

استفاده از شاخص‌های SPI و SWI در بررسی خشکسالی هواشناسی و آب زیرزمینی دشت توپسرکان

امیر حیدری، احمد رهگشا*، آرش لقمانی

- 1- کارشناس اداره منابع آب شهرستان توپسرکان
- 2- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته هیدروژئولوژی*
- 3- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران

Ahmad.rahi67@yahoo.com

چکیده

با توجه به تاثیر غیرقابل انکار خشکسالی بر بخش‌های مختلف زندگی انسان، مطالعه و بررسی دقیق این پدیده امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های SPI و SWI علاوه بر تعیین دوره‌های خشکسالی، سعی شد ارتباط بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب زیرزمینی در آبخوان دشت توپسرکان و تغییرات سطح آن با استفاده از روش‌های آماری، مورد بررسی قرار گیرد. نتایج به دست آمده تاثیرپذیری معکوس آب زیرزمینی از خشکسالی هواشناسی را نشان داد. همچنین مشخص شد که این تاثیرپذیری با تاخیری ۹ تا ۱۲ ماهه، صورت می‌گیرد.

کلمات کلیدی: دشت توپسرکان، خشکسالی، SPI، SWI، آب زیرزمینی

مقدمه

خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی است که به دلیل تاثیر قابل ملاحظه‌ای که بر بخش کشاورزی و اقتصادی دارد، زندگی جمع قابل ملاحظه‌ای از ساکنان یک منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این پدیده بر خلاف مخاطراتی مانند زلزله و سیل، به ظاهر تعداد تلفات محدودتری دارد اما معمولاً مناطق وسیع‌تری را دربر می‌گیرد و مدت زمان آن نیز به مراتب طولانی‌تر است (Mishra, 2010). خشکسالی اثر نامطلوبی بر شرایط اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و زیست‌محیطی دارد. خشکسالی کشاورزی، نمایانگر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی می‌باشد (Bhuiyan, 2008). یکی از پیامدهای خشکسالی، فشار به منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش تغذیه طبیعی آنها بر اثر تخریب پوشش گیاهی به دلیل چرای بیش از حد دام بر عرصه‌های منابع طبیعی است. کمبود آب در پشت سدها و خشک شدن قنات‌ها و آب چاه‌ها و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای آن از جمله شور شدن سفره‌ها نیز از اثرات زیان‌بار این پدیده است (داورپناه، ۱۳۸۳). آسیب به گونه‌های گیاهی و جانوری، از بین رفتن تنوع زیستی، فرسایش آبی و بادی، افت سطح آب دریاچه‌ها و مخازن، تغییر کیفیت آب (غلظت نمک، pH و ...) و هوا (گرد و غبار)، افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین، آثار محیطی خشکسالی می‌باشند (Wilhite & Glantz, 1985). شاخص بارندگی بارندگی استاندارد شده (SPI)، اولین بار توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۵-۱۹۹۳) با هدف بررسی آنومالی‌ها و بارش‌های سنگین، ارائه شد. شاخص SPI برای هر منطقه براساس آمار بارندگی بلندمدت برای یک دوره آماری دلخواه

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

تعیین می‌شود. این شاخص بیان می‌کند که ممکن است یک ناحیه با یک یا چند مقیاس زمانی به طور همزمان شرایط ترسالی و در دیگر مقیاس‌های زمانی شرایط خشکسالی را داشته باشد (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴). جدول ۱ طبقه‌بندی خشکسالی را برحسب مقدار SPI نشان می‌دهد.

جدول ۱- طبقه بندی خشکسالی براساس شاخص SPI (اقتباس از McKee, et al, 1993)

ردیف	طبقه خشکسالی	مقدار SPI
۱	خشکسالی بسیار شدید	≤ -2
۲	خشکسالی شدید	$-1/5$ تا $-1/99$
۳	خشکسالی متوسط	-1 تا $-1/49$
۴	خشکسالی ملایم	0 تا $-0/99$
۵	بدون خشکسالی	$< 0/0$
۶	بدون ترسالی	$> 0/0$
۷	ترسالی ملایم	0 تا $0/99$
۸	ترسالی متوسط	1 تا $1/49$
۹	ترسالی شدید	$1/5$ تا $1/99$
۱۰	ترسالی بسیار شدید	≥ 2

شاخص سطح آب استاندارد شده (SWI) نیز به عنوان معیار ارزیابی وقوع خشکسالی و ترسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد که توسط بویان و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بررسی نوسانات و آنومالی‌های سطح آب زیرزمینی در هندوستان، ارائه شده است. در جدول ۲ طبقه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SWI رانشان می‌دهد.

جدول ۲- طبقه بندی خشکسالی براساس شاخص SWI (اقتباس از Bhuiyan, et al, 2006)

ردیف	طبقه خشکسالی	مقدار SWI
۱	خشکسالی بسیار شدید	≥ 2
۲	خشکسالی شدید	$1/5$ تا $1/99$
۳	خشکسالی متوسط	1 تا $1/49$
۴	خشکسالی ملایم	0 تا $0/99$
۵	بدون خشکسالی	$< 0/0$

در این پژوهش سعی شده است با استفاده از این دو شاخص و با کمک نرم‌افزار DIP و SPSS، علاوه بر تعیین دوره‌های خشکسالی، ارتباط بین دو شاخص نیز بررسی شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

دشت توپسرکان با وسعت حوزه آبریز ۷۹۵ کیلومترمربع یکی از دشتهای حوزه علیای رودخانه کرخه محسوب می‌گردد و در جنوب کوه الوند قرار گرفته است. وسعت دشت (اراضی مسطح) ۱۹۸ کیلومترمربع و بقیه اراضی که ۵۹۷ کیلومترمربع گسترش دارد شامل ارتفاعات حاشیه دشت می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان دشت توپسرکان، تابع شیب توپوگرافی بوده و از شمال شرق به جنوب غرب می‌باشد.

اولین همایش ملی مدیریت آب

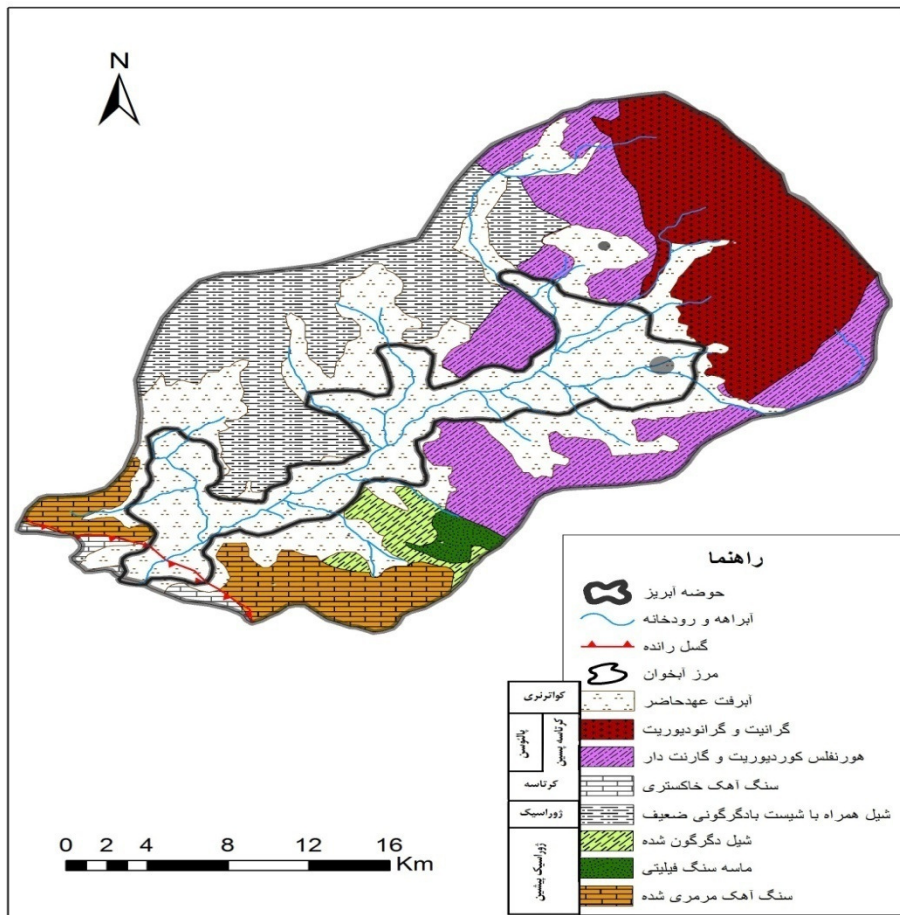
بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

میانگین بارش سالانه این حوزه برای دوره 22 ساله (۷۲-۹۴)، برابر با 363/21 میلیمتر می‌باشد. لازم به ذکر است که حداقل میانگین رطوبت نسبی و دمای ماهانه برای همین دوره به ترتیب مربوط به ماههای تیر (۴۷/۷۶) و بهمن (۰/۲۷) درجه سانتیگراد) می‌باشد. همچنین حداکثر میانگین ماهانه این دو پارامتر برای رطوبت نسبی مربوط به بهمن (۸۵/۶۲) و برای دما متعلق به مرداد ماه (۲۲/۲۶) درجه سانتیگراد) می‌باشد. این منطقه برحسب منحنی اقلیم‌بندی آمبرژه، دارای اقلیم نیمه خشک سرد، می‌باشد.

منطقه توپسراکان، در دامنه جنوبی توده نفوذی الوند قرار دارد. جنس سنگ‌های تشکیل‌دهنده این ناحیه (که عمدتاً در زون سندج-سیرجان قرار دارد)، مربوط به زون همدان با هاله دگرگونی، از توده‌های نفوذی در بخش مرکزی تا سنگ‌های دگرگونی در حاشیه دشت را شامل می‌شود و در منتهی الیه دشت، در حوالی روستای قصبستان، به واحد زاگرس رورانده با سنگ‌های آهکی و آندزیت‌ها، مرتبط می‌گردد.

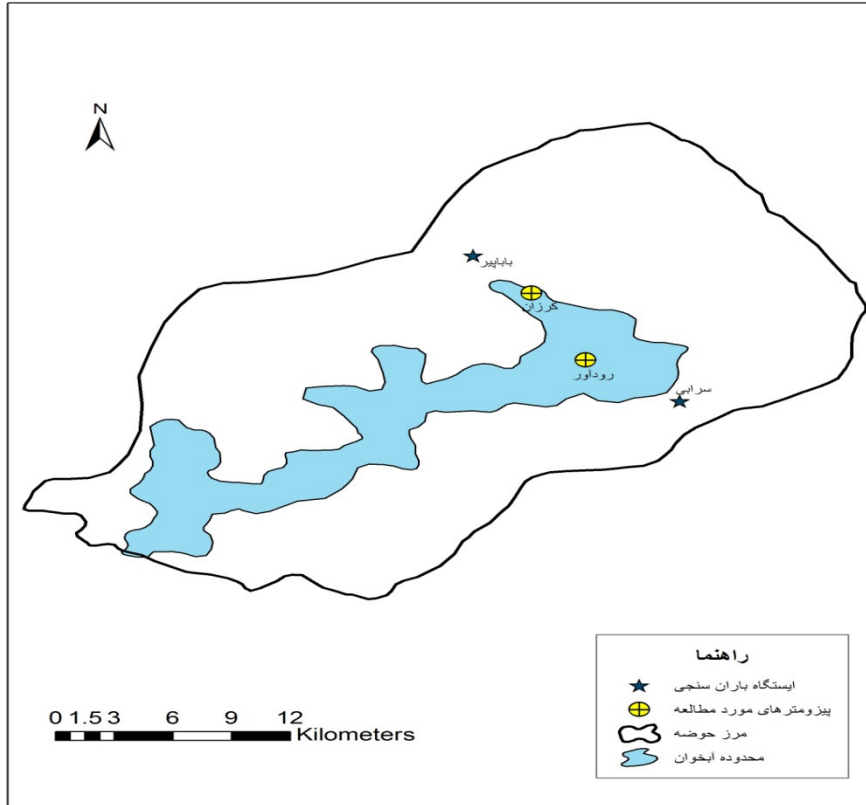
لیتولوژی عمده این ناحیه به ترتیب قدمت شامل، سنگ آهک متبلور و مرمرین، ماسه سنگ آهکی و گرایوک فیلیتی با سن پری ژوراسیک، شیل، لایه‌های آهکی دگرگون شده، اسلیت و شیست، ماسه سنگ ارغوانی و کنگلومرا و سنگ آهک سفید با میان لایه اسلیت به سن ژوراسیک، ماسه سنگ، ماسه سنگ دولومیتی، کنگلومرا و سنگ آهک به سن کرتاسه، گرانیت و گرانودیوریت، هورنفلس و شیست هورنفلس مربوط به کرتاسه پسین-پالئوسن و رسوبات آبرفتی کواترنری می‌باشد.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی حوزه آبریز دشت توپسراکان

بحث

به منظور تعیین تاثیر خشکسالی هواشناسی بر آبهای زیرزمینی مشخصات خشکسالی هواشناسی به طور کامل برای ایستگاههای بارانسنجی باباپیر و سراپی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ویژگیهای خشکسالی آبهای زیرزمینی و تغییرات سطح ایستابی در دو پیزومتر کرزان و رودآور به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. دلیل انتخاب این دو ایستگاه پیزومتری نزدیک بودن آنها به ایستگاههای بارانسنجی می باشد (شکل ۲).



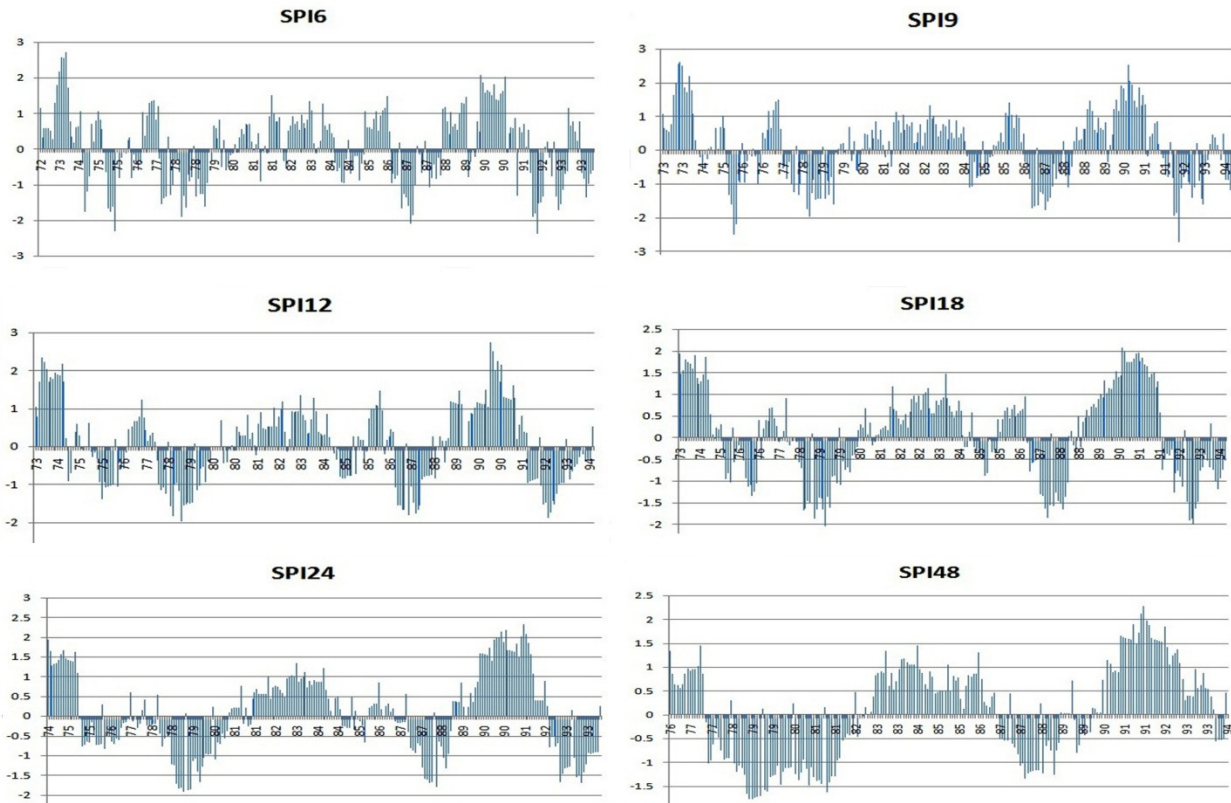
شکل ۲- موقعیت ایستگاههای باران سنجی و پیزومترها

شکل ۳ وضعیت خشکسالی هواشناسی ایستگاه باران سنجی باباپیر را براساس مدل SPI در مقیاسهای زمانی مختلف که با استفاده از نرم افزار DIP، به دست آمده اند را نشان می دهد. همچنین در جدول ۳ شدیدترین مقادیر خشکسالی هواشناسی مشاهده شده در مقیاسهای متفاوت آورده شده است.

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture



شکل ۳- وضعیت خشکسالی هواشناسی ایستگاه باران سنجی بابا پیر در مقیاس ۶ تا ۴۸ ماهه

جدول ۳- شدیدترین مقادیر خشکسالی هواشناسی مشاهده شده ایستگاه باران سنجی بابا پیر در مقیاس های مختلف طی دوره ۲۲ ساله

مقیاس	شدیدترین مقدار	ماه	سال	دوره تداوم
SPI ۶ ماهه	-2/38	تیر	۱۳۹۲	۱۸ ماه
SPI ۹ ماهه	-2/74	مهر	۱۳۹۲	۲۱ ماه
SPI ۱۲ ماهه	-۲/۳۳	آبان	۱۳۷۸	۳۶ ماه
SPI ۱۸ ماهه	-۲/۱۹	شهریور	۱۳۷۹	۳۲ ماه
SPI ۲۴ ماهه	-۲/۳۴	آبان	۱۳۷۹	۶۴ ماه
SPI ۴۸ ماهه	-۱/۷	اردیبهشت	۱۳۷۹	۵۸ ماه

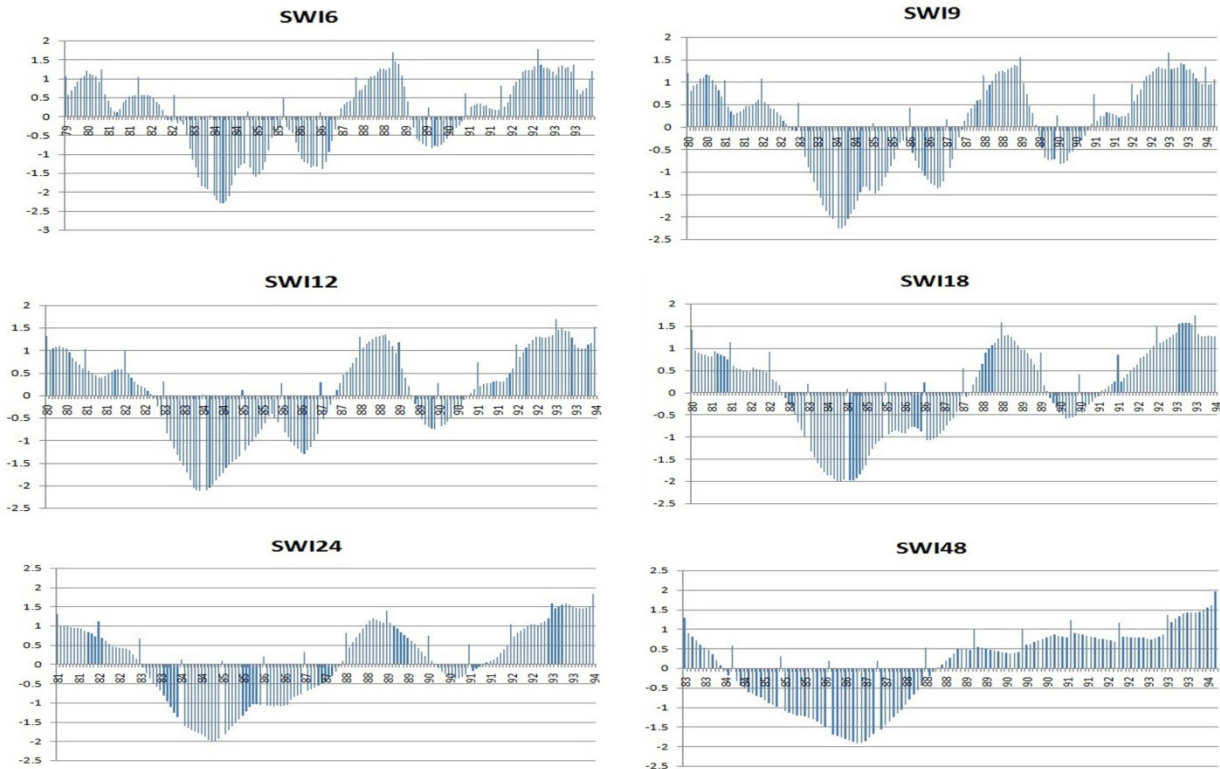
همانگونه که نمودارهای شکل ۳ و جدول ۳ نشان می دهند، شدیدترین خشکسالی هواشناسی در دوره ۲۲ ساله مورد مطالعه، مربوط به سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ می باشد که در مقیاس های ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه به خوبی قابل رویت می باشد. اما از آنجا که داده های مربوط به این سال ها برای پیژومترهای مورد مطالعه وجود ندارد، از طرف دیگر به دلیل اجرای طرح ممنوعیت حفر چاه توسط سازمان آب منطقه ای استان همدان برای دشت تویسرکان از سال ۱۳۷۹ تاکنون در نتیجه به بررسی تاثیر خشکسالی سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ و پس از آن می پردازیم که این خشکسالی نیز در همه مقیاس ها قابل

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

مشاهده است. بدیهی است با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های ممنوعیت حفر، تاثیر انسان و برداشت از آب زیرزمینی به نحو زیادی کاسته شده و عمده تغییرات سطح آب زیرزمینی از خشکسالی هواشناسی متاثر خواهد شد. به منظور مطالعه خشکسالی آبهای زیرزمینی در پیژومتر کرزان از مدل SWI در مقیاس‌های مختلف در قالب نرم‌افزار DIP استفاده شد. شکل ۴ نمودارهای مربوط به نتایج حاصل از آنالیز داده‌های سطح آب پیژومتر کرزان را طی دوره ۱۴ ساله نشان می‌دهد. در جدول ۴ نیز شدیدترین خشکسالی‌های مشاهده شده در این دوره آورده شده است.



شکل ۴- وضعیت خشکسالی آب‌های زیرزمینی پیژومتر کرزان در مقیاس‌های ۶ تا ۴۸ ماهه

جدول ۴- شدیدترین مقادیر خشکسالی آب زیرزمینی پیژومتر کرزان در مقیاس‌های مختلف طی دوره ۱۴ ساله

دوره تداوم	سال	ماه	شدیدترین مقدار	مقیاس
۴۲ ماه	۱۳۹۲	اسفند	1/77	SWI ۶ ماهه
۴۰ ماه	۱۳۹۳	خرداد	1/65	SWI ۹ ماهه
۳۸ ماه	۱۳۹۳	شهریور	1/69	SWI ۱۲ ماهه
۳۵ ماه	۱۳۹۳	اسفند	۱/۷۴	SWI ۱۸ ماهه
۳۰ ماه	۱۳۹۴	شهریور	1/82	SWI ۲۴ ماهه
۶۹ ماه	۱۳۹۴	شهریور	1/96	SWI ۴۸ ماهه

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

با توجه به نمودارهای به دست آمده و جدول ۴، شدیدترین مقادیر خشکسالی آبهای زیرزمینی برای پیژومتر کرزان، مربوط به سالهای ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ می باشد. قابل ذکر است که با توجه به نمودارهای مربوط به SWI ۲۴ ماهه و SWI ۴۸ ماهه، ملاحظه می شود که خشکسالی ادامه داشته و ممکن است تا سالهای بعد از آمارگیری نیز همچنان حاکم باشد.

مقایسه نتایج به دست آمده از مدل SPI ایستگاه باران سنجی باباپیر و مدل SWI برای پیژومتر کرزان، نشان دهنده یک تاخیر زمانی بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب زیرزمینی می باشد. به منظور تعیین مقدار این تاخیر، با استفاده از نرم افزار SPSS، به محاسبه همبستگی بین مقادیر SPI در مقیاس های مختلف با SWI سالانه، با اعمال تاخیرهای زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه، پرداختیم که جدول ۵ نتایج آن را نشان می دهد.

جدول ۵- نتایج همبستگی مقادیر SPI ایستگاه باران سنجی باباپیر در مقیاس های مختلف نسبت به SWI سالانه در پیژومتر کرزان با اعمال تاخیر زمانی

SWI سالانه	تأخیر ۳ ماهه	تأخیر ۶ ماهه	تأخیر ۹ ماهه	تأخیر ۱۲ ماهه	تأخیر ۱۸ ماهه	تأخیر ۲۴ ماهه	تأخیر ۴۸ ماهه
SPI6	۰/۱۰۶	-۰/۰۲۶	-۰/۳۱۱	-۰/۴۹۴	-۰/۴۰۸	-۰/۳۱۳	-۰/۴۳۴
SPI12	-۰/۱۴	-۰/۳۲۷	-۰/۵۰۸	-۰/۵۵۱	-۰/۵۴۶	-۰/۲۴۴	-۰/۳۸
SPI18	-۰/۳۳۹	-۰/۴۵۶	-۰/۶۷	-۰/۶۲۲	-۰/۴۲۱	-۰/۲۵۱	-۰/۳۳۷
SPI24	-۰/۵۶۵	-۰/۶۷۸	-۰/۷۱۱	-۰/۶۵۲	-۰/۵۱۶	-۰/۳۱۲	-۰/۰۷۸
SPI48	-۰/۸	-۰/۸۴	-۰/۸۴۲	-۰/۷۴۲	-۰/۴۹۱	-۰/۰۱۷	۰/۶۱۷

همانگونه که جدول فوق نشان می دهد، خشکسالی آب زیرزمینی با تاخیری ۹ تا ۱۲ ماهه تحت تاثیر خشکسالی هواشناسی قرار می گیرد. با توجه به نمودارها و جدول ارائه شده برای شاخص های SPI و SWI، این تاخیر تا حدودی قابل تایید است. چرا که اوج خشکسالی هواشناسی مشاهده شده در مدل SPI، اواخر سال ۱۳۸۷ و اوایل ۱۳۸۸ بوده در حالی که شاخص SWI، شدیدترین خشکسالی را در اواخر سال ۱۳۸۸ و نیمه اول سال ۱۳۸۹ نشان می دهد.

همچنین برای مشخص کردن تاثیر خشکسالی هواشناسی بر سطح آب زیرزمینی پیژومتر کرزان، همبستگی بین مقادیر SPI در مقیاس های مختلف نسبت به سطح آب زیرزمینی با اعمال تاخیرهای زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه، محاسبه گردید. جدول ۶ نتایج این محاسبات را نشان می دهد.

جدول ۶- نتایج همبستگی مقادیر SPI ایستگاه باران سنجی باباپیر در مقیاس های مختلف نسبت به سطح آب در پیژومتر کرزان با تاخیر زمانی

سطح آب	تأخیر ۳ ماهه	تأخیر ۶ ماهه	تأخیر ۹ ماهه	تأخیر ۱۲ ماهه	تأخیر ۱۸ ماهه	تأخیر ۲۴ ماهه	تأخیر ۴۸ ماهه
SPI6	-۰/۲۸۴	-۰/۳۸۳	-۰/۴۶۴	-۰/۲۶۴	-۰/۳۸۲	-۰/۰۶	-۰/۱۹
SPI12	-۰/۳۷۹	-۰/۴۷۴	-۰/۵۹۸	-۰/۴۶۴	-۰/۲۳۱	-۰/۰۰۹	-۰/۱۰۸
SPI18	-۰/۴۸۲	-۰/۶۴۹	-۰/۵۹۲	-۰/۲۹۶	-۰/۲۳۸	۰/۰۴۱	۰/۲۰۳
SPI24	-۰/۵۵۱	-۰/۵۷۲	-۰/۵۶۷	-۰/۳۹۴	-۰/۲۲۷	-۰/۱۲۲	۰/۳۰۸
SPI48	-۰/۶۵۴	-۰/۶۰۵	-۰/۵۹۱	-۰/۴۲۱	-۰/۰۳	۰/۲۵۱	۰/۴۷۱

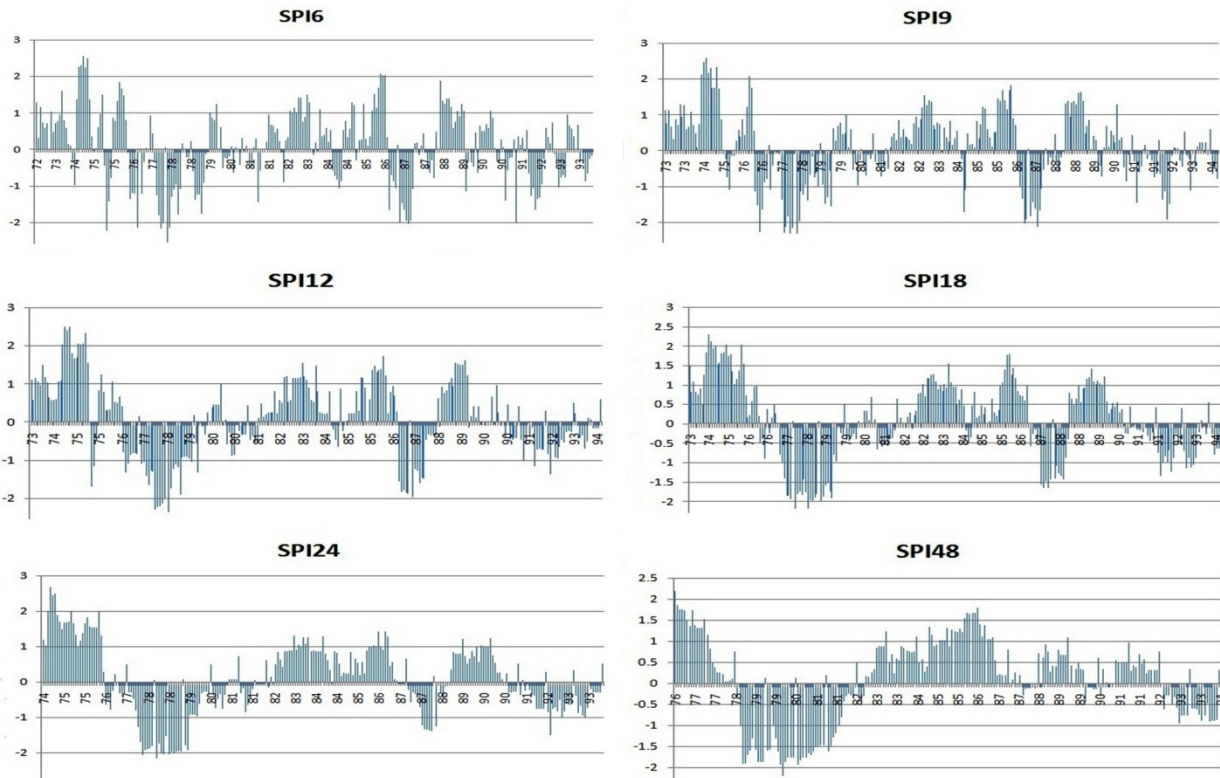
نتایج به دست آمده در این جدول نیز، تا حدودی نشان دهنده تاخیر زمانی ۹ ماهه، برای تاثیرپذیری آب زیرزمینی از خشکسالی هواشناسی می باشند.

مشابه همین مراحل برای ایستگاه باران سنجی سرابی و پیژومتر رودآور نیز انجام گرفت. شکل ۵ وضعیت خشکسالی هواشناسی ایستگاه باران سنجی سرابی برای دوره ۲۲ ساله طبق مدل SPI و جدول ۷ نیز نتایج به دست آمده و رخداد شدیدترین خشکسالی های در این دوره را در مقیاس های متفاوت نشان می دهند.

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکتر مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture



شکل ۵- وضعیت خشکسالی هواشناسی ایستگاه باران سنجی سرابی در مقیاس ۶ تا ۴۸ ماهه

جدول ۷- شدیدترین مقادیر خشکسالی هواشناسی مشاهده شده ایستگاه باران سنجی باباپیر در مقیاس‌های مختلف طی دوره ۲۲ ساله

دوره تداوم	سال	ماه	شدیدترین مقدار	مقیاس
۳۷ ماه	۱۳۷۸	فروردین	-۲/۴	SPI ۶ ماهه
۲۲ ماه	۱۳۷۸	مهر	-۲/۳۱	SPI ۹ ماهه
۳۹ ماه	۱۳۷۸	مهر	-۲/۲۷	SPI ۱۲ ماهه
۶۸ ماه	۱۳۷۸	مهر	-۲/۱۳	SPI ۱۸ ماهه
۷۰ ماه	۱۳۷۸	مهر	-۲/۰۸	SPI ۲۴ ماهه
۵۱ ماه	۱۳۸۰	فروردین	-۲/۰۱	SPI ۴۸ ماهه

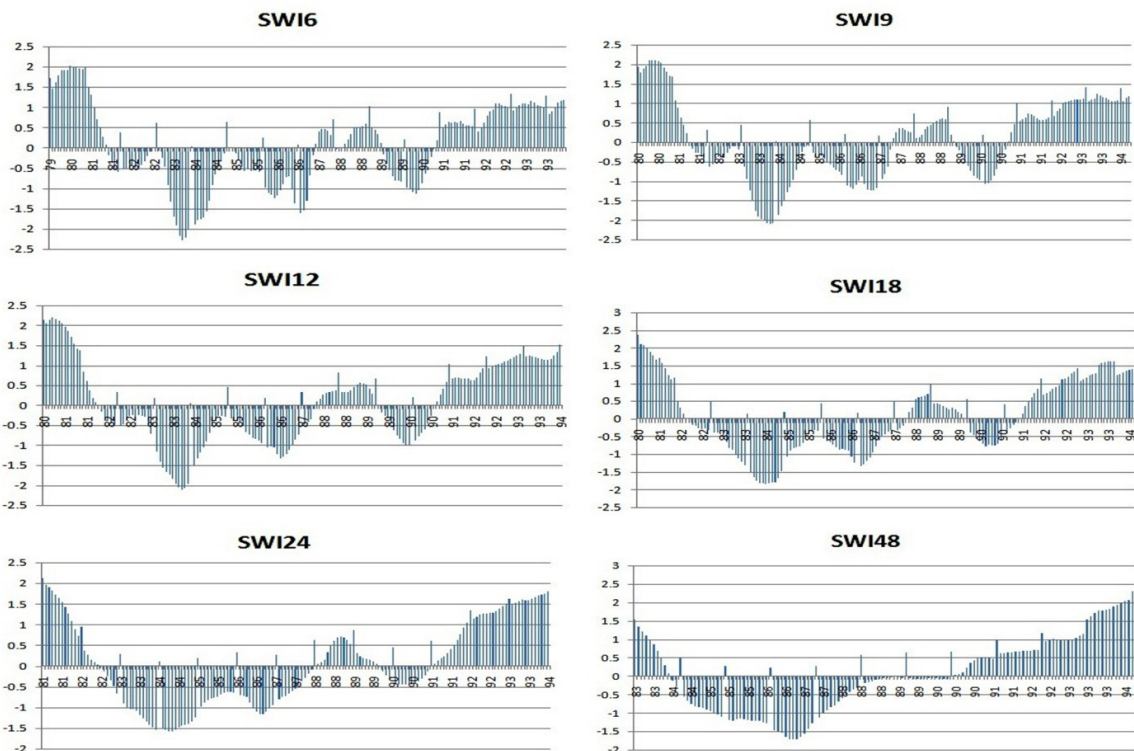
نتایج به دست آمده از ایستگاه باران سنجی سرابی نیز به مانند ایستگاه باران سنجی باباپیر، رخداد شدیدترین خشکسالی را در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹، تایید می‌کند. اما همانگونه که قبلاً ذکر شد، به دلیل نبود داده‌های مربوط به پیژومتر مربوطه سال‌های مذکور، به بررسی تاثیر خشکسالی هواشناسی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ و پس از آن که به خوبی در نمودارهای مقیاس‌های متفاوت قابل مشاهده است، پرداخته شد.

با استفاده از داده‌های سطح آب پیژومتر رودآور، با کمک مدل SWI برای دوره ۱۴ ساله، اقدام به بررسی خشکسالی آبهای زیرزمینی گردید. شکل ۶ وضعیت خشکسالی آب زیرزمینی و جدول ۸ رخداد شدیدترین خشکسالی را طی دوره مورد مطالعه، برای این پیژومتر نشان می‌دهند.

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture



شکل ۶- وضعیت خشکسالی آب‌های زیرزمینی پیژومتر رودآور در مقیاس‌های ۶ تا ۴۸ ماهه

جدول ۸- شدیدترین مقادیر خشکسالی آب زیرزمینی پیژومتر رودآور در مقیاس‌های مختلف طی دوره ۱۴ ساله

دوره تداوم	سال	ماه	شدیدترین مقدار	مقیاس
۲۱ ماه	۱۳۸۰	مرداد	۲/۳۸	SWI ۶ ماهه
۲۰ ماه	۱۳۸۰	شهریور	۲/۴۳	SWI ۹ ماهه
۲۱ ماه	۱۳۸۰	آبان	۲/۴۲	SWI ۱۲ ماهه
۲۰ ماه	۱۳۸۰	اسفند	۲/۵۷	SWI ۱۸ ماهه
۲۲ ماه	۱۳۸۱	شهریور	۲/۶۱	SWI ۲۴ ماهه
۴۸ ماه	۱۳۹۴	شهریور	2/38	SWI ۴۸ ماهه

همانگونه که نتایج به دست آمده از نمودارها و جدول خشکسالی آب زیرزمینی پیژومتر رودآور نشان می‌دهد، شدیدترین خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ می‌باشد که می‌توان آن را نتیجه خشکسالی هواشناسی سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ ایستگاه باران‌سنجی سرابی دانست. اما چون داده‌های این پیژومتر از سال ۱۳۸۰ به بعد در دسترس می‌باشد، وضعیت خشکسالی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ و پس از آن و ارتباط آنها با خشکسالی هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. در اینجا نیز خشکسالی در SWI ۲۴ ماهه و SWI ۴۸ ماهه، روندی ادامه‌دار داشته و شرایط آن در سال‌های پس از آمارگیری نیز حاکم خواهد بود.

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

در اینجا نیز برای به دست آوردن تاخیر زمانی بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب زیرزمینی، با کمک نرم افزار SPSS، مقدار همبستگی بین مقادیر SPI در مقیاس های متفاوت نسبت به SWI سالانه (جدول ۹) و نیز نسبت به سطح آب در پیژومتر رودآورد (جدول ۱۰)، محاسبه و بررسی شد.

جدول ۹- نتایج همبستگی مقادیر SPI ایستگاه باران سنجی سرابی در مقیاس های مختلف نسبت به SWI سالانه در پیژومتر رودآورد با اعمال تاخیر زمانی

SWI سالانه	تاخیر ۳ ماهه	تاخیر ۶ ماهه	تاخیر ۹ ماهه	تاخیر ۱۲ ماهه	تاخیر ۱۸ ماهه	تاخیر ۲۴ ماهه	تاخیر ۴۸ ماهه
SPI6	-۰/۰۵۳	-۰/۱۸۴	-۰/۴۵۳	-۰/۴۸۸	-۰/۳۰۷	-۰/۰۹۲	-۰/۲۰۸
SPI12	-۰/۳۳۶	-۰/۴۷۳	-۰/۵۹۷	-۰/۵۶۵	-۰/۴	۰/۰۶۷	-۰/۰۹۷
SPI18	-۰/۴۲۳	-۰/۴۸۵	-۰/۶۳۵	-۰/۵۸۴	-۰/۱۴۴	۰/۲۱۷	-۰/۱۲۴
SPI24	-۰/۶۵۴	-۰/۶۷۳	-۰/۶۹۵	-۰/۴۶۱	-۰/۰۴۶	۰/۳۶۹	۰/۳۶۱
SPI48	-۰/۵۳۸	-۰/۶۵۸	-۰/۶۱۶	-۰/۲۹۵	۰	۰/۴۱۶	۰/۳۹

جدول ۱۰- نتایج همبستگی مقادیر SPI ایستگاه باران سنجی سرابی در مقیاس های مختلف نسبت به سطح آب در پیژومتر رودآورد با تاخیر زمانی

سطح آب	تاخیر ۳ ماهه	تاخیر ۶ ماهه	تاخیر ۹ ماهه	تاخیر ۱۲ ماهه	تاخیر ۱۸ ماهه	تاخیر ۲۴ ماهه	تاخیر ۴۸ ماهه
SPI6	-۰/۳۲۶	-۰/۲۹۳	-۰/۲۱۸	-۰/۳۴۵	-۰/۱۹۵	-۰/۰۷۲	۰/۱۰۷
SPI12	-۰/۳۵۵	-۰/۳۷۴	-۰/۴۱۳	-۰/۲۲۲	-۰/۰۱۵	۰/۲۰۸	-۰/۱۳۶
SPI18	-۰/۳۶۲	-۰/۴۹۵	-۰/۲۵	-۰/۱۱۸	۰/۱۲۳	۰/۲۳۹	-۰/۰۲۱
SPI24	-۰/۳۳۵	-۰/۴۵۲	-۰/۲۶۷	-۰/۰۲۲	۰/۱۹۴	۰/۱۹۶	۰/۰۵
SPI48	-۰/۱۶۲	-۰/۳۱۷	-۰/۱۶۲	-۰/۰۶۲	۰/۲۴	۰/۲۲۵	-۰/۰۶۶

نتایج حاصل از جداول 9 و 10، نیز تاخیر زمانی تقریباً ۹ ماهه را تایید می کنند که این تاخیر زمانی قبلاً و در مقایسه ایستگاه باران سنجی باباپیر و پیژومتر کرزان نیز به دست آمده بود. البته لازم به توضیح است که همانگونه که جداول 5، 6، 9 و 10 نشان می دهند، مقادیر همبستگی به دست آمده از مقایسه ایستگاه باران سنجی سرابی و پیژومتر رودآورد نسبت به همین پارامتر در ایستگاه باران سنجی باباپیر و پیژومتر کرزان کمتر است؛ که احتمال می رود این امر به دلیل فاصله بیشتر پیژومتر از ایستگاه باران سنجی باشد.

نتیجه گیری

با بررسی بارش در ایستگاه باران سنجی باباپیر و مقایسه آن با سطح آب در پیژومتر کرزان در شمال غرب حوضه آبریز دشت تویسرکان و نیز مقایسه داده های بارش ایستگاه باران سنجی سرابی با سطح آب در پیژومتر رودآورد در شمال شرق حوضه، مشاهده می شود که هر دو بخش تا حدود زیادی نتایج یکسانی نشان می دهند. شدیدترین خشکسالی هواشناسی در هر دو بخش مربوط به سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ می باشد. ضمن آنکه در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ یک خشکسالی ملایم تا نسبتاً شدید در هر دو بخش قابل مشاهده است. همچنین رخداد دو دوره خشکسالی نسبتاً شدید تا شدید آب زیرزمینی طی سال های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ رصد شد که این خشکسالی ممکن است تا سال های پس از آماربرداری ادامه دار شود. تاثیر هر دو دوره خشکسالی هواشناسی بر آب های زیرزمینی، به وضوح قابل رویت است که طبق محاسبات و تحلیل های آماری، به نظر می رسد پدیده خشکسالی هواشناسی با تاخیر زمانی ۹ تا ۱۲ ماهه، بر آب های زیرزمینی دشت تویسرکان، تاثیر می گذارد.

اولین همایش ملی مدیریت آب

بارویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی

1st National Conference on Water Management Approach to optimize water use in agriculture

منابع

- بذاق جمالى. ج، آسىايى. م، صمىى نقاب. س، جوانمرد. س، ملىرلى رىسك خشكسالى (شناخت و راهكارها)، ۱۳۸۴، انتشارات سخن گستر، چاپ اول.
- داورپناه، غ، اثرات سيل و خشكسالى و ارائه راهكارهاى مقابله با آن، ۱۳۸۳، فصلنامه علمى پژوهشى آب و فاضلاب، شماره ۴۹.
- سازمان زمين شناسى و اكتشافات معدنى كشور، نقشه زمين شناسى ۱:۱۰۰۰۰۰ استان همدان.
- Bhuiyan. C., Singh. R. P., Kogan. F. N, 2006, Monitoring Drought in the Aravalli Region(India) using different based on Groundwater and Remote Sensing data, International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation, Vol 8, 289-302.
- Bhuyian. C, 2008, Desert vegetation during drought: Response and Sensitivity, The international archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial information Sciences, Vol XXXVII, Part B8, Beijing, 907-912.
- McKee. B. T., Doesken. N. J., Kleist. J, 1993, Relationship of Drought frequency and Duration to time scales, 8th Conference on Applied Climatology, Anahiem CA, American meteorological society, 17-22 January 1993, 179-184.
- Mishra. A., Singh. K., Vijay. P, 2010, A review of drought concept. Journal of Hydrology, No 391, 202-216.
- Wilhite. D. A., Glantz. M. H., 1985, Understanding of drought phenomenon: the role of definition, Water international 10, 111-120.