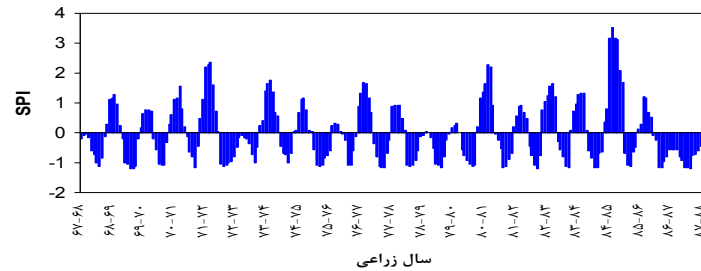
در شکل های ۴ و ۸ SPI برای مقیاس زمانی ۲۴ ماهه محاسبه گردیده است. بر اساس این شکل ها ۳ دوره خشکسالی قابل توجه مشاهده می شود. که از همه مهمتر خشکسالی ۱۳۸۶ بوده که به مدت دو سال بطول انجامیده است. در مورد دوره های مرطوب نیز می توان گفت که در ایستگاه درودزن از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ در وضعیت مرطوب قرار داشته و ایستگاه کوشک در سالهای ۱۳۷۷-۱۳۷۵ و ۱۳۷۳-۱۳۷۵ در وضعیت مرطوب قرار داشته اند.

با توجه به اینکه مقیاس زمانی ۱۲ ماهه و بالاتر تر سالی ها و خشکسالی هیدرولوژیک را به نمایش می گذارد می توان اینطور بیان کرد ایستگاه درودزن از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ در خشکسالی هیدرولوژیک و در سالهای ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۴ و ۱۳۷۸ تا ۱۳۷۵ در حالت مرطوب قرار دارد. و همچنین ایستگاه کوشک در سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۴ و ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۸ در حالت مرطوب و در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ در خشکسالی هیدرولوژیک قرار دارد.

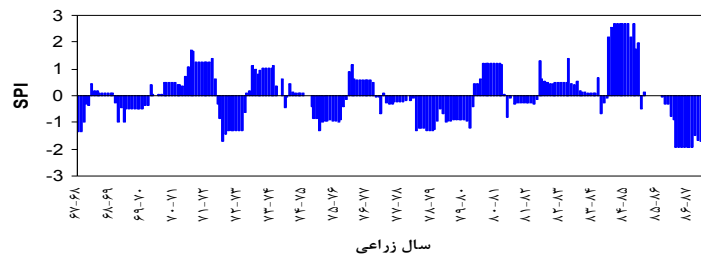
شکل ۱: سری زمانی سه ماهه بارندگی سالانه استاندارد شده ایستگاه درودزن



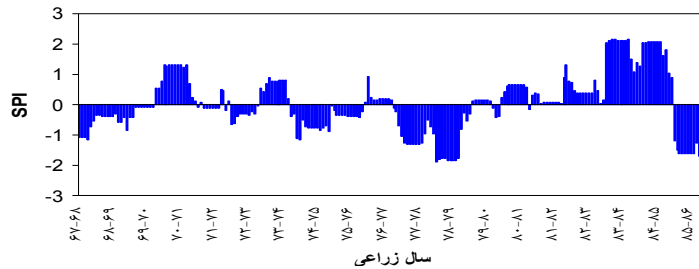
شکل ۱- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۳ ماهه، ایستگاه درودزن



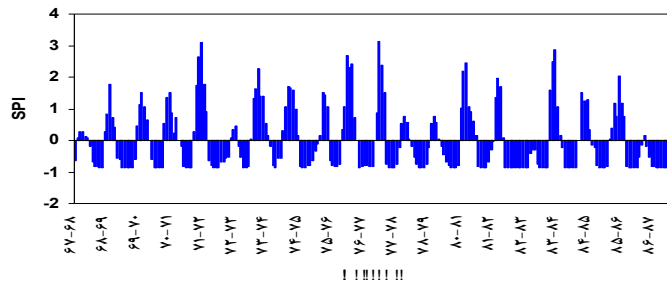
شکل ۲- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۶ ماهه، ایستگاه درودزن



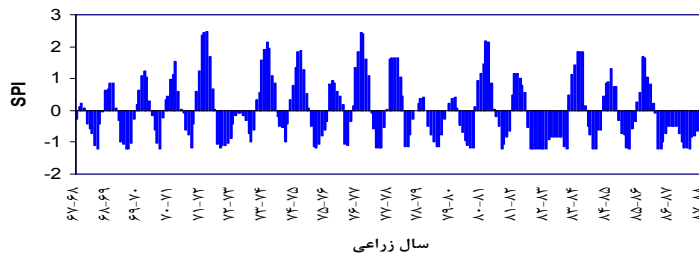
شکل ۳- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، ایستگاه درودزن



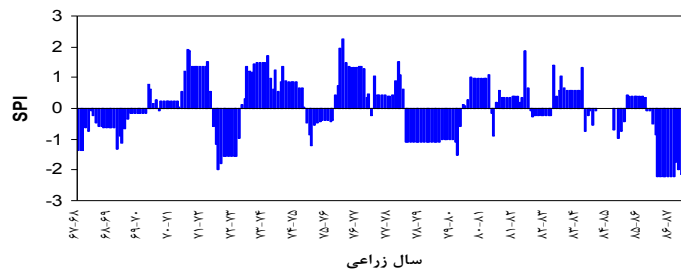
شکل ۴- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه، ایستگاه درودزن



شکل ۵- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۳ ماهه، ایستگاه کوشک



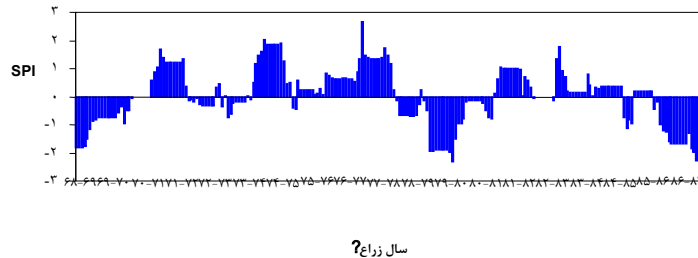
شکل ۶- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۶ ماهه، ایستگاه کوشک



شکل ۶- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه، ایستگاه کوشک



شکل ۸: سری زمانی ب؟ست و چهار ماهه بارندگی سالانه استاندارد شده ایستگاه کوشک



شکل ۸- نمودار روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه، ایستگاه کوشک

## نتیجه گیری

مقیاس SPI سه، شش، دوازده و بیست و چهار ماهه با یکدیگر نشان می دهد که (۱) SPI در مقیاس های زمانی کوتاه مدت (سه ماهه) دارای نوسانات زیاد می باشد و در مقیاس های بلند مدت این نوسانات کاهش می یابد این قابلیت SPI را به عنوان ابزار قوی جهت پایش شرایط رطوبتی و تغییرات کوتاه مدت (خشکسالی کشاورزی) را نشان میدهد. (۲) در مقیاس های زمانی کوتاه مدت تعداد خشکسالی ها با آستانه های پیشنهادی، زیاد ولی مدت تداوم این خشکسالی ها کم می باشد. در مقیاس زمانی طولانی دقیقاً بر عکس می باشد. (۳) ماکزیمم شدت خشکسالی ها در SPI های کوتاه مدت نسبت به SPI های بلندمدت بیشتر است و این ناشی از اثر عمده بارندگی ماهانه بر کل بارندگی دوره سه ماهه می باشد، بنابراین روشن است که SPI به سرعت به کاهش های بارندگی حساس می باشد. (۴) خشکسالی ها ابتدا در مقیاس زمانی سه ماهه اتفاق می افتد و در صورت تداوم در مقیاس های زمانی بلند مدت نیز رخ می دهد. استفاده از SPI تا حد قابل قبولی برای مطالعه دوره های تر و خشک در منطقه منطقه مورد مطالعاتی رضایت بخش می باشد. نتایج حاصل از ارزیابی خشکسالی توسط شاخص SPI نشان می دهد که در طول دوره آماری مورد مطالعه، شهرستان مرودشت ۵ دوره خشکسالی را تجربه کرده است که طولانی ترین آن دوسال بطول انجامید و شدیدترین آن مربوط به سال ۸۷-۸۶ می باشد و طبقه اعلام شده توسط شاخص در حد خشکسالی بسیار شدید می باشد.



## مراجع

- (۱) بذرافشان، ج. ۱۳۸۱. مطالعه تطبیقی برشاخص های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران
- (۲) رضیئی، ط.، ع. ر. شکوهی، ب. ثقفیان و پ. دانش کار آراسته. ۱۳۸۲. "پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI" سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان
- (۳) لشنی زند، م. ۱۳۸۳. "بررسی اقلیمی خشکسالی های ایران". پایان نامه دکترای جغرافیای طبیعی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه اصفهان.
- (۴) نجفی، م.، "مدیریت ریسک روزانه خشکسالی در حوزه آبریز دز"، ۱۳۸۴
- (۵) Chow, V.T., handbook of applied hydrology, Mac Graw Hill, New York ۱۹۶۴
- (۶) Kite, g. R., frequency Anlysis in hydrology, Butterworth, London, ۱۹۸۸
- (۷) Nathaniel, B. and Guttman, ۱۹۹۸. "Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index". J. Am. Water Resour. Assoc. Vol.۳۴(۱): ۱۱۳-۱۲۱
- (۸) Piccarreta, M., D. Capolongo and F. Boenzi. ۲۰۰۴. Trend Analysis of Precipitapn and Drought in Basilicata from ۱۹۲۳ to ۲۰۰۰ Within a Southern Italy Context. International Jour ofClimatology. ۲۴: ۹۰۷-۹۲۲
- (۹) Hayes, M. J., M. D. Svoboda., D. A. Wihite, ۱۹۹۸. "Monitoring the ۱۹۹۶ drought using the standardized precipitation index". Bulletin of American Meteorological Society. (۸۰): ۴۲۹-۴۳۸.