

بررسی تأثیر پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان با استفاده از شاخص‌های GRI، SDI و SPI (مطالعه موردی: آبخوان هرات یزد)

- ۱- محمدرضا فاضل پور، دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری یزد
fazelpor_reza@yahoo.com
- ۲- حسین ملکی نژاد، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
- ۳- محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
- ۴- جلال برخوردار، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۰

چکیده

پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌ها، در خروجی حوزه‌های آبخیز و با هدف بهره‌برداری از سیلاب‌های ناگهانی انجام می‌شود. پخش سیلاب به منظور که جهت بهره‌برداری از سیلاب‌های خشکه رودها، رودخانه‌های فصلی و ذخیره نمودن آن‌ها در آبخوان‌ها به کار می‌رود. در تحقیق حاضر تأثیر سیستم پخش سیلاب هرات در استان یزد بر تغذیه آبخوان بررسی گردید. به این منظور شاخص GRI برای چاه‌های پیژومتری (۳ چاه داخل آبخوان و ۶ چاه مجاور آبخوان) و همچنین شاخص SDI برای قنات‌های پایین دست (۴ رشته قنات) محاسبه شد. همبستگی شاخص‌ها با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد (SPI) به صورت سالانه و ماهانه و با تاخیرهای زمانی متفاوت بررسی گردید. نتایج نشان داد که شاخص GRI سالانه در پیژومترها با حجم سیلاب و حجم سیلاب با تاخیرهای زمانی، در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. شاخص GRI ماهانه در دو پیژومتر با حجم سیلاب و در بقیه با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ماهانه همبستگی دارد. در ارتباط با قنات، شاخص SDI بیشتر با شاخص بارش استاندارد (SPI) به صورت ماهانه و سالانه با تاخیرهای زمانی همبستگی نشان داد. در نهایت با توجه به این‌که ۹۸ درصد آبیگری عرصه‌ها در سه سال اول بعد از اجرای طرح بوده و در سال‌های زیادی عرصه بدون آبیگری بوده است، همچنین به دلیل کاهش نفوذپذیری عرصه‌ها و تبخیر بالا، احداث این‌گونه طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از عملکرد پایینی برخوردار است.

واژگان کلیدی: مناطق خشک؛ سیل؛ هرات؛ خشکسالی.

مقدمه

کشور ایران، با توجه به موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و وضعیت ریزش‌های جوی، از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود. میزان بارندگی در ایران یک سوم متوسط بارندگی کره زمین است ولی همین مقدار بارندگی نیز پراکنش زمانی و مکانی مناسبی ندارد. به طوری که یک سوم در سطحی حدود ۱۰ درصد از مساحت کل کشور و دوسوم بقیه در سایر نقاط فرو می‌ریزد [۸].

در مناطق خشک و نیمه خشک، منابع آب زیرزمینی به منظور تامین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. این منابع از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از مناطق کشور به شمار می‌رود. در این راستا برنامه‌ریزی در جهت بهره‌برداری اصولی و حفاظت از منابع آب زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است.

خشکسالی یکی از مخاطرات اصلی مرتبط با هواشناسی است. این مخاطره طبیعی تمام جوانب زندگی ما را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطح بین‌المللی تعریف واحدی از خشکسالی که مورد قبول همه باشد، وجود ندارد. به‌طور کلی خشکسالی زمانی روی می‌دهد که کاهش چشم‌گیر آب، هم در مکان و هم در زمان ویژه‌ای روی دهد.

از بین شاخص‌های کمی در تحلیل خشکسالی، استفاده شاخص از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌ای متفاوت زمانی و همچنین

در مناطق خشک و نیمه خشک، منابع آب زیرزمینی به منظور تامین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. این منابع از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از مناطق کشور به شمار می‌رود.

مقیاس‌های مکانی مختلف، شاخص SPI به عنوان شاخص مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است.

روش‌های مختلفی در جهت تغذیه آبخوان‌ها و بهبود شرایط آب‌های زیرزمینی به کار گرفته می‌شود. پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌ها در خروجی حوزه‌های آبخیز با هدف بهره‌برداری از سیلاب‌ها که به صورت ناگهانی جریان می‌یابند، روشی مناسب برای بهره‌برداری از سیلاب‌های خشکه رودها و رودخانه‌های فصلی و ذخیره نمودن آنها در آبخوان‌ها است [۱۵]. در رابطه با تاثیر طرح‌های پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان‌ها، مطالعات زیادی در سطح دنیا صورت گرفته است.

بررسی طرح پخش سیلاب سبزوار نشان داده که حجم سیلاب نفوذ داده شده در حدود ۱۰ میلیون متر مکعب، باعث بهبود کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی مناطق پایین دست شده است، به طوری که افت سفره از ۴۵ سانتیمتر در سال ۱۳۷۶ به ۲۳ سانتیمتر در سال ۱۳۷۷ کاهش یافته است [۱۴].

نتایج بررسی تاثیر طرح‌های پخش سیلاب بر آب‌های زیرزمینی نشان داد که پس از اجرای طرح‌ها، اثر آنگیری طرح‌ها باعث افزایش هیدروگراف دشت شده است. همچنین عمق آب در پیژومترها و کیفیت آب قنات‌های پیرامون طرح افزایش یافته است [۷]. در پژوهشی اثر پخش سیلاب بر تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان پسکوه سراوان در طرح آبخیزداری مثبت ارزیابی شد [۱۲]. نتایج بررسی تاثیر پخش سیلاب بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه طغرد قم نشان داد که پخش سیلاب باعث افزایش دبی قنات‌ها و سطح آب چاه‌ها و افزایش محصولات کشاورزی و کاهش مهاجرت شده است [۱۳].

در پژوهشی با بکارگیری مدل Modflow مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و عملکرد طرح تغذیه مصنوعی (پخش سیلاب) دشت آب باریک بم بررسی شد. نتایج نشان که روند افت با وجود شروع به کار طرح تغذیه مصنوعی ادامه خواهد داشت. همچنین شبیه سازی نشان داد که در اثر طرح پخش سیلاب به طور متوسط در مدت ۳ سال به میزان ۱۲/۶ میلیون مترمکعب به آب آبخوان

افزوده گردید [۶]. در تحقیقی تاثیر پخش سیلاب در تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی در ایستگاه آبخوان شهید احمدی تهران، بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که پخش سیلاب موجب کاهش روند افت در چاه‌های پیژومتر پایین دست عرصه شده است [۱۰]. تغذیه مصنوعی باعث کاهش تخریب اراضی کشاورزی و اماکن مسکونی، به وسیله سیلاب با هدایت آن به مخروط افکنه‌ها جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و افزایش سطح پیژومتریک آب‌های زیرزمینی می‌شود [۱۱]. نتایج ارزیابی طرح امکان کاهش اثرات خشکسالی با طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی نشان داد که این طرح توانسته است با بهبود روند رو به افزایش افت سفره آب زیرزمینی در منطقه، به طور مستقیم اثرات مثبت خود را به جا بگذارد [۲].

در پژوهشی به ارزیابی طرح پخش سیلاب بر روی آبخوان دشت قوشه دامغان پرداخته شد. به منظور ارزیابی مدیریت سیلاب و نقش آن در وضعیت آب زیرزمینی، آمار و اطلاعات ۳ حلقه چاهک پیژومتری که در نزدیک‌ترین منطقه پایین دست و مجاور عرصه پخش سیلاب وجود داشت و همچنین سه حلقه چاه پیژومتری دیگر استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین افت ماهانه در یکی از چاه‌های پیژومتری پس از اجرای طرح پخش سیلاب به میزان ۲۵/۱ درصد از روند افت سطح آب کاسته شده است [۴]. برای بررسی تاثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت کوه‌دشت لرستان از آمار و اطلاعات موجود شامل بارندگی، سطح سفره آب زیرزمینی و میزان بهره‌برداری یک دوره آماری ۱۰ ساله (پیش و پس از اجرای عملیات پخش سیلاب) استفاده شد. برای مقایسه این سه متغیر نخست آزمون نرمال بودن داده‌ها صورت گرفت و داده‌ها استاندارد شد. نتایج بدست آمده نشان داد که پیش از پخش سیلاب (تا سال ۱۳۷۶-۱۳۷۵) تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی تابع میزان بهره‌برداری بوده و روندی کاهشی داشته است. با اجرای طرح پخش سیلاب این روند کاهشی متوقف شده و سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است [۱۶].

در بررسی اثرات ۳۰ ساله طرح تغذیه مصنوعی در تبولیا مشخص شد که اجرای طرح تغذیه مصنوعی، شرایط کیفی و کمی آبخوان را بهبود بخشیده است [۱]. در

۴۷' ۲۹° عرض شمالی در جنوب غرب شهرستان خاتم در جنوب استان یزد واقع گردیده است. حداکثر ارتفاع حوزه هرات ۳۲۶۵ متر، حداقل ارتفاع ۱۷۳۰ متر و میانگین ارتفاع منطقه ۲۲۰۷ متر بالاتر از سطح دریا است. متوسط بارش سالانه حوزه ۲۱۷ میلیمتر در سال است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن جزء اقلیم نیمه خشک سرد قرار دارد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی بخشی از زون‌های زاگرس (افیولیت، رادیولاریت) و سندج - سیرجان است. روند کلی ارتفاعات همانند زون زاگرس شمال غرب، جنوب شرق است که از نظر زمین شناسی گسترش سنگ‌های رسوبی نسبت به سنگ‌های دگرگونی و آذرین بیشتر بوده بطوری که می‌تواند از نظر کمی و کیفی تاثیر چشمگیری بر آب‌های زیر زمینی منطقه داشته باشد. موقعیت طرح پخش سیلاب اجرا شده در انتهای خروجی حوزه هرات و به وسعت ۴۹۰ هکتار و مشتمل بر پنج سایت اجرایی است (شکل ۱).

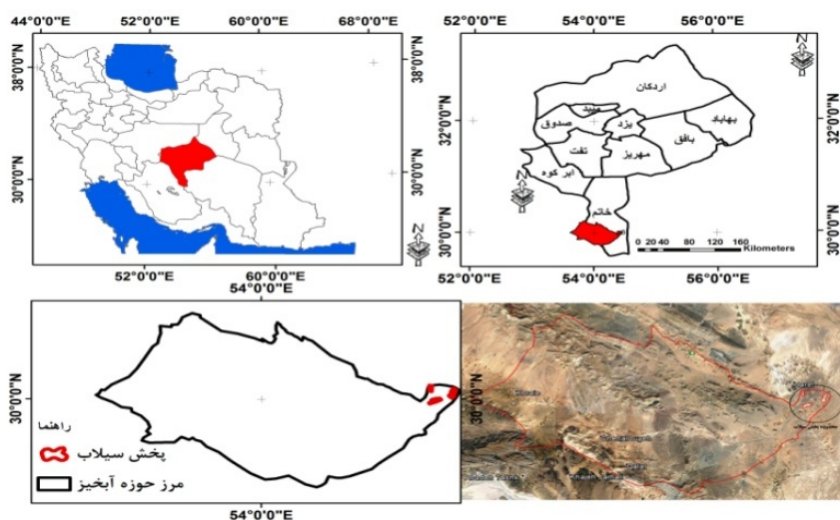
پژوهشی، نقش تغذیه مصنوعی (سیستم پخش سیلاب) در تعادل و تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که سیستم پخش سیلاب می‌تواند از چند صد هزار متر مکعب تا ۴/۵ میلیون متر مکعب در سال‌های خشک و بارانی به سفره آب زیر زمینی تزریق نماید و یک راهکار کارآمد برای افزایش منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک است [۵].

در این پژوهش، تأثیر طرح پخش سیلاب هرات استان یزد بر تغذیه آبخوان به منظور ارزیابی عملکرد این نوع طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک بررسی شد. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان راهکارهایی برای افزایش راندمان و زمینه بهره‌برداری بیشتر از آن‌ها را فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز هرات به وسعت ۱۴۱۳ کیلومتر مربع با مختصات ۲۱' ۵۴° تا ۳۸' ۵۸° طول شرقی و ۱۲' ۳۰° تا



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه روی نقشه و تصویر گوگل ارث

سطح ایستابی آن‌ها جمع‌آوری شد. به منظور تکمیل کار از شاخص‌های GRI (شاخص منابع آب زیرزمینی) و SDI (شاخص دبی استاندارد شده) (روابط ۱ و ۲) برای ارزیابی تاثیر طرح پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی و آبدهی قنات‌ها مورد استفاده شد [۳].

برای بررسی نقش سیستم پخش سیلاب بر آب‌های زیر زمینی مناطق همجوار از شاخص مقایسه آبدهی قنات و سطح ایستابی چاه‌های پیژومتری استفاده شد. تعداد ۴ قنات (شامل قنات‌های فتح آباد، چاکری، حسین آباد و کوشک) و ۳ چاه پیژومتری داخل آبخوان و همچنین ۶ چاه پیژومتری اطراف آبخوان انتخاب و داده‌های دبی و

جدول ۱- طبقه بندی شاخص SPI

مقادیر SPI	طبقه
$SPI \geq 2.00$	ترسالی بسیار شدید
$1.50 < SPI \leq 2.00$	ترسالی شدید
$1.00 < SPI \leq 1.50$	ترسالی متوسط
$-1.00 < SPI \leq 1.00$	نزدیک به نرمال
$1.50 - < SPI \leq 1.00 -$	خشکسالی متوسط
$2.00 - < SPI \leq 1.50 -$	خشکسالی شدید
$SPI < -2.00$	خشکسالی بسیار شدید

نتایج

موقعیت مادر چاه و مظهر قنات‌ها و چاه‌های پیرومتری مورد بررسی نسبت به محل اجرای طرح پخش سیلاب در منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، پیرومترها در داخل عرصه‌های پخش سیلاب احداث شده و می‌تواند بلافاصله تغییرات حاصل از تغذیه سفره آب زیرزمینی را به صورت تغییر تراز آب زیرزمینی نشان دهد. اما سایر چاه‌ها و مادر چاه قنات‌ها در فواصل متفاوتی از سیستم پخش سیلاب قرار دارند و هر چه فاصله آن‌ها از محل تغذیه بیشتر شود تاثیر پذیری کمتری خواهند داشت.

به منظور بررسی تاثیر خشکسالی و ترسالی بر وضعیت آبدی قنات‌ها شاخص بارش استاندارد برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه به حوزه (ایستگاه خوانسار) محاسبه شد. شکل ۳ تغییرات شاخص بارش استاندارد برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. دوره‌های ترسالی در سال‌های آبی ۱۳۶۶-۱۳۶۵، ۱۳۷۱-۱۳۷۲، ۱۳۷۶-۱۳۷۴، و ۱۳۸۴-۱۳۸۱ اتفاق افتاده و در بقیه سال‌ها خشکسالی بر منطقه حاکم بوده است.

با استفاده از آمار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد نمودار تاریخ وقوع و حجم سیلاب ورودی به عرصه پخش سیلاب هرات ترسیم شد (شکل ۴).

بیشتر سیلاب‌های ورودی به عرصه پخش سیلاب بر اساس شکل ۴، مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ بوده و به طور میانگین حجمی حدود ۰/۵ میلیون متر مکعب داشته است. نتایج شاخص SPI نیز نشان دهنده وقوع ترسالی در محدوده زمانی ذکر شده است. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه و پس از احداث سیستم پخش سیلاب

$$SDI = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma} \quad (1)$$

که در آن:

Q_i دبی اندازه‌گیری شده، \bar{Q} : متوسط دبی و انحراف معیار داده‌ها می‌باشد.

$$GRI_{y,m} = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\delta_{D,m}} \quad (2)$$

که در آن:

$GRI_{y,m}$: رقوم شاخص در ماه m از سال y ، $D_{y,m}$: رقوم سطح ایستابی در ماه m از سال y می‌باشد.

$\mu_{D,m}$ و $\delta_{D,m}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های سطح ایستابی ماه m برای D سال است.

همچنین به منظور بررسی تاثیر ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه، از نمایه بارندگی استاندارد (SPI) استفاده شد. به این منظور بارندگی بلند مدت منطقه مورد مطالعه به صورت ماهانه و سالانه جمع‌آوری شد و شاخص بارش استاندارد به کمک رابطه ۳ محاسبه گردید.

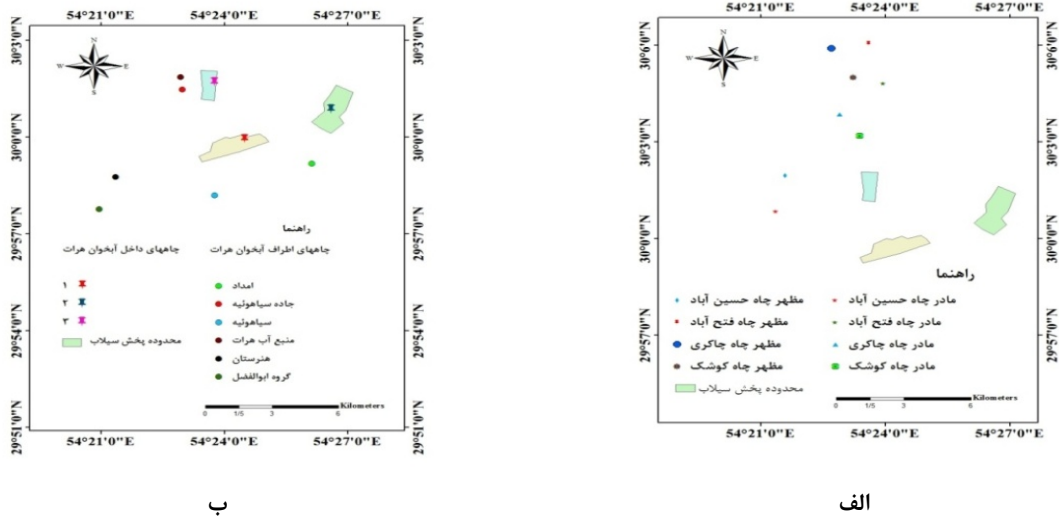
$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad (3)$$

که در آن:

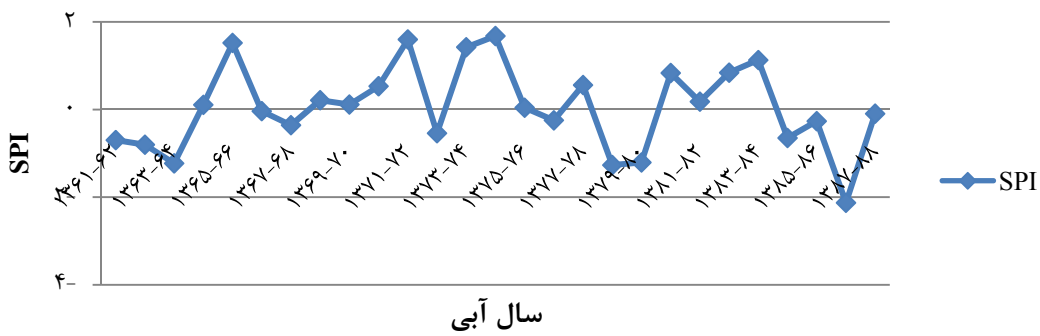
P_i : بارش سالانه، \bar{P} : متوسط بارش و σ : انحراف معیار داده‌ها است.

مقادیر مثبت این نمایه نشان دهنده بارندگی بیشتر از متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس دارد. بر اساس این شاخص، خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و هنگامی پایان می‌یابد که میزان آن مثبت گردد. شدت و تداوم خشکسالی‌های اقلیمی در مقیاس‌های کوتاه مدت و خشکسالی‌های آب شناختی در مقیاس‌های بلند مدت توسط این نمایه برآورد می‌شود. طبقات مختلف SPI بر اساس طبقه‌بندی مک کی و همکاران صورت گرفت [۹]. لازم به ذکر است طبقه‌بندی شاخص‌های SDI و GRI نیز مانند شاخص SPI بوده که در جدول ۱ ارائه شده است.

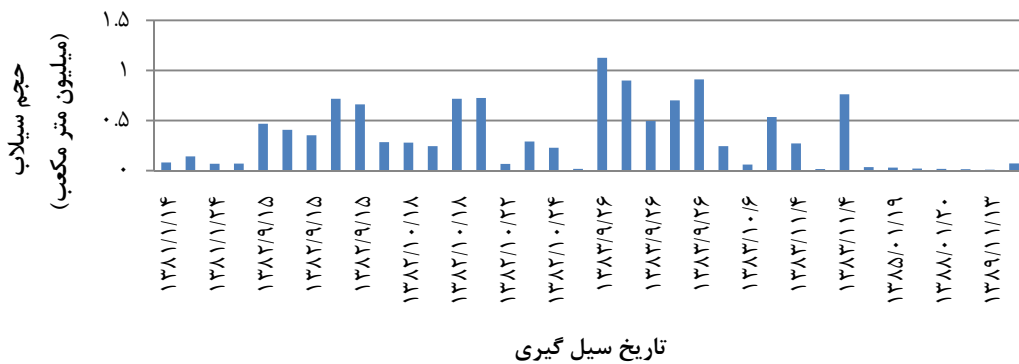
بارش‌های مناسب رخ داده که سبب ورود سیلاب قابل توجهی به عرصه شده است.



شکل ۲- (الف): موقعیت چاه‌ها و (ب): قنات‌ها مورد مطالعه نسبت به پخش سیلاب هرات



شکل ۳- تغییرات شاخص بارش استاندارد در منطقه هرات یزد

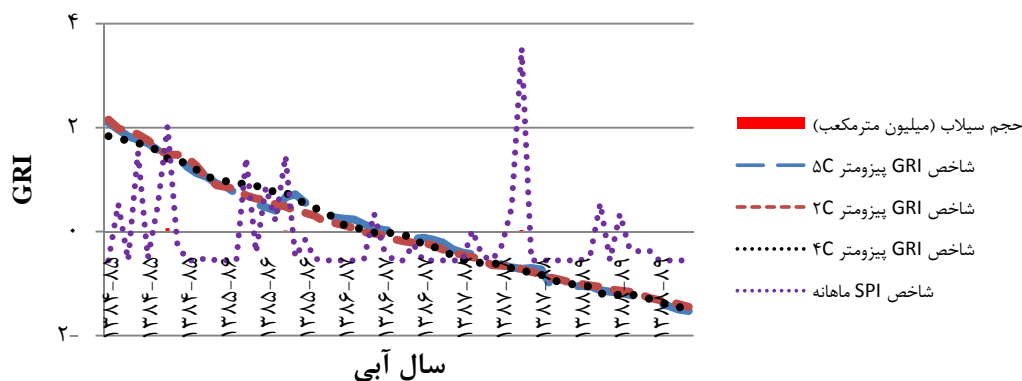


شکل ۴- تاریخ آگیری و حجم سیلاب عرصه پخش سیلاب هرات

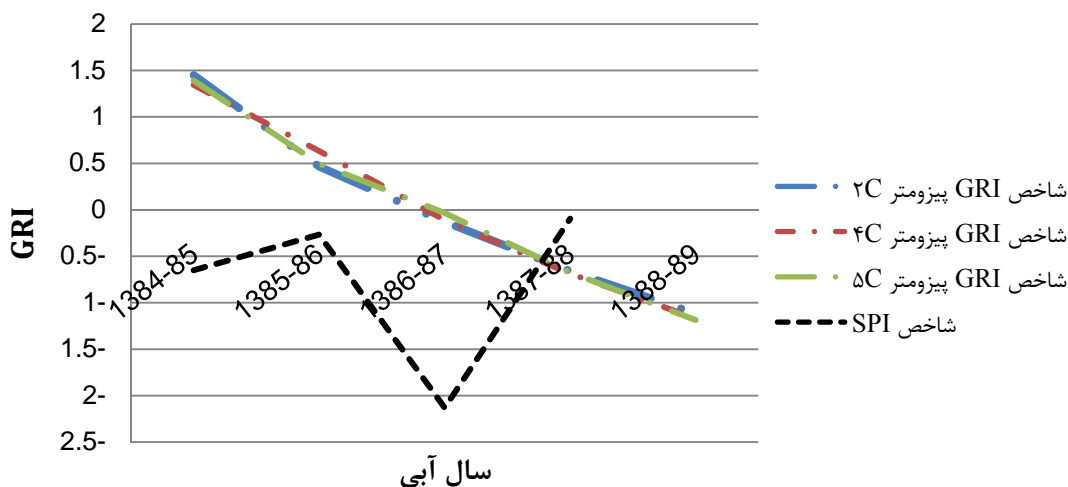
شاخص GRI برای چاه‌های داخل آبخوان و خارج آبخوان هرات

با توجه به آمار دبی‌های قنات‌های مورد بررسی، شاخص دبی استاندارد شده به صورت سالانه و ماهانه ترسیم شد. همچنین شاخص GRI برای چاه‌های پیژومتری داخل و اطراف آبخوان محاسبه گردید. به منظور بررسی رابطه حجم سیل‌گیری (اثر پخش سیلاب) و

خشکسالی - ترسالی بر روی شاخص مورد نظر حجم سیل ورودی به عرصه پخش سیلاب و شاخص بارش استاندارد نیز به صورت سالانه و ماهانه محاسبه و بر روی نمودار دبی استاندارد شده و شاخص GRI اضافه گردید، نتایج به دست آمده در شکل‌های ۵ تا ۸ برای بازه زمانی سالانه و ماهانه نشان داده شده است.



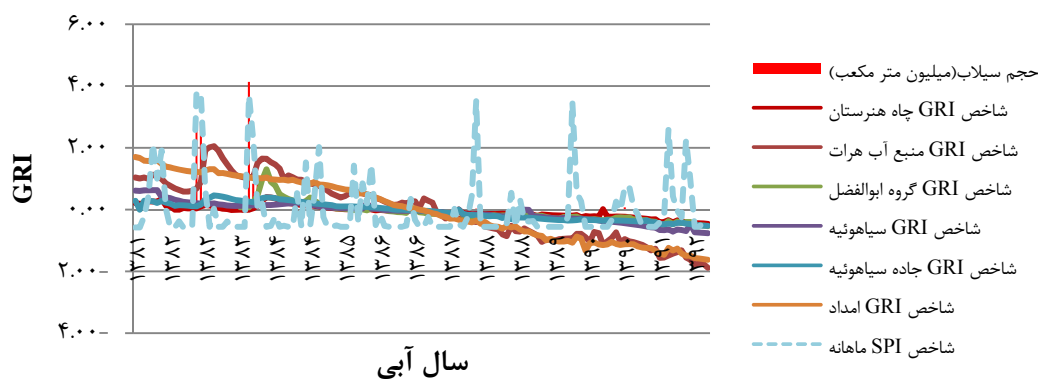
شکل ۵- شاخص GRI ماهانه پیژومترهای داخل عرصه پخش سیلاب



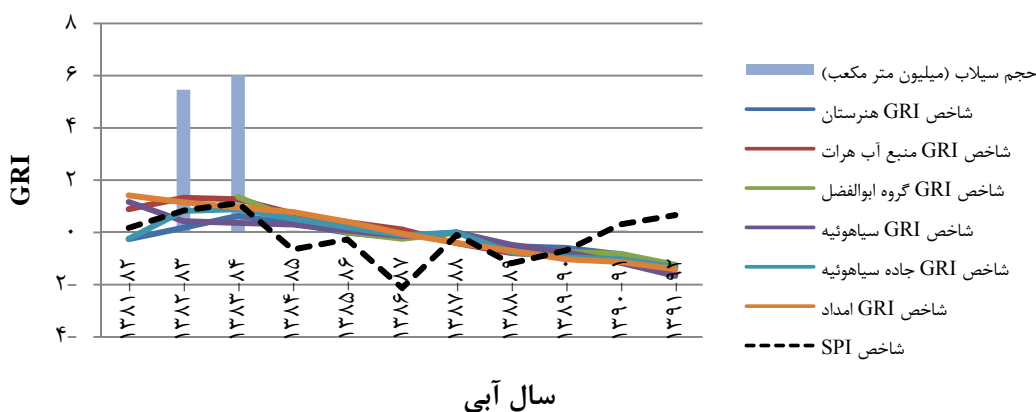
شکل ۶- شاخص GRI سالانه پیژومترهای داخل عرصه پخش سیلاب

است. با وجود ترسالی‌ها نیز روند کاهشی سطح آب زیرزمینی مشهود است. و این امر را می‌توان به برداشت بیرویه از آبخوان منطقه به منظور مصارف مختلفی که مهمترین آن کشاورزی است، نسبت داد. چراکه توسعه باغ‌ها در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است.

بر اساس شکل‌های ۵ و ۶، شاخص سطح آب زیرزمینی برای پیژومترهای داخل عرصه‌های پخش سیلاب چه به صورت ماهانه و چه سالانه دارای روند کاهشی است. این روند کلی نشان دهنده افت سطح آب زیرزمینی در منطقه است. هر چند در برخی موارد نمودار حالت صعودی داشته



شکل ۷- شاخص GRI ماهانه چاههای اطراف پخش سیلاب



شکل ۸- شاخص GRI سالانه چاههای اطراف پخش سیلاب

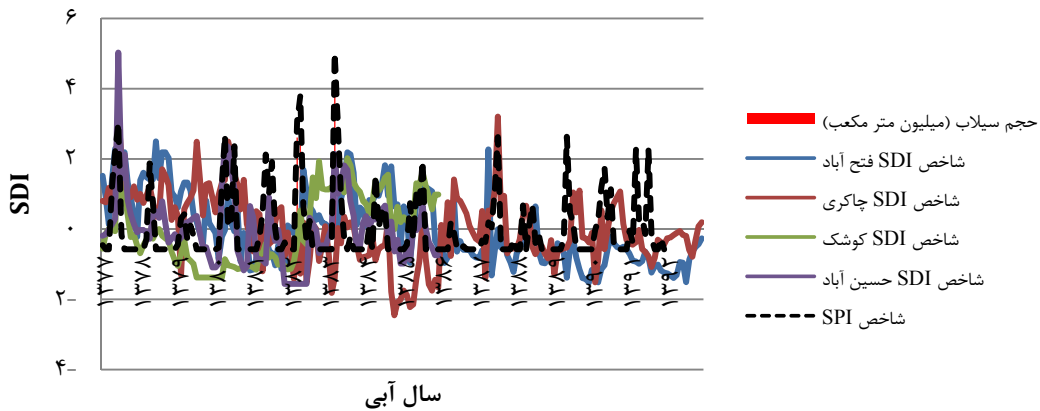
بهبتر، داده‌های حجم سیل و شاخص SPI با تاخیرهای زمانی ۱ و ۲ ساله در نظر گرفته شد. همچنین همبستگی به صورت ماهانه با بازه‌های زمانی تاخیر ۳، ۶، ۱۲ و ۱۵ ماهه برای چاههای اطراف آبخوان بررسی شد (جدول‌های ۴ و ۵).

شاخص SDI قنوات پایین دست آبخوان هرات

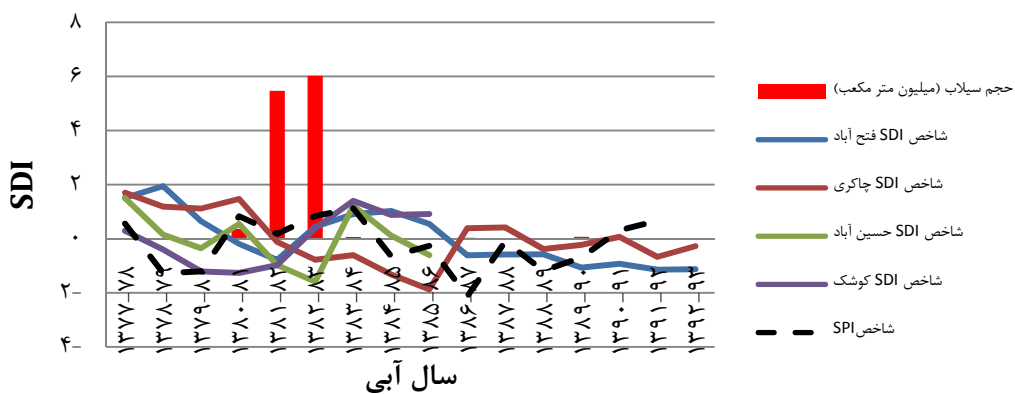
برای ۴ قنات مورد بررسی شامل کوشک، چاکری، حسن آباد و فتح آباد نیز شاخص SDI به صورت سالانه و ماهانه محاسبه گردید (شکل‌های ۹ و ۱۰). به منظور بررسی تأثیر اجرای طرح پخش سیلاب و نیز خشکسالی بر روند این شاخص میزان حجم ورودی سیل به عرصه های و همبستگی بین داده‌ها با تاخیرهای زمانی ۱ و ۲ساله و در خصوص داده‌های ماهانه با تاخیرهای ۳، ۶ و ۱۵ ماهه بررسی شد (جدول‌های ۴ و ۵).

شاخص GRI در چاه‌های مورد بررسی در پایین دست عرصه پخش سیلاب نیز دارای روند کاهشی بوده است. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود شاخص GRI ماهانه دارای روند کاهشی بوده است ولی در تعدادی از آنها روند صعودی در برخی بازه‌های زمانی دیده می‌شود. این افزایش در برخی مواقع همزمان با ترسالی و نیز آگیری عرصه پخش سیلاب است. البته تفکیک تأثیر این دو عامل با استفاده از این نمودارها امکان پذیر نیست. در شکل ۸ شاخص GRI سالانه چاههای اطراف پخش سیلاب نیز روند کاهشی داشته و تشخیص تأثیر طرح و حتی وقوع ترسالی و خشکسالی مشکل است.

به منظور بررسی همبستگی بین داده‌های شاخص GRI و شاخص SPI و حجم سیلاب و همچنین همبستگی بین چاه‌های مورد مطالعه از ضریب همبستگی آزمون پیرسون استفاده شد (جدول‌های ۲ تا ۵). به منظور بررسی



شکل ۹- نمودار SDI ماهانه قنوات مجاور پخش سیلاب هرات



شکل ۱۰- نمودار SDI سالانه قنوات مجاور پخش سیلاب هرات

نیز با حجم سیلاب همبستگی معنی‌داری را نشان داده است. که با بیشتر تحقیقات انجام شده نظیر ایستگاه آبخوان شهید احمدی تهران [۱۰] و تحقیقی از دشت قوشه دامغان [۴]، مطابقت دارد.

از بین پیژومترهای مورد بررسی شاخص سطح ایستابی چاه سیاهوئیه با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب همبستگی معنی‌داری را نشان نداد. نکته قابل توجه اینکه شاخص سطح ایستابی پیژومترهای مورد بررسی در هیچ یک با شاخص SPI همبستگی معنی‌داری را به صورت سالانه نشان نداد. این امر تابع عوامل مختلفی نظیر برداشت بیش از حد سفره می‌تواند باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شاخص GRI سالانه چاه‌های پیژومتری اطراف عرصه‌های پخش سیلاب تحت تاثیر تغذیه قرار گرفته به طوری که در چاه هنرستان شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب در سطح احتمال ۵ درصد دارای همبستگی معنی‌دار بوده است. پیژومتر منبع آب هرات که بلافاصله در پایین دست عرصه پخش سیلاب قرار دارد بیشترین تاثیر را از طرح پذیرفته به طوری که شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب و با تاخیرهای ۱ و ۲ ساله همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد. شاخص سطح ایستابی چاه‌های جاده سیاهوئیه، امداد و گروه ابوالفضل

جدول ۲- همبستگی بین شاخص GRI سالانه جاهای اطراف محدوده پخش سیلاب با یکدیگر و شاخص SPI و حجم سیلاب ورودی به آبخوان

شاخص GRI هرستان	شاخص GRI منبع آب	شاخص GRI سیاهویه	شاخص GRI جاهه	شاخص GRI امداد	شاخص GRI انوشهر	حجم سیلاب سال ۲ تاخیر	حجم سیلاب سال ۱ تاخیر	حجم سیلاب سال ۰ تاخیر	شاخص SPI سال ۲ تاخیر	شاخص SPI سال ۱ تاخیر	شاخص SPI سال ۰ تاخیر
۰/۵۷۷	۰/۳۶۱	۰/۱۸۷	۰/۶۳۸	۰/۷۰۸	۰/۵۸۵	۰/۵۸۵	۰/۷۰۸	۰/۶۳۸	۰/۱۸۷	۰/۶۳۸	۰/۵۸۵
۰/۱۰۴	۰/۴۶۶	۰/۸۹۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۸۹۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳
۰/۶۳۱	۰/۴۶۱	۰/۲۱۷	۰/۷۷۶	۰/۴۶۱	۰/۹۵۳	۰/۷۷۶	۰/۴۶۱	۰/۴۶۱	۰/۲۱۷	۰/۴۶۱	۰/۲۱۷
۰/۰۶۹	۰/۰۲۴	۰/۵۳۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۵۳۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴
۰/۵۴۰	۰/۱۹۲	۰/۰۴۶	۰/۵۸۴	۰/۵۲۵	۰/۸۹۲	۰/۵۲۵	۰/۵۸۴	۰/۵۲۵	۰/۰۴۶	۰/۵۸۴	۰/۵۲۵
۰/۱۳۳	۰/۵۹۵	۰/۸۹۳	۰/۱۱۲	۰/۰۹۹	۰/۱۱۹	۰/۰۹۹	۰/۱۱۲	۰/۰۹۹	۰/۸۹۳	۰/۱۱۲	۰/۰۹۹
۰/۶۴۳	۰/۳۵۱	۰/۲۰۸	۰/۷۲۹	۰/۶۷۹	۰/۹۶۵	۰/۶۷۹	۰/۳۵۱	۰/۳۵۱	۰/۲۰۸	۰/۶۷۹	۰/۶۷۹
۰/۰۶۲	۰/۳۲۰	۰/۵۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۶	۰/۰۴۱	۰/۰۲۶	۰/۵۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۲۶
۰/۶۵۶	۰/۴۶۵	۰/۲۴۷	۰/۷۵۸	۰/۶۷۶	۰/۹۳۶	۰/۶۷۶	۰/۴۶۵	۰/۴۶۵	۰/۲۴۷	۰/۶۷۶	۰/۶۷۶
۰/۰۵۵	۰/۱۷۶	۰/۵۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸	۰/۵۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
۰/۵۲۷	۰/۳۸۰	۰/۱۹۴	۰/۶۹۲	۰/۸۰۱	۰/۷۴۳	۰/۸۰۱	۰/۱۹۴	۰/۱۹۴	۰/۳۸۰	۰/۶۹۲	۰/۶۹۲
۰/۱۴۵	۰/۳۱۳	۰/۶۱۸	۰/۰۵۷	۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۵۷	۰/۰۰۹	۰/۳۱۳	۰/۰۵۷	۰/۰۰۹

همبستگی داری در سطح ۵ درصد ** معنی داری در سطح یک درصد *

جدول ۳- همبستگی بین شاخص GRI ماهانه جاهای اطراف محدوده پخش سیلاب با یکدیگر و شاخص SPI و حجم سیلاب ورودی به آبخوان

شاخص GRI هرستان	شاخص GRI منبع آب	شاخص GRI انوشهر	شاخص GRI سیاهویه	شاخص GRI جاهه	شاخص GRI امداد	حجم سیلاب سال ۳ تاخیر	حجم سیلاب سال ۲ تاخیر	حجم سیلاب سال ۱ تاخیر	حجم سیلاب سال ۰ تاخیر	شاخص SPI ماهانه	شاخص SPI ماه تاخیر	شاخص SPI ماه تاخیر
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱
۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱	۰/۹۱۱

همبستگی داری در سطح ۵ درصد ** معنی داری در سطح یک درصد *

ماهه در سطح ۵ درصد از خود نشان داد. اما در قنات چاکری شاخص SDI با حجم سیلاب و شاخص بارش استاندارد همبستگی نداشت. در قنات حسین آباد شاخص دبی استاندارد شده با شاخص بارش استاندارد ماهانه با تاخیرهای مختلف (۳،۶ و ۱۲ ماهه) در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بوده و قنات کوشک با شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری از خود نشان داد.

با نگاهی بر شاخص GRI آبخوان هرات مشاهده می‌شود که روند سطح آب زیر زمینی به صورت کاهشی بوده که از شاخص بارش استاندارد تبعیت نمی‌کند. این موضوع به برداشت بیش از حد از این آبخوان اشاره داشته که اگر تدبیری اندیشیده نشود وضعیت بحرانی را برای آبخوان هرات در پی خواهد داشت.

نکته قابل تامل در خصوص ارزیابی عملکرد طرح پخش سیلاب هرات این بود که ۹۸/۳ درصد از کل سیلاب ورودی به عرصه پخش سیلاب از سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ و همزمان با ترسالی منطقه بوده و بیشترین تأثیر را بر تغذیه آبخوان داشته است. تنها ۱/۶ درصد حجم سیلاب از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ بوده و عملاً با توجه به کاهش نفوذ عرصه‌های پخش ناشی از ورود رسوبات ریزدانه و تبخیر بالا (بیش از ۳۰۰۰ میلیمتر) عملکرد خوبی نداشته است. از سال ۱۳۸۹ تا کنون نیز هیچ سیلی به دلایل خشکسالی و همچنین احداث طرح‌های دیگر (نظیر احداث بند تغذیه مصنوعی)، وارد طرح نشده و کارایی لازم را نداشته است. با توجه به موارد ذکر شده احداث این گونه طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک با راندمان محدودی (منحصر به ترسالی‌ها و یا بارش‌های استثنایی) بوده و بهتر است در این خصوص تجدید نظر گردد. برای مدیریت آب (سطحی و زیرسطحی) در مناطق خشک می‌توان از روش‌هایی چون سطوح آبگیر باران، سدهای زیرزمینی استفاده کرد تا ضمن کاهش هزینه‌های اجرایی بتوان حداکثر بهره‌وری را به دست آورد.

بررسی ماهانه شاخص سطح ایستابی نشان داد که در خصوص چاه هنرستان شاخص سطح ایستابی با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ۱۲ و ۱۵ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی معنی‌دار داشته ولی با حجم سیلاب ماهانه همبستگی معنی‌داری نشان نداد. اما شاخص سطح ایستابی منبع آب هرات با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب با تاخیر ۶ ماهه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و نیز با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ۱۲ و ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری نشان داده است. در پی‌زومتر سیاهوئیه شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی داشته و تأثیر مستقیم هر دو را نشان می‌دهد.

در خصوص پی‌زومترهای جاده سیاهوئیه و امداد شاخص GRI ماهانه به شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری را نشان داده است. شاخص سطح ایستابی گروه ابوالفضل با حجم سیلاب با تاخیر ۳ و ۶ ماهه و شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۲ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی معنی‌داری داشته است. این نتایج نشان دهنده اینکه شاخص سطح ایستابی ماهانه با فاصله چاه‌ها با عرصه‌های پخش سیلاب مرتبط بوده به طوری که در پی‌زومترهای نزدیک بیشترین همبستگی بین حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و افزایش شاخص GRI مشاهده می‌شود.

در خصوص شاخص SDI قنات‌ها به صورت سالانه فقط در مورد قنات فتح آباد این شاخص با حجم سیلاب و SPI با تاخیر ۲ ساله در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی معنی‌دار نشان داد. در دیگر قنات‌ها دیگر شاخص دبی استاندارد شده سالانه با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد همبستگی معنی‌داری نداشت. بررسی شاخص دبی استاندارد شده قنات به صورت ماهانه در مورد قنات فتح آباد همبستگی معنی‌داری با حجم سیلاب با تاخیر ۶ ماهه و با شاخص بارش استاندارد ماهانه با تاخیرهای ۳ و ۱۵

References

- [1]. Bouri, S., & Ben Dhia, H. (2010). A Thirty- Year artificial recharge experiment in acoastal aquifer in an arid zone The Teboulba aquifer system (Tunisian Sahel). *CR Geosience*, 342(1), 60-74.
- [2]. Dadrasi, A. (1999). Climate and water resources limited in Sabzevar, Proceedings of the Second Regional Conference on Climate Change, IRIMO, 185-175, (in Farsi).
- [3]. Ekrami, M., MalekiNezhad, H., & Ekhtesasi, M.R. (2013). Study of the impact of climate and water droughts on groundwater resources (Case Study: Yazd-Ardakan plain). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 7(20), 47- 54, (in Farsi).
- [4]. Hashemi, S. A.A., Arasto, B., & Ghodrati, M. (2011). Gooshehfloodplainmanagement's assessment of Damghan. The Sixth National Congress of Civil Engineering, University of Semnan.
- [5]. Hashemi, H., Berendtsson, R., & Persson, M. (2014). Artificial recharge by floodwater spreading estimated by water balances and groundwater modeling arid iran. *journal of hydrology science*, 60(2), 336-350.
- [6]. Katibe, H., & Hafezi, S. (2004). Modflow model using operational management and performance evaluation of artificial recharge of groundwater in Bam Abbarik plain, www.SID.ir, (in Farsi).
- [7]. Khalaji, M. (2000). Effects of flood spreading on the groundwater, the fourth conference of Geological Survey of Iran, (in Farsi).
- [8]. Kosar, A. (1995). Introduction to flood control and optimal use. Research Institute of Forestsand Range, (in Farsi)
- [9]. Mckee, T. B., Doseken. N. j., & Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales, Preprints, 9th conference, 15-20 January, Dallas, TX, 233-236.
- [10]. Mirab, S.M., Hosseini, M., Atapoorfard, A., & Khalilpour, A. (2005). Impactof Flood broadcasting stations on groundwater aquifers (Case Study: Aquifer station ShahydhadyAhmadi in Tehran), Watershed Management and soil and water management Conference, Kerman, pp 714-709, (in Farsi).
- [11]. Nahvinia, M., Karimi, B., Kardanmoghadam, H., & Shahidi, A. (2008). Technical and environmental evaluation of the effects of artificial flooding in ByrjandSyvan area. First International Conference on Water Crisis, (in Farsi).
- [12]. Sanjari, Gh.R., & Zorghi, Gh.H. (2001). Effect of flood spreading onthe ground water level changes inPaskohSaravan. *Research and Construction of Natural Resources*, (50), 54-57, (in Farsi).
- [13]. Shamshiri, N. (2003). The impact of flood spreading on the soil surface permeability changes (Case Study: Watershed Chandab Varamin), theses of the Master of Science, Tehran University, (in Farsi).
- [14]. Sharifi, H., & Mahdian, M. (1999). Flood spreading is scientific solutions for efficient use of floods and feeding of aquifers, the first conference of the geology and the environment, (in Farsi).
- [15]. Vahabi, j. (2003). Flood Spreading systems analysis and introducing research needs. *Research and Development of Natural Resources*, (60), 22-29, (in Farsi).
- [16]. Viskarmy, A., Pyamny, P., ShahKarami, A., & Sepahvand, R. (2013). The effect of flood spreading on Koohdasht ground water resources. *Journal of Scienceand Technology ofAgriculture and Natural Resources, Soil and WaterSciences*, (65), (in Farsi).

Effect of water spreading on aquifer recharge using GRI, SDI and SPI indicators (Case study: Herat aquifer, Yazd)

- 1- M.R. Fazel Pouri, PhD of Watershed Management, Department of Natural Resources and Watershed Management of Yazd
fazelpoor_reza@yahoo.com
- 2- H. Malekinezhad, Associate Professor, Department of Natural Resources and the Desert studies, Yazd University
- 3- M.R. Ekhtesasi, Professor of Natural Resources and the Desert studies, Yazd University
- 4- J. Barkhordari, Faculty Member of Agriculture and Natural Resources Research Center of Yazd

Received: 13 Oct 2016

Accepted: 01 Jul 2017

Abstract

Flood Spreading on alluvial fans at outlet catchment areas used with the aim of exploiting the floods. It is appropriated method of operation of the seasonal floods of rivers and streams and store them in aquifers. In present research, the impact of flood spreading in recharge aquifer in Herat was studied. For this reason, GRI indicators for piezometers wells (3 wells in the aquifer and around aquifer 6 wells) and SDI index for Qanat downstream (4 Qanats) were calculated. Correlations measured between volume of flood water and Standardized Precipitation Index (SPI) as well as the annual and monthly and were tested with different time delays. The results showed that the correlations between annual GRI index in piezometers with volume of flood and flood volume with long delays at levels 1 and 5% is significant. GRI index monthly in 2 piezometer with flood volumes and in the rest with the Monthly SPI index was significant. The Qanats SDI index with monthly and annual SPI correlates with long delays. Finally, given that 98 percent dewatering occurred in the first three years and for many years has been the area without dewatering. Also, due to reduced permeability and high evaporation, the design of such projects in arid and semiarid areas of low performance is outstanding.

Keywords: Floodspreading; Aquifer; Herat; Yazd.