



دانشگاه گورگان، دانش کشاورزی و منابع طبیعی گرجان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد هفدهم، شماره سوم، ۱۳۸۹

www.gau.ac.ir/journals

تعیین محل مناسب احداث سد زیرزمینی بر روی قنات (مطالعه موردی قنات دهن چنار حوزه آبخیز کلات شهرستان گناباد)

* مسعود عشقی‌زاده^۱ و نادر نورا^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲ استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱۸

چکیده

قنات یا کاریز از شگفت‌انگیزترین کارهای دسته‌جمعی تاریخ بشری است که برای آبرسانی به مناطق کم‌آب و تامین آب شرب انسان، دام و زراعت و با کار گروهی و مدیریت و برنامه‌ریزی به‌وجود آمده است اما یکی از معایب اصلی آن خروج همیشگی آب است. ترکیب فن‌آوری سدهای زیرزمینی با قنات می‌تواند روش نوینی برای حل این مشکل ارایه نماید؛ به این ترتیب آب قنات در آبرفت پشت سد ذخیره می‌گردد و سفره آب زیرزمینی تغذیه‌کننده قنات از نظر کمی بهبود می‌یابد؛ اما لازمه به‌کارگیری این تکنولوژی انجام بررسی‌های مفصل بر روی قنات جهت تعیین محل مناسب احداث آن است. در این مطالعه تعیین محل مناسب احداث سد زیرزمینی بر روی قنات با انجام یک مطالعه موردی بر روی قنات دهن چنار واقع در حوزه آبخیز کلات شهرستان گناباد مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ابتدا بازه‌هایی از قنات که پتانسیل اولیه جهت احداث سد زیرزمینی را دارا می‌باشند، شناسایی و تعیین گردید؛ سپس در طول بازه‌های مناسب تعیین شده، نقاطی که شرایط لازم برای احداث سد زیرزمینی بر روی قنات را دارا می‌باشند به‌عنوان نقاط پیشنهادی مشخص شد. در انتها مناسب‌ترین نقطه جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات با استفاده از شاخص ظرفیت آبرفتی شناسایی و تعیین گردید. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد از حدود ۱۰۰۰ متر طول قنات تحت بررسی تنها ۲ نقطه جهت احداث سد زیرزمینی وجود دارد که مناسب‌ترین آن با استفاده از شاخص ظرفیت آبرفتی قابل تعیین است.

واژه‌های کلیدی: قنات، سد زیرزمینی، شاخص ظرفیت آبرفتی، حوزه آبخیز کلات گناباد

* مسئول مکاتبه: masoud_eshghizadeh@yahoo.com

مقدمه

شرایط هیدروکلیماتولوژی کشور سبب شده که از گذشته‌های دور به منابع آب‌های زیرزمینی توجه خاص شود. بهره‌برداری از این منابع از هزاران سال پیش توسط قنات صورت گرفته است به طوری که قنات جزئی از زندگی، تاریخ و فرهنگ مردم این سامان به حساب می‌آید (آغاسی و امامی‌میبیدی، ۲۰۰۰). با تمام اهمیتی که قنات داشته و دارد، تاکنون هیچ اقدام اساسی در جهت استفاده از تکنولوژی‌های جدید برای اصلاح، احیاء، بازسازی، نگهداری و رفع معایب و مسایل قنات در دنیای امروزی صورت نگرفته است (کردوانی، ۲۰۰۴). یکی از معایب اصلی قنات‌ها خروج همیشگی آب است. این امر سبب می‌شود در فصل زمستان که نیاز به آب آبیاری حداقل است قسمت اعظم آب بدون آن که استفاده قابل توجهی از آن به عمل آید با تبخیر و نفوذ از دسترس خارج گردد. این مشکل به خصوص در مورد قنات‌هایی که در مسیر آبراهه‌های کوهستانی احداث شده‌اند بیش تر مشهود است. این قنات‌های کوتاه، سطحی و دارای تغییرات آب‌دهی فصلی می‌باشند و به اصطلاح به آن‌ها هوابین گفته می‌شود (بهنیا، ۲۰۰۰). با توجه به رسوبات آبرفتی درشت‌دانه در این مناطق، رابطه بسیار نزدیکی بین بارندگی و دبی قنات مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده این است، نزولات جوی به سرعت در رسوبات آبرفتی نفوذ کرده و به جریان‌های آب زیرزمینی می‌پیوندند. در نتیجه میزان آب‌دهی این قنات‌ها در فصول بارندگی به طور محسوسی بالا می‌رود و در سایر فصول میزان آب‌دهی آن‌ها کاهش می‌یابد (احمدی و ذوالانوار، ۱۹۸۴؛ بهنیا، ۲۰۰۰). علاوه بر نبود کنترل آب‌دهی قنات و هدررفت آب آن در فصول غیرزراعی، به علت نفوذپذیری شدید آبرفت داخل آبراهه‌ها، قسمتی از جریان‌های سطحی به دست آمده از بارش در آبرفت نفوذ کرده و به جریان آب زیرزمینی تبدیل می‌گردد که فقط بخش کمی از آن توسط قنات در کنار آبراهه زه‌کشی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد و قسمت اعظم آن در طول آبراهه به صورت جریان زیرزمینی به سمت مناطق پایین دست حرکت می‌نماید و از دسترس خارج می‌گردد (جعفری‌باری، ۲۰۰۴).

سدهای زیرزمینی یک روش ساده و کاربردی برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. این سدها در بستر رودخانه‌ها و ترجیحاً خشکه‌رودها ساخته می‌شوند و معمولاً تا سنگ بستر نفوذناپذیر ادامه می‌یابند. با به‌کارگیری این روش جریان‌های زیرسطحی رودخانه توسط سد متوقف شده و در مخزن آبرفتی بستر رودخانه تشکیل یک سفره آب زیرزمینی محدود می‌دهد (نیلسون، ۱۹۸۸). ترکیب فن‌آوری سدهای زیرزمینی با قنات می‌تواند روش نوینی برای حل این

مشکل ارایه نماید. با استفاده از این سدها می توان از هدررفت جریان های کم آب زیرزمینی از داخل آبرفت های کم عمق جلوگیری کرده و به داخل قنات هدایت نمود (جعفری باری، ۲۰۰۴). در مورد مطالعات انجام شده باید گفت تاکنون در مورد تعیین محل مناسب به منظور احداث سدهای زیرزمینی بر روی قنات بررسی صورت نگرفته و تنها در مورد ایده اصلاح و مهار قنات با استفاده از سدهای زیرزمینی و همچنین مکان یابی احداث سدهای زیرزمینی مطالعاتی انجام شده که برخی از آنها به شرح زیر است.

ناصری و همکاران (۲۰۰۶) به منظور تعیین مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم های پشتیبان تصمیم گیری، مطالعه ای بر روی دامنه های شمالی کوه های کرکس انجام دادند. آنها برای این منظور با حالت سلسله مراتبی سه مرحله شناسایی محدوده های دارای پتانسیل، تعیین مناسب ترین محور و ارزیابی و اولویت بندی محورها را انجام دادند. نتیجه این مطالعه نشان داد که استفاده از سیستم های پشتیبان تصمیم گیری به همراه بازدیدهای صحرائی نقش مؤثری در کاهش هزینه ها و زمان تعیین نقاط مناسب احداث سدهای زیرزمینی داشته و روش تحلیل سلسله مراتبی ابزاری توانمند جهت مرتب کردن معیارها در ساختار درخت تصمیم گیری است.

سلمان پور (۲۰۰۷)، ایده اصلاح و مهار قنات با استفاده از سدهای زیرزمینی را با بررسی میزان تأثیر این ایده بر عملکرد قنات توسط یک مدل عددی شبیه سازی نمود. در این پژوهش برای مدل نمودن قنات از نرم افزار مدفلو^۱ استفاده گردید. با مقایسه تأثیرات قنات اصلاح شده با سد زیرزمینی و قنات سنتی، ایده اصلاح قنات بررسی شد. نتایج به دست آمده از افزایش حداقل ۳۰ درصدی در دبی قنات اصلاح شده نسبت به قنات سنتی و همچنین بهبود تعادل هیدرولیک دشت مورد مطالعه را نشان داد.

فورزیتری و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی، روش انتخاب نقاط مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی کوچک در مناطق خشک را با یک مطالعه موردی در منطقه کیدال مالی بررسی نمودند. انتخاب نقاط مناسب طی سه مرحله شامل شناسایی نقاط از طریق تفسیر تصاویر ماهواره ای و نقشه های بزرگ مقیاس، انتخاب کیفی نقاط شناسایی شده براساس ویژگی های کارکردی و ژئومورفیکی و مرحله سوم اولویت بندی نقاط با روش تصمیم گیری چندمعیاره انجام گرفت. نتیجه به دست آمده نشان داد، این روش، یک روش کلی برای تعیین نقاط مناسب جهت احداث سدهای زیرزمینی بوده و تفسیر تصاویر ماهواره ای و نقشه های بزرگ مقیاس ابزارهای با ارزشی برای آنالیز زمینی مقدماتی و ویژگی های تکتونیکی است.

1- MODFLOW

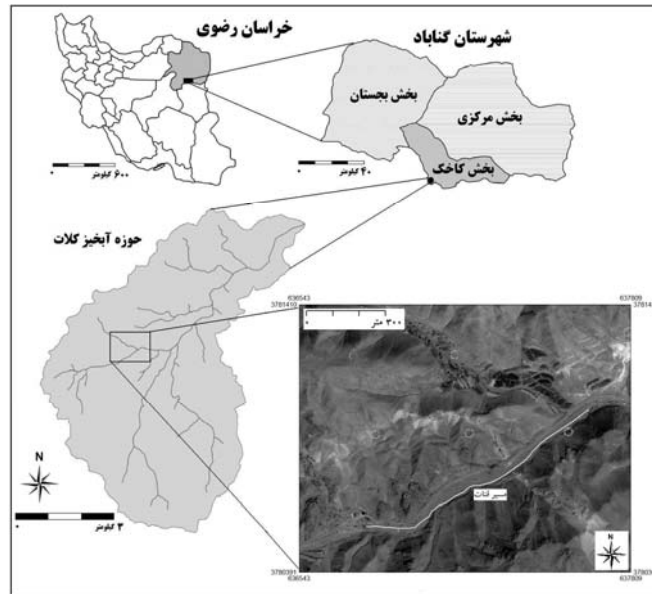
با استفاده از سدهای زیرزمینی علاوه بر تغذیه قنات‌ها، قادر به کنترل آب‌دهی آن نیز خواهیم بود. به این ترتیب با ذخیره آب قنات در آبرفت پشت سد، می‌توان از هدررفت جریان‌های آب زیرزمینی در طول فصل سرد سال جلوگیری نموده و سفره آب زیرزمینی تغذیه‌کننده قنات را از نظر کمی بهبود بخشید (کریمی، ۲۰۰۴).

هدف از این مطالعه تعیین محل مناسب احداث سد زیرزمینی به منظور تغذیه و کنترل آب‌دهی قنات دهن چنار واقع در حوزه آبخیز کلات گناباد است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه: قنات دهن‌چنار در مرکز حوزه آبخیز کلات و در داخل یکی از آبراهه‌های اصلی آن قرار گرفته و در ۳۰ کیلومتری جنوب گناباد در استان خراسان‌رضوی واقع شده است. حوزه آبخیز کلات ۴۲۸۰ هکتار وسعت داشته و متوسط بارندگی آن ۲۹۲ میلی‌متر می‌باشد. از لحاظ توپوگرافی این حوزه کوهستانی بوده و شیب‌های بین ۶۰-۳۰ درصد در آن شیب‌های غالب را تشکیل می‌دهند. حداکثر ارتفاع حوزه ۲۵۹۱ متر در یکی از خط‌الراس‌های مرزی و حداقل ارتفاع در محل خروجی حوزه برابر با ۱۶۰۰ متر است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی - سیاسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تشکیلات زمین‌شناسی حوزه کلات به‌طور عمده شیل و ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک می‌باشد. بیش‌تر نقاط ارتفاعی این حوزه سنگلاخی بوده و به‌دلیل شیب تند دامنه‌ها، اغلب عمق خاک کم می‌باشد. حوزه آبخیز کلات بر طبق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ دارای ۱۳ آبادی دارای سکنه با مجموع جمعیت ۱۰۴۶ نفر می‌باشد (هجرتی، ۲۰۰۰).

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز: براساس ویژگی‌های در نظر گرفته شده برای روش ارایه شده، از نقشه‌های پایه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، مطالعات میدانی و عکس هوایی، برای جمع‌آوری داده‌ها و تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز استفاده گردید. برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های قنات دهن چنار به شرح جدول ۱ است.

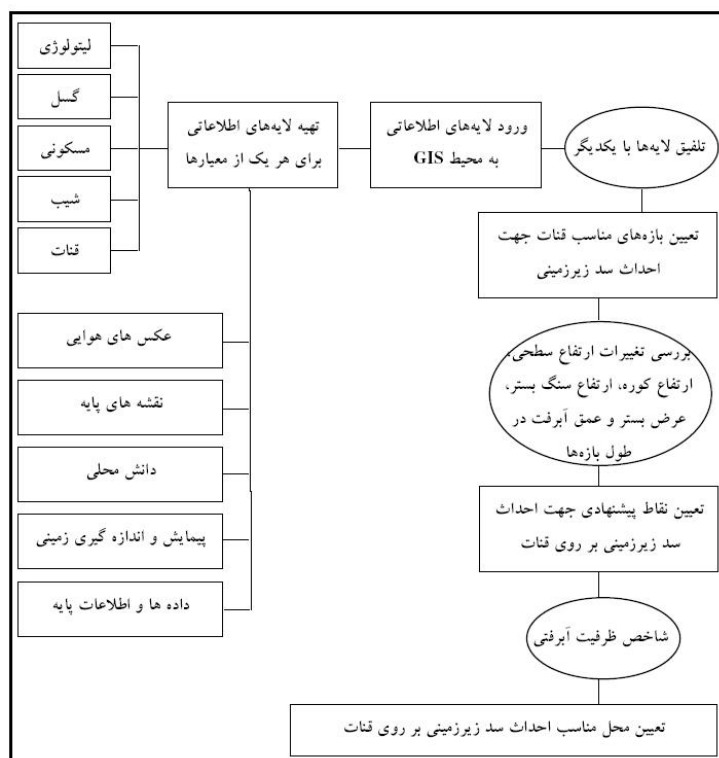


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی - سیاسی منطقه مطالعه.

جدول ۱- مشخصات قنات دهن چنار.

نام قنات	عمق مادرچاه (متر)	تعداد	طول قنات (متر)	طول بلندترین رشته (متر)	آب‌دهی (لیتر بر ثانیه)	اراضی (هکتار)	تعداد مالکین
دهن چنار	۱۵	۳۷	۹۹۹/۱	۹۹۹/۱	۳/۷	۵۰	۲۰۰

پردازش داده‌ها: برای تعیین محل احداث سد زیرزمینی بر روی قنات ابتدا بازه‌هایی از قنات که پتانسیل اولیه جهت احداث سد زیرزمینی را دارا می‌باشند، شناسایی و تعیین گردید؛ برای این منظور لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تهیه و وارد محیط برنامه الویس ۳ شد و با هم تلفیق گردید. سپس در طول بازه‌های مناسب تعیین شده، نقاطی که شرایط لازم جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات را دارا می‌باشند به‌عنوان نقاط پیشنهادی مشخص شد. در انتها از بین نقاط پیشنهادی تعیین شده، مناسب‌ترین نقطه به‌عنوان محل مناسب احداث سد زیرزمینی بر روی قنات شناسایی و تعیین گردید. شکل ۲ نمودار جریان مراحل تعیین محل مناسب احداث سد بر روی قنات دهن چنار را نشان می‌دهد.

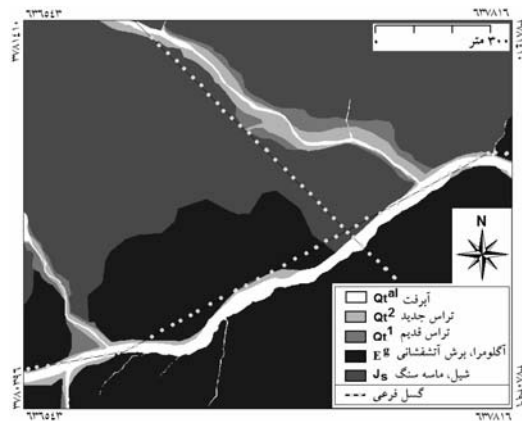


شکل ۲- نمودار جریان‌ی مراحل تعیین محل مناسب احداث سد بر روی قنات دهن چنار.

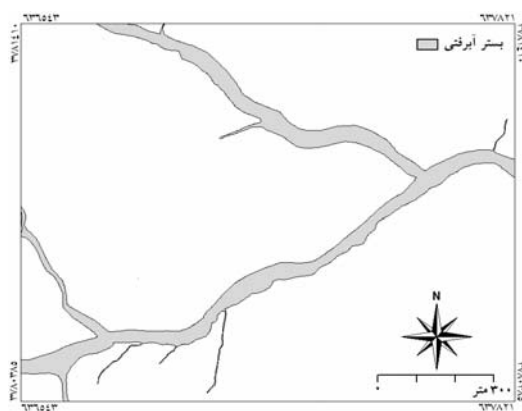
تعیین طولی از قنات که پتانسیل احداث سد زیرزمینی را دارد: برای احداث سدهای زیرزمینی بر روی قنات ابتدا باید طولی از قنات که دارای پتانسیل اولیه جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد، تعیین و شناسایی گردد. برای این منظور ویژگی‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی و قنات تحت لایه‌های اطلاعاتی محدوده‌های گسلی، لیتولوژی و تشکیلات زمین‌شناسی (شکل ۳)، بستر آبرفتی (شکل ۴)، شیب (شکل ۵)، منطقه مسکونی (شکل ۶) و قنات (شکل ۷) تهیه گردید و همه لایه‌ها به فرمت رستری با ابعاد شبکه سلولی ۱ متر در نرم‌افزار الویس ۳ تبدیل شد. سپس هر یک از این لایه‌ها به شرح زیر به نقشه ۰ و ۱ (بولین^۱) که ۱ منطبق بر محل‌های مناسب و ۰ منطبق بر محل‌های نامناسب برای احداث سد زیرزمینی بر روی قنات می‌باشد؛ تبدیل گردید.

1- Boolean

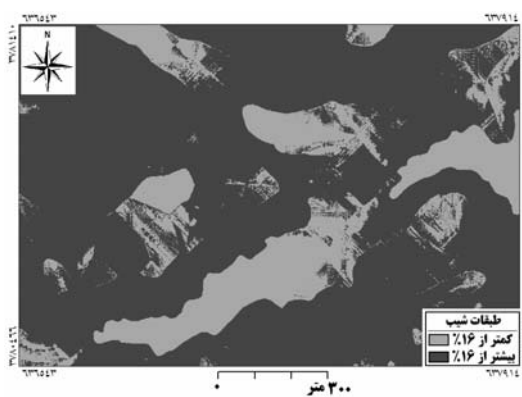
- **لایه گسل:** به همه پیکسل‌هایی که در محدوده گسلی واقع شده‌اند، ارزش عددی ۰ و به سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۱ اختصاص داده شد.
- **لایه لیتولوژی:** به همه پیکسل‌هایی که به‌عنوان سنگ بستر نفوذناپذیر یا با نفوذناپذیری کم می‌باشند، ارزش عددی ۱ و به سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۰ اختصاص داده شد.
- **لایه بستر آبرفتی:** به همه پیکسل‌هایی که بستر آبرفتی می‌باشند، ارزش عددی ۱ و به سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۰ داده شد.
- **لایه شیب:** شیب توپوگرافی بهینه جهت احداث سد زیرزمینی بین ۴-۲/۰ درصد است، اما در موارد حداکثر از شیب ۱۶-۱۰ درصد نیز برای احداث سد زیرزمینی استفاده شده است (گراهگن، ۱۹۸۶؛ نیلسون، ۱۹۸۸؛ طباطبایی‌یزدی و نبی‌پیشکریان، ۲۰۰۴). بنابراین به همه پیکسل‌هایی که دارای شیب کم‌تر از ۱۶ درصد می‌باشند، ارزش عددی ۱ و به سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۰ اختصاص داده شد.
- **لایه منطقه مسکونی:** به همه پیکسل‌ها واقع شده در منطقه مسکونی ارزش عددی ۰ و سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۱ اختصاص داده شد.
- **لایه قنات:** به همه پیکسل‌هایی از قنات که در مسیر دره‌ها و رودخانه‌ها هستند ارزش عددی ۱ و به سایر پیکسل‌ها ارزش عددی ۰ اختصاص داده شد.
- حال لایه‌های ۰ و ۱ شده با استفاده از توابع شرطی و عملیات منطقی از طریق به‌کارگیری عملگر ضرب^۱ در نرم‌افزار الویس ۳ با هم ترکیب شد. به این ترتیب پیکسلی که ارزش عددی ۱ داشته باشد نشان‌دهنده قنات مناسب جهت احداث سد زیرزمینی خواهد بود.
- تعیین محل‌های پیشنهادی احداث سد زیرزمینی بر روی قنات:** محل‌های پیشنهادی احداث سد‌های زیرزمینی با استفاده از بررسی تغییرات ارتفاع سطح بستر، ارتفاع کف کوره قنات، ارتفاع سنگ بستر، عرض دره و عمق آبرفت در طول هر یک از بازه‌های تعیین شده ترسیم گردید (شکل ۸).



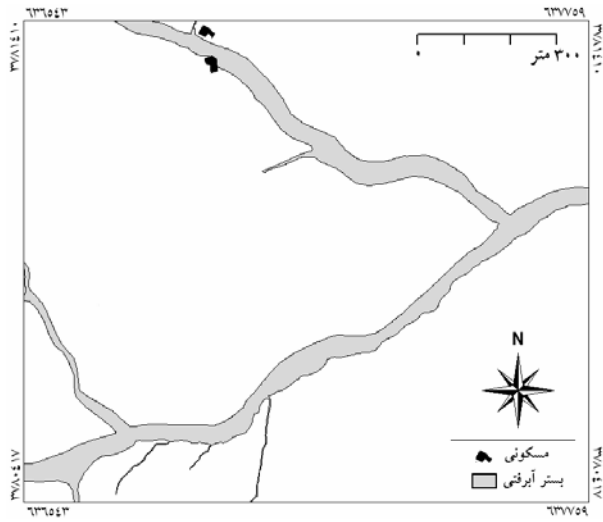
شکل ۳- نقشه گسل‌ها و تشکیلات زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه.



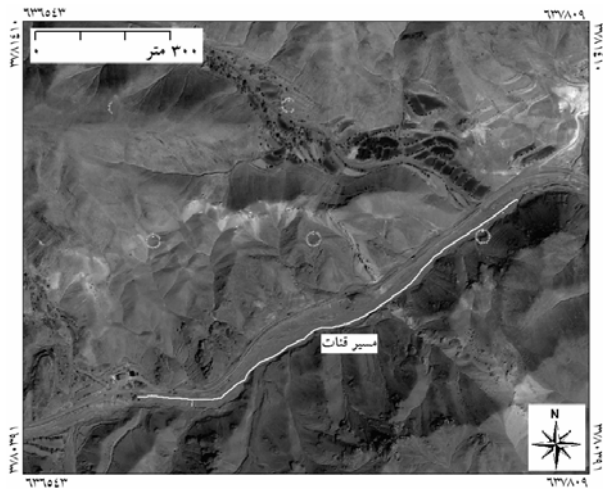
شکل ۴- نقشه بستر آبرفتی محدوده مورد مطالعه.



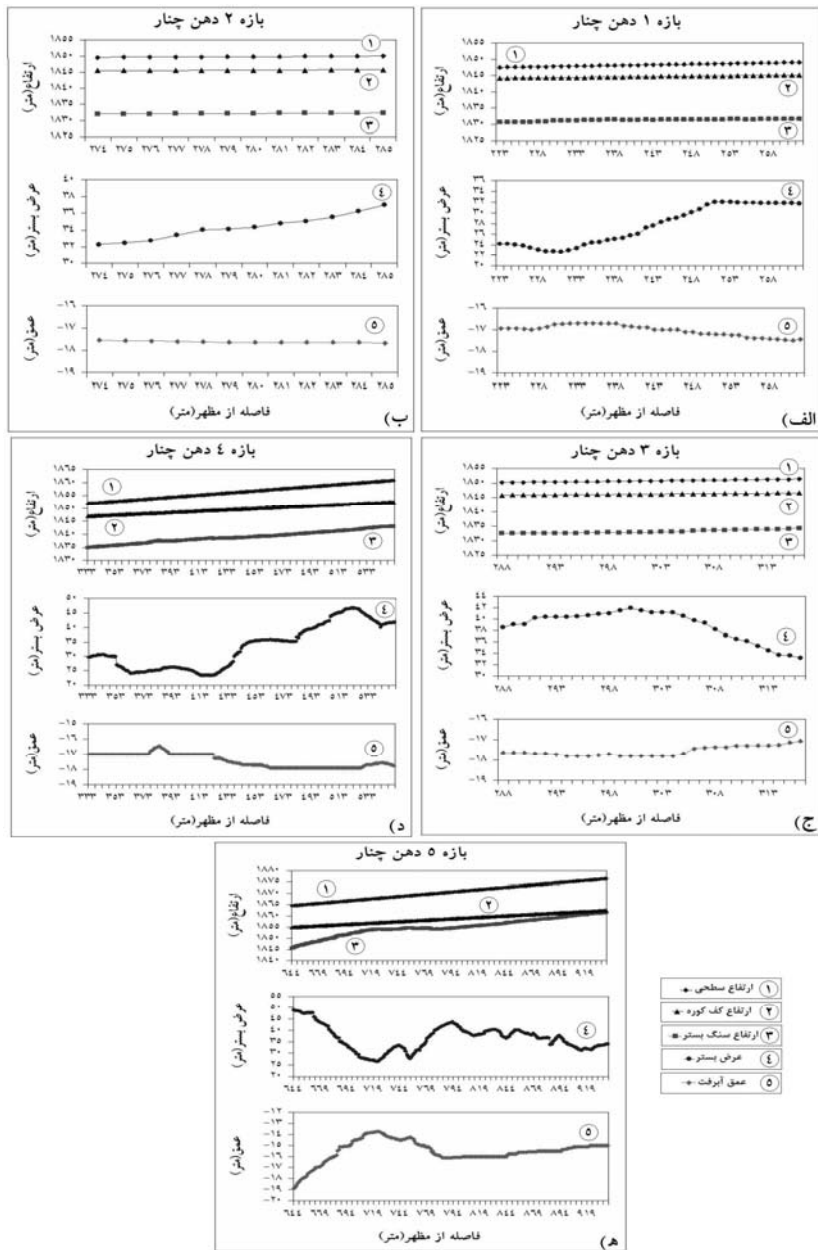
شکل ۵- نقشه طبقات شیب محدوده مورد مطالعه.



شکل ۶- نقشه محدوده‌های مسکونی محدوده مورد مطالعه.



شکل ۷- نقشه مسیر قنات دهن چنار.



شکل ۸- تغییرات ارتفاع سطح بستر، ارتفاع کف کوره، ارتفاع سنگ بستر، عرض بستر و عمق آبرفت در طول بازه‌های قنات دهن چنار.

پس از ترسیم تغییرات ارتفاع سطح بستر، ارتفاع کف کوره قنات، ارتفاع سنگ بستر، عرض دره و عمق آبرفت در طول هر یک از بازه‌ها، با در نظر گرفتن سه ویژگی زیر، در طول هر بازه تعیین شده نقاطی که بیش‌ترین همبستگی را حداقل با دو ویژگی دارا می‌باشند، یا به عبارت دیگر از نظر حداقل دو ویژگی دارای وضعیت مناسب‌تری نسبت به سایر نقاط می‌باشند، به‌عنوان محل پیشنهادی احداث سد زیرزمینی تعیین گردید.

۱- فاصله عمودی کف کوره تا سنگ بستر کم‌تر از فاصله عمودی آن تا سطح بستر باشد یا به عبارت دیگر کف کوره به سنگ بستر نزدیک‌تر باشد، تا پس از احداث سد کم‌ترین حجم مرده در مخزن ایجاد گردد.

۲- مقطع عرضی دره یا رودخانه کوچک باشد. این ویژگی در هنگام ساخت امکان انسداد طبیعی و بهتر در کف و کناره‌های بستر را ایجاد نموده و بر مقاومت سد نیز می‌افزاید. علاوه بر این مهم‌تر از همه باعث کاهش ابعاد سازه شده که این امر به‌طور قابل‌توجهی هزینه احداث را کاهش می‌دهد (گراهگن، ۱۹۸۶؛ فورزیری و همکاران، ۲۰۰۸).

۳- آبرفت در بالادست محل پیشنهادی از ضخامت مناسب برخوردار بوده و شیب تغییرات آن کم و مثبت باشد.

تعیین محل مناسب احداث سد زیرزمینی بر روی قنات: تأیید نهایی و شناسایی محل مناسب احداث سد زیرزمینی هر یک از نقاط پیشنهادی با استفاده از یک شاخص به‌نام شاخص ظرفیت آبرفتی که یک برآورد خام از نسبت سود به هزینه را نشان می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفت و نقطه‌ای که شاخص ظرفیت آبرفتی آن از سایر نقاط بالاتر می‌باشد به‌عنوان محل مناسب احداث سد زیرزمینی بر روی قنات تعیین گردید.

محاسبه شاخص ظرفیت آبرفتی: شاخص ظرفیت آبرفتی به‌عنوان نسبت حجم آب ذخیره قابل استحصال در اثر احداث سد زیرزمینی بر روی قنات به حجم سازه تعریف می‌گردد. این شاخص می‌تواند برای یک برآورد خام از نسبت سود به هزینه در نظر گرفته شود (فورزیتری و همکاران، ۲۰۰۸). برای محاسبه شاخص ظرفیت آبرفتی ابتدا باید حجم آب ذخیره قابل استحصال در اثر احداث سد زیرزمینی بر روی قنات و حجم سازه (دیواره سد) در هر نقطه پیشنهادی تعیین گردد.

الف) برآورد حجم آب ذخیره قابل استحصال: حجم کل مخزن به کمک عملیات‌های همسایگی^۱ و تکرار^۲ و محاسبات رستری^۳ در نرم‌افزار الویس^۳ تعیین گردید.

از آنجا که آب ذخیره شده در مخزن سد زیرزمینی به‌وسیله کوره قنات و با کمک نیروی ثقل زه‌کشی و استحصال خواهد شد، آب ذخیره شده در رسوبات آبرفتی پایین‌تر از کوره قنات قابل بهره‌برداری به‌وسیله قنات نخواهد بود و باید به‌عنوان حجم مرده مخزن تلقی گردد. بنابراین لازم است علاوه بر حجم کل مخزن، حجم مرده مخزن نیز تعیین شود. حجم مرده مخزن همانند محاسبه حجم کل مخزن از طریق عملیات‌های همسایگی و تکرار و محاسبات رستری در نرم‌افزار الویس^۳ تعیین گردید.

به‌دلیل وجود نیروهای جاذبه مولکولی و جذب سطحی در بین مواد آبرفتی مخزن، تمام آب ذخیره شده در بین مواد آبرفتی قابل استحصال نمی‌باشد. این خاصیت به نگهداشت ویژه مواد آبرفتی مربوط می‌باشد (گراهگن، ۱۹۸۶؛ نیسن- پترسن، ۲۰۰۰؛ وترینیریز سانز فرانئیرز، ۲۰۰۶؛ نیسن- پترسن، ۲۰۰۶). بنابراین لازم است آب‌دهی ویژه (تولید مخصوص) مواد آبرفتی داخل مخازن نیز تعیین گردد. با تعیین حجم کل، حجم مرده و آب‌دهی ویژه مخازن برای هر نقطه پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات، حجم آب ذخیره قابل استحصال از رابطه زیر تعیین گردید.

$$V_{S(e)} (\text{مترمکعب}) = \frac{[V_T (\text{مترمکعب}) - V_d (\text{مترمکعب})] \times S_y (\text{درصد})}{100} \quad (1)$$

که در آن، $V_{S(e)}$: حجم آب ذخیره شده قابل استحصال، V_T : حجم کل مخزن، V_d : حجم مرده مخزن و S_y : آب‌دهی ویژه مواد آبرفتی مخزن.

ب) برآورد حجم سازه: حجم سازه برای هر یک از نقاط پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید. جدول ۲ ویژگی‌های محاسبه شده مخزن و سازه در نقاط پیشنهادی را نشان می‌دهد.

$$V_{\text{dam}} (\text{مترمکعب}) = \frac{[L_{\text{upper}} (\text{متر}) \times W_{\text{upper}} (\text{متر})] + [L_{\text{bottom}} (\text{متر}) \times W_{\text{bottom}} (\text{متر})]}{2} \times h (\text{متر}) \quad (2)$$

-
- 1- Neighborhood
 - 2- Iteration
 - 3- Raster Calculation

که در آن، V_{dam} : حجم سازه، L_{upper} : طول فوقانی سازه، W_{upper} : عرض (ضخامت) فوقانی سازه، L_{bottom} : طول تحتانی سازه، W_{bottom} : عرض (ضخامت) تحتانی سازه و h : ارتفاع سازه.

جدول ۲- ویژگی‌های مخزن و سازه در نقاط پیشنهادی.

نقطه	حجم کل مخزن (مترمکعب)	حجم مرده مخزن (مترمکعب)	آب‌دهی ویژه مواد آبرفتی (درصد)	طول فوقانی سازه (متر)	طول تحتانی سازه (متر)	ضخامت فوقانی سازه (متر)	ضخامت تحتانی سازه (متر)	ارتفاع سازه (متر)
۵-۱	۱۲۰۴۷/۴۱	۴۱/۲	۱۸/۷	۲۵/۵	۱۲	۱	۶/۹	۱۲/۷
۵-۲	۲۶۰۰۴/۰۴	۲۶/۲۴	۱۸/۷	۳۳	۰/۵	۱	۷/۵	۱۴

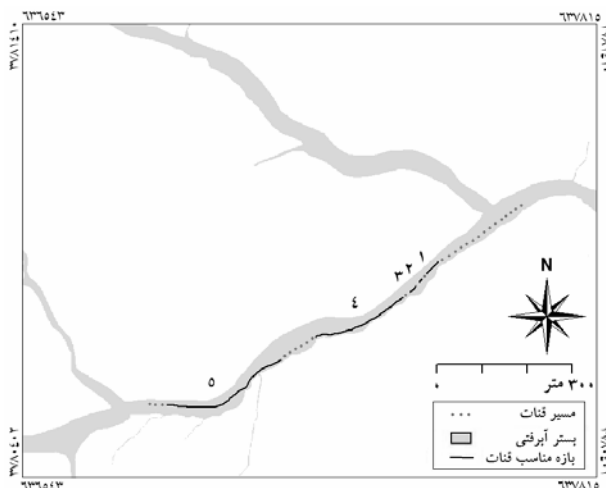
پس از برآورد حجم آب ذخیره قابل استحصال و حجم سازه برای هر یک از نقاط پیشنهادی شاخص ظرفیت آبرفتی از رابطه زیر برای هر نقطه پیشنهادی محاسبه گردید.

$$AC = \frac{V_{S(e)} \text{ (مترمکعب)}}{V_{dam} \text{ (مترمکعب)}} \quad (۳)$$

که در آن، AC : شاخص ظرفیت آبرفتی، $V_{S(e)}$: حجم آب ذخیره شده قابل استحصال و V_{dam} : حجم سازه. با تعیین شاخص ظرفیت آبرفتی برای هر یک از نقاط پیشنهادی، نقطه‌ای که از شاخص ظرفیت آبرفتی بالاتری برخوردار باشد، مناسب‌ترین نقطه برای احداث سد زیرزمینی خواهد بود (فورزیثری و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج

با تلفیق لایه‌های محدوده‌های گسلی، لیتولوژی و تشکیلات زمین‌شناسی، بستر آبرفتی، شیب، منطقه مسکونی و قنات نقشه رستری به‌دست آمده در برگزیده پیکسل‌هایی از طول قنات می‌باشد که جهت احداث سد زیرزمینی دارای پتانسیل اولیه می‌باشند (شکل ۹). بر این اساس از حدود ۱۰۰۰ متر طول قنات مورد مطالعه، ۵۹۲ متر آن در طول ۵ بازه پتانسیل اولیه جهت احداث سد زیرزمینی را دارا است. از این ۵ بازه شناسایی شده، بازه ۲ با حدود ۱۲ متر کوتاه‌ترین و بازه ۵ با حدود ۲۹۵ متر طولانی‌ترین بازه است. جدول ۳ طول بازه‌های دارای پتانسیل جهت احداث سد زیرزمینی را نشان می‌دهد.



شکل ۹- طول‌هایی از قنات باغوک که دارای پتانسیل اولیه جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشند.

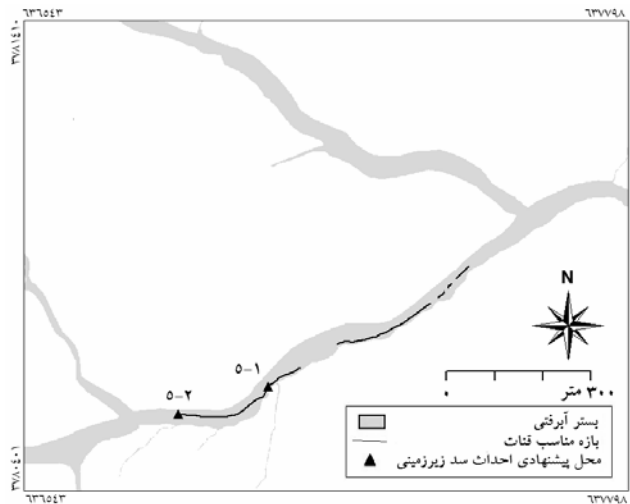
جدول ۳- طول بازه‌های دارای پتانسیل جهت احداث سد زیرزمینی.

بازه	۱	۲	۳	۴	۵
طول بازه (متر)	۳۸/۶۲	۱۱/۷	۲۷/۷	۲۱۹/۸۵	۲۹۴/۵۱

با در نظر گرفتن ویژگی‌های بیان شده بر روی طولی از قنات که برای احداث سد زیرزمینی مناسب و دارای پتانسیل می‌باشد، محل‌های پیشنهادی احداث سدهای زیرزمینی در طول این بازه‌ها مشخص گردید. بر این اساس از ۵ بازه شناسایی شده در مرحله قبل، تنها دو نقطه بر روی بازه ۵ دارای ویژگی‌های لازم برای تعیین محل‌های پیشنهادی احداث سد زیرزمینی است که نقطه پیشنهادی اول در فاصله ۷۲۳ متری و نقطه پیشنهادی دوم در فاصله ۹۳۸ متری از مظهر واقع است (شکل ۱۰). جدول ۴ مشخصات نقاط پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مشخصات نقاط پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی در طول بازه‌های قنات دهن چنار حوزه آبخیز کلات.

نقطه	مختصات	فاصله از مظهر (متر)	ارتفاع بستر (متر)	ارتفاع کف کوره (متر)	ارتفاع سنگ بستر (متر)	عرض بستر (متر)	ضخامت بستر آبرفت (متر)
۵-۱	(۳۷۸۰۶۲۶/۵۰، ۶۳۷۰۴۹/۰۴)	۷۲۳	۱۸۶۷/۷۳	۱۸۵۶/۸۷	۱۸۵۴	۲۶/۴۵	۱۳/۷۳
۵-۲	(۳۷۸۰۵۶۷/۴۴، ۶۳۶۸۶۱/۶۸)	۹۳۸	۱۸۶۷/۴۲	۱۸۶۲/۳۴	۱۸۶۱/۴۲	۳۴	۱۵



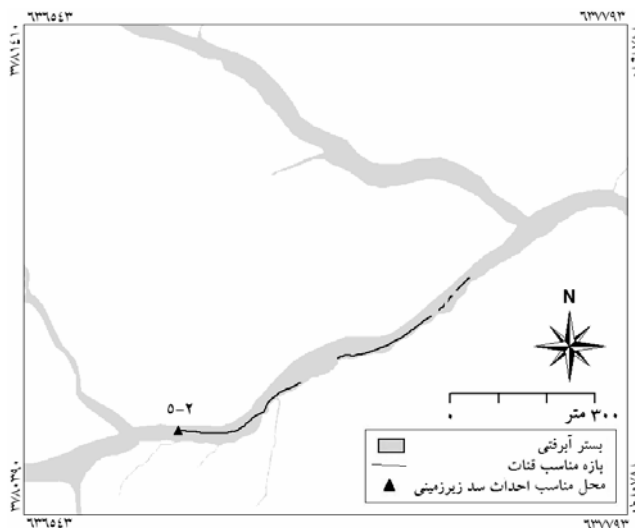
شکل ۱۰- نقشه محل های پیشنهادی احداث سد زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار.

با محاسبه حجم آب ذخیره قابل استحصال و حجم سازه برای هر یک از نقاط پیشنهادی، شاخص ظرفیت آبرفتی با استفاده از رابطه ۳ برای هر نقطه پیشنهادی محاسبه گردید. بر این اساس شاخص ظرفیت آبرفتی در نقطه پیشنهادی اول $3/26$ و در نقطه پیشنهادی دوم $18/88$ است (جدول ۵).

جدول ۵- مقادیر حجم ذخیره قابل استحصال، حجم سازه و شاخص ظرفیت آبرفتی نقاط پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار حوزه آبخیز کلات.

نقطه	حجم آب ذخیره قابل استحصال (مترمکعب)	حجم سازه (مترمکعب)	شاخص ظرفیت آبرفتی
۵-۱	۲۲۴۵/۱۶	۶۸۷/۷	۳/۲۶۴
۵-۲	۴۸۵۷/۸۴	۲۵۷/۲۵	۱۸/۸۸۳

با تعیین شاخص ظرفیت آبرفتی برای هر یک از نقاط پیشنهادی، مشخص شد مقدار این شاخص در نقطه پیشنهادی دوم بسیار بیش تر از نقطه پیشنهادی اول است. بنابراین محل پیشنهادی دوم در بازه ۵ مناسب ترین نقطه جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار می باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- بهترین محل احداث سد زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار.

بحث و نتیجه‌گیری

قنات مهم‌ترین منبع تامین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به‌شمار می‌آید و حیات بسیاری از جوامع روستایی در این مناطق به آن وابسته است. هر گونه تغییر و دست‌کاری در قنات که منجر به اثرات منفی بر روی آن گردد باعث بروز مسایل اقتصادی- اجتماعی سنگینی خواهد شد. تأثیر احداث سدهای زیرزمینی در کنترل و افزایش آب‌دهی قنات هم از نظر تئوری و هم از لحاظ اجرایی مشخص شده است. اما یکی از مهم‌ترین عوامل در رسیدن به اهداف به‌دست آمده از اجرای این طرح‌ها مکان‌یابی صحیح و تعیین محل مناسب جهت احداث این سازه‌ها بر روی قنات می‌باشد. احداث این سدها بر روی قنات بدون تعیین محل مناسب آن نه تنها اهداف موردنظر را تامین نخواهد کرد بلکه ممکن است خسارت‌های اقتصادی- اجتماعی جبران‌ناپذیری به‌وجود آورد. همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد تمام طول قنات جهت احداث سد زیرزمینی مناسب نیست؛ علاوه بر این نقاطی که جهت احداث سد زیرزمینی بر روی قنات تعیین می‌گردد دارای پتانسیل یکسانی نیستند و لازم است مناسب‌ترین این نقاط تعیین گردد. بنابراین احداث سد زیرزمینی بر روی قنات قبل از هر چیز نیازمند مکان‌یابی صحیح و تعیین محل مناسب احداث این سازه بر روی قنات دارد. هر چند تاکنون برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی بررسی‌هایی صورت گرفته اما تاکنون بررسی به‌منظور تعیین محل مناسب این سازه‌ها بر روی قنات صورت نگرفته است و این پژوهش جزء اولین مطالعات در این زمینه می‌باشد.

در این پژوهش ویژگی‌های در نظر گرفته شده برای سدهای زیرزمینی، مهم‌ترین ویژگی‌های مورد نیاز در مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی هستند؛ اما برای اولین بار در این مطالعه، قنات نیز به‌عنوان یک ویژگی اصلی به این معیارها اضافه گردید. در برخی مطالعات که برای انتخاب محل‌های احداث سد زیرزمینی در ایران انجام گرفته، همانند مطالعه‌ای که ناصری و همکاران (۲۰۰۶) انجام دادند یکی از معیارهای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی نبود قنات در بستر رودخانه در نظر گرفته شده است. هر چند هدف این مطالعات تعیین محدوده‌های دارای پتانسیل جهت احداث سدهای زیرزمینی است و از نظر تئوریک صحیح می‌باشد اما در مرحله اجرا معمولاً با مسایل مختلفی مواجه خواهد بود. زیرا در منطقه‌ای که قنات وجود دارد تنها با حذف محدوده دارای قنات نمی‌توان از مسایل مربوط به قنات گذشت. هدف از احداث سدهای زیرزمینی توسعه منابع آبی و رفع مشکلات کمبود آب است که بی‌توجهی به مسأله قنات خود باعث بروز مسایل شدیدتری خواهد شد. بنابراین بهترین گزینه در این مناطق ادغام و ترکیب سدهای زیرزمینی با قنات است. این تکنولوژی می‌تواند مکمل قنات به‌عنوان قدیمی‌ترین سیستم سنتی استحصال آب باشد و بزرگ‌ترین عیب قنات را که نبود کنترل آب‌دهی آن است، اصلاح نماید.

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این مطالعه، انجام بررسی‌های تفصیلی برای تعیین نقاط پیشنهادی است که با استفاده از تهیه پروفیل تغییرات پارامترهای موردنظر در طول مسیر قنات انجام گرفت. در مطالعه مشابهی که فورزیتری و همکاران (۲۰۰۸) برای تعیین محل‌های مناسب احداث سد زیرزمینی انجام دادند، انتخاب نقاط اولیه تنها با در نظر گرفتن پارامتر عرض دره از روی عکس هوایی صورت گرفت؛ در حالی که در این مطالعه برای افزایش دقت، ۵ پارامتر شیب بستر، شیب کوره قنات، شیب سنگ بستر، عرض بستر و عمق آبرفت برای تعیین نقاط پیشنهادی اولیه در نظر گرفته شد.

در پایان باید به این نکته اشاره نمود هر چند تأثیر احداث سدهای زیرزمینی در کنترل و افزایش آب‌دهی قنات‌ها هم از نظر تئوری و هم از لحاظ اجرایی مشخص شده است، اما از آنجا که قنات مهم‌ترین منبع تامین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌باشد و حیات بسیاری از جوامع روستایی به آن وابسته است، هر گونه تغییر و دست‌کاری در آن نیازمند انجام بررسی‌های دقیق و محلی است تا از بروز اثرات منفی که مسایل اقتصادی-اجتماعی سنگینی در پی خواهد داشت، جلوگیری گردد.

منابع

1. Aghasi, A. and Amami Mebodi, M. 2000. Comparison Qanat and Pit. International Conference on Qanat, First book, Yazd, Pp: 303-309. (In Persian)
2. Ahmadi, M. and Zolanvar, A. 1984. Apply mathematician model on Qanats water storing. Conference of Economy in Water Consumption at Agriculture, Water potable and Industry, Energy Ministry, Tehran, Pp: 103-135. (In Persian)
3. Behnia, A. 2000. Qanat Construction and Qanat Operation, Second edition, Tehran University Press, 236p. (In Persian)
4. Forzieri, G., Gardenti, M., Caparrini, F. and Castelli, F. 2008. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground small dams in arid areas: A case study in the region of Kidal, Mali. *Physics and Chemistry of the Earth*. 33: 74-85.
5. Gezahegne, W. 1986. Sub-Surface flow dams for rural water supply in arid and semi-arid regions of developing countries. M.Sc. Thesis. Finland, Tampere University of Technology, Department of Civil Engineering, 77p.
6. Hejrati, M. 2000. Geograohy and Rural Development, Case of study Central section of Gonabad, First edition. ABA cultural center. Tehran, 249p. (In Persian)
7. Jafari Bari, M. 2004. Survey underground dams impress on discharge Qanats, P 78-79. First, National Conference on Qanat, Gonabad, Abstract. (In Persian)
8. Karami, Gh. 2004. Small qanats in mountainous rivers. National Conference on Qanat, Gonabad, Abstract, 135p. (In Persian)
9. Kardavani, P. 2004. Water Resources and Problems in Iran. First book, surface and Ground Water and their revenue operation problems, Seventh edition. Tehran University Press, 414p. (In Persian)
10. Naseri, H.R., Salami, H., Davodi, M.H. and Kheirkhah Zarkesh, M. 2006. Selection suitable location of underground dam construction by using decision support system. Second Conference of Water Resources Management, Esfahan University of Technology, Pp: 1939-1947. (In Persian)
11. Nilsson, A. 1988. Groundwater Dams for small-scale water supply. Intermediate Technology Publications, London, 69p.
12. Nissen-Petersen, E. 2000. Water from Sand Rivers, A manual on site survey, design, construction, and maintenance of seven types of water structures in riverbeds. Regional Land Management Unit, RELMA/Sida, ICRAF House, Gigiri. Nairobi, Kenya. ISBN: 9966-896-53-8. Pp: 42-45.
13. Nissen-Petersen, E. 2006. Water from Dry Riverbeds. Handbook Published by ASAL Consultants Ltd. for the Danish International Development Agency (Danida) in Kenya, 68p.
14. Salmanpour, A. 2007. Qanat renovation with the use of underground dam, modeling in Chamchamal Plain. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. Engineering College, 193p. (In Persian)

15. Tabatabaee Yazdi, J. and Nabipay Lashkarian, S. 2004. Groundwater dams for small-scale water Supply. Tehran. Soil conservation and watershed management research institute Press, 68p. (Translated In Persian)
16. Vétérinaires, S.F. 2006. A manual on subsurface dams construction based on an experience of Veterinaires Sans Frontieres in Turkana District, Kenya. VSF-Belgium. 51p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 17(3), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Determining the suitable site for underground dam construction on Qanat A case of study, Dahanchenar Qanat of Kalat watershed in Gonabad

***M. Eshghizadeh¹ and N. Noura²**

¹M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2009/11/21; Accepted: 2010/05/08

Abstract

Qanat or Kariz is one of the most surprising collective works of human history that is used for water supply in water shortage regions in order to provide water for drinking, agriculture and livestock in these regions. One of the main problems of Qanat is permanent exit of water. Use of underground dams on Qanat could produce a new method as a solution for this problem. Thus Qanat water is stored in alluvium behind the dam and improve groundwater reservoir of Qanat. But using this technology requires comprehensive studies to determine the suitable site of underground dam construction on Qanat. In this research in order to determine the suitable sites of underground dam construction, a case study on Dahan Chenar Qanat in Kalat watershed of Gonabad is presented. At first the suitable span of Qanat that has initial conditions for underground dams construction is identified and determined. Then in every one of the length span determined suitable sites that have best conditions for construction of underground dams were proposed. At the final stage for all proposed sites the best point for underground dam construction on Qanat via Alluvial Capacity Index was determined. The results of this study showed from total 1000 m length of surveyed Qanat there are only 2 points for construction of underground dams that are the best point determined via Alluvial Capacity Index.

Keywords: Qanat, Underground dam, Alluvial capacity index, Kalat watershed of gonabad

* Corresponding Author; Email: masoud_eshghizadeh@yahoo.com