مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

سال دهم، شماره سی‌ویکم، تابستان ۱۴۰۰، صفحه ۳۱ـ۴۲

مقاله پژوهشی

اثر احداث پخش سیلاب در آبدهی قنوات پایین‌دست (مطالعهٔ موردی: سامانهٔ پخش سیلاب مهریز یزد)

علی طالبی[1*]، خدامراد فروهر[2]، محمدتقی دستورانی[3]، سارا پرویزی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶**

چکیده

با توجه به رشد جمعیت، کمبود بارندگی در مناطق بیابانی و نظر به اهمیت منابع آب‌های زیرزمینی، طرح‌های مختلفی برای تقویت این ذخایر اجرا شده است. یکی از طرح‌های مذکور، ایجاد و احداث پروژه‌های پخش سیلاب است. ارزشیابی اثرات پروژه‌های اینچنینی در قبل از احداث معمولاً میسر نیست و بعد از اجرا نیز کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. لذا در این پژوهش سعی بر آن است تا با بررسی پروژهٔ پخش سیلاب ابراهیم‌آباد مهریز که در سال ۱۹۹۷ اجرا شده است، اثرات آن در افزایش آبدهی قنوات پایین‌دست شامل قنات‌های خیرآباد، بغدادآباد، مزویرآباد و محمدآباد بررسی شود تا بتوان از نتایج آن برای مدیریت منابع آب استفاده کرد. بدین منظور در دو دورهٔ ده‌ساله قبل و بعد از اجرای پروژه، آمار آبدهی قنوات در اطراف پروژه پخش سیلاب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش با استفاده از آزمون مقایسهٔ نمونه‌های جفتی و تحلیل هیدرولوژیک میزان آبدهی منابع پایین‌دست نشان می‌دهد تأثیر اجرای طرح بر قنات‌های بغدادآباد، خیرآباد و مزویرآباد مثبت بوده و در قنات محمدآباد تأثیری نداشته است. نتایج آزمون کای اسکوئر نیز نشان می‌دهد که اجرای طرح بر کاهش تعداد سیلاب‌ها و افزایش آبدهی قنوات پایین‌دست تأثیر مثبت داشته است.

کلیدواژه‌ها: ارزشیابی پروژه، پخش سیلاب، قنات، یزد، آب زیرزمینی.

۱. استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، نویسنده مسئول؛ talebisf@yazd.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشگاه یزد و کارشناس اداره کل منابع طبیعی استان کهکلویه و بویراحمد

۳. استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. دانشجوی دکتری آبخیزداری ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

*این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه یزد است.

DOI: 10.22052/deej.2021.10.31.21

مقدمه

در چند دهۀ اخیر، روش گسترش سیلاب و تغذیۀ مصنوعی با استفاده از سیلاب‌ها، در مکان و زمان مناسب برای بهره‌برداری بهینه از سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مورد استفاده قرار گرفته است. اهمیت این کار در کشور ایران بیشتر به این خاطر است که بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب و خشکسالی‌های اخیر، سطح آب سفره‌های زیرزمینی را به‌سرعت پایین برده است. بنابراین در کشوری مانند ایران که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و اجرای طرح‌های آبخیزداری در جهت حفاظت آب و خاک بسیار ضروری به نظر می‌رسد، بررسی عملکرد این طرح‌ها ضروری است و باعث می‌شود تا طرح‌های مشابه بعدی دقیق‌تر و صحیح‌تر انجام شوند. ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری در کشورهای مختلف دنیا سابقه‌ای بیش از ۸۰ سال دارد. در ایالت متحده آمریکا، کارایی و عملکرد فنی و مکانیکی (سازه‌های مختلف حفاظت آب و خاک) با نظارت سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای اولین بار در سال ۱۹۲۳ انجام شد (بیات موحد، ۲۰۰۰). در بررسی اثرات سی‌ساله طرح تغذیۀ مصنوعی در تبولیا مشخص شد که اجرای طرح تغذیۀ مصنوعی، شرایط کیفی و کمی آبخوان را بهبود بخشیده است (بوری و بن دهیا[1]، ۲۰۱۰). در ایران، سابقۀ ارزیابی عملکرد طرح‌هایی که هدف آن‌ها حفاظت آب و خاک می‌باشد، به‌طور کلی از دهۀ ۴۰ شروع شد. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی کوهدشت نشان داد که پیش از پخش سیلاب (سال ۱۹۹۶ـ۱۹۹۷) تغییرات سطح سفرۀ 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. با این حال، در سال ۱۹۹۸ـ۲۰۰۰ به‌علت دو خشکسالی پیاپی، سطح سفرۀ آب زیرزمینی به‌شدت کاهش یافته به‌طوری که مقدار شاخص استاندارد از ۰/۳ در سال ۱۹۹۲ـ۱۹۹۳، به ۱/۵- رسیده است (ویسکرمی[2] و همکاران ،۲۰۱۳). غزوی[3] و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تأثیر سیستم پخش سیلاب را در تغییرات سطح آب و کیفیت آب های زیرزمینی در ۱۴ چاه عمیق در فاصلۀ زمانی یک‌ماهه در فواصل مختلفی از منطقه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پخش سیلاب در یک محیط خشک باعث افزایش سطح آب های زیرزمینی می‌شود. بررسی نقش تغذیۀ مصنوعی (سیستم پخش سیلاب) در تعادل و تغذیۀ آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی نشان داد که سیستم پخش ۴ میلیون متر مکعب سیلاب می‌تواند از چند صد هزار متر مکعب تا ۵ متر مکعب در سال‌های خشک و بارانی به سفرۀ آب زیرزمینی تزریق کند و یک راهکار کارآمد برای افزایش منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (هاشمی و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج بررسی اثر پخش سیلاب بر آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل آب‌های زیرزمینی مادفلو در جارمه دشت خوزستان نشان داد که پخش سیلاب سبب افزایش آب آبخوان حدود ۱/۶ میلیون متر مکعب می‌شود (چیتسازان و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی تأثیر آبخوان‌داری بر منابع آبی نشان داد که این طرح‌ها باعث افزایش اندک سطح ایستابی آب چاه‌های پیزومتری در عرصه می‌شوند (بیات موحد و همکاران، ۲۰۰۴). پژوهش‌های انجام‌شده در زمینۀ تأثیرات پخش سیلاب بر توسعۀ منابع آبی که در ۳۵ ایستگاه و عرصه پخش سیلاب بررسی شد، نشان‌دهندۀ این مطلب است که در اکثر ایستگاه‌ها شاهد بالا آمدن سطح ایستایی و افزایش سطح آب در چاه‌های پیزومتری و کشاورزی و همچنین افزایش دبی قنوات هستیم. اجرای طرح‌های پخش سیلاب در بسیاری از مناطق کشور باعث تعدیل خشکسالی و گاهی خنثی کردن اثر آن شده است (مسلمی و همکاران، ۲۰۱۵). ارزیابی تأثیرات پخش سیلاب بر منابع آبی دشت هشت‌بندی استان هرمزگان نشان داد که متوسط رقوم سطح آب از سطح دریا در قسمت‌های مرکزی و حاشیه‌ای دشت (که کمتر تحت‌تأثیر پخش سیلاب بوده‌اند) و مناطق نزدیک پخش سیلاب (که تحت‌تأثیر مستقیم پخش سیلاب بوده‌اند) در قبل و بعد از اجرای طرح به‌ترتیب برابر ۲۱۳/۴، ۲۰۹/۵، ۲۵۱ و ۲۵۴ می‌باشد (مسلمی و همکاران، ۲۰۱۶). بدین ترتیب در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با

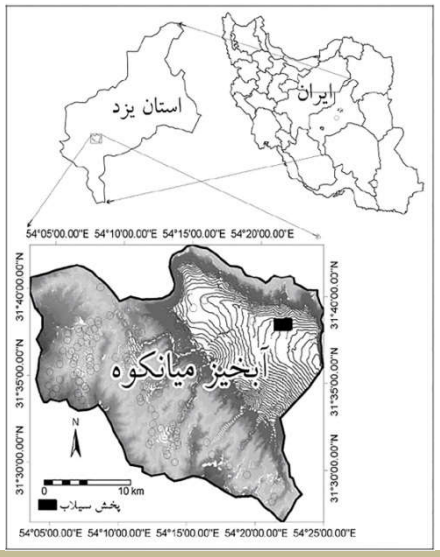
1. Bouri and Ben Dhia
2. Viscarmy
3. Ghazavi

بررسی فنی پروژهٔ پخش سیلاب مهریز، اثرات بلندمدت این پروژه در آبدهی قنوات به‌خصوص در سال‌های خشک مشخص شود.

مواد و روش‌ها

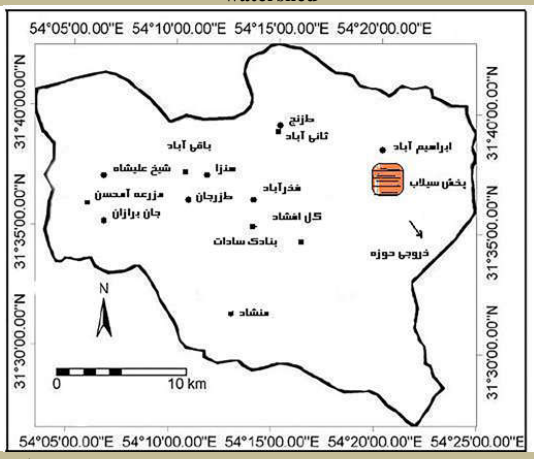
منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز میانکوه یکی از زیر حوزه‌های دشت یزد- اردکان است. این حوزه در مختصات جغرافیایی ′۳ °۵۴ تا ′۲۵ °۵۴ طول شرقی و ′۲۶ °۳۱ تا ′۴۳ °۳۱ شمالی، در جنوب غربی استان یزد، در فلات مرکزی ایران واقع شده است. این حوزه دارای مساحت ۶۳۳۰۰ هکتار است که حدود ۵٪ حوزهٔ بزرگ دشت یزد– اردکان را تشکیل می‌دهد. حداقل ارتفاع این حوزه از سطح دریا ۱۵۳۰ متر و حداکثر آن ۴۰۴۴ متر است. متوسط بارش سالانهٔ آن ۲۱۷/۵ میلی‌متر است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوزهٔ میانکوه را نشان می‌دهد. به‌طور کلی در منطقهٔ مورد مطالعه، رودخانهٔ دائمی وجود ندارد و مسیل‌ها در اثر بارندگی‌های شدید، حداکثر سالی چند نوبت سیلاب در آن‌ها جاری می‌شود. تعداد قنات‌های استان یزد ۲۹۴۹ حلقه است که تعداد ۵۲۲ حلقهٔ آن در حوزهٔ میانکوه یزد واقع شده‌اند؛ به‌عبارت دیگر ۱۸٪ از مادرچاه قنات‌های استان در این حوزه واقع شده‌اند. این قنات‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ آب شهرستان مهریز و یزد، به ویژه در بخش کشاورزی هستند، لذا تغذیهٔ این قنوات و افزایش آبدهی آن‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است. قنات‌های مورد بررسی در این پژوهش، قنات‌های بغدادآباد، محمدآباد، ابراهیم آباد، خیرآباد سریزد و هنزا هستند (شکل ۲). مادرچاه قنات بغدادآباد، خیرآباد و محمدآباد در پایین‌دست طرح و مادرچاه قنات‌های ابراهیم‌آباد و هنزا در بالادست طرح قرار دارند که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شده‌اند. چشمهٔ طزنج نیز در بالادست طرح واقع شده است که می‌تواند به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شود. سامانهٔ پخش سیلاب میانکوه شامل سه سایت فخرآباد، تنگ لابیدی و قنات زنبیل است. مهم‌ترین سایت، سامانهٔ فخرآباد است که در محل خروجی حوزهٔ آبخیز میانکوه قرار دارد.



شکل (۱): موقعیت کشوری و استانی حوزهٔ آبخیز میانکوه

Figure (1): State and provincial position of the Miankuh watershed



شکل (۲): موقعیت جغرافیایی قنات ها و روستاهای مهم حوزهٔ آبخیز میانکوه

Figure (2): The geographical location of the important qanat and villages of the Miankuh watershed

جدول (۱): طول و عرض جغرافیایی مربوط به ۴ قنات و۲ چاه و یک چشمه

Table (1): Longitude and latitude of 4 aqueducts and 2 wells and a spring

نام	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
قنات خیرآباد	′۳۰ °۵۴	′۳۵ °۳۱
قنات محمدآباد	′۲۵ °۵۴	′۳۶ °۳۱
قنات حسن‌آباد	′۲۵ °۵۴	′۳۰ °۳۱
قنات بغدادآباد	′۲۵ °۵۴	′۳۵ °۳۱
چاه مزویرآباد	′۲۵ °۵۴	′۳۳ °۳۱
چاه مذوار	′۲۴ °۵۴	′۳۱ °۳۱
چشمهٔ طزنج	′۱۴ °۵۴	′۳۸ °۳۱

روش پژوهش

در این مطالعه، برای ارزیابی طرح پخش سیلاب میانکوه از روش ارزیابی فنی استفاده شد. ارزیابی فنی بـه دو روش کتابخانـه‌ای و بازدید میدانی انجـام گرفـت. در روش اول، همـهٔ داده‌هـای لازم جمع‌آوری شد و سپس تجزیه و تحلیل آن‌هـا انجـام گرفـت. در روش دوم با بازدید میدانی از طرح، نکات مثبـت و منفـی طـرح یادداشت و سپس ارزیابی فنی طرح انجام شد.

ارزیابی فنی با استفاده از آمار و داده‌ها

جمع‌آوری آمار

آمار بارندگی منطقه با استفاده از ۸ ایستگاه اسـلامیه، مهریـز، طزرجان، ده بالا، منشاد، فخرآباد و ابراهیم‌آباد در طـول دورهٔ آماری گردآوری شد. علاوه بر این‌ها، آمار دبی مربـوط بـه ۴ قنات، ۲ چاه و ۱ چشمه در طول دورهٔ آماری ۲۰ ساله، آمـار دبی ماهانه و سالانه رودخانـهٔ فخرآبـاد، حجـم سـیلاب‌هـای اتفاق افتاده در رودخانهٔ فخرآباد و دبی حداکثر لحظه‌ای ایـن رودخانه برای هر سیل جمع‌آوری شد.

آزمون آماری

قبل از هـر گونـه بررسـی و قضـاوت دربـارهٔ تـأثیر و میـزان عملکرد طرح‌های آبخیزداری لازم اسـت کـه آزمـون آمـاری داده‌های جمع‌آوری‌شده مربوط به دوره‌هـای قبـل از اجـرا و بعد از اجرای طرح انجام شود. این آزمون به این سبب انجام می‌شود کـه تفـاوت‌هـای مربـوط بـه بارنـدگی و سـطح آب زیرزمینی باعث نتیجه‌گیری نادرست نشـود. بـدین منظـور از آزمون تی نمونه‌های جفتی (وابسته) استفاده شد. با استفاده از این آزمون داده‌های قبل و بعد از اجرای طرح آبخیـزداری را گردآوری کرده و فرض‌های H_0 و H_1 مـوری بررسـی قـرار گرفت. آمارهٔ t در این آزمون دارای درجهٔ آزادی n-1 بوده و به کمک رابطهٔ (۱) محاسبه می‌شود.

$$t = \frac{d-\mu_d}{s_d} \quad (۱)$$

در این رابطه، d میانگین نمونـه، میـانگین اخـتلاف‌هـا و خطای معیار میانگین است. فرض‌هـای مـورد بررسـی بـدین صورت هستند:

H_0= تفاوت معنی‌داری بـین میـانگین داده‌هـا و دو دورهٔ قبل و بعد از اجرای طرح وجود ندارد.

H_1= تفاوت معنی‌داری بـین میـانگین داده‌هـا و دو دورهٔ قبل و بعد از اجرای طرح وجود دارد.

با استفاده از نرم‌افزار SPSS، آزمون مذکور را انجـام داده و یکی از فرض‌های صفر و یک با توجه به سطح معنـی‌داری آزمون پذیرفته می‌شود. اگر سطح معنی‌داری آزمون کوچک‌تر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد می‌شود و مفهوم آن این اسـت که بین دو دوره، اختلاف معنی‌داری وجود دارد؛ در غیر ایـن صورت بین میزان آبدهی منابع آب زیرزمینی، بارندگی و دبی سیلاب در دورهٔ قبل و بعد از طرح، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در صورت معنی‌دار نبودن میـانگین بـارش و میـانگین دبی سیلاب در دو دوره، می‌توان تغییـرات دبـی قنـات‌هـا و سطح آب چاه‌ها را به اجرای پروژه نسبت داد.

رابطهٔ همبستگی بارش-سیل حوزه

برای به دست آوردن ضریب همبستگی بارش-سـیل منطقـه، ابتدا آمار دبی‌های متوسط سالانهٔ رودخانهٔ فخرآبـاد و بـارش سالانهٔ منطقه را جمع‌آوری کرده و سپس نمودار آن‌ها را رسم می‌شود. با این نمودار و محاسبهٔ ضریب همبستگی مـی‌تـوان نشان داد که میـزان سـیلاب‌هـای اتفـاق افتـاده در حـوزه بـا بارندگی حوزه به چه میزان همبستگی دارد.

مقایسهٔ هیدروگراف میانگین دبی سالانهٔ رودخانهٔ فخرآباد

با مقایسهٔ هیدروگراف میانگین دبی سالانهٔ رودخانـهٔ فخرآبـاد در دو دورهٔ قبل و بعد از اجرای طرح، می‌تـوان بـه تغییـرات میزان دبی در این دوره پی برد و مشخص کرد که در ایـن دو دوره، بیشترین رواناب‌ها در چه ماه‌هایی اتفاق افتاده است.

تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی دبی قنات‌ها

تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی برای بررسی تغییرات بـارش-دبی آب‌های زیرزمینی به کار می‌رود. با مقایسـه یـک متغیـر ویژه هیدرولوژیکی با دیگر متغیـرهـا، ایـن تجزیـه و تحلیـل صورت مـی‌گیـرد. بـرای رسـم منحنـی حاصـل از تجزیـه و تحلیل، داده‌های متغیر مورد نظـر بـه میـانگین آن‌هـا در دوره مورد نظر تقسیم و مقادیر بـه‌دسـت‌آمـده روی یـک نمـودار ترسیم می‌شود. با به کـار بـردن ایـن روش، مـی‌تـوان رونـد تغییرات پدیدهٔ مورد نظر را نسبت به دیگر متغیرهـا سـنجید.

در این پژوهش، با رسم این منحنی تغییرات بارندگی نسبت به دبی قنوات و چاه‌ها سنجیده می‌شود.

مقایسهٔ منابع آبی پایین‌دست طرح با موراد مشابه

یکی از راه‌های بررسی عملکرد طرح‌های پخش سیلاب، مقایسهٔ بین منابع آبی پایین‌دست با منابع آبی شاهد است. به همین منظور قنات‌های محمدآباد، بغدادآباد و خیرآباد سریزد با قنات ابراهیم‌آباد و هنزا که مادرچاه آن در بالادست طرح واقع شده، مقایسه گردیده است. به‌منظور مقایسهٔ وضعیت آبدهی قنوات پایین‌دست طرح با قنات‌های شاهد، دبی ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن این قنات‌ها جمع‌آوری شده و سپس میانگین متحرک ۳ ماهه آن‌ها به دست آمده است.

برآورد میزان آبدهی منابع آبی در صورت عدم اجرای طرح

با برآورد میزان آبدهی منابع آبی پایین‌دست طرح در صورت عدم اجرای طرح و مقایسهٔ آن با میزان آبدهی این منابع آبی که تحت‌تأثیر طرح قرار دارند، می‌توان مشخص کرد که تأثیر طرح پخش سیلاب چگونه است. به این منظور نمودار مقادیر آبدهی قنات یا چاه شاهد رسم و معادلهٔ همبستگی آن‌ها به دست آورده می‌شود. سپس مقادیر شاهد در دورهٔ بعد از طرح به‌جای مقدار X در این معادلهٔ همبستگی قرار داده و مقدار Y را محاسبه می‌شود. مقادیر Y به‌دست‌آمده برابر با میزان آبدهی منبع آبی مورد نظر در صورت عدم اجرای طرح است. با مقایسهٔ این مقادیر می‌توان درصد اختلاف آبدهی این منابع آبی را در دو حالت اجرای طرح و عدم اجرای طرح به دست آورد.

۳. نتایج

نتایج آزمون آماری

با استفاده از جدول (۱) تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت گرفت. آبدهی قنوات و چشمهٔ طزنج برحسب لیتر بر ثانیه، سطح آب چاه مدوار و مزویرآباد برحسب متر، دبی سیلاب رودخانهٔ فخرآباد برحسب متر مکعب بر ثانیه و میزان بارش برحسب میلی‌متر است. همان گونه که در جدول مذکور مشاهده می‌شود، سطح معنی‌داری آزمون بارندگی منطقه در سال‌های قبل از اجرا و بعد از اجرای طرح، ۰/۶۲۸ می‌باشد که بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است. بنابراین H_1 (اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها) رد و H_0 (تساوی میانگین‌ها و عدم اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها) پذیرفته می‌شود. همچنین سطح معنی‌داری آزمون مقایسهٔ میانگین دبی سیلاب فخرآباد در سال‌های قبل و بعد از اجرای طرح، ۰/۹۴۳ می‌باشد که از ۰/۰۵ بزرگ‌تر است. بنابراین اختلاف معنی‌داری بین میانگین بارش و سیلاب در دوره‌های قبل و بعد از اجرای سیستم پخش سیلاب وجود ندارد و در صورت مشاهدهٔ اختلاف معنی‌دار بین منابع آب پایین‌دست، می‌توان افزایش آبدهی را به عملکرد مثبت سامانهٔ پخش سیلاب میانکوه نسبت داد. سطح معنی‌داری آزمون برای قنات ابراهیم‌آباد که در بالادست طرح واقع شده و به‌عنوان شاهد محسوب می‌گردد، ۰/۷۳۱ به دست آمده است. بنابراین فرض صفر قابل قبول است که نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین آبدهی این قنات در قبل و بعد از اجرای طرح پخش سیلاب میانکوه می‌باشد. همچنین حد بالا مثبت و حد پایین منفی است که نشان می‌دهد تساوی میانگین دو جامعه رد نمی‌شود. سطح معنی‌داری آزمون برای قنات بغدادآباد که در پایین‌دست طرح واقع شده، ۰/۰۰۱ به دست آمده است و چون کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، فرض H_0 را رد می‌کنیم و H_1 را قبول می‌کنیم که این مسئله نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار بین میانگین آبدهی قنات در دو دورهٔ قبل و بعد از انجام طرح است.

از آنجایی که حد بالا و پایین هر دو منفی هستند می‌توان نتیجه گرفت که میانگین آبدهی قنات مذکور در سال‌های قبل از احداث پخش سیلاب کمتر از میانگین آن در سال‌های بعد از احداث این طرح است. با توجه به اینکه میانگین بارش و دبی سیلاب در دو دوره اختلاف معنی‌داری ندارد، می‌توان گفت که این افزایش آبدهی قنات بغدادآباد متأثر از عملکرد مثبت سامانه پخش سیلاب میانکوه است. آزمون تی برای قنات محمدآباد که مادرچاه آن خارج از دشت ابراهیم‌آباد و پشت سیل بند قرار دارد، انجام شد و سطح معنی‌داری آزمون صفر به دست آمد که نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین آبدهی این قنات در دو دورهٔ قبل و بعد از اجرای طرح است. چون حد بالا و پایین مثبت هستند، میزان آبدهی بعد از انجام طرح، کمتر از میزان آبدهی قبل از انجام طرح است.

جدول (۲): آزمون آماری داده‌های هیدرولوژی با استفاده از آزمون مقایسهٔ نمونه‌های زوجی (تی وابسته)

Table (2): Statistical Test of Hydrology Data Using Paired Samples Comparison Test

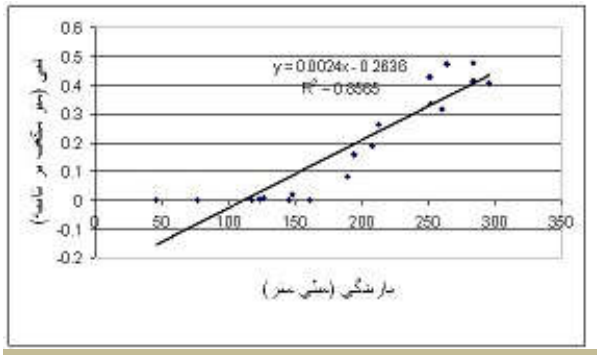
دوره	جوامع مورد بررسی داده‌ها	دبی قنات ابراهیم‌آباد (لیتر بر ثانیه)	دبی قنات بغدادآباد (لیتر بر ثانیه)	دبی قنات محمدآباد (لیتر بر ثانیه)	دبی قنات خیرآباد (لیتر بر ثانیه)	دبی قنات هنزا (لیتر بر ثانیه)
قبل از اجرای طرح	تعداد	۴۰	۴۰	۴۴	۴۴	۴۰
	میانگین	۶۷/۴۸	۵۴/۱۲	۵۳/۱۴	۳۴/۱۶	۳۰/۷
	ضریب تغییرات	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۱۸	۱/۰۲	۱/۰۰۵
بعد از اجرای طرح	تعداد	۴۰	۴۰	۴۴	۴۴	۴۰
	میانگین	۶۵/۵۵	۶۶/۶۹	۴۰/۱۵	۵۶/۲۳	۵۲/۹۷
	ضریب تغییرات	۰/۴۷	۰/۲۰۸	۰/۳۲	۱/۰۲	۱/۱۳
مقادیر حد	حد بالا	۱۳/۲۴	-۵/۳۰	۱۶/۸۳	-۴/۷۲	-۴/۷۷
	حد پایین	-۹/۳۷	-۱۹/۸۴	۹/۱۵	-۳۹/۴۴	-۳۹/۷۵
t آزمون		۰/۳۴۶	-۳/۵	۶/۸۲	-۲/۵۶	-۲/۵۷
سطح معنی‌دار آزمون		۰/۷۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴
فرض قابل قبول		H_0	H_1	H_1	H_1	H_1

میزان آبدهی قنات خیرآباد سریزد که در پایین‌دست طرح قرار گرفته، با اجرای طرح افزایش داشته است. سطح معنی‌دار آزمون همان گونه که در جدول (۱) نشان داده شده، برابر با ۰/۰۱۴ است. بنابراین فرض H_1 پذیرفته می‌شود که بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میزان آبدهی در دو دوره است.

از آنجایی که حد بالا و حد پایین هر دو منفی هستند، می‌توان نتیجه گرفت که دبی قنات نام‌برده بعد از اجرای طرح، افزایش داشته است. سطح معنی‌داری آزمون برای قنات هنزا که در بالادست طرح واقع شده است و به‌عنوان شاهد محسوب می‌شود، ۰/۰۱۴ به دست آمده که کوچک‌تر از ۰/۰۵ است. بنابراین فرض یک قابل قبول است که نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌داری بین آبدهی این قنات قبل و بعد از اجرای طرح پخش سیلاب میانکوه است. همچنین حد بالا و حد پایین منفی است که نشانگر عدم تساوی میانگین دو جامعه و افزایش دبی قنات نام‌برده بعد از اجرای طرح است.

رابطهٔ همبستگی بارش-سیل حوزه

برای به دست آوردن ضریب همبستگی بارش-سیل منطقه، ابتدا آمار دبی‌های متوسط سالانهٔ رودخانهٔ فخرآباد و بارش سالانهٔ منطقه را جمع‌آوری کرده و سپس نمودار آن‌ها رسم می‌شود. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، ضریب تبیین بارش- دبی سیل برابر با ۰/۸۵۶ است.



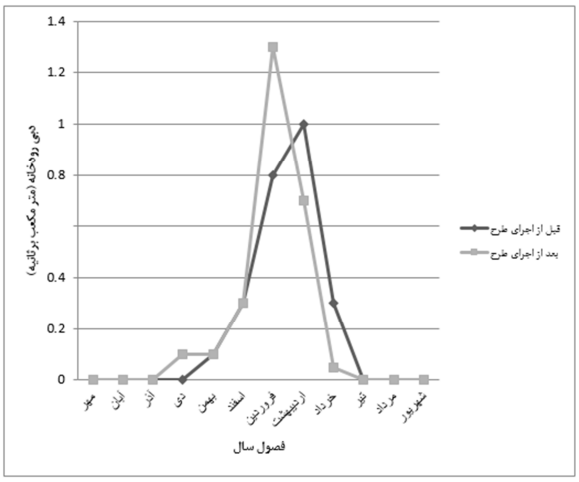
شکل(۳): همبستگی خطی میانگین سالانه بارش-دبی رودخانه فخرآباد (دوره آماری ۲۰ ساله)

Figure (3): Linear Correlation of Annual Average Precipitation-Fakhrabad River Discharge (20 Years Statistical Period

مقایسهٔ هیدروگراف میانگین دبی سالانهٔ رودخانه فخرآباد

مقایسه هیدروگراف میانگین دبی سالانهٔ رودخانهٔ فخرآباد در دو دورهٔ قبل و بعد از اجرای طرح (شکل ۴)، نشان می‌دهد که در ماه‌های تیر تا آبان میزان جریان عبوری در هر دوره مساوی و برابر با صفر بوده و در ماه‌های آذر تا فروردین، میزان دبی این رودخانه در دورهٔ قبل از انجام طرح کمتر از دورهٔ بعد از اجرای طرح بوده است. میزان دبی میانگین در ماه قبل از انجام طرح کمتر از دورهٔ بعد از اجرای طرح بوده است. میزان دبی میانگین در ماه اردیبهشت و خرداد بعد از انجام طرح کمتر از دورهٔ قبل از اجرا بوده است. این نمودار نشان می‌دهد که عمدهٔ سیلاب‌ها در سال‌های قبل از اجرای

طرح، در اواخر بهار و اوایل فصل تابستان اتفاق می‌افتد ولی در دورهٔ ده‌ساله بعد از اجرای طرح پخش سیلاب، سیلاب‌ها در اواخر فصل زمستان و اوایل بهار رخ داده‌اند.

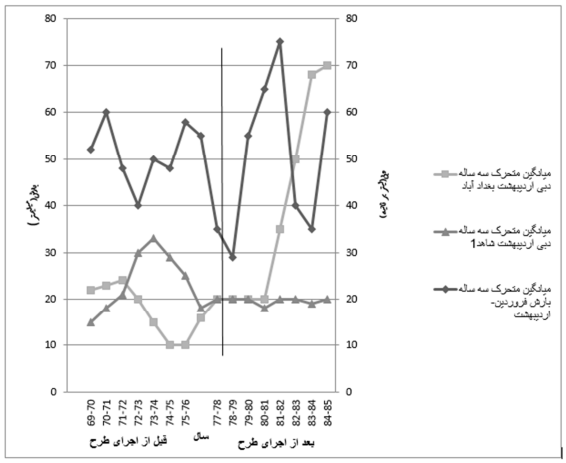


شکل (۴): مقایسهٔ هیدروگراف میانگین سالانهٔ دبی رودخانهٔ فخرآباد در دو دورهٔ قبل و بعد از طرح

Figure (4): Comparison of annual average hydrograph of Fakhrabad River discharge in two periods before and after the project

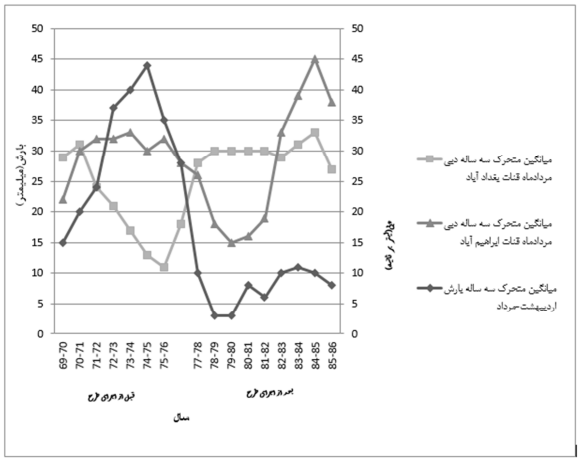
تحلیل هیدرولوژیکی

تحلیل هیدرولوژیکی برای مقایسهٔ یک متغیر ویژهٔ هیدرولوژیکی با دیگر متغیرها استفاده می‌شود. در این متغیر، بارندگی با دبی قنات‌ها سنجیده شده است. بدین منظور نمودار بارش–آبدهی برای هریک از منابع آبی رسم و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. برای رسم نمودار نام‌برده، دبی هر قنات در چهار ماه متفاوت اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن جمع‌آوری شده و سپس میانگین متحرک سه‌سالهٔ آن‌ها بر روی محور عمودی دوم نمودار قرار می‌گیرد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷)، سپس میانگین متحرک سه‌سالهٔ بارندگی مؤثر همان ماه و ماه‌های قبل به‌صورت تجمعی بر محور عمودی اول نمودار قرار می‌گیرد. با رسم میانگین متحرک بارش و آبدهی منابع آب زیرزمینی منطقه می‌توان علاوه بر مشاهدهٔ روند تغییرات داده‌ها، روند تغییرات این داده‌ها را نسبت به هم سنجید و قاعدتاً انتظار می‌رود که در طول دورهٔ بعد از اجرای پخش سیلاب، میزان آبدهی منابع آب زیرزمینی منطقه افزایش یابد. شکل (۷) که میانگین متحرک سه‌سالهٔ دبی بهمن ماه این قنات‌ها و میانگین متحرک سه‌سالهٔ بارش مهر تا بهمن را نشان می‌دهد، به‌صورت آشکاری تفاوت‌ها را نشان می‌دهد



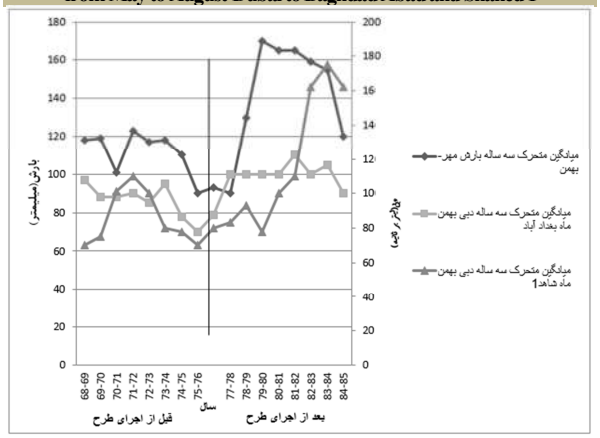
شکل(۵): مقایسهٔ میانگین‌های متحرک سه ساله بارش فروردین تا اردیبهشت–دبی آبان قنات بغدادآباد و شاهد ۱

Figure (5): Comparison of the three-year moving averages of April to May-Dubai precipitation from Baghdad and Shahed 1



شکل(۶): مقایسه میانگین های متحرک سه ساله بارش از اردیبهشت تا مرداد– دبی آبان قنات بغدادآباد و شاهد ۱

Figure (6): Comparison of the three-year moving averages of precipitation from May to August-Dubai to Baghdad Abad and Shahed 1



شکل(۷): مقایسه میانگین‌های متحرک سه ساله بارش مهر تا بهمن و دبی آبان قنات بغدادآباد و شاهد ۱

Figure (7): Comparison of three-year moving averages of October-February and October-November rainfall in Baghdad and Shahed 1

مقایسهٔ تغیرات آبدهی قنات‌های پایین‌دست طرح با قنات شاهد

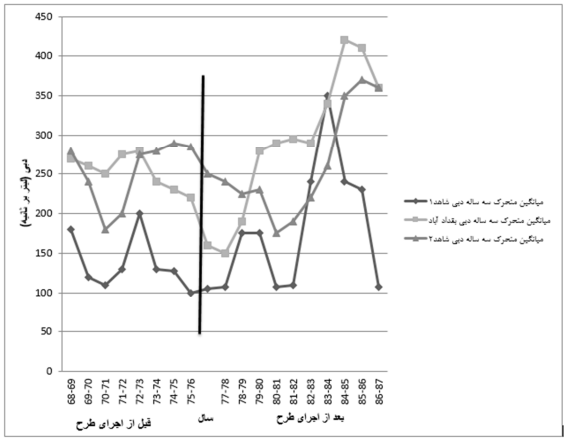
نتایج نشان می‌دهد که قنات‌های خیرآباد، سریزد، محمدآباد و بغدادآباد نسبت به دو قنات شاهد، در ارتفاع پایین‌تر و با بارندگی کمتر واقع شده‌اند و به همین علت تأثیر خشکسالی‌ها بر میزان آبدهی این قنات‌ها بیشتر از تأثیر خشکسالی‌ها بر میزان آبدهی قنات‌های شاهد (قنات ابراهیم‌آباد و هنزا) می‌باشد.

همان گونه که در شکل (۸) مشخص است، میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات بغدادآباد با میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات ابراهیم‌آباد–رحمت‌آباد به‌عنوان شاهد ۱ و میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات هنزا به‌عنوان شاهد ۲ در طول دورهٔ آماری مقایسه شده است. میزان آبدهی قنات بغدادآباد که در پایین‌دست طرح واقع شده، در سال‌های قبل از احداث طرح (۱۹۸۷ــ۱۹۹۷) روند نزولی داشته است؛ به‌گونه‌ای که میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی این قنات از ۲۶۷/۷ به ۱۳۹/۷ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۷۶ رسیده است. در همین دوره، تغییرات میزان آبدهی قنات ابراهیم‌آباد–رحمت‌آباد (شاهد ۱) متلاطم بوده است. میزان آبدهی این قنات از سال ۱۹۸۸ تا سال ۱۹۹۰ کاهش، از سال ۱۹۹۰ تا سال ۱۹۹۴ افزایش و بعد از آن تا سال ۱۹۹۷ کاهش یافته است. روند تغییرات دبی قنات هنزا (شاهد ۲) با تفاوت‌های جزئی همانند روند تغییرات دبی شاهد ۱ است. روند تغییرات آبدهی قنات بغدادآباد در دورهٔ بعد از اجرای طرح یعنی از سال ۱۹۹۷ به‌بعد، به‌طور کلی مثبت بوده است؛ به‌طوری که از میانگین متحرک سه‌ماهه ۱۳۹/۷ لیتر بر ثانیه در سال ۱۹۹۷ به ۳۴۰/۲ لیتر بر ثانیه رسیده است. میانگین متحرک سه‌ماههٔ آبدهی این قنات در سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ کاهش داشته است. روند تغییرات آبدهی قنات شاهد ۱ از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۱ به‌طور کلی منفی بوده و بعد از آن تا سال ۲۰۰۶ مثبت بوده و در سال ۲۰۰۷ نیز کاهش یافته است. تغییرات دبی قنات هنزا که به‌عنوان شاهد ۲ در نظر گرفته شده، از سال ۱۹۹۷ تا سال ۱۹۹۹ مثبت، از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۰ منفی، از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۳ مثبت و بعد از آن تا سال ۱۹۹۷ منفی بوده است. بنابراین روند قنات بغدادآباد که تحت‌تأثیر سامانهٔ پخش سیلاب میانکوه واقع شده، بعد از اجرای این طرح نسبت به روند تغییرات دو قنات شاهد مثبت بوده که می‌تواند بیانگر عملکرد مثبت این طرح در افزایش آبدهی این قنات باشد.

جدول(۴): تعداد وحجم سیلاب در منطقه

Table (4): Number and volume of floods in the region

تاریخ	حداکثر دبی لحظه‌ای (متر مکعب در ثانیه)	حجم سیلاب (میلیون متر مکعب)
۷۰/۱/۱۱	۲/۹۲	۰/۲۲۳
۷۱//۲/۷	۸/۳	۱/۶۶
۷۲/۲/۱۷	۵/۵	–
۷۲/۱۲/۲۱	۰/۹	–
۷۴/۳/۹	۲۷/۹	۱/۲۸
۷۶/۴/۳	۱۱/۶	۰/۲۸۹
۷۷/۲/۳	۱۷/۶	۰/۴۳۳
۷۷/۱۲/۱۱	۱۳/۲	۰/۴۲۹
۷۹/۹/۲۱	۰/۸۵	۰/۰۲
۸۱/۱/۲۳	۲۸/۹	۱/۰۷۲
۸۲/۱/۶	۱۸/۹	۳/۳
۸۳/۱/۲۵	۶/۰۵	۰/۲۳۴
۸۴/۱۱/۲۱	۱/۹۴	۰/۳۰۸
۸۶/۱/۸	۲۶/۷	۲/۱



شکل(۸): مقایسهٔ هیدرولوژیکی میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات بغدادآباد با قنات‌های شاهد

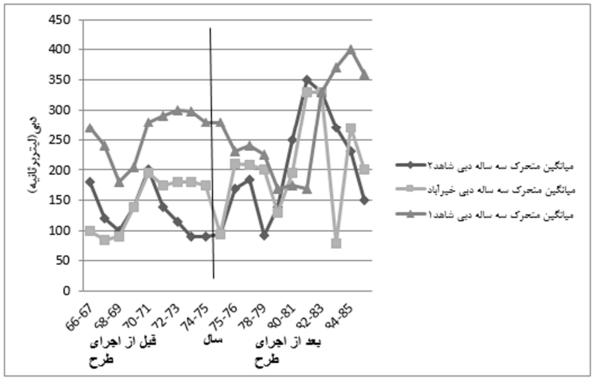
Figure (8): Hydrological comparison of quarterly moving average of Baghdad qanat with control qanat

در شکل (۹)، میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات محمدآباد با قنات‌های شاهد دیده می‌شود. روند تغیرات میزان آبدهی قنات محمدآباد از سال ۱۹۸۸ تا سال ۱۹۹۷، نزولی می‌باشد. با توجه به اینکه این قنات به‌طور کامل تحت‌تأثیر

قرار ندارد، میزان کاهش آبدهی به‌ویژه در سال‌های بعد از طرح با شروع خشکسالی‌ها بالا رفته است. میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات خیرآباد که در پایین‌دست طرح اما با فاصلهٔ زیادتری به نسبت قنات بغدادآباد از طرح واقع شده، در دوره‌های قبل و بعد از اجرای طرح، دستخوش تغییرات زیادی شده است. روند تغییرات دبی این قنات با روند تغییرات دبی شاهد ۲، همخوانی بیشتری نسبت به قنات شاهد ۱ دارد با این تفاوت که در سال‌های بعد از اجرای طرح، دبی این قنات در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ افزایش بیشتری نسبت به قنات شاهد داشته است و در سال ۲۰۰۵ افت شدیدی داشته است. دبی قنات شاهد ۲ از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۰۷ روند نزولی داشته ولی قنات خیرآباد در سال ۲۰۰۶ افزایش آبدهی داشته است (شکل ۱۰).

شکل(۹): مقایسهٔ هیدرولوژیکی میانگین متحرک سه ماهه دبی قنات محمدآباد با قنات‌های شاهد

Figure (9): Hydrological Comparison of Moving Quarterly Moving Average of Mohammadabad Quarter with Quarter Control



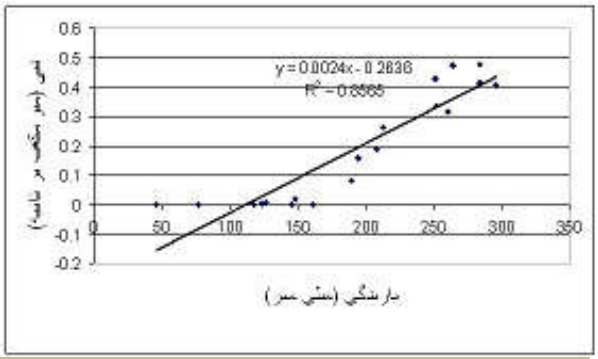
شکل(۱۰): مقایسهٔ هیدرولوژیکی میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات خیرآباد با قنات‌های شاهد

Figure (10): Hydrological Comparison of Moving Quarterly Displaced Averages of Kheirabad Aquifer with Control qanat

برآورد میزان آبدهی منابع آبی در صورت عدم اجرای طرح

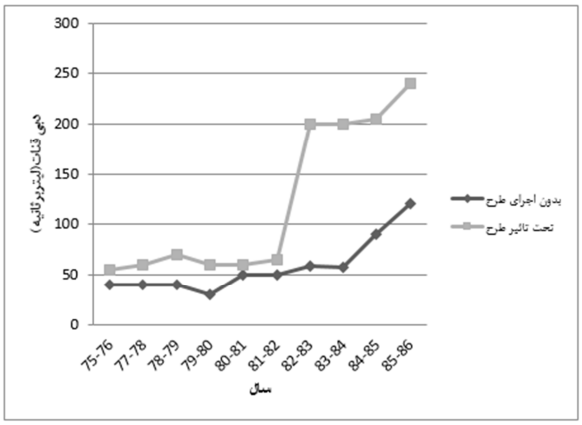
بعد از رسم نمودار مقادیر آبدهی قنات یا چاه شاهد و به دست آوردن ضریب تبیین آن‌ها، نتایج زیر به دست آمد:

در شکل (۱۱)، ضریب تبیین اردیبهشت ماه برای قنات بغدادآباد و قنات شاهد ۲ (هنزا) در دورهٔ قبل از اجرای طرح به دست آمد. ضریب همبستگی برای این نمودار با ۱۲ داده برابر با ۰/۵۳۴ است که معنی‌دار می‌باشد. در بحث ضریب همبستگی شایان ذکر است که با تشکیل جدول تجزیهٔ واریانس مقدار ضریب ر P-value به صفر میل می‌کند که نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن ضریب است با قرار دادن مقادیر شاهد در سال‌های بعد از اجرای طرح در این معادله، مقادیر آبدهی قنات بغدادآباد برای هرکدام از سال‌های بعد از اجرای طرح به دست می‌آید. این مقادیر نشان‌دهندهٔ میزان دبی این قنات در وضعیت عدم اجرای طرح است. میانگین دبی اردیبهشت ماه قنات بغدادآباد در حالت اجرای طرح برابر با ۱۲۵ لیتر بر ثانیه و در صورت اجرا نشدن طرح برابر با ۷۶/۸ لیتر بر ثانیه به دست آمده است. در واقع در صورت اجرا نشدن طرح، میزان آبدهی قنات در اردیبهشت ماه ۳۸/۶٪ کمتر از وضعیت کنونی می‌شد. شکل (۱۲)، میزان آبدهی اردیبهشت ماه قنات نام‌برده را در دو وضعیت تأثیر اجرای طرح و عدم اجرای طرح در ده سال بعد از اجرای طرح را نشان می‌دهد.



شکل (۱۱): نمودار همبستگی خطی آبدهی قنات بغدادآباد و قنات شاهد قبل از اجرای طرح

Figure (11): Linear Correlation Graph of Baghdad qanat and Control qanat Before Implementation of the Project



شکل (۱۲): نمودار خطی میزان آبدهی قنات بغدادآباد در دو حالت اجرای طرح و عدم اجرای طرح

Figure (12): Linear diagram of Baghdad qanat discharge in both project execution and non-project implementation

۴. بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی طرح‌های پخش سیلاب اجراشده در کشور، با بیان نقاط مثبت و منفی این‌گونه طرح‌ها راهگشای مهمی در برنامه‌ریزی برای طرح‌هایی است که در آینده اجرا خواهند شد. در این پژوهش، اثر پخش سیلاب میانکوه یزد روی دبی قنات‌ها بررسی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات کتابخانه‌ای، دبی قنات بغدادآباد در سال‌های قبل از طرح نسبت به قنات شاهد ۱ (ابراهیم‌آباد) کمتر و نسبت به قنات شاهد ۲ (هنزا) بیشتر بوده است. در سال‌های بعد از اجرای طرح، میزان دبی این قنات نسبت به هر دو قنات شاهد، بیشتر شده است. مقایسهٔ میانگین سه‌سالهٔ دبی قنات بغدادآباد در ماه‌های اردیبهشت، مرداد و بهمن در دو دورهٔ ده‌ساله قبل و بعد از اجرای طرح، نشان می‌دهد که میزان آبدهی این قنات در سال‌های بعد از طرح بیشتر شده است. بنابراین عملکرد طرح پخش سیلاب بر افزایش میزان آب این قنات مثبت بوده است که با نتایج ملازهی پسکوهی و همکاران (۲۰۱۷) و بیات موحد و همکاران (۲۰۰۴) و مسلمی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد؛ مطالعات آن‌ها نشان داد پخش سیلاب سبب افزایش آب چاه‌های پیزومتری در منطقه می‌شوند. همچنین نتیجهٔ آزمون آماری با استفاده از آزمون تی نشان می‌دهد که میزان دبی این قنات در سال‌های بعد از طرح، بیشتر شده است. روند تغییرات قنات خیرآباد یزد سریزد که در پایین‌دست طرح اما با فاصلهٔ بیشتری واقع شده است، با استفاده از نمودار و آزمون مقایسهٔ نمونه‌های جفتی (تی) نشان می‌دهد که عملکرد پخش سیلاب بر میزان آبدهی این قنات در سال‌های بعد از اجرا مثبت بوده است. نتیجهٔ آزمون تی برای قنات محمدآباد در دو دورهٔ قبل و بعد از طرح نشان می‌دهد که میزان آبدهی این قنات بعد از طرح کمتر از دورهٔ قبل از طرح بوده است. همچنین مقایسهٔ هیدرولوژیکی میانگین متحرک سه‌ماههٔ دبی قنات مذکور با قنات‌های شاهد در دو دروهٔ قبل و بعد از اجرای طرح نشان می‌دهد که دبی این قنات از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۰۷ روند نزولی را طی کرده است که نشان‌دهندهٔ عدم تأثیر پخش سیلاب بر افزایش آبدهی این قنات است. این مسئله به‌عنوان یکی از ایرادهای طرح پخش سیلاب مطرح می‌شود؛ چون این طرح در جایی قرار گرفته است که به‌طور طبیعی آب سیلاب‌ها پخش می‌شود و باعث تغذیه اکثر قنوات می‌گردد. اما با انحراف آب مسیل فخرآباد و پخش کردن آب سیلاب‌ها در یک محل خاص، بعضی از قنات‌های پایین‌دست طرح (مانند قنات محمدآباد) از آب سیلاب‌ها تغذیه نمی‌شوند که این مسئله باعث از بین بردن تعادل حقابه‌ها خواهد شد.

منابع

1. Bayat Movahed, F., 2000. Impact of Flood Spreading on Qanat Water Quality. Second Conference on the Achievements of Flood Stations, Tehran, pp. 204-210. (In Persion)
2. Bayat Movahed, F. Shami, h. Mojtahedi, gh. 2004. Impact of aquaculture operations on water resources of Sohrain-Ghareh Cherian plain in Zanjan, National Conference on Watershed Management and Water Resources Management, Kerman. (In Persion)
3. Moslmi, h. Abkar, A. CHopani, S. 2015. Investigation of the Impacts of Flood Spreading on Water Resources Development, Journal of Rainwater Intake Systems, Third Year, No. 3, pp. 73-91. (In Persion)

4. Moslmi, h. Abkar, A. CHopani, S. 2016. Evaluation of the Impacts of Flood Spreading on Water Resources of Hashtbandi Plain, Hormozgan Province, Journal of Watershed Engineering and Management, Vol. 8, No. 4, 2016 pp 377-388. (In Persion)
5. Viscarmy, 1. Paymeni, K. SHah Karami, A Sepahvand, A. 2013. The Impact of Flood Spreading on Groundwater Resources in Kouhdasht Plain, Journal of Soil and Water Sciences (Agriculture and Natural Sciences and Technologies), No. 65, pp. 153-160. (In Persion)
6. Bouri, S. and H. Ben Dhia. 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.
7. Chitsazan, M., L. Nozarpour and A. Movahedian. 2017. Impact of artificial recharge on groundwater recharge estimated by groundwater modeling (case study: Jarmeh flood spreading, Iran).
8. Ghazavi, R., A. B. Vali and S. Eslamian. 2012. Impact of Flood Spreading on Groundwater Level Variation and Groundwater Quality in an Arid Environment. Water Resour Manage. 26:1651–1663.
9. Hashemi, H., R. Berendtsson. and M. Persson. 2014. Artificial recharge by floodwater spreading estimated by water balances and groundwater modeling arid iran. journal of hydrology science. 60(2), 336-350.
11. Malazehi Paskoohi, M.SH. Nahtani, M. Dehvari, A. Moasheri, A. 2018. The effect of artificial nutrition by flood distribution on groundwater level and permeability (Case study: Saravan Paskuh aquifer), The first National Conference on Sustainable Development in Agricultural Sciences and Natural Resources with a focus on.

Investigating the Effect of Flood-Spreading Structure on Discharge of Downstream Qanats: A Case Study of Mehriz Flood-Spreading Project

Ali Talebi[1*], Khademorad Foroohar[2], Mohammad Taghi Dasturani[3], Sara Parvizi[4]

Received: 07/04/2020 Accepted: 05/01/2021

Expanded abstracts

Introduction: In recent decades, flood-spreading and artificial flood recharge have been used at the proper time and place for optimal utilization of floods in arid and semi-arid regions. The importance of these projects in Iran is mainly due to the excessive use of groundwater resources and recent droughts, which have rapidly decreased the level of underground aquifers. Therefore, in a country like Iran, which is regarded as an arid and semi-arid region, performing such projects is essential for water resources management and flood control. Evaluation of the performance of watershed management projects in different countries worldwide has a history of more than 80 years. Thus, this study sought to determine the long-term effects of this project on flood control and underground water recharges, especially in dry years, through a technical investigation of the Mehriz flood-spreading project.

1. Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Corresponding Author; talebisf@yazd.ac.ir
2. Master of Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies ,Yazd University
3. Professor, Faculty of Natural Resources, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad fessor in Department of Watershed Management Engineering, Ferdowsi University of Mashhad.Iran
4. PhD student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University
DOI: 10.22052/deej.2021.10.31.21

Material and Method: This study used technical evaluation methods to evaluate the Mehriz flood-spreading project, which was carried out in two ways: statistical analysis and fieldwork. In the first method, all necessary data were collected and analyzed. In the second method, field visits to the project were made, the pros and cons of the note plan were identified, and the technical evaluation of the plan was performed. This way, the discharge of qanats was investigated before and after applying the water-spreading project.

Result: The comparison of average annual discharge in Fakhrabad River's hydrograph before and after the project shows that from July to November, the flow rate in each period was equal to zero, and from December to April, the river's flow rate was less in the pre-project period than what it was in the post-project period. Moreover, the average discharge rate in the month before the project began was lower than the rate reported after the project finished. Also, the average rate of post-project discharge in May and June was less than the rate reported for the pre-project period. The study's results indicate that while most pre-project floods occurred in late spring and early summer, the post-project floods occurred in late winter and early spring.

Discussion and conclusion: As mentioned earlier, this study investigated the effect of the Mehriz flood-spreading project on qanat discharge. According to the study's results, Baghdadabad's qanat in pre-project years was less than that of control 1 (Ibrahim Abad) and control 2 (Henza). During the years since the project was implemented, these qanats' discharge rate was higher than that of both control qanats. A comparison of the three-year mean discharge of the Baghdad qanats in May, August, and February in two ten-year periods before and after the implementation of the project showed that these qanats' discharge rate was increased in pre-project years. Therefore, implementing the flood-spreading project has helped increase the volume of water in those qanats. Also, the result of the statistical t-test showed that this aqueduct's flow rate has increased in pre-project years.

The changing trend of the Khairabad qanat's discharge in Yazd indicated the positive effect of implementing the flood-spreading project on the qanat's discharge in post-project years. On the other hand, the result of the t-test for Mohammadabad qanat before and after the implementation of the project suggested that the qanat's discharge rate in pre-project years was less than the rate reported for the post-project years. Also, a hydrological comparison of the average quarterly discharge rates of the qanats with those of the control qanats pre and post-project years showed that the discharge rates of Khairabad and Mohammadabad qanats had gone through a downward trend from 1987 to 2007, indicating no effect of the flood-spreading project on increasing the discharge rate, which is considered as one of the drawbacks of the flood distribution plan. This could be attributed to the fact that the project area is located in a place where flood water naturally spreads and nourishes most channels. Moreover, diverting the water of the Fakhrabad channel and spreading the flood water to a particular place prevents some downstream qanats (such as Mohammadabad) from being fed by the floodwater, which, in turn, may upset the floods' balance and negatively affect the behavior of the basin's residents.

Keywords: Qanat, Flood Spreading, Project Evaluation, Yazd.