



Title: Assessment of Climate Change in Order to Optimize Water Resources Planning

Authors: Samira Alizadeh, Abdolhamid Dehvari, Abolghasem Akbari

(paper published in Persian)

ارزیابی تغییر اقلیم در راستای مدیریت بهینه آب

سمیرا علیزاده^{۱*}، عبدالحمید دهواری^۲، ابوالقاسم اکبری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه زابل

۲- استادیار گروه آب و خاک دانشگاه زابل

۳- استادیار گروه عمران دانشگاه UMP مالزی

خلاصه

خشکسالی یک پدیده آب و هوایی است که احتمال وقوع این پدیده در همه نقاط کره زمین و با هر شرایط اقلیمی وجود دارد. طراحی و توسعه سیستم‌های منابع آب، توزیع و انتقال آب و بخش‌های مختلف کشاورزی تا حد زیادی با نحوه مدیریت خشکسالی و تعیین راه‌های مقابله با این پدیده ارتباط دارد. دشت فسا یکی از محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبخیز رودمند می‌باشد که در استان فارس واقع شده است. در این تحقیق به بررسی وضعیت منابع آب سطحی و زیرزمینی و محاسبه تراز آب آبخوان در این دشت پرداخته شده است. بر این اساس، حجم کل تغذیه سالانه آبخوان ۴۱۵/۲۷۲ میلیون متر مکعب و حجم تخلیه آن ۴۲۳/۱۲۷ میلیون متر مکعب بوده، و به طور میانگین سالانه حدود ۷/۸ میلیون متر مکعب از حجم مخزن کاسته می‌شود. در سال‌های اخیر، به دلیل خشکسالی و افزایش میزان بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی، میزان افت سطح آب زیرزمینی بسیار زیاد بوده است. با توجه با اعلام ممنوعیت این دشت، و محاسبه تراز منفی آن و کاهش قابل ملاحظه‌ی ژرفای، سطح آب سفره‌ی آبرفتی، امکان افزایش آبکشی از آبخوان مزبور وجود ندارد. به منظور تامین نیاز آب شرب و صنعت در این محدوده می‌توان از تغییر کاربری چاه‌های کشاورزی اقدام کرد. از نظر کیفیت منابع آب دشت فسا، تحت تاثیر سازندهای گچی - آهک رسی رزک از لحاظ یون سولفات دارای محدودیت شرب است. منابع آب این دشت دارای رخساره‌ی شیمیایی کلروره سدیک است. میانگین مجموع املاح برابر ۵۵۸۶.۱ با میلی گرم در لیتر، و میانگین هدایت الکتریکی برابر ۱۷۷۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌باشد که نشان دهنده‌ی کیفیت نامطلوب آب دشت است.

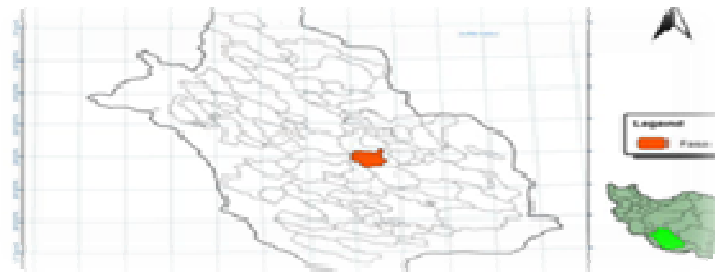
واژه‌های کلیدی: تراز آب، آبخوان، خشکسالی

مقدمه

منابع آب به عنوان اصلی‌ترین عنصر تاثیر گذار در پیش‌برد توسعه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و بهداشتی در هر جامعه مورد توجه است. با توجه به این موضوع که منابع آب سالم و مناسب جهت تخصیص در راه توسعه بسیار محدود است، لذا دانستن کیفیت منابع آب حائز اهمیت بسیار می‌باشد. بروز پدیده خشکسالی در سال‌های اخیر موجب محدودیت‌های کمی و کیفی توسعه بهره‌برداری از منابع آب گردیده است. در زمینه خشکی و خشکسالی، سازمان‌های پرشماری مانند خوار و بار و کشاورزی، سازمان هواشناسی جهانی، مرکز مطالعات مناطق خشک وابسته به یونسکو و ده‌ها مرکز دیگر مطالعات ارزنده‌ای را صورت داده‌اند. بررسی خشکسالی‌های وسیع دهه‌های ۱۹۷۰ جدی‌تر شده و مطالعات عمیقی در مورد عوامل بروز پدیده خشکسالی به خصوص بین دانشمندان و محققان اروپایی صورت گرفته است (غیور، ۱۹۷۷). مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ به منظور تعریف و پایش خشکسالی‌ها، شاخص بارش معیار را معرفی نموده و برای اولین بار آن را در ایالت کلرادو مورد استفاده قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه از مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت ۳ و ۶ ماهه برای اهداف کشاورزی، و مقیاس‌های بلند مدت زمانی برای اهداف آب‌شناسی استفاده کردند. از نظر تاثیر خشکسالی بر منابع آب، و توسعه‌های منابع آب دشت‌های مختلف ایران، مطالعات زیادی صورت گرفته است که از جمله موارد زیر می‌توان نام برد. شرکت مهندسی مشاور پاراب فارس در سال ۲۰۰۷ مطالعات تهیه‌ی اطلس منابع آب حوضه‌ی آبخیز رودمند را انجام داده که در آن به بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب در حوضه‌ی مزبور پرداخته است. فرزین و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بررسی نقش خشکسالی‌های اخیر در افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی شهرستان زرین دشت پرداخته و جهت بهبود وضعیت منابع این دشت، تغییر الگوی بهره‌برداری از منابع آب را ارائه نموده‌اند.

مواد و روشها

در این تحقیق حوضه‌ی آبخیز فسا از نظر کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفته است. این محدوده یکی از زیر آبخیز‌های حوضه‌ی آبخیز رود مند بوده، و به طور کامل در استان فارس واقع شده است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن این منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای داخلی می‌باشد. در سالیان اخیر، این منطقه و نواحی اطراف آن با محدودیت منابع آبی روبه‌رو شده‌اند. در شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه ارائه شده است. در این تحقیق به بررسی وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی دشت فسا پرداخته شده است. خشکسالی‌های اخیر باعث افت سطح آب زیرزمینی در این دشت و تخریب کیفیت منابع آب گردیده است استفاده شد. و سپس برای بررسی تغییرات DI, SPI, PN به منظور بررسی دوره‌های خشکسالی از روش‌های به مقیاسه‌ی دوره‌های خشکسالی و کاهش کمی سطح آب زیرزمینی با شاخص کمی آب زیرزمینی GRI هم‌زمان سطح آب زیرزمینی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب پرداخته شده است



شکل (۱) موقعیت دشت فسا در استان فارس

از لحاظ زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه در منطقه زاگرس چین‌خورده واقع شد است. واحد ساختمانی زاگرس چین‌خورده در جنوب غربی ایران واقع بوده و روند عمومی این منطقه تقریباً شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. رسوبات این واحد شامل ته‌نشست‌های دوران‌های اول، دوم و سوم است. که به طور هم شیب روی هم قرار دارند. در محدوده‌ی مورد مطالعه نیز اکثر چین‌خورده‌ها، روند عمومی چین‌خورده‌های زاگرس را دارا می‌باشند. سازند آسماری جهرم در منطقه‌ی مورد مطالعه از گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و در شمال تاقدیس درز، رخنمون دارد. این سازند دارای درز و شکستگی و شکاف بوده، توسعه‌ی کارست در آن زیاد بوده و نفوذپذیری بالایی دارد. بنابراین، از عوامل مهم تغذیه‌کننده‌ی سفره‌ی آبرفتی، و از مخازن مهم سازند سخت منطقه می‌باشد. سازند آغاچاری، که بیشترین گسترش را در منطقه دارد از نظر آب و زمین‌شناسی فاقد اهمیت بوده و باعث تخریب کیفیت منابع آب آبرفتی، به خصوص در نواحی جنوبی دشت، شده است (جباری، ۱۳۹۱). سازندهای زمین‌شناسی این منطقه به ترتیب قدمت عبارت‌اند از: بنگستان، گورپی، آسماری- جهرم، رزک، آهک گوری، میشان، آغاچاری، بختیاری و آبرفت‌های دوران چهارم زمین‌شناسی بیشترین وسعت سازند مربوط به سازند آغاچاری با ۳۲۶ کیلومتر مربع، و کمترین آن کیلومترمربع، به سازند هرمز اختصاص دارد، درصد رخنمون سازندهای آغاچاری و هرمز در محدوده مورد مطالعه به ترتیب حدود ۲/۲۶ و ۱/۰ می‌باشد

نتایج و بحث

بررسی دوره‌های خشکسالی و ترسالی:

به منظور بررسی دوره‌های خشکسالی و ترسالی از ایستگاه فسا با دوره‌ی آماری ۳۰ ساله ۱۳۶۲-۱۳۹۲ استفاده شده است. و برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشکسالی از شاخص‌های خشکسالی SPI, DN, DI استفاده کردیم.

شاخص‌های مورد بررسی:

شاخص درصد بارندگی (PN):

درصد نرمال بارندگی یکی از ساده‌ترین شاخص‌های خشکسالی است. این امر سبب شده است تا محققین زیادی، به خصوص محقق استرالیایی، از آن استفاده نمایند. این شاخص از رابطه زیر بدست می‌آید:

که در آن P_i بارندگی سال i و P^- میانگین بارندگی در سال‌های آماری می‌باشد. این شاخص همواره مثبت بوده و از سمت پایین محدود به صفر و از قسمت بالا از نظر تئوری محدودیتی ندارد. طبقات مختلف این شاخص در جدول ۱ آمده است.

شاخص دهک‌های بارندگی (DI):

مرتب نمودن داده‌های بارندگی ماهانه در دهک‌ها، تکنیک دیگری برای پایش خشکسالی است. شاخص دهک‌ها اولین بار توسط Gibbs and Maher برای اجتناب از بعضی نقاط ضعف روش درصد نرمال بارندگی به‌کار گرفته شد. اصول کلی در محاسبه دهک‌ها به صورت زیر است:

۱- مرتب نمودن داده‌های بارندگی ماهانه به صورت صعودی. ۲- تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه زیر:

که در آن m_i : دهک i ام، i : شماره دهک و n : تعداد داده‌های بارندگی است. ۳- برآورد مقادیر بارندگی مربوط به هر دهک (حد انتهایی). ۴- تعیین سال‌های آماری که در دهک‌های مختلف قرار گرفته اند. طبقات مختلف این شاخص در جدول ۱ آمده است.

شاخص SPI (شاخص بارش استاندارد شده):

از بهترین و جامع‌ترین و در عین حال ساده‌ترین روش مطالعه خشکسالی و ترسالی و خصوصیات آن‌ها محسوب می‌شود. اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است. به عبارت دیگر در این روش علاوه بر انحراف از میانگین بارش‌های رخ داده در طی یک دوره آماری، انحراف معیار داده‌ها نیز مورد استفاده است، به طوری که نسبت اختلاف میانگین جامعه یا نمونه از مقدار بارندگی هر سال آماری به انحراف معیار جامعه یا نمونه محاسبه می‌شود. و معادله آن به صورت زیر می‌باشد

که در آن P_i بارندگی سال i و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری، P^- میانگین بارندگی بلند مدت می‌باشد. طبقات مختلف این شاخص در جدول ۱ آمده است.

در این تحقیق مقیاس زمانی ۱۲ ماهه برای محاسبه‌ی شاخص SPI انتخاب شده است. در نمودارهای (۲)، (۳)، (۴) مقادیر شاخص SPI, DN, PN ارائه شده‌اند.

جدول ۱- طبقات مختلف شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

شاخص DI	شاخص SPI	شاخص PN	طبقات شدت خشکسالی
۹-۱۰	۱- تا ۱+	بیشتر از ۸۰٪	نرمال
۷-۸	*	۷۰ تا ۸۰٪	ضعیف
۵-۶	-۱.۵ تا -۱	۵۵ تا ۷۰٪	متوسط

۳-۴	-۲ تا -۱.۵	۴۰ تا ۵۵٪	شدید
۱-۲	کمتر از -۲	کمتر از ۴۰٪	بسیار شدید

بر اساس این سه شاخص طی آماره ۳۰ ساله این محدوده چندین دوره خشکسالی وجود دارد:

خشکسالی شدید: ۱۳۸۷-۱۳۸۸

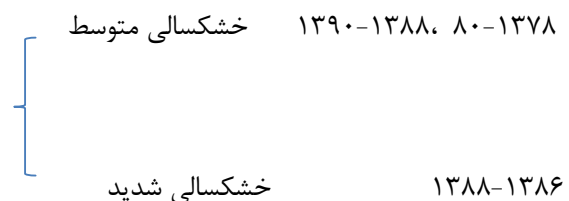
خشکسالی متوسط: ۱۳۸۹-۱۳۹۰، ۱۳۷۹-۱۳۸۰ و ۱۳۶۳-۱۳۶۴

که این دوره‌های خشکسالی به دلیل کاهش بارندگی سالانه و بهره‌وری بیش از حد چاه‌های کشاورزی در این دشت می‌باشد

آب و زمین شناسی:

در محدوده‌ی مطالعاتی دشت فسا، تعداد ۱۷ حلقه چاه مشاهده‌ای حفر گردیده است. که با توجه به وسعت آبخوان تراکم آن ۲ در هر ۲۵ کیلومتر مربع است. حداقل عمق سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای ۴ متر و حداکثر آن ۴۵ متر اندازه‌گیری شده است. تاریخ شروع اندازه‌گیری این چاهها سال ۱۳۷۲ می‌باشد. بر اساس منحنی-های تراز سطح آب و جهت حرکت آب زیرزمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه، منحنی‌های تراز ۱۱۴۰ تا ۱۱۹۰ متر دشت را پوشش می‌دهند. جهت حرکت آب زیرزمینی از شمال به سمت مرکز دشت و از یک سو از ارتفاعات شرقی به سمت جنوب غربی دشت می‌باشد. شیب آبی کل دشت کم بوده، و به علت ضخامت زیاد آبرفت، این دشت به وسیله‌ی رود شور جهرم زهکشی می‌شود. اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در این دشت از سال ۷۳-۷۴ انجام شده است. بر اساس منحنی‌های هم عمق سطح آب رسم شده در دشت، عمق سطح آب در حاشیه ارتفاعات زیادتر و در مرکز و منطقه‌ی کمتر می‌باشد. در شکل ۵ نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت باشاخص سالانه آب زیرزمینی ارائه شده است.

طبق این شاخص چند دوره خشکسالی:



کیفیت منابع آب:

برای بررسی کیفیت منابع آب، اندازه‌گیری فراسنج‌های کیفیت در ایستگاه‌های آب‌سنجی و منابع آب زیرزمینی انجام می‌گیرد که این کار به وسیله‌ی شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس انجام می‌شود.

از نظر منابع آب سطحی با توجه به نبود ایستگاه آبسنجی، امکان بررسی کیفیت منابع آب سطحی وجود ندارد. اما عبور رود از سازندهای آغاچاری و رزک می‌تواند باعث کاهش کیفیت آب گردد. در این محدوده، بر اساس نتایج تجزیه‌ی شیمیایی تعداد ۲۴ نمونه انتخابی وضعیت کیفی دشت بررسی شده است. در این دشت، میزان هدایت الکتریکی در نیمه‌ی شرقی تحت تاثیر سازند آغاچاری و بختیاری پایین بوده و در قسمت شمال غربی تحت تاثیر گنبد نمکی و در جنوب غربی تحت تاثیر سازند رزک، میزان هدایت الکتریکی افزایش یابد. بیشترین میزان هدایت الکتریکی ۲۲۲۰ میکروموهوس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده که به علت تاثیر سازند ساچون و گنبد نمکی شمال غربی محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد. در شکل (۶) نمودار کموگراف دشت فسا ارائه شده که این نمودار تغییرات از ۲۴ حلقه چاه نمونه برداری شده در این محدوده را نشان می‌دهد.

تراز آبخوان آبرفتی:

به منظور برآورد تراز آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی، کلیه‌ی مولفه‌های ورودی و خروجی آبخوان محاسبه و پس از آن با استفاده از معادله‌ی (۱) رابطه‌ی تراز برقرار گردید.

(۱): حجم تغذیه - حجم تخلیه = تغییرات ذخیره‌ی آبخوان

$$Q_{UT} + Q_r + Q_R + Q_I + Q_{SW} - Q_{UO} - Q_{KY} - Q_D - Q_{EX} = \Delta V$$

Q_{UT} : جریانات زیرزمینی ورودی ج

Q_R : نفوذ از جریان سطحی و سیلابها در آبخوان

Q_I : نفوذ از بارندگی در سطح آبخوان

Q_I : نفوذ از آبیاری

Q_{SW} : نفوذ از آب و صرفی شرب

Q_{KY} : تبخیر از آب زیرزمینی

Q_D : زهکشی از آب زیرزمینی

Q_{EX} : تخلیه به وسیله چاه‌ها و چشمه‌ها

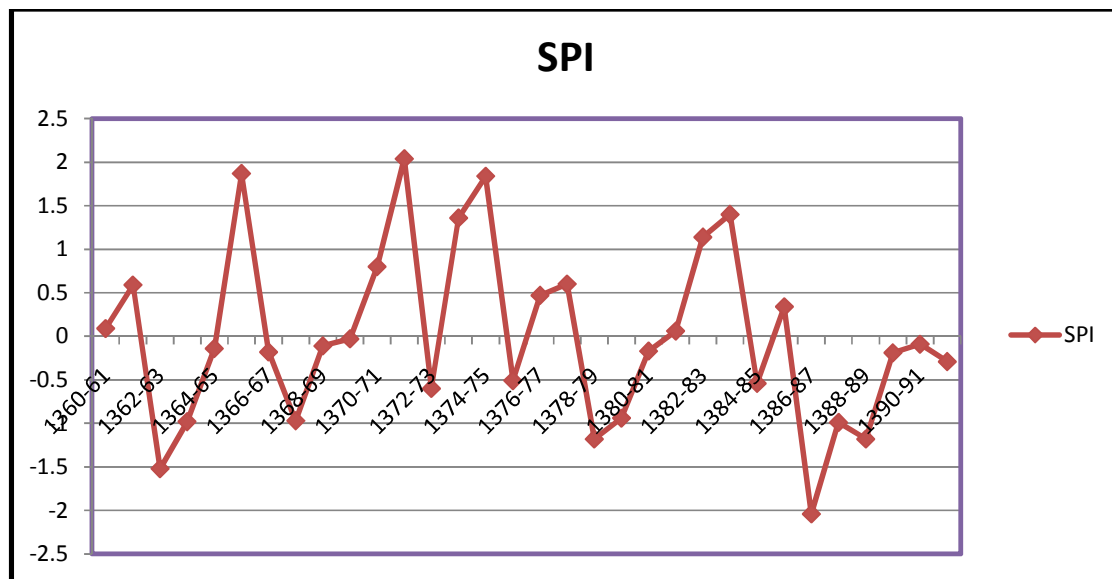
Q_{UO} : جریانات زیرزمینی خروجی

ΔV : تغییرات ذخیره آبخوان

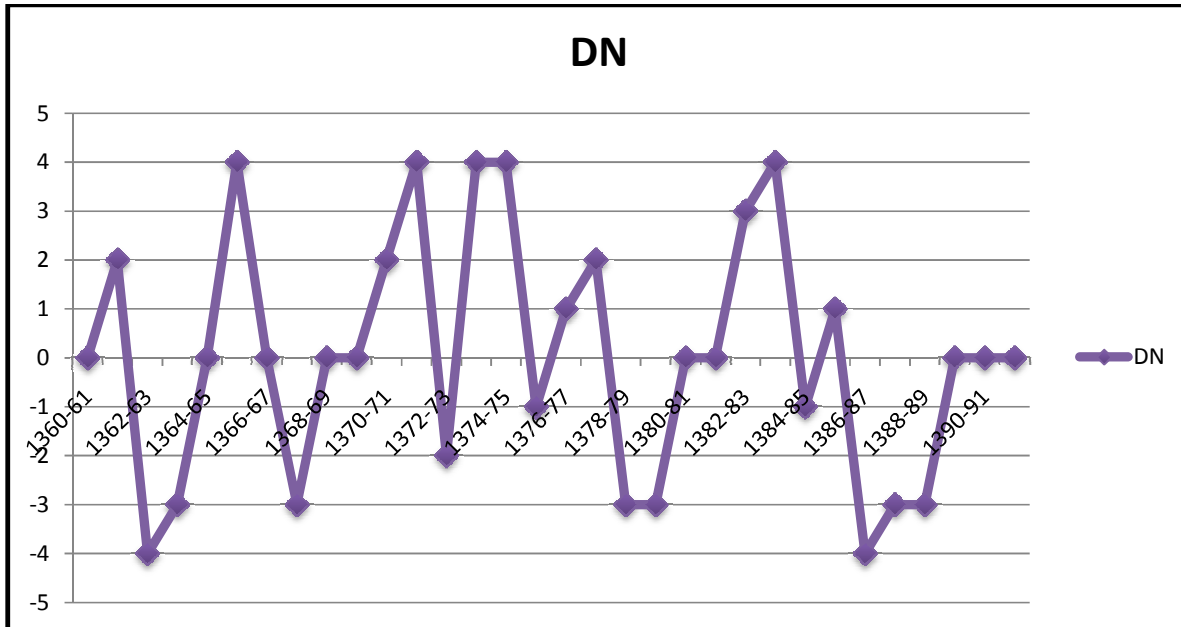
بر این اساس، حجم کل تغذیه ۳ سالانه-ی آبخوان ۴۱۵/۲۷۲ میلیون متر مکعب و حجم تخلیه ۳-ی آن ۴۲۳/۱۲۷ میلیون متر مکعب بوده، و به طور میانگین سالانه حدود ۷/۸ میلیون متر مکعب از حجم مخزن کاسته می-شود. (مهندسین مشاور پاراب فارس، ۱۳۸۶).

نتیجه گیری:

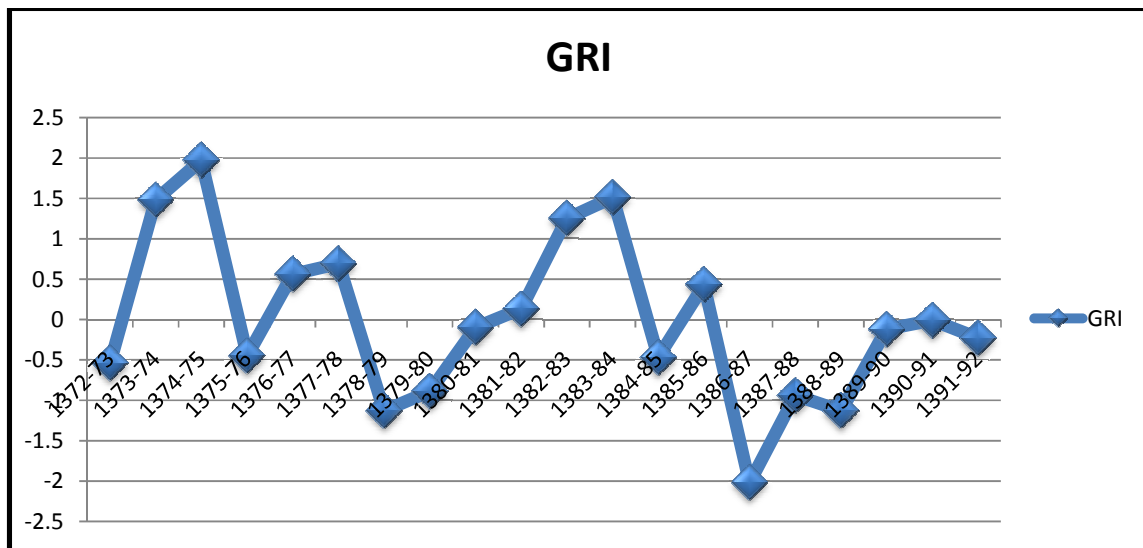
به طور کلی، با بررسی نتایج حاصل از تراز آبی دشت فسا، و با توجه به روند کاهش سطح آب آبخوان آبرفتی منفی بودن تراز دشت، توسعه‌ی بهره‌برداری پیشنهاد نمی‌گردد، از لحاظ کمی دارای محدودیت بهره‌برداری و ممنوعیت حفر چاه می‌باشد. با توجه به نیاز آب شرب در این منطقه می‌توان از تغییر کاربری چاه‌های کشاورزی به شرب و صنعت استفاده کرد. همچنین، به دلیل وجود طرح‌های مهار کردن آب سطحی در این دشت و نیز قرار داشتن سد سلمان فارسی در زیر این دست آن، توسعه‌ی آب‌های سطحی این منطقه نیز پیشنهاد نمی‌گردد. و همچنین ممنوعیت بهره‌برداری به خاطر افزایش هدایت الکتریکی در زمان‌های اخیر می‌باشد. یکی از عوامل تخریب کننده‌ی کیفیت آب در این دشت، وجود سنگ‌های تبخیری است. این گروه از سنگ‌ها حاوی رسوبات تبخیری و کولابی نظیر گچ دار می‌باشد. این گروه از سنگ‌ها با توجه به نوع سنگ-شناسی باعث شوری آب‌های زیرزمینی گردیده، که وسعت این گروه از سازندها در محدوده‌ی مورد مطالعه ۸۴.۹ کیلومتر مربع می‌باشد.



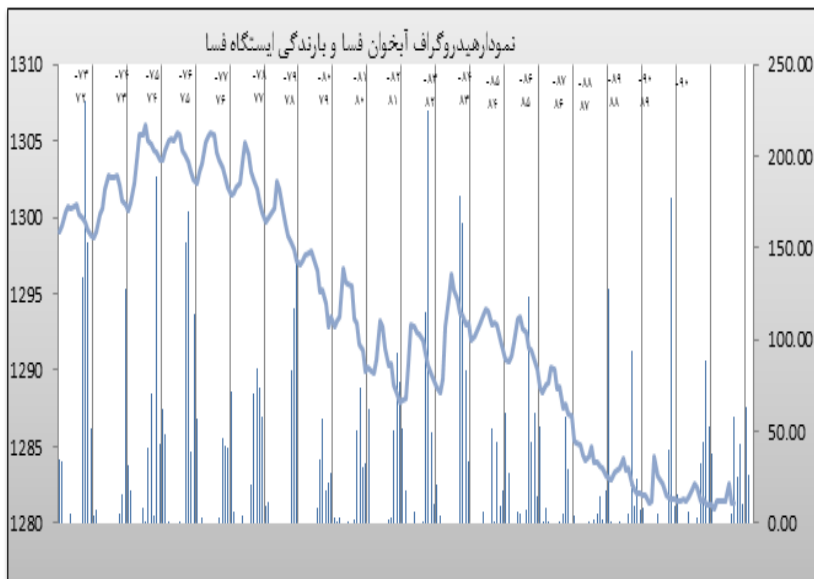
شکل (۲) - نمودار شاخص SPI سالانه



شکل (۳) نمودار شاخص سالانه DN



شکل (۴) نمودار شاخص GRI



شکل (۵) - نمودار هیستوگرام بارش سالانه ۱۳۷۲-۱۳۹۱

منابع

- حبیبی، ح.، خضری قرائی، ح.، حبیبی، س. ۱۳۸۶. پایش پدیده خشکسالی در استان کرمان بر اساس شاخص SPI. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر کرمان - بهمن ۱۳۸۶.
- حیدری، م.، صابری، م.، فرج الهی، ا.، ترنیان، ف. ۱۳۸۴. پایش ارزیابی خشکسالی های شهر یزد همایش منطقه ای بحران آب و خشکسالی
- روشنی، م.، اسلامی، ع. ۱۳۸۴. پایش منطقه ای خشکسالی (مطالعه موردی: سواحل جنوبی دریای خزر) همایش منطقه ای بحران آب و خشکسالی.
- سبزی پرور، ع.، کاظمی، آ. ۱۳۸۹. ارزیابی تطبیقی هفت نمایه خشک سالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه ای. علوم تکنولوژی محیط زیست، دوره دوازدهم، شماره یک، ۹۷-۱۱۱.
- فدائی کرمانی، ا.، بارانی، غ. ۱۳۹۰. بررسی چگونگی پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک - اسفند ۱۳۹۰.
- قاسمی، ح.، مقدم نیا، ع.، آرمجو، ا.، محمدزاده خانی، ه. ۱۳۸۷. پایش خشکسالی با استفاده از شاخص های CZI و MCZI در زابل. اولین کنفرانس بین المللی بحران آب - اسفند ۸۷.