

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۸ - تابستان ۱۳۸۹

وصول مقاله : ۱۳۸۷/۷/۲۸

تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۹/۱۱

صفحات : ۱۰۹ - ۱۳۴

مطالعه خشکسالی‌های کوتاه‌مدت شهرستان زاهدان

دکتر محمود خسروی^۲

دانشیار جغرافیا طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان

پیمان محمودی

دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان

دکتر حسین نگارش^۱

دانشیار جغرافیا طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان

منصوره شاه‌حسینی

کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

شهرستان زاهدان با توجه به موقعیت جغرافیایی و قرارگیری در عرض‌های پایین و دور بودن از محدوده‌ی اثر سامانه‌های مدیترانه‌ای نسبت به سایر نقاط کشور از رطوبت کمتری برخوردار است و در نتیجه همواره با خطرات و عوارض ناشی از خشکسالی مواجه می‌باشد؛ به خصوص خشکسالی پی‌درپی چند سال اخیر خسارات فراوانی را به محصولات زراعی و باغی منطقه وارد ساخته است. بر اساس شاخص SPI معرفی شده توسط مک‌کی، منطقه در ۵۰ درصد موارد با خشکسالی مواجه است. این تعریف استثنایی و نادر بودن رخداد خشکسالی را زیر سؤال می‌برد، بنابراین برای سازگاری بیشتر این شاخص با واقعیت‌های موجود، اگ‌نیو شاخص SPI مک‌کی را اصلاح نمود.

لذا به منظور بررسی خشکسالی‌های شهرستان زاهدان از شاخص SPI سه ماهه‌ی اصلاح شده توسط اگ‌نیو برای یک دوره‌ی شانزده ساله در طی سال زراعی ۷۰-۱۳۶۹ تا ۸۵-۱۳۸۴ به صورت ماهیانه برای پنج ایستگاه هواشناسی شامل ایستگاه‌های زاهدان، نصرت‌آباد، قطار خنجک، نیک‌محمدآباد و لادیز استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که SPI کوتاه مدت (سه‌ماهه) به تغییرات بارندگی ماهانه سریعاً پاسخ می‌دهند. بنابراین می‌توانند کاهش بارندگی ماهانه را به خوبی نمایش دهند. بنابراین در کشاورزی و زراعت‌های مختلف یکساله می‌توان از نتایج آن استفاده نمود. با توجه به طبقه‌بندی اگ‌نیو، می‌توان به یکسان نبودن رخ داد شدت‌های خشکسالی در ایستگاه‌های مختلف در شهرستان زاهدان پی‌برد. به‌طوری‌که بیشترین فراوانی شدت خشکسالی‌ها مربوط به خشکسالی‌های متوسط بوده است. نقشه‌های پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی و مرکزی شهرستان بیشتر از قسمت‌های غربی از خشکسالی متأثر می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، شاخص SPI اگ‌نیو، توزیع گاما، شهرستان زاهدان، فصل رشد.

1- h-Negareh@yahoo.com

2- khosravi@hamoon.vsb.ac.ir

مقدمه

بی‌گمان خشکسالی از جمله اصلی‌ترین و قدیمی‌ترین بلاهای طبیعی است که انسان از دیرباز با آن آشنا بوده است. داستان حضرت یوسف در قرآن کریم و پیش‌بینی قریب‌الوقوع رخداد خشکسالی در مصر گویای این واقعیت می‌باشد (قرآن کریم، سوره یوسف، آیه‌های ۴۳ تا ۴۹). همچنین وجود مراسم‌های خاص همچون نواختن طبل‌های ویژه و ایجاد هیاهو در میان قبایل اولیه ساکن در قاره‌های آمریکا، آفریقا و آسیا در مواقع عدم نزول بارش‌های جوی تأییدی بر این مطلب هستند. در ایران نیز این مراسم با اجرای شیوه‌های خاصی همچون خواندن نماز استسقاء، نواختن طبل‌ها، سرودن تصنیف‌های گوناگون، پختن آش نذری و... همراه بوده است. وجود این چنین مراسم‌هایی به‌طور مشخص در میان جوامع اولیه نشان از توجه انسان‌ها به این پدیده اقلیمی بوده است. اما متأسفانه از تاریخ دقیق زمانی که این پدیده به صورت علمی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است اطلاع صحیحی در دست نیست و آنچه که مسلم است آغاز بررسی آن را می‌توان به اظهارات کلی در اوایل قرن بیستم مربوط دانست که به تدریج همراه با پیشرفت علم آب و هواشناسی این موضوع نیز بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، (فرج‌زاده اصل، ۱۳۷۴: ۶-۷).

پس با اعتقاد به این حقیقت که خشکسالی یک رویداد طبیعی است و معمولاً به‌صورت کیفی از آن یاد می‌شود این نیاز مطرح می‌گردد که در مشابهت با سایر پدیده‌های تأثیرگذار اقلیمی، این پدیده نیز به‌صورت کمی درآید و برای آن نمایه‌هایی تعریف و ارایه گردد. در این تحقیق جهت تحلیل خشکسالی‌های شهرستان زاهدان از شاخص نمره استاندارد بارش (SPI) که یکی از شاخص‌های پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی است بهره گرفته شده است. نمایه‌ی استاندارد شده‌ی بارش (SPI) یک ابزار قوی در آنالیز داده‌های بارش می‌باشد. هدف این شاخص اختصاص ارزش عددی به هر حادثه‌ی بارندگی در هر مقیاس زمانی معین می‌باشد تا بتوان از آن طریق نواحی با آب و هواهای کاملاً متفاوت را مقایسه نمود.

مقیاس زمانی کوتاه‌مدت دارای نوسانات زیادتری نسبت به مقیاس زمانی بلندمدت می‌باشد و علاوه بر این نسبت به شرایط رطوبتی بسیار حساس است بنابراین با کوچکترین تغییر در بارندگی ماهانه سریعاً جواب می‌دهد. اگر نوسانات مثبت باشد به بالای صفر و چنانچه منفی باشد به زیر صفر نوسان می‌کند (بداق‌جمالی و همکاران، ۱۳۸۱: ۱۳). در واقع علت انتخاب مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (۳ ماهه) واکنش سریع خاک به کاهش یا افزایش بارش در این بازه‌ی زمانی است که بدین طریق خشکسالی کشاورزی معین می‌شود (قلی‌زاده، ۱۳۸۴: ۱۷). لذا با

توجه به مطالب عنوان شده، در این تحقیق شاخص بارش استاندارد با در نظر گرفتن مزایایی که در تحلیل منطقه ای و ایجاد ارتباط زمانی بین رخداد‌های خشکسالی در نواحی مختلف یک پهنه دارد انتخاب شده است. از مزیت‌های شاخص (SPI) می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- قابل استفاده بودن این شاخص در مقیاس‌های زمانی مختلف که می‌تواند خطر وقوع

خشکسالی را نشان دهد و آن را ارزیابی نماید؛

۲- سادگی آن نسبت به سایر شاخص‌ها؛

۳- در نواحی مختلف بایارندگی‌های متفاوت قابل استفاده است و از طریق نرمال کردن ارزش‌های بارندگی در مکان‌های مختلف، امکان مقایسه‌ی متغیر بارندگی را فراهم می‌کند (لشنی‌زند، ۱۳۸۲: ۲۵)؛

این شاخص با توجه به خصوصیتی که در بالا برای آن ذکر شد بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است؛ به طوری که از آن به صورت گسترده‌ای جهت پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های منطقه‌ای و محلی در گوشه و کنار جهان مورد استفاده قرار گرفته است. مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳: ۱۸۴-۱۷۹) اولین کسانی بودند که با استفاده از این شاخص خشکسالی‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ ایالت کلرادو را مورد پایش قرار دادند. بعد از آن محققین مختلفی برای تجزیه و تحلیل خشکسالی‌های کشورهای خود از این شاخص استفاده کرده‌اند که به عنوان مثال می‌توان به کارهای کرانگلی^۱ (۲۰۰۱: ۱۳۰-۱۱۸) در چین، سینارای^۲ (۲۰۰۱: ۱۴۶-۱۳۱) در هندوستان، زنوتور و راولو^۳ (۲۰۰۰: ۴-۳) در آرژانتین، کابرینا و سانتو^۴ (۲۰۰۱: ۱۸۱-۱۶۹) در پرتغال، گریدو آبنزا^۵ (۱۹۹۹: ۷-۳) در اسپانیا آکه و همکارانش^۶ (۲۰۰۱: ۱۶۸-۱۵۴) در نیجریه اشاره کرد. مجموع این مطالعات این شاخص را جهت پایش خشکسالی مناسب دانسته‌اند، هرچند برخی از آنها به اصلاح آن برای مناطق خشک و نیمه‌خشک اشاره داشته‌اند اما هیچ یک از آنها اصلاحاتی را ارائه نداده‌اند.

در ارتباط با خشکسالی‌های ایران نیز فرج‌زاده (۱۳۷۴: ۲۲۳-۲۱۶) شاخص‌های مختلف خشکسالی را بررسی و شاخص درصدی از بارش میانگین درازمدت را به دلیل سادگی، انعطاف‌پذیری و جامعیت آن برای بررسی خشکسالی‌های ایران انتخاب و پهنه‌های هم‌ارزش را با استفاده از

1- Kerang Li

2- Sinha Ray

3- Zanvettor & Ravelo

4- Cabrinha & Santo

5- Garrido Abenza

6- Akeh and et al

این شاخص مشخص نموده است. خوش اخلاق (۱۳۷۷: ۵-۱) با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، خشکسالی‌های فراگیر ایران را مورد بررسی قرار داده است. غیور و مسعودیان (۱۳۷۶: ۹۰-۸۲) شدت، فراوانی و وسعت خشکسالی‌های ایران را مورد توجه قرار داده و عزیزی (۱۳۷۹: ۸۴-۷۱) نیز خشکسالی‌های ایران و ارتباط آنها را با ال‌نینو نوسان جنوبی را مورد مطالعه قرار داده است. از مطالعاتی که اختصاصاً بر روی استان سیستان و بلوچستان و یا قسمتی از آن متمرکز بوده است می‌توان به کارهای مهدویان و همکارانش (۱۳۸۰: ۶۸-۵۹) اشاره نمود. آنها از میان ۵۶ مدلی که برای طبقه بندی اقلیم مختلف جهان پیشنهاد گردیده است، ۱۵ مدل را که از سوی محققین مختلف برای آب و هوای ایران مناسب تشخیص داده شده‌اند، انتخاب و آن را برای استان سیستان و بلوچستان پیاده نموده‌اند.

خسروی ضمن پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان سیستان و بلوچستان بر اساس شاخص استاندارد بارش اصلاح شده اگنیو، رابطه‌ی خشکسالی‌های فراگیر استان را با الگوهای دور پیوند نیمکره‌ی شمالی در مقیاس زمانی سالانه (خسروی ۱۳۸۳: ۱۸۷-۱۶۸) و فصل زمستان بررسی نموده است (خسروی، ۱۳۸۴: ۵۴-۲۸). مقدم و همکارانش (۱۳۸۰: ۸۰-۶۹) نیز با استفاده از سه نمایه SPI، دهک‌ها و درصد نرمال از بارش، استان سیستان و بلوچستان را پهنه‌بندی نموده‌اند. ناظم‌السادات و قاسمی (۱۳۸۰: ۲۴۷-۲۳۷) تأثیر پدیده ال‌نینو نوسان جنوبی را بر روی خشکسالی‌ها و بارندگی‌های استان مطالعه نموده‌اند. رضائی‌پژند و مهدی‌پور (۱۳۸۰: ۳۹۵-۳۸۳) نیز با استفاده از شاخص SPI به تحلیل خشکسالی‌های زابل پرداخته و با استفاده از الگوهای ریاضی، بارندگی را برای سال‌های آینده‌ی این شهرستان پیش‌بینی نموده‌اند. محمودی و شاهوزئی (۱۳۸۶: ۱۱-۱۰) نیز خشکسالی‌های شهرستان ایرانشهر را با استفاده از شاخص نمره استاندارد محاسبه کرده‌اند و در نهایت محمودی و همکاران (۱۳۸۶: ۱۵-۱۴) نیز تأثیر خشکسالی‌ها را بر روی کیفیت منابع آب سطحی استان با استفاده از این شاخص بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفتند که بیشترین تأثیر خشکسالی بر روی کیفیت منابع آب سطحی در شمال استان بوده است.

با بررسی منابع و تحقیقاتی که بر روی خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص SPI انجام شده است مشاهده می‌گردد که این مطالعات و بررسی‌ها، کمتر خشکسالی‌های کوتاه‌مدت اقلیمی را مد نظر قرار داده‌اند. لذا در این تحقیق با توجه به تأثیری که این نوع از خشکسالی‌ها می‌تواند بر روی عملکرد محصولات کشاورزی به خصوص بر روی کشاورزی شهرستان زاهدان داشته باشد، به عنوان هدف این تحقیق مورد مذاقه قرار گرفته است.

موقعیت جغرافیایی شهرستان زاهدان

شهرستان زاهدان در ناحیه‌ی شمالی استان سیستان و بلوچستان در شمال قله‌ی تفتان بین ۵۹ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). شهرستان زاهدان با توجه به موقعیت جغرافیایی و قرارگیری در عرض‌های پایین و دور بودن از محدوده‌ی اثر جبهه‌های مدیترانه‌ای نسبت به سایر نقاط کشور از رطوبت کمتری برخوردار است و در نتیجه همواره با خطرات و عوارض ناشی از خشکسالی مواجه می‌باشد؛ به خصوص خشکسالی‌های پی‌درپی چند سال اخیر خسارات فراوانی را به محصولات زراعی و باغی منطقه وارد ساخته است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان زاهدان

داده‌های تحقیق

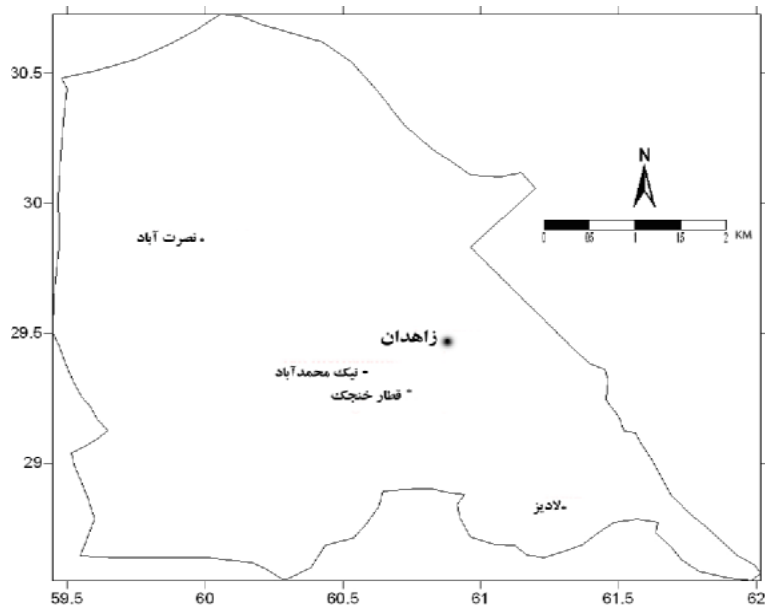
به علت این که رخداد خشکسالی جزء پدیده‌های نادر طبیعی به شمار می‌آید همانند دیگر مطالعات آب و هوایی، مستلزم وجود آمار دراز مدت جهت تحلیل است و هر قدر آمارهای مورد استفاده، سال‌های بیشتری را در برگیرد، تحلیل‌های صورت گرفته بیشتر با واقعیت منطبق خواهند بود. گزارش سازمان هواشناسی جهانی حداقل سال‌های آماری مورد نیاز برای این‌گونه

بررسی‌ها را ۳۰ سال عنوان می‌کند (فرج‌زاده، ۱۳۷۴: ۶۶). اما به منظور بررسی خشکسالی‌های شهرستان زاهدان، آمار یک دوره‌ی ۱۶ ساله در طی سال زراعی ۷۰-۱۳۶۹ تا ۸۵-۱۳۸۴ به صورت ماهیانه برای ۵ ایستگاه هواشناسی (شامل ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی) از سازمان آب‌منطقه‌ای و اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان اخذ گردید. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و پراکنش آنها در شکل ۲ آورده شده است.

از دلایل انتخاب این دوره‌ی آماری می‌توان به چالش‌های موجود در دسترسی به داده‌های آماری و بازسازی آنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک اشاره نمود، زیرا به دلیل تغییرپذیری شدید بارش در این مناطق بازسازی داده‌ها ارزش چندانی نداشته و بهتر آن است که از آنها چشم‌پوشی گردد (مسعودیان، ۱۳۷۷: ۸ و عطائی، ۱۳۸۴: ۶). بعلاوه عدم وجود ایستگاه‌های همجواری که دارای داده‌های بلندمدت باشند دلیل دیگری بود که بازسازی داده‌ها را در این منطقه با مشکل مواجه ساخت. لذا با توجه به این محدودیت‌ها، سعی گردیده دوره‌ای انتخاب شود که دارای کامل‌ترین داده‌ها باشد و نیازی به بازسازی نداشته باشد. پس از گردآوری داده‌های مورد نیاز، همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون ران‌تست Run test مورد بررسی قرار گرفت و از همگن بودن داده‌ها در طول دوره‌ی آماری اطمینان حاصل شد.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نوع ایستگاه
زاهدان	۲۹° ۲۸' ۰۰"	۶۰° ۵۳' ۰۰"	سینوپتیک
نصرت‌آباد	۲۹° ۵۱' ۳۰"	۵۹° ۵۹' ۱۰"	تبخیرسنجی
قطار خنجک	۲۹° ۱۷' ۰۰"	۶۰° ۴۴' ۴۴"	باران‌سنج ذخیره‌ای
لادیز	۲۸° ۱۵' ۱۷"	۶۱° ۱۸' ۱۶"	تبخیرسنجی
نیک‌محمدآباد	۲۹° ۲۱' ۰۳"	۶۰° ۳۴' ۵۳"	باران‌سنجی



شکل ۲: پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح شهرستان زاهدان

روش تحقیق

در این تحقیق که هدف آن پایش دوره‌های خشک کوتاه‌مدت (سه‌ماهه) برای شهرستان زاهدان است از شاخص SPI استفاده شده است. انتخاب این شاخص همچنان که در قسمت مقدمه گفته شد به دلیل انعطاف‌پذیر بودن آن می‌باشد چون این انعطاف‌پذیری، اجازه‌ی استفاده از این شاخص را برای پایش رطوبت خاک در یک دوره زمانی کوتاه‌مدت که برای تولیدات کشاورزی بسیار حائز اهمیت است را فراهم می‌آورد.

اولین گام قبل از شروع محاسبات این شاخص، تعیین بهترین تابع توزیع احتمالات است که با استناد به مطالعات محققینی همچون مک‌کی و دیگران (۱۹۹۵: ۲۳۶-۲۳۳)، گاتمن (۱۹۹۹: ۱۲۱-۱۱۳)، نتایل و گان (۲۰۰۳: ۱۳۵۷-۱۳۳۵)، هونگ‌وو و دیگران (۲۰۰۷: ۷۹-۶۵)، انصاری (۱۳۸۲: ۱۰۷-۱۰۱)، قلی‌زاده (۱۳۸۳: ۵۴-۵۷) و خلخالی (۱۳۸۳: ۵۹-۴۹) مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال برای برآزش داده‌های بارندگی ماهانه به ویژه داده‌های بارندگی مناطق خشک و نیمه‌خشک، توابع خانواده گاما می‌باشند. از این رو محاسبه‌ی SPI شامل برآزش یک تابع توزیع احتمال فراوانی بر مقادیر بارندگی یک ایستگاه می‌باشد. سپس پارامترهای مربوط به این تابع برای هر مقیاس زمانی دلخواه و هر ماه و سال برآورد می‌گردد و در نهایت تابع توزیع

تجمعی مربوطه محاسبه می گردد. در این پژوهش از طریق تابع گاما به محاسبه‌ی شاخص بارش استاندارد شده سه ماهه پرداخته شد. همچنین با توجه به اصلاحاتی که اگ‌نیو بر روی آستانه‌های تعیین درجات خشکسالی پیشنهادی مک‌کی انجام داده است در این مقاله از این آستانه‌ها استفاده شده است. اگ‌نیو با مطالعه‌ی خشکسالی‌های منطقه ساحل و همچنین کشور ترکیه که توسط کومسکو انجام شده بود انتقاداتی را به درجه‌بندی شدت خشکسالی مک‌کی وارد دانست (Agnew, 2000: 9). وی تعدیل‌هایی را در آستانه‌های تعیین مرز خشکسالی‌ها به وجود آورد به نحوی که مرز خشکسالی بسیار شدید از ۲- به ۱/۶۵-، خشکسالی شدید از ۱/۵- به ۱/۲۸- و خشکسالی متوسط از ۱- به ۰/۸۴- تغییر داده شد (Agnew, 2000: 10).

این تغییرات در مطالعات متعددی توسط محققین تأیید و استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به ساگریس و وانگل (۲۰۰۴: ۱۱-۱)، لیودا و اسیماکوپولوس (۲۰۰۷: ۱۵۳-۱۴۳) و بویان و همکاران (۲۰۰۶: ۳۰۲-۲۸۹) اشاره نمود. با توجه به کوتاه بودن نسبی دوره‌ی آماری در بسیاری از نقاط کشور و منطقه‌ی مورد مطالعه بدیهی است این تغییرات باعث تفکیک بهتر خشکسالی‌ها خواهد شد.

برای محاسبه‌ی SPI در مقیاس زمانی سه‌ماهه از نرم‌افزارهای Excel و Matlab استفاده شد. در اینجا جهت رعایت اصل خلاصه نویسی فقط الگوریتم محاسبه SPI سه ماهه اول، آبان، آذر، دی (ستون منتهی به دی در جدول ۲) سال زراعی ۱۳۷۰-۱۳۶۹ ایستگاه زاهدان آورده شده است:

مرحله‌ی اول: در مرحله‌ی اول داده‌های بارش ماهانه ایستگاه زاهدان با توالی تاریخی در یک ستون از صفحه‌ی گسترده Excel درج شد. سپس میانگین متحرک سه‌ماهه سری مذکور محاسبه گردید. میانگین متحرک در واقع میانگین حسابی است که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\frac{1}{3}(x_t + x_{t-1} + x_{t-2})$$

که در این رابطه X مقدار بارش و t اندیس مربوط به ماه می‌باشد. **مرحله‌ی دوم:** سری ارقام میانگین متحرک سه ماهه مطابق با جدول ۲ به صورت صعودی بدون در نظر گرفتن سال وقوع آنها مرتب شدند به طوری که ستون اول آن میانگین متحرک

بارش‌های ماههای مهر، آبان، آذر و ستون دوم میانگین متحرک ماههای آبان، آذر و دی ... می‌باشد.

جدول ۲: ارقام بارش‌های ماهانه بصورت صعودی شده در ایستگاه زاهدان (۸۵-۱۳۶۹) بر حسب میلی‌متر

سال	منتهی به دی	منتهی به بهمن	منتهی به اسفند	منتهی به فروردین	منتهی به اردیبهشت	منتهی به خرداد	منتهی به تیر	منتهی به مرداد	منتهی به شهریور	منتهی به مهر	منتهی به آبان	منتهی به آذر
1	4.5	7	8.7	4.7	1	0.5	0.2	0	0	0	0	0
2	8.1	9	13.1	8.8	2.5	2.3	1.3	0	0	0	0	0
3	8.8	14.1	15.2	11.3	7.4	2.6	1.4	0.1	0	0	0	0
4	8.9	14.4	16.9	14.8	9	4.5	2.6	0.1	0	0	0	0
5	9.8	15.9	17.2	17.3	18.3	6.6	3.8	0.4	0	0	0	0
6	11	16.9	17.8	18	18.3	9.3	4.2	1.7	0.03	0	0	0
7	12.2	18.1	18.4	18.4	20.1	10.9	4.3	1.8	0.06	0.03	0	0
8	16.6	24.3	20.2	21.9	21.4	12.9	5.7	2.6	0.7	0.06	0	0
9	17.8	26.6	25.1	24.9	24.4	16.4	8.3	2.9	0.9	0.09	0	0
10	18.2	27.7	28	35.6	24.6	17.7	10.9	3.1	1.6	0.8	0.03	0
11	21.9	28.4	42	35.9	25.6	24.2	14.3	4.5	2	1	0.06	0
12	25.9	30	43.9	38.9	42.5	33.8	22.1	4.9	2.4	1.1	0.06	0.03
13	35.8	40	47.2	44.1	45.2	34.7	22.5	11	3.4	1.8	1	0.03
14	44.1	54	84.6	77	55.4	38.8	25	15.8	6.2	2.2	1.2	0.06
15	61.6	93.1	90.8	95.9	76.9	46.7	25.7	17.3	7.1	12.4	7.66	0.6
16	75.6	94.1	131.7	119.5	93.5	49.2	30.6	19.5	23.4	15.3	12.4	12.4

سپس داده‌های صفر موجود در مجموعه داده‌های حاصل از محاسبه میانگین‌های متحرک سه ماهه هر سال شمرده شد. در نهایت احتمال وقوع بارش صفر میلی‌متر (q) از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$q = \frac{m}{n}$$

که در آن n تعداد کل داده‌های سری مذکور و m تعداد داده صفر موجود در آن سری می‌باشد بدیهی است اگر داده صفر وجود نداشته باشد $m=0$ در نتیجه $q=0$ خواهد بود

مرحله‌ی سوم: پس از شمارش صفرها و محاسبه q ، صفرها از سری مذکور (در صورت وجود) حذف و بقیه داده‌ها به ترتیب صعودی تنظیم شد. سپس \bar{X} (میانگین داده‌های غیرصفر) و $Ln\bar{X}$ محاسبه شدند این آمارها در قسمت پایین جدول ۳ درج شده‌اند.

جدول ۳: محاسبه فراوانی وقوع نسبی $g(x)$ و احتمال تجمعی وقوع بارندگی $G(x)$

N	X	ln	$g(x)$	$G(x)$
1	4.5	1.5	0.02	0.06
2	8.1	2.09	0.02	0.16
3	8.8	2.1	0.03	0.18
4	8.9	2.1	0.03	0.19
5	9.8	2.2	0.03	0.21
6	11	2.3	0.03	0.25
7	12.2	2.5	0.03	0.29
8	16.6	2.8	0.02	0.42
9	17.8	2.8	0.02	0.45
10	18.2	2.9	0.02	0.46
11	21.9	3.08	0.02	0.55
12	25.9	3.2	0.01	0.64
13	35.8	3.5	0.01	0.79
14	44.1	3.7	0.007	0.87
15	61.6	4.1	0.002	0.95
16	75.6	4.3	0.001	0.98
n	16			
X	23.8			
LnX	3.1			
q	0			
$\sum \text{Ln}(x)$	45.9			
$\sum \text{Ln}(x)/n$	2.8			
A**	0.3			
α	1.8			
β	13.1			

در ادامه‌ی تابع توزیع گاما به سری داده‌های غیر صفر برآزش داده شده. تابع احتمال توزیع گامای دو پارامتری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$g(x) = \frac{1}{B^a \Gamma(a)} x^{a-1} e^{-x/B}$$

که در رابطه‌ی فوق :

$a > 0$ ، پارامتر شکل

$X > 0$ ، مقدار بارندگی

$B > 0$ ، پارامتر مقیاس

و $\Gamma(x)$ ، تابع گاما می‌باشد.

در اینجا منظور از برازش توزیع گاما به داده‌ها این است که پارامترهای تابع چگالی گاما، یعنی α و β تخمین زده شوند. این پارامترها را می‌توان با روش‌های مختلف (مانند روش گشتاورها^۱، روش حداکثر درست‌نمایی^۲ و گشتاورهای^۳ L) تخمین زد. در این تحقیق از روش حداکثر درست‌نمایی برای تمامی ایستگاههای مورد مطالعه و برای مقیاس زمانی انتخابی مجموع بارش n ماهه منتهی به هر ماه از سال استفاده شد.

برای تخمین پارامترها به روش حداکثر درست‌نمایی از یکایک داده‌های مذکور لگاریتم طبیعی $[\ln(x)]$ گرفته شده و در یک ستون جدید (ستون سوم جدول ۳) درج شده سپس مجموع ستون جدید $(\sum_{i=1}^n \ln x_i)$ محاسبه و در نهایت این مجموع بر تعداد کل داده‌های آن ستون تقسیم شد $(\sum \ln(x) / n)$. نتل و یوگان (۲۰۰۳) برای تخمین مناسب α و β به روش حداکثر درست‌نمایی، معادلات زیر را ارائه نمود:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right]$$

$$B = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \sum \ln(x) / n$$

در فرمول فوق n تعداد مشاهدات سری و \bar{x} میانگین سری مجموع بارش‌های سه ماهه می‌باشد. پارامترهای مذکور جهت محاسبه احتمال تجمعی وقوع بارندگی $G(x)$ و فراوانی وقوع نسبی آن $g(x)$ برای ماه و مقیاس زمانی مورد نظر (۳ ماهه) به کار برده شدند. احتمال تجمعی نظیر مقدار بارش X میلی‌متر از رابطه زیر به دست آمد:

$$G(x) = \int_0^x y(x) dx = \frac{1}{B^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/B} dx$$

-
- 1- Method of moments
 - 2- Maximum Likelihood
 - 3 - L-moments

احتمال تجمعی با فرض $t = x / \theta$ تبدیل به گامای ناقص^۱ می‌شود.

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(x)} \int_0^x t^{x-1} e^{-t} dt$$

احتمال تراکمی بارندگی که در آن مقادیر صفر نیز مشاهده شده باشد به پیشنهاد ادواردز و مک کی (۱۹۹۷) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$H(x) = q + (1-q)G(x)$$

در فرمول فوق (q) احتمال بارندگی صفر میلیمتر و G(x) مقدار احتمال تراکم یا CDF^۲ برای داده‌های غیر صفر، H(x) احتمال تراکمی نظیر بارش X میلیمتر می‌باشد. بدیهی است اگر در یک سری بارش صفر میلیمتر وجود نداشته باشد در این صورت q=0 و در نتیجه H(x)=G(x) است.

مرحله‌ی چهارم: کمترین و بیشترین مقدار عددی را در بین ارقام ستون مورد نظر (مجموع ارقام بارش‌های سه ماهه) (دی، بهمن، اسفند) در نظر گرفته شدند و با فاصله یک میلیمتر (دلخواه) به طور صعودی در یک ستون در نظر گرفته شدند و محاسبه‌ی احتمال تجمعی وقوع بارندگی تحت عنوان G(x) محاسباتی و فراوانی نسبی وقوع آن g(x) در ستون دیگر این جدول انجام شد. محاسبه G(x) تجربی با استفاده از فرمول ویبول در ستون بعدی صورت گرفت (جدول ۴).

1 - Incomplete Gamma Function
2 - Cumulative distribution function

جدول ۴: محاسبه $G(x)$ محاسباتی

data(x)	ln	g(x)	$G(x)$ محاسباتی	m	$G(x)$ تجربی
4	1.3	0.001	0.003	1	0.05
5	1.6	0.002	0.006		
6	1.7	0.003	0.01		
7	1.9	0.004	0.01		
8	2.07	0.005	0.02	2	0.1
9	2.1	0.007	0.03	3	0.17
10	2.3	0.008	0.04		
11	2.3	0.009	0.06	4	0.2
12	2.4	0.01	0.07	5	0.29
13	2.5	0.01	0.09		
14	2.6	0.01	0.1		
15	2.7	0.01	0.1		
16	2.7	0.01	0.1	6	0.3
17	2.8	0.01	0.17	7	0.4
18	2.8	0.01	0.19	8	0.47
19	2.9	0.01	0.2		
20	2.9	0.01	0.2		
21	3.04	0.01	0.2	9	0.5
22	3.09	0.01	0.2		
23	3.1	0.02	0.3		
24	3.1	0.02	0.3		
25	3.2	0.02	0.3	10	0.58
26	3.2	0.02	0.3		
...
65	4.1	0.006	0.9		
66	4.1	0.006	0.9		
67	4.2	0.006	0.9		
68	4.2	0.005	0.9		
69	4.2	0.005	0.9		
70	4.2	0.005	0.9		
71	4.2	0.005	0.9		
72	4.2	0.004	0.9		
73	4.2	0.004	0.9		
74	4.3	0.004	0.9		
75	4.3	0.004	0.9	14	0.82
76	4.3	0.003	0.9		

با در نظر گرفتن مقادیر α و β از هر X مقادیر $g(x)$ یعنی (تابع توزیع احتمال فراوانی گاما) و $G(x)$ یعنی (تابع توزیع احتمال تجمعی گاما)، به ازای هر یک از X محاسبه شدند مقادیر $G(x)$ یعنی مشاهداتی یا احتمال تجمعی تجربی از طریق فرمول ذیل به دست آمد:

$$\frac{K}{n+1}$$

K شماره ردیف داده‌های مشاهداتی و n حجم داده‌های آماری است.

در نهایت مقادیر Z استاندارد یا SPI برای هر X از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$0.5 \leq H(x) \leq 1.0 \quad z = spi = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right]$$

$$0 < H(x) < 0.5 \quad z = spi = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right]$$

که در آن t با توجه به مقدار $H(x)$ از یکی از روابط زیر محاسبه شد:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]} \quad 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1.0 - (H(x))^2} \right]} \quad 0.5 < H(x) \leq 1.0$$

و $d_1, d_2, d_3, c_0, c_1, c_2$ ضرایب ثابتی به شرح زیر می‌باشند:

$$\begin{aligned} d_1 &= 1.432788 & c_0 &= 2.515517 \\ d_2 &= 0.189269 & c_1 &= 0.802853 \\ d_3 &= 0.001308 & c_2 &= 0.010328 \end{aligned}$$

در مرحله پنجم: پس از ارائه طبقه‌بندی شاخص شدت خشکسالی (SPI) توسط مک‌کی در سال ۱۹۹۳ (مک‌کی، ۱۹۹۳: ۱۸۴-۱۷۹)، اگنیو در سال ۱۹۹۹ (اگنیو، ۱۹۹۹: ۴-۱) بر اساس تجربیاتی از خشکسالی ناحیه ساحل در آفریقا، به تعدیل و اصلاح این شاخص پرداخت و طبقه‌بندی جدیدی را ارائه نمود. (جدول ۵) در این مطالعه جهت پایش و پهنه‌بندی خشکسالی از این آستانه‌ها بهره گرفته شده است.

جدول ۵: طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس نمایه SPI

طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص SPI	طبقه‌بندی مک کی ۱۹۹۳ (مقادیر شاخص SPI)	طبقه‌بندی اگ‌نیو ۱۹۹۹
خشکسالی بسیار شدید	< -2	$< -1/65$
خشکسالی شدید	$< -1/5$	$< -1/28$
خشکسالی متوسط	$-0/1$	$< -0/84$
خشکسالی ملایم	< 0	
بدون خشکسالی	> 0	$> -0/84$

(اگ نیو، ۱۹۹۹: ۵)

جدول ۶: ارقام SPI سه ماهه ایستگاه زاهدان (۸۵-۱۳۶۹)

N	X	ln	g(x)	G(x)	H(x)	t	SPI
1369-70	4.59	1.5	0.02	0.06	0.06	2.3	-1.67
1370-71	8.1	2.09	0.02	0.16	0.16	1.89	-1.12
1371-72	8.8	2.1	0.03	0.18	0.18	1.8	-1.03
1372-73	8.9	2.19	0.03	0.19	0.19	1.8	-1.02
1373-74	9.8	2.28	0.03	0.2	0.21	1.7	-0.9
1374-75	11	2.3	0.03	0.2	0.2	1.6	-0.79
1375-76	12.2	2.5	0.03	0.29	0.29	1.5	-0.6
1376-77	16.6	2.8	0.02	0.4	0.42	1.3	-0.28
1377-78	17.8	2.8	0.02	0.4	0.4	1.2	-0.18
1378-79	18.2	2.9	0.02	0.4	0.4	1.2	-0.15
1379-80	21.9	3.08	0.02	0.5	0.5	0.6	-1.1
1380-81	25.9	3.2	0.01	0.6	0.6	0.7	-0.8
1381-82	35.8	3.5	0.01	0.7	0.79	1	-0.2
1382-83	44.1	3.7	0.007	0.8	0.87	1.2	0.1
1383-84	61.6	4.1	0.002	0.9	0.95	1.59	0.7
1384-85	75.6	4.3	0.001	0.98	0.98	1.85	1.08

و در نهایت جهت تهیه نقشه‌های خشکسالی در محیط GIS با استفاده از روش^۱ IDW به میانمایی و تولید نقشه‌های توزیع فضایی شدت خشکسالی پرداخته شد.

1- Inverse Distance Weighted

تجزیه و تحلیل خشکسالی‌های شهرستان زاهدان

برای بررسی وضعیت خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شهرستان زاهدان به تفکیک به مطالعه‌ی وضعیت خشکسالی‌ها برای هر ایستگاه و برای هر چهار ماه تأثیرگذار بر روی ریش محصولات کشاورزی (اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد) پرداخته شده است و دو سال اصلی که منطبق با شدیدترین دوره وقوع خشکسالی‌ها بوده است یعنی سال‌های (۸۱-۱۳۸۰ و ۷۹-۱۳۷۸) به عنوان نمایندگان یک دوره از شدیدترین ادوار وقوع خشکسالی مد نظر قرار گرفت. سرانجام برای تمام ایستگاه‌ها و برای هر یک از ۱۲ ستون سری بارندگی (جدول ۲) با استفاده از مقادیر α و β ، نمودارهای تابع توزیع فراوانی، تابع توزیع تراکمی و سپس نمودارهای مربوط به SPI و مجموع بارش‌های سه‌ماه رسم گردیدند. مجموع نمودارهای تهیه شده در این قسمت حدود ۲۴۰ نمودار شد. لذا جهت رعایت اصل خلاصه‌نویسی فقط نتایج حاصل از این نمودارها در این قسمت آورده خواهد شد. استان سیستان و بلوچستان و بخصوص شهرستان زاهدان، منطقه‌ای شکننده از لحاظ کشاورزی و زیست محیطی است که بارش‌های دو ماه اسفند و فروردین نقش بسزائی در روند توسعه‌ی آن دارد لذا در صورتی که در این دو ماه بارندگی صورت نگیرد، احتمال وقوع خشکسالی کشاورزی بسیار بالاست. بنابراین در سال‌های زراعی که بارش دوره هفت ماهه، نرمال یا بیشتر از نرمال باشد، اما بارندگی در این دو ماه رخ ندهد، خشکسالی به وقوع می‌پیوندد. لذا از میان SPI محاسبه شده برای کل سال فقط SPI منتهی به اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد مورد توجه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

تحلیل SPI سه ماه منتهی به اسفند

میانگین بارش سه ماهه منتهی به اسفند در شهرستان زاهدان ۴۶٫۷ میلی‌متر است که بیشترین بارندگی متعلق به ایستگاه نیک‌محمدآباد و کمترین آن با ۱۲٫۸ میلی‌متر مربوط به ایستگاه نصرت آباد بوده است. بر اساس شاخص اگنیو بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی‌ها مربوط به دو ایستگاه نیک‌محمدآباد و قطارخنجک هر کدام با ۳ بار تکرار و کمترین آن زاهدان با یک بار تکرار بوده است (جدول ۷). شدیدترین خشکسالی رخ داده در دوره‌ی مورد مطالعه مربوط به ایستگاه قطار خنجک با SPI، ۱٫۵۰- در سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ بوده است (جدول ۷).

جدول ۷: مقادیر SPI سه ماهه منتهی به اسفند

سال	زاهدان	لادیز	قطارخنجک	نیک‌محمدآباد	نصرت‌آباد
1369-70	2.67	1.84	0.19	0.04	-0.45
1370-71	-0.63	-0.76	-0.35	-0.38	2.35
1371-72	-0.40	0.04	-0.37	-0.39	1.90
1372-73	0.15	0.53	0.37	0.18	-0.55
1373-74	-0.60	-0.56	-1.01	-0.83	-0.29
1374-75	1.50	1.63	1.32	2.57	-0.29
1375-76	-0.31	-0.07	-0.63	-0.60	-0.61
1376-77	0.24	0.30	0.62	0.38	1.15
1377-78	0.09	0.08	-0.07	-0.16	-0.72
1378-79	-0.59	-0.78	0.33	0.16	0.26
1379-80	-0.74	-0.76	-1.50	-1.28	0.55
1380-81	-0.87	-0.85	-0.22	-0.28	-0.37
1381-82	-0.54	-0.83	-0.34	-0.37	-0.49
1382-83	-0.68	-0.70	-1.32	-1.14	-0.45
1383-84	1.32	1.90	2.57	1.90	-1.15
1384-85	-0.62	-1.00	0.39	0.20	-0.84

تحلیل SPI سه ماه منتهی به فروردین

میانگین بارش بلندمدت سه ماهه منتهی به فروردین ۴۶٫۱ میلی‌متر است که بیشترین میزان بارندگی این سه ماه مربوط به ایستگاه نیک‌محمدآباد ۷۲٫۵ میلی‌متر و کمترین میزان آن با ۲۶٫۸ میلی‌متر مربوط به ایستگاه نصرت‌آباد بوده است. از لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی‌ها، بیشترین فراوانی با ۳ بار تکرار مربوط به ایستگاه لادیز و کمترین فراوانی با یک بار تکرار مربوط به ایستگاه می‌باشد (جدول ۸). از لحاظ شدت خشکسالی نیز ایستگاه نصرت‌آباد با SPI، ۱٫۳۹- ، شدیدترین خشکسالی را در سال آبی ۸۴-۱۳۸۳ در بین سایر ایستگاه‌ها در دوره‌ی آماری مورد مطالعه تجربه نموده است.

جدول ۸: مقادیر SPI سه ماهه منتهی به فروردین

سال	زاهدان	لادیز	قطارخنجک	نیک محمدآباد	نصرت آباد
1369-70	2.5	1.2	1.3	0.7	-0.4
1370-71	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	2.4
1371-72	-0.3	-0.2	-0.8	-0.6	0.4
1372-73	0.07	0.6	0.8	0.4	-0.3
1373-74	-0.4	-0.06	-0.6	-0.6	-0.6
1374-75	1.2	1.8	1.1	2.9	0.1
1375-76	-0.03	-0.01	-0.2	-0.3	-0.6
1376-77	0.2	0.2	0.0	-0.1	2.1
1377-78	-0.03	-0.05	-0.1	-0.2	-0.2
1378-79	-0.8	-0.9	-0.3	-0.3	0.4
1379-80	-0.5	-0.7	-1.2	-1.0	0.2
1380-81	-0.9	-0.8	-0.3	-0.3	-0.6
1381-82	-0.6	-0.8	-0.3	-0.3	-0.5
1382-83	-0.7	-0.8	-1.2	-0.9	-0.4
1383-84	1.7	2.1	2.4	1.5	-1.3
1384-85	-0.5	-1.04	-0.02	-0.1	-0.3

تحلیل SPI سه ماه منتهی به اردیبهشت

در سه ماهه منتهی به اردیبهشت که شاید مهمترین سه ماه تأثیرگذار در کشاورزی شهرستان زاهدان باشد، یک افزایش نسبی در میزان بارش وجود دارد. به طوری که میانگین بارش در این دوره سه ماهه ۵۰٫۲ میلی متر است که بیشترین بارش مربوط به ایستگاه زاهدان با ۹۳٫۶ میلی متر و کمترین آن با ۲۱٫۵ میلی متر مربوط به ایستگاه لادیز بوده است. از لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی ها نیز ایستگاه های لادیز و قطارخنجک هر کدام با ۴ بار تکرار و ایستگاه نصرت آباد با ۲ بار تکرار دارای کمترین فراوانی وقوع بوده است. شدیدترین خشکسالی اتفاق افتاده در دوره مورد مطالعه با SPI ، ۱٫۴۳- مربوط به ایستگاه نصرت آباد در سال آبی ۸۴-۱۳۸۳ بوده است.

جدول ۹: مقادیر SPI سه ماهه منتهی به اردیبهشت

سال	زاهدان	لادیز	قطارخنجک	نیک‌محمدآباد	نصرت‌آباد
1369-70	1.7	0.6	1.6	1.1	-0.6
1370-71	-0.3	-0.05	-0.04	-0.1	2.8
1371-72	-0.2	-0.7	-1.2	-1.0	-0.3
1372-73	-0.1	1.1	1.2	0.7	-0.2
1373-74	-0.2	0.9	-0.3	-0.6	-0.3
1374-75	0.9	1.9	1.3	2.5	-0.3
1375-76	0.4	0.1	0.2	0.06	-0.4
1376-77	0.5	0.1	-0.1	-0.2	1.2
1377-78	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.1
1378-79	-1.1	-1.0	-0.9	-0.7	1.0
1379-80	-0.4	-0.8	-1.2	-1.0	0.2
1380-81	-1.06	-0.8	-0.3	-0.3	-0.8
1381-82	-0.8	-0.6	-0.09	-0.1	-0.5
1382-83	-0.8	-1.0	-1.3	-1.0	-0.6
1383-84	2.4	1.6	1.7	1.4	-1.4
1384-85	-0.4	-1.1	-0.2	-0.3	0.3

تحلیل SPI سه ماه منتهی به خرداد

میانگین بارندگی در این دوره نسبت به سه دوره‌ی قبل کاملاً کاهش یافته و رقم ۲۶,۲ را به خود اختصاص داده است. بیشترین میزان بارندگی با ۴۹,۹ میلی‌متر مربوط به ایستگاه نصرت‌آباد و کمترین آن با ۱۱,۶ میلی‌متر مربوط به ایستگاه لادیز بوده است. از لحاظ وقوع فراوانی خشکسالی، بیشترین فراوانی وقوع مربوط به ایستگاه زاهدان با ۴ بار تکرار و کمترین آن با دو بار تکرار مربوط به ایستگاه‌های نصرت‌آباد و نیک‌محمدآباد بوده است. شدیدترین خشکسالی اتفاق افتاده در این دوره مربوط به سال ۸۳-۱۳۸۲ با SPI، -۱,۳۷ و مربوط به ایستگاه قطارخنجک می‌باشد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: مقادیر SPI سه ماهه منتهی به خرداد

سال	زاهدان	لادیز	قطارخنجک	نیک محمدآباد	نصرت آباد
1369-70	1.1	-0.9	1.5	0.7	-0.6
1370-71	-0.4	0.5	0.2	0.01	2.0
1371-72	0.2	-0.5	-1.0	-0.7	-0.6
1372-73	-0.6	0.8	1.2	0.6	-0.3
1373-74	-0.1	1.8	0.04	-0.5	0.5
1374-75	0.9	1.3	1.1	2.9	-0.2
1375-76	0.8	1.08	0.9	0.4	-0.3
1376-77	1.6	-0.1	-0.7	-0.6	2.2
1377-78	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	0.1
1378-79	-1.05	-0.8	-0.7	-0.6	0.6
1379-80	-0.5	-0.7	-1.2	-0.9	-0.3
1380-81	-1.1	-0.7	-0.4	-0.4	-0.9
1381-82	-1.03	-0.3	0.1	-0.04	-0.6
1382-83	-0.9	-0.9	-1.3	-0.9	-0.6
1383-84	1.8	1.4	1.4	1.05	-1.3
1384-85	-0.1	-1.03	-0.6	-0.5	0.5

تحلیل فضایی شدت خشکسالی‌های کوتاه‌مدت شهرستان زاهدان

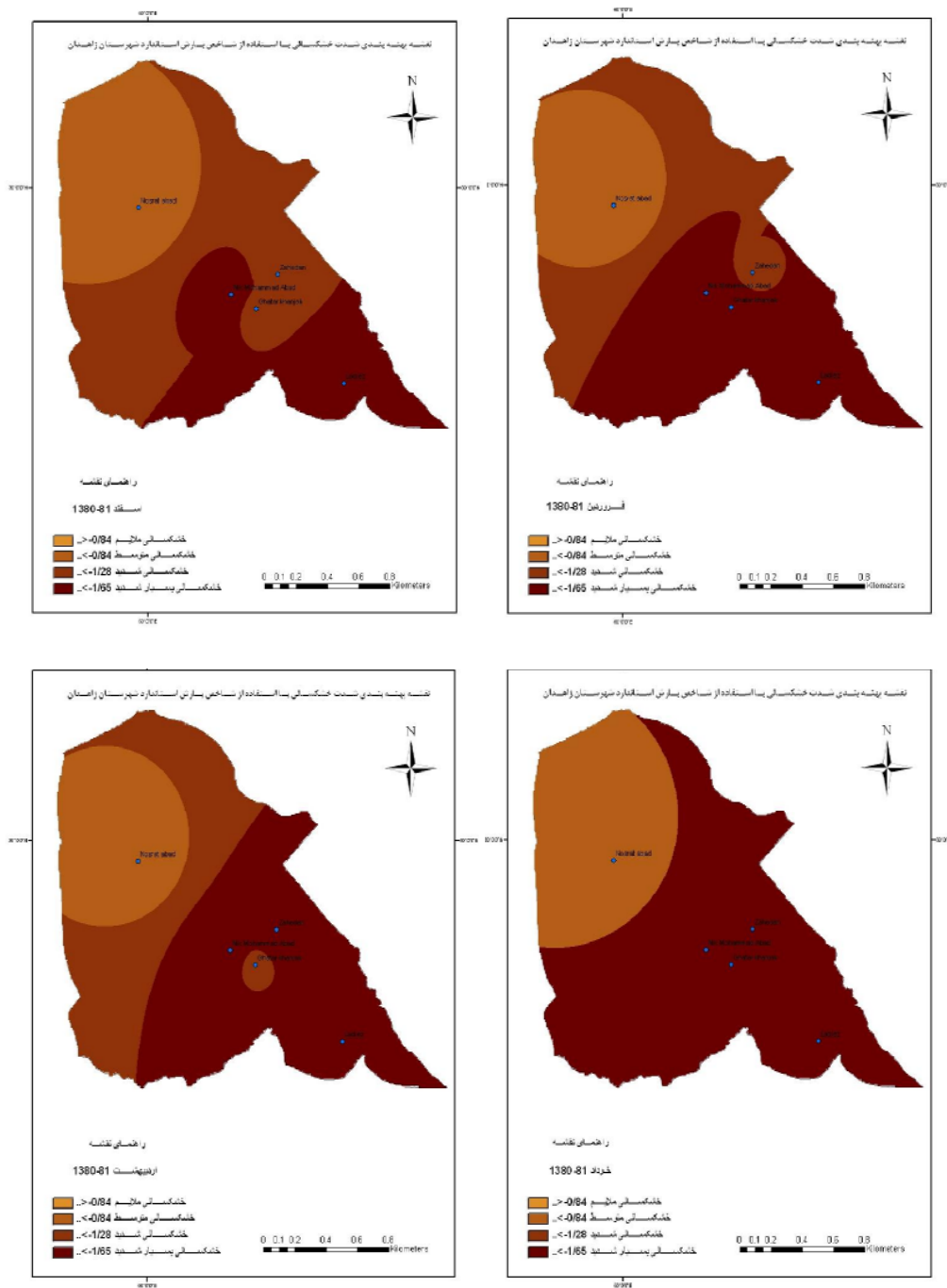
برای تحلیل فضایی شدت‌های خشکسالی با استفاده از شاخص تعدیل شده SPI اگنیو، به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی اقدام گردید. بر این اساس دو سال (۱۳۷۸-۷۹ و ۱۳۸۰-۸۱) که بیشترین و شدیدترین نوع خشکسالی‌ها را در ۴ ماه عمده رویش محصولات، تجربه کرده‌اند انتخاب شدند.

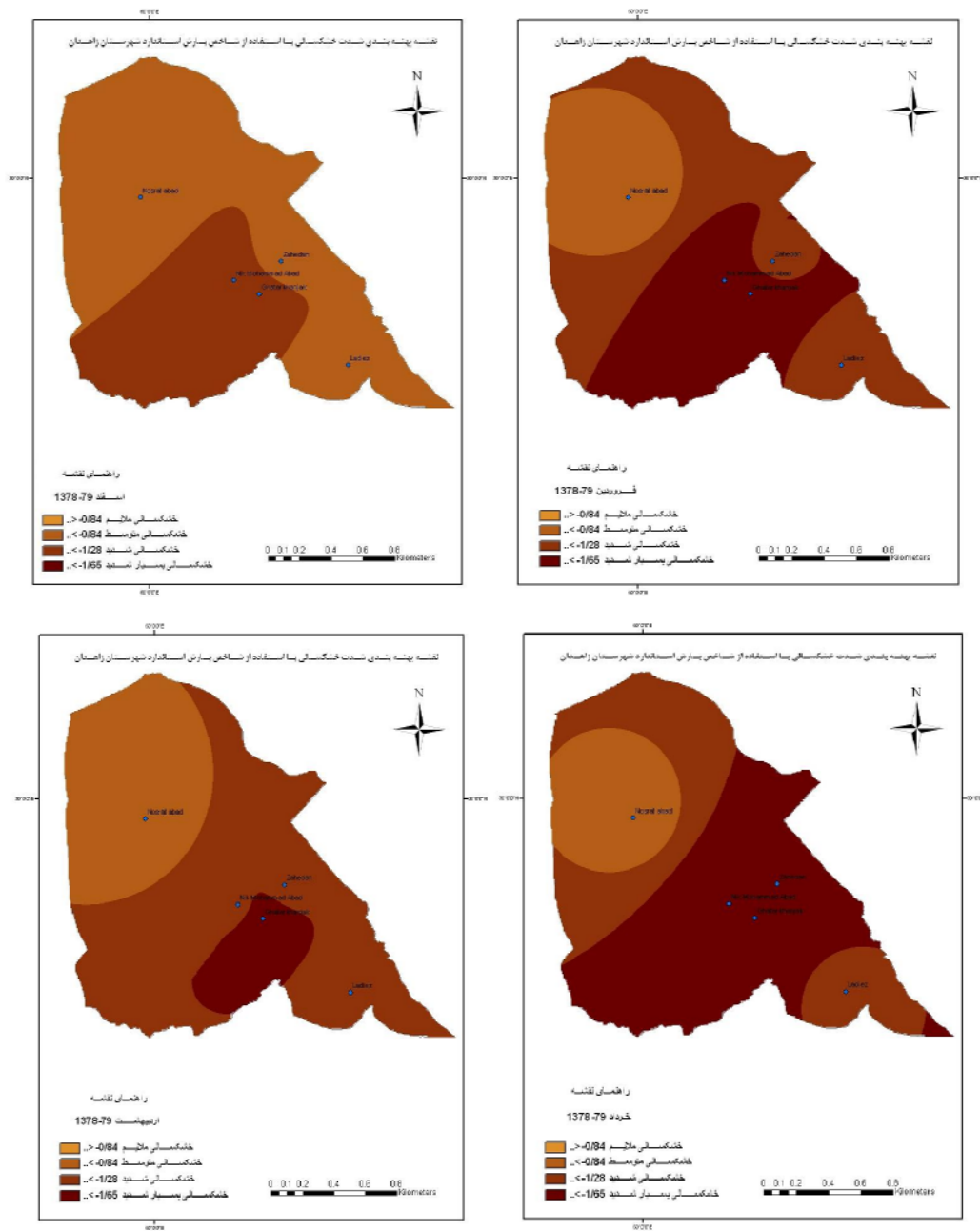
در اسفندماه ۱۳۷۸-۷۹، میزان بارندگی در تمام ایستگاهها نسبت به سایر ماهها، از روند بهتری بر خوردار بوده است به طوری که ایستگاههای زاهدان، نصرت‌آباد و لادیز، یک دوره از خشکسالی ملایم را شاهد بودند در حالی که قسمت‌هایی از ایستگاه قطارخنجک و نیک‌محمدآباد، خشکسالی متوسط را تجربه کرده‌اند.

در فروردین همین سال، خشکسالی بسیار شدید، قسمت‌های مرکزی شهرستان زاهدان را دربرمی‌گیرد به طوری که نیک‌محمدآباد و قطارخنجک در این طیف از خشکسالی قرار می‌گیرند. در اردیبهشت‌ماه نیز، همانند فروردین قسمت‌های مرکزی شهرستان زاهدان، (نیک‌محمدآباد و قطارخنجک) در طیف خشکسالی بسیار شدید قرار می‌گیرند، درحالی که زاهدان و لادیز در محدوده‌ی خشکسالی‌های متوسط و ایستگاه نصرت‌آباد، در طبقه‌ی خشکسالی ملایم قرار می‌گیرد. (شکل ۳).

پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی در سال ۸۱-۱۳۸۰ نشان می‌دهد که در اسفندماه، ایستگاه لادیز و نیک‌محمدآباد، یک دوره از شدیدترین خشکسالی‌ها را تجربه کرده‌اند. درحالی که در همین زمان ایستگاه ایستگاه زاهدان و قطارخنجک شاهد خشکسالی متوسط بوده‌اند و ایستگاه نصرت‌آباد نیز یک دوره از خشکسالی‌های ملایم پشت سر نهاده است.

در فروردین ۸۱-۱۳۸۰ نیز مجدداً شاهد وقوع حدت خشکسالی‌ها در قسمت‌های شرقی منطقه مورد مطالعه هستیم، که تمامی مناطق مناطق شرقی شهرستان زاهدان در بر گرفته است و ایستگاه زاهدان خشکسالی متوسط و نصرت‌آباد خشکسالی ملایم را تجربه کرده است. همان‌طور که از نقشه‌ها پیداست، در اردیبهشت ۸۱-۱۳۸۰، به جز ایستگاه نصرت‌آباد و قطارخنجک که خشکسالی متوسط داشته‌اند، سایر ایستگاه‌ها خشکسالی بسیار شدید را تجربه کرده‌اند. در خردادماه همین سال نیز، به استثنای ایستگاه نصرت‌آباد که یک دوره از خشکسالی‌های ملایم را شاهد بوده، سایر ایستگاه‌ها در پهنه‌ی خشکسالی‌های بسیار شدید قرار می‌گیرند (شکل ۳).





شکل ۳: پهنه بندی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در شهرستان زاهدان برای سال های

۱۳۷۸-۷۹، ۱۳۸۰-۸۱

نتیجه‌گیری

خشکسالی از حوادث استثنائی و تأسف‌باری است که همواره جوامع انسانی، گیاهی و به طور کلی اکولوژیکی محیط را دستخوش تغییرات شگرف قرار می‌دهد. اثرات تخریبی ناشی از وقوع خشکسالی به کندی پدیدار می‌شود و سبب از بین رفتن محصولات کشاورزی، کمبود آب و قحطی می‌گردد. در تحقیق حاضر خشکسالی‌های شهرستان زاهدان با استفاده از نمایه اگ‌نیو که جرح و تعدیل شده شاخص مک‌کی بوده بررسی شده و نوع خشکسالی و ویژگی‌های هر یک از دوره‌های خشکی بر اساس مقیاس سه‌ماهه برای ایستگاه‌های منتخب تشخیص داده شده است. نتایجی که از تحقیق حاضر به دست آمده است عبارتند از:

- SPI کوتاه‌مدت (سه‌ماهه) به تغییرات بارندگی ماهانه سریع‌اً پاسخ می‌دهند. بنابراین می‌توانند کاهش بارندگی ماهانه را به خوبی نمایش دهند. لذا در کشاورزی و زراعت‌های مختلف یکساله می‌توان از نتایج آن استفاده نمود.

- با توجه به طبقه‌بندی اگ‌نیو، می‌توان به یکسان نبودن رخداد شدت‌های خشکسالی در ایستگاه‌های مختلف در شهرستان زاهدان پی برد. به‌طوری‌که بیشترین فراوانی شدت خشکسالی‌ها مربوط به خشکسالی‌های متوسط بوده است.

- نقشه‌های پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی و مرکزی شهرستان بیشتر از قسمت‌های غربی از خشکسالی متأثر می‌شوند.

- علیرغم اینکه این پدیده به ندرت رخ داده و یک پدیده استثنایی در نظر گرفته می‌شود، اما در طبقه‌بندی خشکسالی مک‌کی تمامی شاخص‌های کمتر از صفر به عنوان خشکسالی تلقی می‌شوند. لذا برای رفع این نقیصه از شاخص SPI اصلاح شده اگ‌نیو که با واقعیت‌های موجود سازگار می‌باشد، استفاده شد. این شاخص مقادیر بیشتر از $0/84$ را به عنوان خشکسالی لحاظ نمی‌کند.

منابع

- ۱- انصاری، حسین (۱۳۸۲). پایش و پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیائی، رساله دکتری آبیاری گرایش آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- بذاق جمالی و همکاران (۱۳۸۱). پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۷. زمستان ۱۳۸۱. مشهد.
- ۳- خسروی، محمود (۱۳۸۳). بررسی روابط بین الگوهای چرخش کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه. سال دوم. شماره ۳. بهار و تابستان ۱۳۸۳. زاهدان.
- ۴- خسروی، محمود (۱۳۸۴). بررسی اثر الگوهای دور پیوند بر خشکسالی‌های فراگیر زمستانه استان سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۴. بهار و تابستان ۱۳۸۴. مشهد.

- ۵- خلخالی، معصومه (۱۳۸۳). بررسی و تحلیل خشکسالی اقلیمی حوضه آبریز آجی چای با استفاده از نمایه SPI، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه تبریز.
- ۶- خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷). تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، رساله دکترای اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه تبریز.
- ۷- رضائی‌پژند، حجت و میترا مهدی‌پور (۱۳۸۰). تحلیل خشکسالی و پیش‌بینی بارندگی چهار سال آینده شهر زابل، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. جلد سوم. دانشگاه زابل.
- ۸- عزیزی، قاسم (۱۳۷۹). ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی - ترسالی در ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸. مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
- ۹- عطایی، هوشمند (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان (ویژه‌نامه جغرافیا). جلد ۱۸. شماره ۱. اصفهان.
- ۱۰- غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۷۶). بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴۵. مشهد.
- ۱۱- فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۷۴). تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران، رساله دکترای اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۲- قلی‌زاده، محمدحسین (۱۳۸۳). پیش‌بینی و پیش‌آگاهی خشکسالی در غرب ایران، رساله دکترای اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۱۳- لشنی‌زند، مهران (۱۳۸۳). بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران)، رساله دکترای اقلیم‌شناسی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه اصفهان.
- ۱۴- محمودی، پیمان و شاه‌وزئی، عبدالرئوف (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل خشکسالی‌های شهرستان ابرانشهر با استفاده از شاخص نمره استاندارد و آرایه راهکاری مدیریتی جهت کاهش اثرات آن، همایش خشکسالی. پیامدها و راهکارهای مقابله با آن. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند.
- ۱۵- محمودی، پیمان؛ منصوری، قباد؛ شاه‌وزئی، عبدالرئوف و خسروی، پرویز (۱۳۸۶). خشکسالی و تأثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان، کنفرانس ملی مدیریت جامع منابع آب. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۱۶- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۷۷). بررسی نظام تغییرات زمانی - مکانی بارش در ایران زمین، رساله دکترای اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه اصفهان.
- ۱۷- مقدم، حسین؛ بذاق‌جمالی، جواد؛ جوانمرد، سهیلا؛ مهدویان، عبدالرضا و خزانه‌داری، لیلی (۱۳۸۰). پیش خشکسالی بر اساس نمایه SPI، دهک‌ها و نرمال در استان سیستان و بلوچستان، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. جلد سوم. دانشگاه زابل.
- ۱۸- مهدویان، عبدالرضا، بذاق‌جمالی، جواد؛ موقرمقدم، حسین؛ خجسته، سارا؛ قیامی، علی؛ احمدیان، جواد؛ عراقی، حسن؛ عظیمی، حمید و فدائی‌وطن، فاطمه (۱۳۸۰). بررسی روش‌های مختلف پهنه بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان و ارتباط آن با خشکسالی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. جلد سوم. دانشگاه زابل.

- ۱۹- ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر و قاسمی، احمدرضا (۱۳۸۰). خشکسالی و بارندگی مازاد استان سیستان و بلوچستان و ارتباط آن با پدیده ال‌نینو - نوسان جنوبی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. جلد سوم. دانشگاه زابل.
- 20- Agnew, C.T (2000). Using the SPI to identify drought, Drought Network News, Vol. 12, No. 1, Winter 1999–Spring 2000
- 21- Akeh, L.E, Nnoli, N, Gbuyiro, S, Ikehua, F, and Ogunbo, s (2001). Meteorological Early Warning Systems (EWS) for drought Preparedness and Drought Management in Nigeria. Issue of drought network news [on-line], 13, Available on the www.drought.unl.edu/monitor/ews/ch12_Akeh.pdf
- 22- Bhuiyan,C,Singh R.P,Kogan F.N (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India)using different indices based on ground and remote sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geo information ,Vol8 (2006),pp 289–302,
- 23- Cabrinha, V, and Santo, F, E (2001). Drought Tendencies in Mainland Portugal, Issue of drought network news [on-line], 13. Available on the www.drought.unl.edu/monitor/Ews/ch13_cabrina.Pdf
- 24- Garrido Abenza, A (1999). A Drought Watch System for Southeast Spain. Issue of drought network news [on-line],11,Available on the www.drought.unl.edu/Pubs/dnn/mayaugaa.pdf
- 25- Guttman, N, B (1999). Accepting the Standardized precipitation Index. J. American Water Resource, Assoc, 35:311-322.
- 26- Kerang Li (2001). Drought Early Warning and Impact Assessment in China. Issue of drought network news [on-line], Available on the www.Drought.unl.edu/monitor/Ews/ch9-li.Pdf
- 27- Livada,I and V. D. Assimakopoulos(2007).Spatial and temporal analysis of drought in Greece using the Standardized Precipitation Index (SPI), Theoretical and Applied Climatology,Vol 89.
- 28- McKee T, B., Doesken, N.J. Kleist, J (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, January 17-22, 1993. American Meteorological Society, Massachusetts.
- 29- McKee T. B, Doesken, N.J. Kliest, J (1995). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. In: proc. 9th conf. on applied climatology. January 15-20, American Meteorological Society, Massachusetts.
- 30- Ntale, Henry K, and Yew Gan, Thian, m (2003). Drought index and Their Application to East Africa. Int. J. Climatol. 23: 1335-1357.
- 31- Sinha Ray, K, C (2001). Role of Drought Early Warning Systems for Sustainable Agriculture Research in India, Issue of drought network news [on-line], Available on the www.drought.unl.edu/monitor/Ews/chlo_Sinha-Ray.Pdf
- 32- Tsakiris G,H.Vangelis (2004). Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI, Water Resources Management, Vol 18.
- 33- Wu, Hong., Svoboda, Mark D . Hayes, Micheal J. Wilhite, Donald A. and Wen, Fujiiang (2007). Appropriate Application of the Standardized Precipitation Index in Arid Locations and Dry Seasons. Int. J. Climatol. 27: 65-79.
- 34- Zanvettor, R and Roveló, A (2000).Using the SPI to Monitor the 1999-2000 Drought in Northeastern Argentina, Issue of drought network news [on-line], 12, Available on the www.Drought.unl.edu/Pubs/dnn/Fallooweb.Pdf