جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۵، تابستان ۱۳۸۹

خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI

علیرضا شکیبا[۱]، بابک میرباقری[۲]، افسانه خیری[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۶/۱
تاریخ تایید نهایی: ۱۳۸۸/۱۱/۱۳

چکیده:

خشکسالی یکی از پدیده‌های جوی است که بخش‌های مختلف محیطی را در طول دوره حاکمیت تحت تاثیر قرار میدهد. یکی از بخش‌های متاثر شده ازشرایط بلند مدت خشکسالی منابع آب‌های زیرزمینی است که متأسفانه کمتراز سایر بخش‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله تلاش شده است با استفاده از شاخص SPI و دیگر معیارهای مشتق شده از آن از قبیل طولانی ترین دوره خشکسالی، تعداد ماه‌های مواجه با خشکسالی و بزرگی خشکسالی (DM)، ابتدا شرایط بلند مدت خشکسالی در منطقه شرق استان کرمانشاه بررسی شده و سپس بر اساس شاخص SPI تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی مورد تحقیق قرار گیرد. در رابطه با تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی ضمن بررسی نوسانات ماهانه SPI و سطح آب زیرزمینی در طی دوره آماری ۳۰ ساله، ضریب همبستگی بین دو پارامتر مذکور نیز محاسبه شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که تمام ایستگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه با خشکسالی مواجه بودند. همچنین از بین معیارهای مورد توجه در شاخص SPI، معیار مجموع بزرگی خشکسالی (DM)، معیار مناسبتری جهت نشان دادن وضعیت خشکسالی در منطقه تشخیص داده شد. در رابطه با تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی نیز مشخص شد، خشکسالی‌های رویداده در افت سطح آب‌های زیرزمینی تأثیر بسزایی گذاشته‌اند. با توجه به وجود ضریب همبستگی بین مقدار SPI و عمق آب زیرزمینی می توان گفت، شاخص SPI شاخص تقریباً مناسبی جهت بررسی اثرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی است این در حالیست که اولاً منطقه مورد مطالعه یک منطقه کارستی است و منابع آبی آن نیز، تحت شرایط سیستم‌های کارستی قرار دارند. ثانیاً با توجه به توسعه کشاورزی در منطقه و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی و حتی شرب، بی شک یکی از عوامل افت سفره‌های آب زیرزمینی استفاده از این منابع جهت تأمین آب برای بخشهای مختلف است.

کلید واژگان: خشکسالی، بزرگی خشکسالی **(DM)**، آب زیرزمینی، شرق استان کرمانشاه

---

۱. مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی
۲. مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی
۳. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی

مقدمه

خشکسالی یکی از مخاطرات اصلی مرتبط با هواشناسی است. این مخاطره طبیعی تمام جوانب زندگی ما را تحت تأثیر قرار می دهد. در سطح بین المللی تعریف واحدی از خشکسالی که مورد قبول همه باشد، وجود ندارد. بطور کلی خشکسالی زمانی روی می دهد که کاهش چشم گیر آب، هم در مکان و هم در زمان ویژه‌ای روی دهد (Correia et al, 1991)

هر خشکسالی با سه خصوصیت شدت، طول دوره و پهنای تحت تأثیر شناخته می شود. خشکسالی انواع مختلفی دارد که با توجه به طول دوره خشکسالی به وجود می آیند و به شرح ذیل تعریف می شوند:

خشکسالی هواشناسی: هنگامی رخ می دهد که بارندگی کمتر از حدود ۷۵ درصد از نرمال سه ماهه یا حتی ۶ ماهه بالاتر باشد.

خشکسالی کشاورزی: رطوبت خاک در این مرحله بسیار کم است بخصوص جایی که گیاهان به صورت فشرده قرار دارند و بیومس خاک کم شده است. کاهش آب برای چهارپایان نیز از دیگر ویژگی‌های این مرحله است.

خشکسالی هیدرولوژیکی: کاهش جریانات رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از آشکارترین نشانه‌های این مرحله از خشکسالی هستند و *خشکسالی اقتصادی – اجتماعی*: این مرحله آخرین مرحله خشکسالی محسوب می شود طوری که کمبود منابع آب بر زندگی انسان‌ها تأثیر منفی می گذارد. (Beck Consulting, 2007)

باید به این نکته نیز توجه داشت که تأثیرات کاهش بارندگی بر روی رطوبت خاک، مخازن آب، جریانات سطحی رودخانه‌ها و سطح آب زیرزمینی در مقیاس‌های مختلف زمانی نشان داده می شود. (Lloyd-Hghes, 2002)

تعاریف خشکسالی بخصوص در رابطه با میزان تأثیر آن بر محیط طبیعی و اجتماعی دائماً در حال تغییر است. به نظر منطقی است که خشکسالی را در سطح وسیعی با زمان، طول دوره و محل رویداد آن مرتبط بدانیم. (Tsakiris et al, 2003)

در مراحل پیشرفته خشکسالی منابع آبی با کمبود شدیدی مواجه می شود. در بیشتر مناطق دنیا، منابع آب زیرزمینی به عنوان یک منبع برای مصارف عمومی و همچنین فعالیتهای کشاورزی به سرعت مورد بهره برداری قرار گرفته است (Scheidleder et al., 1999) این بدان معناست که واکنش آبهای زیرزمینی به خشکسالی‌ها بیش از حد مهم شده است. (Calow et al., 1999).

گرچه آبهای زیرزمینی یکی از منابع مهم آبی در دنیا محسوب می شود اما در بسیاری از

بررسی‌های مربوط به خشکسالی مورد توجه قرار نمی گیرد. در نگاهی جامع به تعاریف مرتبط با خشکسالی و از نگاه ویلهایت و گلانتز (۱۹۸۵) خشکسالی تنها به عنوان یکی از پارامترهای هشدار دهنده مورد توجه قرار می گیرد. در سال ۱۹۸۷-۱۹۹۹ در انگلستان تیت و گاوستارت بخش کوچکی از مباحث خود را به خشکسالی آبهای زیرزمینی اختصاص داده و به بررسی تأثیرات خشکسالی بر روی سطوح آبهای زیرزمین پرداختند.

بر اساس تعریف مفهومی از کالو و همکاران ۱۹۹۹، اصطلاح خشکسالی آبهای زیرزمینی برای توصیف وضعیت مکانی است که سطح منابع آب زیرزمینی به عنوان پیامد مستقیم خشکسالی، افت پیدا می کند. زمانی که سیستم‌های آب زیرزمینی تحت تأثیر خشکسالی واقع می شود ابتدا آبگیری، سپس سطح و در نهایت آبدهی سفره آب زیرزمینی کاهش پیدا می کند. چنین خشکسالی را خشکسالی آب زیرزمینی می نامند (van Lanen et al., 2000)

در هر حال برای تحلیل کمی خشکسالی، وجود یک شاخص مشخص جهت تعیین دقیق دوره‌های مرطوب و خشک بسیار ضروری است. (Silva, 2003)

راندمان سیستم‌های مانیتورینگ خشکسالی عمیقاً تحت تأثیر صحت انتخاب شاخص که توصیفی از وضعیت ذهنی و واقعی از شرایط خشکسالی را فراهم می کند، می باشد. در سال‌های گذشته شاخص‌های متعددی برای بررسی خشکسالی مطرح شده است و ضرورتاً هرکدام از این شاخص‌ها با یکی از چهار نوع خشکسالی مرتبط است(Mendicino et al, 2008)، مانند شاخص پالمر، شاخص منابع آبهای سطحی شافر و دزمان، شاخص بالمه و مولی، شاخص جانویک و دیگران، و شاخص SPI که توسط مک کی و دیگران در سال ۱۹۹۳ معرفی گردید.

از بین شاخص‌های کمی در تحلیل خشکسالی، شاخص SPI به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس‌های مکانی مختلف، به عنوان شاخص مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است. در زمینه برآورد خشکسالی و معیارهای تعیین ویژگی‌های آن بنجامین و دیگران (۲۰۰۲)، شدت، پهنه و طولانی ترین دوره خشکسالی را در قسمتی از قاره اروپا در دوره آماری ۱۹۰۱ تا ۱۹۹۹ با استفاده از شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۱۲،۹،۶،۳ و ۱۸ ماه مورد بررسی قرار دادند سپس نتایج آن را با شاخص‌های کمی دیگر مانند شاخص نرمال، لوگ نرمال و شاخص پالمر ارزیابی کردند. این تحقیق نشان داد که نتایج بدست آمده در شاخص SPI از نظر طول دوره، شدت و طولانی ترین دوره خشکسالی با شاخص پالمر بیشترین شباهت را دارد.

انصافی مقدم (۱۳۸۶) در ارزیابی شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسبترین شاخص در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه رسید که شاخص SPI و دهکها، مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید است و کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند.

مساعدی و دیگران (۱۳۸۷) جهت ارزیابی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان از شاخص SPI استفاده کردند و به نتایج مختلفی از جمله وجود یک سیکل ۱۱ ساله ترسالی یاخشکسالی مهم و حاکم بودن شرایط با شدت خشکسالی بیشتر در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر رسیدند.

در مورد بررسی تأثیر وضعیت خشکسالی بر روی منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص SPI، تحقیقات بسیار محدود بوده که به موارد زیر اشاره می شود.

مندیسینو و دیگران در تحقیق خود با عنوان شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) برای پایش و پیش بینی خشکسالی در مناطق مدیترانه، با استفاده از شاخص SPI و شاخص GRI به بررسی این دو شاخص از نظر ضریب همبستگی بین بارش و سطح آب زیرزمینی در ماه‌های مختلف پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شاخص GRI نسبت به شاخص SPI در پیش بینی وضعیت منابع آب زیرزمینی مناسبتر است.

خان و دیگران (۲۰۰۸) در بررسی وضعیت خشکسالی در اراضی زراعی یکی از حوضه‌های کشور استرالیا با سطح آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که علیرغم اینکه منابع آب زیرزمینی نواحی مختلف مورد بهره برداری قرار می گیرند اما در موارد زیادی بین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی ارتباط قوی وجود دارد.

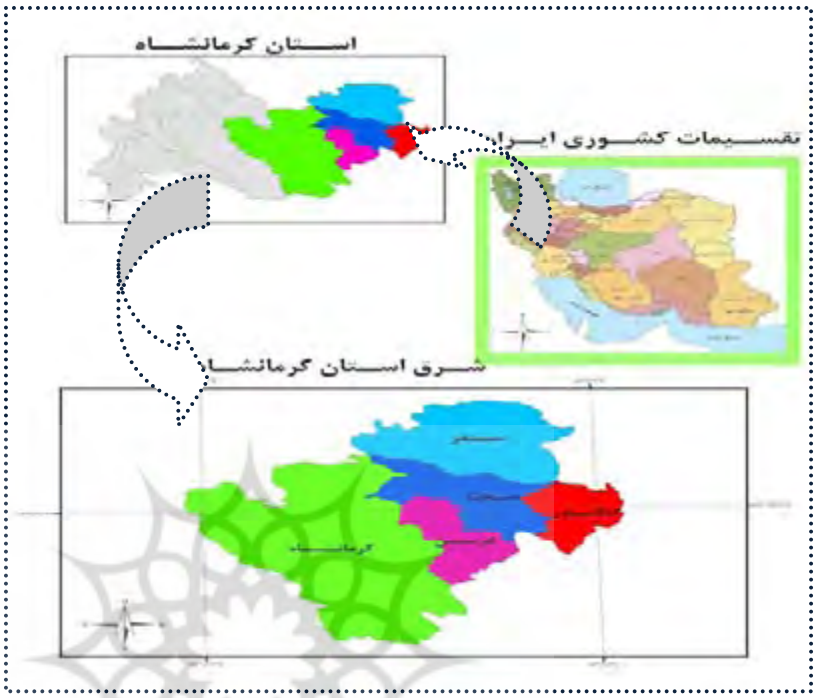
در تحقیق حاضر به دلیل اهمیت منابع آب زیرزمینی در دشتهای شرق استان کرمانشاه، ابتدا میزان آسیب پذیری ۸ ایستگاه هواشناسی واقع در منطقه مطالعاتی نسبت به خشکسالی (در یک دوره ۳۰ ساله آماری) بر اساس شاخص SPI تعیین و سپس رابطه شاخص SPI با عمق آبهای زیر زمینی منطقه به صورت ماه به ماه مورد بررسی قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه

شرق استان کرمانشاه شامل شهرستان‌های کرمانشاه، کنگاور، صحنه، و سنقر است که در طول جغرافیایی '۲۹ °۴۶ تا '۰۶ °۴۸و عرض جغرافیایی '۴۵ °۳۳ تا '۰۶ °۳۵ واقع است (شکل ۱). این محدوده شامل پنج دشت به نامهای کرمانشاه، کنگاور، صحنه، سنقر و ماهیدشت می‌باشد.

هر کدام از این دشتها بستر آبخوانهای مهمی هستند که منـابع آب زیرزمینـی مهمـی را تشـکیل می‌دهند و به عنوان منابع آب شرب و کشاورزی مورد استفاده ساکنان دشتها نیز قـرار مـی‌گیـرد (شکل ۲).

شکل۱: شهرستان‌های شرق استان کرمانشاه



داده‌ها

از آنجاییکه برای محاسبه شاخص SPI حداقل دوره آماری ۳۰ ساله مورد نیاز است لذا در منطقه مورد مطالعه ایستگاه‌های سینوپتیک و باران سنجی که دارای طول دوره آماری ۳۰ سـاله باشـند انتخاب شد. (جدول ۱) و (شکل ۲)

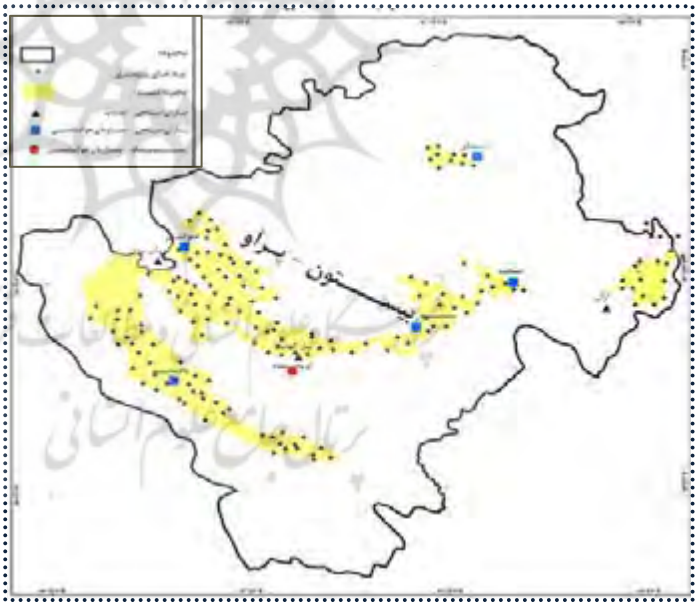
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱: ایستگاه‌های مورد استفاده در شاخص خشکسالی SPI

نام ایستگاه	نوع ایستگاه
کرمانشاه	سینوپتیک
پل کهنه	باران سنجی
بیستون	باران سنجی
صحنه	باران سنجی
ماهیدشت	باران سنجی
آران	باران سنجی
سنقر	باران سنجی
دوآب مرگ	باران سنجی
جلوگیر	باران سنجی

در بخش دوم تحقیق تأثیر خشکسالی بر سطح آب زیرزمینی دشتهای موجود در محدوده، مورد مطالعه قرار گرفت که در این راستا از داده‌های ماهانه چاه‌های پیزومتری در طول دوره آماری ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ استفاده شد. شکل ۲ وضعیت چاههای پیزومتری موجود در دشتهای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل۲: نقشه منطقه مورد مطالعه، محدوده دشتها و موقعیت ایستگاهها و چاههای پیزومتری



روش تحقیق

شاخص SPI بر اساس اختلاف میان مقدار بارندگی در هر ماه و میانگین بارندگی در دوره زمانی مشخص بخش بر انحراف معیار بارندگی در آن مقیاس زمانی محاسبه می گردد. مقیاسهای زمانی می توانند ۳، ۶، ۱۲ و یا ۲۴ ماهه باشند.

$$SPI = \frac{X_i - \overline{X}}{S_X}$$

که در آن :

X_i = بارندگی در هر ماه

$\overline{X}$ = میانگین بارندگی در مقیاس زمانی

S_X = انحراف معیار بارندگی در مقیاس زمانی می باشد.

مقیاس‌های زمانی مختلفی به منظور نشان دادن تأثیرات کاهش بارندگی بر منابع آبی مختلف طراحی شده‌اند. برای مثال تغییررطوبت خاک واکنشی است در برابر نوسان بارندگی در رابطه با مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت، در حالی که آب‌های زیرزمینی، جریانات سطحی و مخازن آب واکنشی است در برابر نوسانات طولانی مدت بارندگی. از آنجاییکه در این تحقیق وضعیت منطقه در برابر خشکسالی و همچنین رابطه خشکسالی با آبهای زیرزمینی مورد ارزیابی قرار گرفت لذا مقیاس زمانی ۲۴ ماهه برای محاسبه شاخص SPI انتخاب گردید. همچنین این شاخص بر اساس داده‌های طولانی مدت بارندگی (حداقل ۳۰ سال آماری) بدست می آید. مک کی و دیگران (۱۹۹۳) با توجه به مشابهت شاخص SPI با مقادیر توزیع نرمال استاندارد، این شاخص را به چهار کلاس ذیل تقسیم نمودند:

- ۰ تا ۰.۹ خشکسالی ضعیف
- تا ۱.۴۹- خشکسالی متوسط
- ۱.۵- تا ۱.۹۹- خشکسالی شدید
- کوچکتر از ۲-، خشکسالی بسیار شدید

بر اساس شاخص SPI رویداد یک خشکسالی در مقیاس زمانی i ؛ دوره‌ای است که در آن SPI به طور پیوسته منفی بوده و مقدار آن ۱- و یا کمتر باشد. (Mckee et al, 1993)

یکی از موارد قابل بررسی در شاخص SPI محاسبه میزان بزرگی خشکسالی (Drought magnitude) در هنگام وقوع خشکسالی است که مقدار آن بر اساس فرمول ذیل محاسبه می گردد:

$$DM = -\left(\sum_{j=1}^{X} SPI_{ij}\right)$$

که در آن:

J = پارامتری که مقدار آن بر اساس اولین ماه خشکسالی از عدد یک شروع و به تعداد ماههای یک رویداد خشکسالی (X) افزایش می یابد.

SPI_{ij} = شاخص خشکسالی ماه‌های کمتر از ۱-بر اساس مقیاس زمانی i در ماه j ام خشکسالی

با توجه به اینکه در هر ایستگاه امکان رخداد دوره‌های مختلف خشکسالی در طول ۳۰ سال آماری وجود دارد لذا برای شناخت و درک بهتر از وضعیت آسیب پذیری هر ایستگاه بر اثر خشکسالی مجموع DMهای دوره‌ها ی مختلف خشکسالی محاسبه شد.

از دیگر معیارهایی که در بررسی میزان آسیب پذیری هر ایستگاه بر اثرخشکسالی به کمک SPI مهم به نظر می آید دو معیار تداوم طولانی ترین دوره (تعداد ماههای طولانی ترین دوره خشکسالی و تعداد ماه‌های مواجه با خشکسالی است.

رابطه شاخص SPI با آب زیرزمینی:

در ارزیابی رابطه خشکسالی با ارتفاع آب زیرزمینی به دلیل اینکه داده‌های مربوط به چاه‌های پیزومتری موجود در دشتها، دارای طول دوره آماری از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۵ بودند به همین منظور نمودارهای مربوط به سطح آب زیرزمینی و شاخص خشکسالی در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ تهیه و برای ارزیابی میزان همبستگی میان عمق آب زیرزمینی و مقدار SPI در هر ماه از فرمول ضریب همبستگی مطابق رابطه ذیل استفاده گردید:

$$\rho_{XY} = \frac{Cov\left(X, Y\right)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

که در آن

x مقدار شاخص SPI در ماه خاص و Y سطح آب زیر زمینی در همان ماه است.

با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه تعداد چاههای پیزومتری بسیار بیشتر از ایستگاههای هواشناسی است لذا ضریب همبستگی میان سطح آب هر چاه پیزومتری و نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به آن چاه محاسبه گردید.

ارائه نتایج

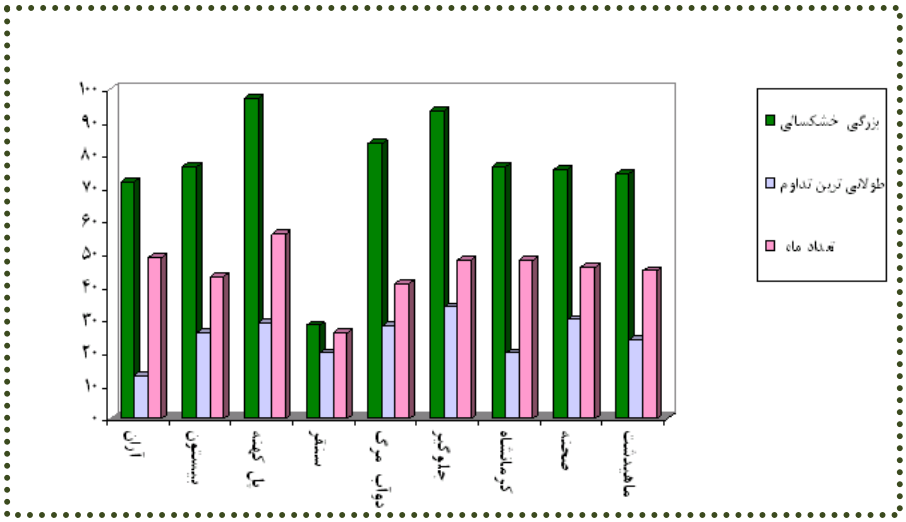
همانطور که پیشتر نیز اشاره شد در این تحقیق برای ارزیابی میزان آسیب پذیری بر اثر خشکسالی سه معیار؛ طولانی ترین دوره، تعداد ماه‌های مواجه با خشکسالی، و مجموع بزرگی خشکسالی (DM) برای هر یک از ایستگاهها محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) و شکل (۳) ارائه شده است. همچنین نمودار ماه‌هانه مقدار SPI برای ۸ ایستگاه منطقه مطالعاتی در هریک از ایستگاه‌ها نیز نشان داده شده است شکل (۴). در این نمودارها دوره‌های خشکسالی (مقادیر SPI کوچکتر از یک) به صورت سیاهرنگ مشخص گردیده است.

جدول۲: معیارهای خشکسالی در هر یک از ایستگاه‌ها

ردیف	نام ایستگاه	مجموع DM	طولانی ترین دوره (ماه)	تعداد ماههای مواجه با خشکسالی
1	آران	۷۱/۹۱	۱۳	۴۹
۲	بیستون	۷۶/۵۴	۲۶	۴۳
۳	پل کهنه	۹۷/۳۱	۲۹	۵۶
۴	سنقر	۲۸/۳۷	۲۰	۲۶
۵	دوآب مرگ	۸۳/۴۸	۲۸	۴۱
۶	جلوگیر	۹۳/۳۸	۳۴	۴۸
۷	کرمانشاه	۷۶/۳۶	۲۰	۴۸
۸	صحنه	۷۵/۶۴	۳۰	۴۶
۹	ماهیدشت	۷۴/۴۸	۲۴	۴۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

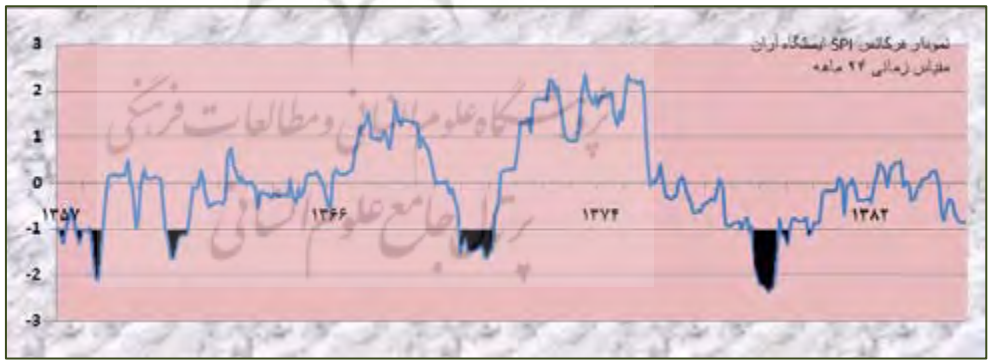
شکل ۳: معیارهای بررسی خشکسالی در هریک از ایستگاه‌ها



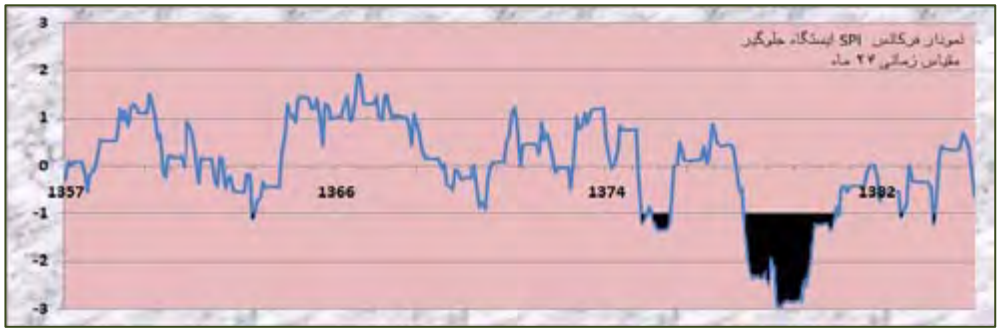
چنانچه در جدول شماره (۲) نیز دیده می شود ایستگاه پل کهنه با مجموع ۹۷/۳۱ بیشترین مجموع DM و ایستگاه سنقر با مجموع ۲۸/۳۷ کمترین مجموع DM را داراست.

در رابطه با شاخص طولانی ترین دوره خشکسالی، ایستگاه جلوگیر با تداوم دوره ۳۴ ماهه طولانی‌ترین دوره و ایستگاه آران با ۱۳ ماه کمترین تداوم دوره خشکسالی را داشتند و در مورد تعداد ماه‌هایی که در مقیاس زمانی ۲۴ ماه با خشکسالی مواجه هستند ایستگاه پل کهنه با ۵۶ ماه بیشترین تعداد ماه‌های مواجه با خشکسالی و ایستگاه سنقر با ۲۶ ماه کمترین تعداد ماه مواجه با خشکسالی را در منطقه دارا هستند. (شکل۴)

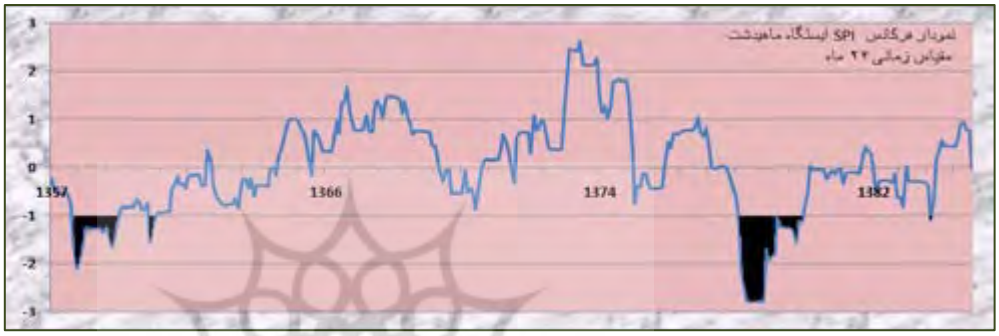
شکل ۴- الف) نمودار SPI ایستگاه آران



شکل ۴- ب) نمودار SPI ایستگاه جلوگیر



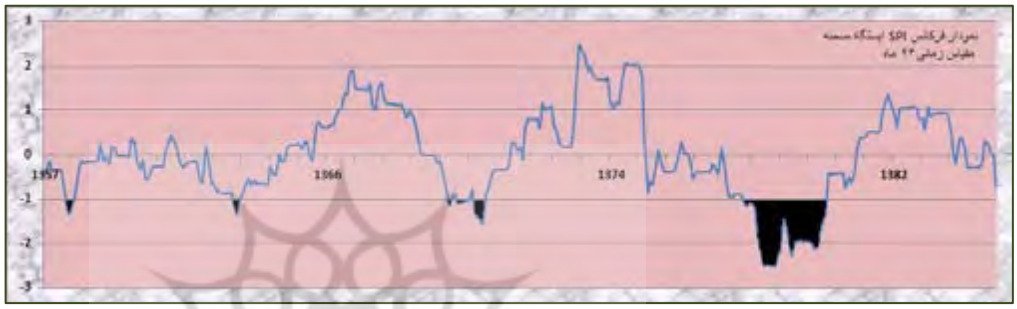
شکل ۴- پ) نمودار SPI ایستگاه ماهیدشت



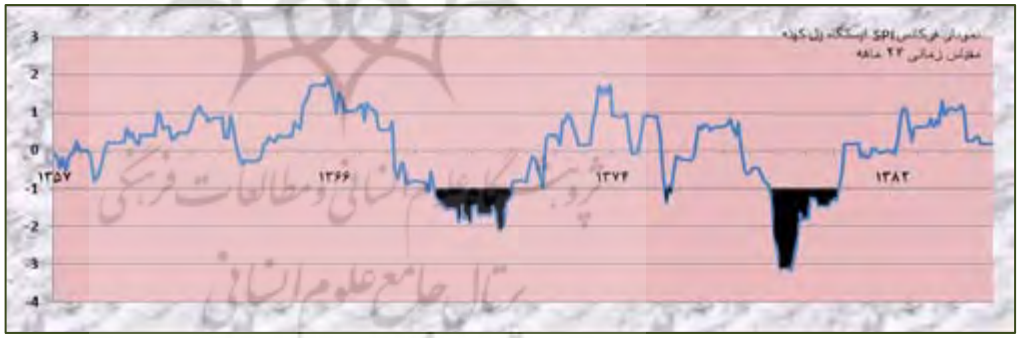
شکل ۴- ت) نمودار SPI ایستگاه بیستون

شکل ۴-د) نمودار SPI ایستگاه سنقر

شکل ۴- ر) نمودار SPI ایستگاه صحنه

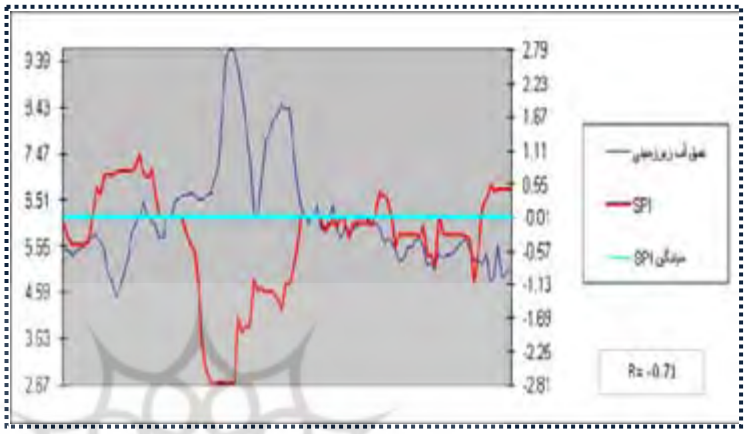


شکل ۴- ز) نمودار SPI ایستگاه پل کهنه

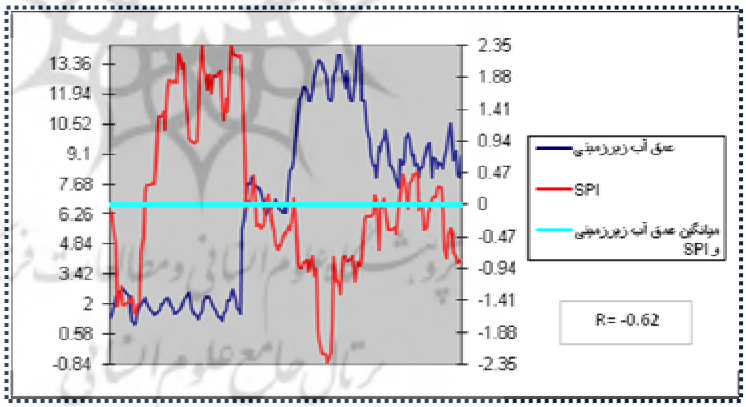


در بحث رابطه خشکسالی و آب زیرزمینی (شکل ۵) نمودارهای شاخص SPI مربوط به ایستگاهها و سطح آب زیرزمینی چاههای مربوط به آن را در دوره زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ نمـایش مـی‌دهـد. این نمودارها به صورت نمونه مربوط به هر ایستگاه و چاه نزدیک به آن است که بیشـترین میـزان همبستگی را با شاخصهای SPI آن ایستگاه داشته است. در این جداول (۳) برای مشاهده هر چه بهتر تغییرات و میزان همبستگی، میانگین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی در دو دوره بر هـم منطبق و ترسیم شده است.

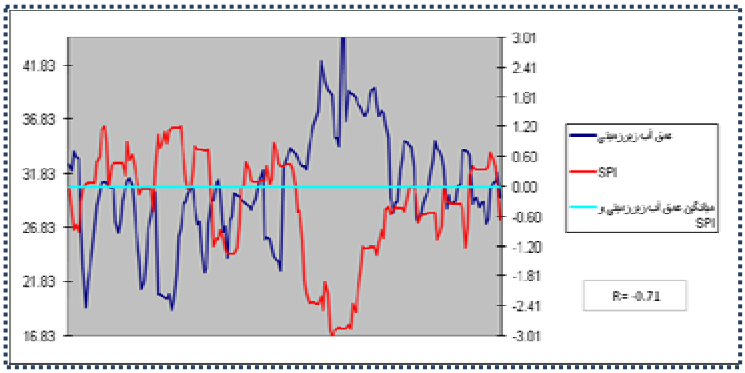
ایستگاه ماهیدشت – دویرجی (دشت ماهیدشت)



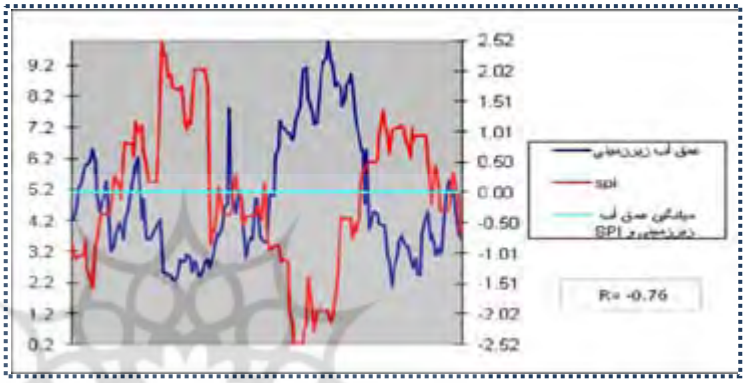
ایستگاه آران – چاه (دشت کنگاور)



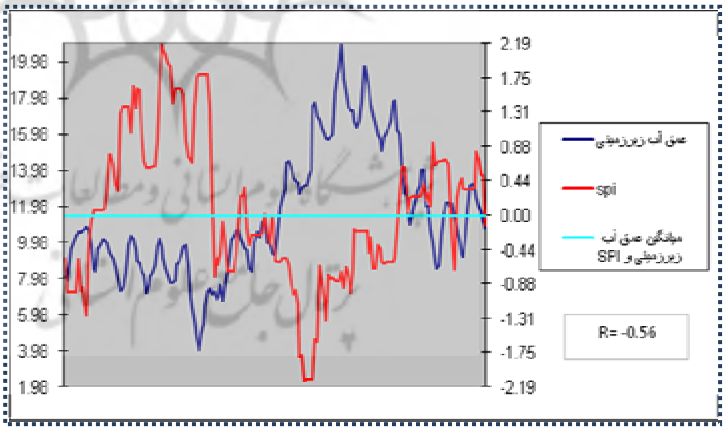
ایستگاه جلوگیر – دوچشمه (دشت کرمانشاه)



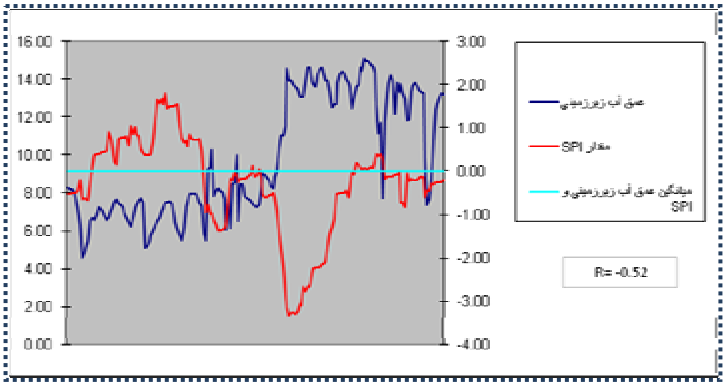
ایستگاه صحنه - دهمراد خان (دشت صحنه)



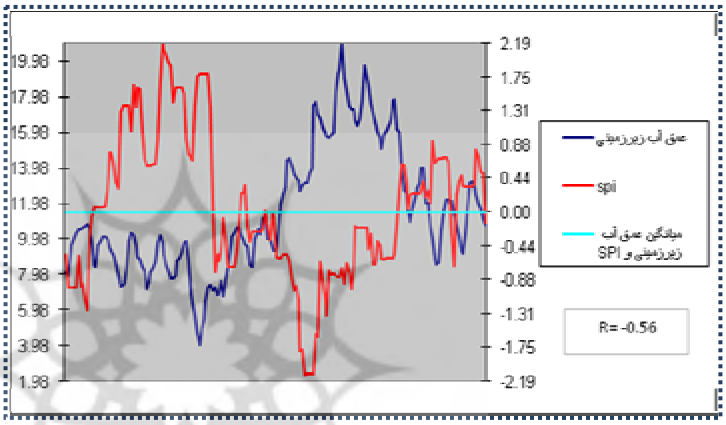
ایستگاه بیستون – سرماج حسین خانی(دشت صحنه – بیستون)



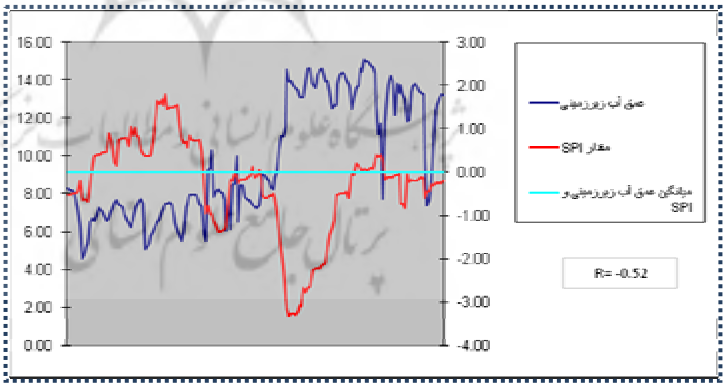
ایستگاه دوآب - دار درفش قلعه (دشت کرمانشاه)



ایستگاه پل کهنه – حصارسفید (دشت کرمانشاه)



ایستگاه سنقر – سطر (دشت سنقر)



علاوه بر ارائه نمودارها در بحث رابطه خشکسالی و آب زیرزمینی مطابق آنچه اشاره گردید ضریب همبستگی میان ارتفاع سطح آب چاههای پیزو متری و نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به آن نیز محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. به علت حجم داده بالا تنها اطلاعات چاههای دارای ضریب همبستگی بالاتر ارائه شده است. در کل دشتهای منطقه مورد مطالعه از مجموع ۹۴ چاه پیزومتری دارای اطلاعات کامل تنها در ۷ مورد ضریب همبستگی مثبت بود و میانگین ضریب همبستگی در کل چاههای پیزومتری و ایستگاههای مربوط به هر یک برابر ۰.۳۴ – می‌باشد.

جدول ۳: ضریب همبستگی عمق آب زیرزمینی و مقدار SPI

نام ایستگاه / دشت	نام چاه	ضریب همسبتگی
بیستون / صحنه - بیستون	کاشانتو	-۰/۵۱
	سه راه پلیس راه	-۰/۵۶
	سفید چقا	-۰/۵۵
	سرماج حسین خانی	-۰/۵۶
	چم بطان	-۰/۵۵
صحنه / صحنه - بیستون	درکه عین القاص	-۰/۶۳
	دهمراد خان	-۰/۷۶
	آب باریک	-۰/۶۱
	ایلخانی آباد	-۰/۷۵
	سنگچین	-۰/۶۰
پل کهنه / کرمانشاه	باغ میوه	-۰/۳۷
	حصار سفید	-۰/۴۷
	ده مجنون	-۰/۳۹
	چاله چاله	-۰/۳۹
	چالابه	-۰/۳۵
جلوگیر / کرمانشاه	دوچشمه	-۰/۷۱
	ولی آباد	-۰/۴۳
	هشیلان	-۰/۴۰
	جلوگیر پایین	-۰/۵۶
	نظام آباد	-۰/۳۸

جدول ۳(ادامه): ضریب همبستگی عمق آب زیرزمینی و مقدار SPI

نام ایستگاه / دشت	نام چاه	ضریب همبستگی
دوآب / کرمانشاه	داردرفش قلعه	-۰/۵۲
	داردرفش ابراهیم بیگی	-۰/۳۴
	بریموند	-۰/۳۰
	تازه آباد مورچه	-۰/۲۷
	دوآب	-۰/۲۰
ماهیدشت / ماهیدشت	خرگ آباد	-۰/۶۵
	دویرجی	-۰/۷۱
	سرتپه	-۰/۶۶
	کچک	-۰/۵۵
	سید شکر	-۰/۵۴
آران / کنگاور	چشمه نوش	-۰/۴۹
	سگاوی	-۰/۶۲
	طاهرآباد	-۰/۴۹
	علی آباد پل شکسته	-۰/۵۱
	کارخانه کنار جاده	-۰/۴۱
سنقر / سنقر	پایین تر از بابا شیخ علی	-۰/۴۰
	روبروی شهر سنقر	-۰/۵۶
	سطر	-۰/۵۹
	شورآباد	-۰/۵۸
	هنرستان کشاورزی	-۰/۵۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث و نتیجه گیری

بارندگی از جمله داده‌هایی است که بطور گسترده در ارزیابی خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد چرا که معیار مناسبی برای اندازه گیری منابع آبی است، همچنین تأثیرات خشکسالی را در دوره‌های زمانی و مکانی مختلف نشان می دهد (Steinemman et al., 2006). بارندگی تنها داده مورد نیاز در بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI است.

از جمله مواردی که در شاخص SPI کمتر مورد توجه قرار گرفته است DM یا بزرگی خشکسالی است. این معیار سنجش خشکسالی به نوعی رابطه مستقیمی با تعداد ماههای مواجه با خشکسالی و همچنین شدت خشکسالی در هر ماه (مقدار SPI) دارد. زیرا هرچه تعداد ماههای مواجه با خشکسالی افزایش یابد مقدار DM یک رویداد خشکسالی و در نهایت مجموع کل DMها در یک دوره مثلا ۳۰ ساله افزایش خواهد یافت و همچنین این ویژگی در رابطه با شدت خشکسالی برای هر ماه نیز صادق است. لذا به دلیل جامع‌تر بودن این ویژگی پیشنهاد می شود برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری یک منطقه به خشکسالی از این شاخص در مقابل شاخصهایی همچون تداوم خشکسالی یا تعداد ماههای مواجه با خشکسالی استفاده گردد.

با توجه به اینکه خشکسالی از جمله مخاطراتی است که در تمام جوانب زندگی و محیط زیست تأثیرگذار است لذا شناخت تأثیرات آن بر منابع و محیط‌های مختلف، می‌تواند گام مهمی در مدیریت منابع باشد.

از جمله تأثیرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی است در این راستا با استفاده از نمودارها و محاسبه ضریب همبستگی بین سطح آب زیرزمینی و مقدار SPI، تأثیرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی به صورت بصری و آماری برای هر ماه نشان داده شد. با توجه به شکل نمودارها به طور نسبی می‌توان دریافت خشکسالی‌های رویداده در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه بر منابع آب زیرمینی تأثیرگذار است بگونه‌ای که در ماههای مواجه با خشکسالی سطح آب‌های زیرزمینی از میانگین دوره پایین‌تر و در دوره‌های ترسالی، سطح آب زیرزمینی از میانگین دوره بالاتر رفته است همچنین نتیجه حاصل از ارتباط بین عمق آب زیرزمینی و شاخص SPI که با ضریب همبستگی بین مقدار SPI و عمق آب زیرزمینی نشان داده شد، مشابه نتیجه ایست که خان و دیگران در بررسی خشکسالی و تأثیرات آن بر سطح آب زیرزمینی در اراضی کشاورزی بخشی از استرالیا ارائه داده است.

منابع

۱. انصافی مقدم، طاهره، ۱۳۸۶، ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسبترین شاخص در حوضه دریاچه مک، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۴، شماره ۲

۲. 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

3. Calow, R., Robins, N., Macdonald, A., Nicol. A, 1999. Planning for groundwater drought in Africa. In: Proceedings of the International Conference on Integrated Drought Management: Lessons for Sub-Saharan Africa. IHP-V, Technical Documents in Hydrology, 35, 255–270
4. Correia, F. N., Santos, M. A, Rodrigues, R. R, 1991, 'Reliability in Regional Drought Studie,Drought Mitigation in Europe, Vogt JV, Somma F (eds). Kluwer: Dordrecht; 161–166.
5. Khan, S., Gabriel, H.F., Rana, T., 2008, Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas, Irrig Drainage Syst, 159–177, online at: Springer Science + Business Media B.V.
6. Lloyd-HUGHESa, B., SAUNDERSa, MA., 2002, A DROUGHT CLIMATOLOGY FOR EUROPE, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, 22, 1571–1592
7. McKee, Thomas B., Doesken, Nolan J., Kleist, John., 1993, The relationship of drought frequency abd duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, Department of Atmospheric Science Colorado State University Fort Collins
8. Mendicino, G., Alfonso, S., Pasquale, V., 2008, A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a mediterranean climate, Journal of Hydrology , 282-302
9. Scheidleder, A., Grath, J., Winkler, G., Sta¨rk, U., Koreimann, C.,Gmeiner, C., Nixon, S., Casillas, J., Gravesen, P., Leonard, J., Elvira, M., 1999. Ground water quality and quantity in Europe. European Environment Agency.
10. Silva. V.P.R., 2003, On climate variability in northeast Brazil, Journal of Arid Environment, 54(2), 256-367
11. Steinemann, A.C., Cavalcanti, L.F.N., 2006, Developing multiple indicators and triggers for drought plans. J. Water Resour. Plann. Manage. ASCE 132 (3), 164–174.
12. Tate, E.L., Gustard, A., 2000, Drought definition: a hydrological perspective, In: Drought and Drought Mitigation in Europe (ed. by J.V.Vogt and F.Somma), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 23-48.
13. Tsakiris, G., Vangelis, H, 2003, Towards a Drought Watch System based on in Jacques Ganoulis (ed.), Water Resources Engineering Risk Assessment, NATO ASI Series

14. Van Lanen, H.A.J., Peters, E., 2000. Definition, effects and assessment of groundwater droughts. In: Vogt, J.V., Somma, F. (Eds.), Drought and Drought Mitigation in Europe. Kluwer, Dordrecht, 49–61
15. Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985, Understanding the drought phenomenon: The role of
16. definitions, *Water International*, 10 (3), 111-120

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی