

## مقدمه

تأمین آب آشامیدنی و سالم از اهداف حرکت در مسیر توسعه پایدار محسوب شده و مقابله با بحران کم‌آبی مسأله‌ای حیاتی محسوب می‌گردد. از طرفی بارندگی فصلی و غیر قابل پیش‌بینی و تخییر زیاد در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانع از تحقق این هدف می‌باشد. وقوع خشکسالی‌ها در برهه‌های زمانی مختلف نیز این مسأله را در این مناطق تشدید می‌سازد. گذشته از این مسائل، سیاست‌های کوتاه‌مدت و اضطراری جهت مقابله با کم‌آبی بدون توجه به جنبه‌های بلند مدت آن، نتایج ناگواری به دنبال دارد. یکی از راه‌های سازگاری با کم‌آبی، استفاده بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری آب است. باید سعی کرد تا حد ممکن از نزولات جوی، جریان آب‌های سطحی و منابع زیرزمینی و رطوبت خاک به نحو مطلوب و بهینه استفاده شود [۳]. تحلیل کاربرد روش‌های سنتی و نوین استحصال آب باران نشان می‌دهد که سد زیرزمینی به‌عنوان روشی در جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب نه تنها موجب تأمین آب می‌گردد، بلکه با جلوگیری از هدر رفتن جریان‌های کم، آب زیرزمینی را از داخل آبرفت‌های کم‌عمق می‌توان به داخل قنات‌ها هدایت نمود [۱۹]. سد زیرزمینی دیواره‌ای از جنس مصالح نفوذناپذیر است که در مسیر یک آبراهه فصلی ساخته می‌شود و جریان زیرسطحی موجود در داخل آبرفت را قطع می‌نماید. این کار به نحوی انجام می‌شود که نفوذ آب از بدنه دیوار و اطراف آن قطع و یا طوری کاهش یابد که سطح آب در پشت دیوار بالا آمده و از روی آن سرریز کند [۲۸]. سد کردن جریان آب زیرزمینی به‌منظور جلوگیری از به هدر رفتن آن، فکر تازه‌ای نیست. تاریخچه استفاده از سدهای زیرزمینی در جهان، با ساختار ساده‌تر، ابعاد کوچک‌تر و متفاوت از نمونه‌های امروزی به تمدن‌های قدیمی برمی‌گردد. سدهای زیرزمینی در جزیره ساردینیا در زمان رومیان ساخته شده و بناهایی در تونس نشان می‌دهد که سد کردن جریان آب زیرزمینی توسط تمدن‌های قدیمی در شمال آفریقا انجام می‌شد است [۳۰].

در ایران استفاده از سد زیرزمینی به شکل پیشرفته‌تر به عصر صفویه مربوط می‌شود که برای افزایش آب مادر چاه قنات و زوان در میمه اصفهان استفاده می‌شده است [۳۸].

در دهه‌های اخیر ایده استفاده از سدهای آب زیرزمینی در پروژه‌های توسعه روستایی افزایش یافته است [۱۸]. هدف اصلی از ایجاد یک سد در زیر سطح زمین، ممکن است جلوگیری از هجوم آب شور به طرف آب شیرین [۱۶] و یا افزایش کمی سفره و بالا آوردن تراز آب

## معیارهای علمی جهت تعیین مناطق مناسب احداث سدهای زیرزمینی

اعظم مومزایی<sup>۱</sup> و علی طالبی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

## چکیده

کمبود آب در جهان به یک بحران جدی تبدیل شده که اهمیت این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش‌تر نمایان شده است. راه‌حل‌های مقابله با بحران آب در دو استراتژی مدیریت منابع آب و استخراج منابع جدید آب خلاصه شده است. در ایران به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی، مدیریت منابع آب دارای اولویت بالایی است. جمع‌آوری آب حاصل از بارش از جمله اقداماتی است که موفقیت در این راستا، منجر به افزایش ذخیره آبی و کاهش بحران خشکسالی می‌شود. سازه سد زیرزمینی در صورتی که به‌طور مناسب مکان‌یابی شده و در محل مناسب ساخته شود، می‌تواند پاسخگوی مناسبی برای نیازهای آبی باشد. لذا در این مطالعه ضمن بررسی و معرفی سد زیرزمینی به‌عنوان یک سازه‌ای برای استحصال آب باران، معیارهای لازم جهت تعیین مناطق مناسب احداث این سدها تشریح شده است. نهایتاً این عوامل در سه گروه فیزیوگرافی، هیدرولوژی و اقتصادی-اجتماعی طبقه‌بندی شدند.

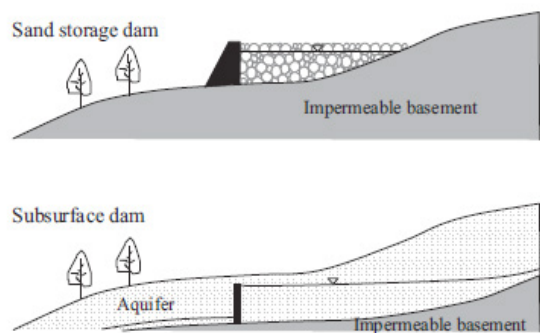
واژه‌های کلیدی: استحصال آب، بحران خشکسالی، سد زیرزمینی، مکان‌یابی، منابع آب

۱- دانشجوی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس  
 ۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه یزد، نویسنده مسئول  
 Email: talebisf@yazd.ac.ir

زیرزمینی [۴۴] باشد. پایین آوردن سطح آب زیرزمینی در پایین دست، کنترل سیلاب [۵]، افزایش کیفیت آب زیرزمینی [۳۵] و جلوگیری از فرسایش خاک منطقه از دیگر اهداف این سدها می‌باشند.

از مزایای احداث این‌گونه سدها، جلوگیری از هدر رفت آب به واسطه کاهش تبخیر و تعرق به‌ویژه در مناطق گرم و خشک، جلوگیری از آلودگی آب در مقابل آلاینده‌های طبیعی و انسانی، اشغال کم‌تر سطح زمین، نبود تغییرات کاربری به‌واسطه زیرزمینی بودن آن و تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و استفاده از منابع آبی بر اساس نیاز زمانی است [۲۱]. مزیت‌های یاد شده، انجام مطالعات وسیع به‌ویژه در مناطق کم آب را برای انتخاب مناطق مناسب در ایجاد سدهای زیرزمینی ضروری می‌نماید.

در یک تقسیم‌بندی کلی سدهای زیرزمینی را به دو نوع متفاوت تقسیم می‌کنند که در شکل ۱ مقطع عرضی آن‌ها نشان داده شده است [۳۰]. در سدهای زیرسطحی<sup>۱</sup> دیواره سد در قسمت پایین به سنگ بستر نفوذناپذیر و در قسمت بالایی به سطح آبرفت محدود می‌شود و مخزن آب فقط در زیر زمین تشکیل می‌شود. برای تأمین مقدار آب مورد نیاز جهت مصرف و ادامه جریان آب‌های زیرزمینی به‌صورت طبیعی در فصل‌های خشک و همچنین حفاظت از خشک شدن چاه‌ها می‌توان از این نوع سدها استفاده نمود [۴۳]. در سدهای ذخیره‌شنی<sup>۲</sup> دیواره نفوذناپذیر سد بر روی سنگ بستر نفوذناپذیر قرار گرفته و تا بالاتر از سطح آبرفت موجود در کف رودخانه ادامه می‌یابند. علت اصلی مرحله‌ای بودن یا پله پله بودن سدهای ماسه‌ای و محدود کردن ارتفاع رسوبات در هر لایه، حفظ سرعت جریان به اندازه‌ای است که باعث شسته شدن ذرات متوسط و ریزدانه از مخزن و ته‌نشین شدن ذرات درشت‌دانه گردد. به‌دلیل اینکه این نوع از سدها نسبت به نوع زیرسطحی پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر هستند لذا بهتر است که قبل از ساختن این نوع سدها ابتدا یک سد زیرسطحی با هزینه کم‌تر در محل ساخته شود تا هم از نفوذناپذیر بودن بدنه و مخزن سد اطمینان حاصل گردد و هم اینکه ممکن است آب ذخیره شده توسط این سد اولیه برای نیازها جوابگو باشد [۲۷ و ۴۰].



شکل ۱: نمایی از سد ذخیره‌شنی و سد زیرسطحی [۲۰]

مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد یک سد زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب برای احداث سد می‌باشد [۳۰]. این مشکلات از آنجایی ناشی می‌شود که معیارها و عوامل زیادی همانند معیارهای فیزیکی، هیدرولوژی و اقتصادی-اجتماعی در مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی دخیل هستند که بررسی و تعیین این عوامل در عرصه با استفاده از روش‌های سنتی نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی می‌باشد. در این راستا به دلیل وجود مشخصه‌های متعدد در مکان‌یابی، تغییرات مداوم عوامل مؤثر و نیاز به بررسی توأم معیارهای ارزیابی شده، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌دلیل ویژگی‌ها و توانایی‌های خاص، می‌تواند بسیار مفید باشد. بهترین راه برای یافتن محل مناسب سدهای زیرزمینی ترکیب عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای همراه با مطالعه نقشه‌ها و کنترل صحرائی است [۱۷].

از آنجایی که اجرای هر پروژه‌ی علمی فقط با مطالعه و شناسایی جنبه‌های مختلف، نتیجه‌ی مناسب را در پی خواهد داشت لذا در این مطالعه به شناخت مزایا، کاربرد و معیارهای اساسی در مکان‌یابی سد زیرزمینی پرداخته شده است. تاکنون پژوهش‌های مختلفی در رابطه با سد زیرزمینی و مکان‌یابی آن در ایران انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

چزگی و همکاران [۱۱] برای مکان‌یابی سد زیرزمینی در حوزه آبخیز کجیبید-بالاقلی شهرستان گرمه استان خراسان شمالی از مدل تصمیم‌گیری ARAS<sup>3</sup> و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده نمودند. ابتدا محل‌های مناسب با استفاده از روش حذفی و براساس معیارهای رتبه آبراهه، شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، گسل، قنات و چشمه تعیین شد. در ادامه برای اولویت‌بندی معیارهای کمیت آب، کیفیت آب، شیب مخزن، نفوذپذیری مخزن، عمق مخزن، سطح مخزن، ارتفاع سازه، طول سازه، تکیه‌گاه، نیاز آبی و دسترسی به سازه از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. نتایج نشان داد معیار کمیت آب با اهمیت نسبی ۲۳/۰٪ بیش‌ترین و معیار تکیه‌گاه سد زیرزمینی با اهمیت نسبی ۰۲/۰٪ کم‌ترین امتیاز را از دیدگاه کارشناسان به‌دست آوردند. حبیب‌زاده و همکاران [۱۸] به امکان‌سنجی احداث سد زیرزمینی در آبرفت‌های درشت‌دانه رودخانه‌ای در استان آذربایجان شرقی و در محدوده روستای مشفق شهرستان شبستر به‌منظور مدیریت سیلاب در حوزه‌های آبخیز پرداختند. با توجه به احداث باغات بادام در اراضی شیب‌دار این روستا همراه با زنبورداری، احداث سد زیرزمینی در محل موقعیت انتخابی از نظر اقتصادی و اجتماعی کاملاً قابل توجیه است. روهینا و همکاران [۳۷] به مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی با استفاده از منطق بولین<sup>۴</sup> و AHP<sup>۵</sup> در آبخیز امامزاده جعفر گچساران پرداختند. نتایج نشان داد شیب آبخیز از مهم‌ترین معیارها در تعیین مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی می‌باشد و مناطق واقع در قسمت غربی و مرکزی آبخیز دارای امتیاز بیش‌تری برای

3- Additive Ratio Assessment

4- Boolean logic

5- Analytical Hierarchy process

1 - Subsurface dams

2 - Sand storage dams

## جدول ۱- معیارهای مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در ایران

محققان	معیارها
علمباززاده و همکاران [۲]	ضخامت آبرفت، عرض آبخوان، زمین‌شناسی ساختگاه سد، ضخامت بخش غیر اشباع، شیب مخزن، گرادیان هیدرولیکی، تراکم آبراهه، فاصله از سازند با انحلال بالا
طالبی و زاهدی [۴۱]	درصد شیب مخزن، زمین‌شناسی ساختگاه سد، نفوذپذیری مخزن، ضخامت آبرفت، شماره منحنی روش SCS، کاربری اراضی، EC، فاصله از جاده، فاصله از روستا، نیاز آبی مناطق مسکونی
اصغری سرسکانرود و همکاران [۹]	درصد شیب حوضه، زمین‌شناسی ساختگاه سد، کاربری اراضی، واحدهای ژئومورفولوژی، گسل، فاصله از آبراهه، چاه و مناطق مسکونی
خرازی و همکاران [۲۴]	کمیت آب، کیفیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضخامت آبرفت، نفوذپذیری مخزن، سطح مخزن، تکیه گاه‌های محور سد، درصد شیب مخزن، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه)
عرب‌عامری و همکاران [۶]	درصد شیب مخزن، فاصله از آبراهه، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی، فاصله از گسل، نفوذپذیری ساختگاه سد
مومزایی و همکاران [۲۹]	آب (کمیت، کیفیت)، مخزن (عمق مخزن، شیب مخزن، نفوذپذیری مخزن و سطح مخزن)، محور (طول محور، عمق محور و لیتولوژی تکیه‌گاه‌ها) و عوامل اقتصادی-اجتماعی (فاصله از روستا، فاصله از جاده، تأمین نیاز آبی شرب-کشاورزی-صنعتی، تأثیر بر منابع آبی)
پرویزی و همکاران [۳۱]	زمین‌شناسی ساختگاه سد، کاربری اراضی، درصد شیب مخزن، گسل، فاصله از روستا، فاصله از جاده
عرب خزائلی و همکاران [۷]	آبراهه، زمین‌شناسی ساختگاه سد، کاربری اراضی، کمیت آب، کیفیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضخامت آبرفت، نفوذپذیری مخزن سد، سطح مخزن، تکیه گاه‌های محور سد، درصد شیب مخزن، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه)
کشاوری و همکاران [۲۳]	درصد شیب بستر رودخانه، فاصله از گسل، کاربری زمین، سازند زمین‌شناسی مخزن، کمیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضریب ذخیره مخزن، حجم مخزن، تکیه‌گاه‌های محور سد، نیاز آبی (آشامیدنی کشاورزی و صنعت) و دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه)
امانیان و همکاران [۴]	توپوگرافی، سنگ‌شناسی خاستگاه سد (سازند تبخیری، آبرفتی، آذرین)، درصد شیب مخزن، فاصله از آبراهه، گسل و قنات
بهاروند و همکاران [۱۰]	تراکم آبراهه، سنگ‌شناسی حوضه، درصد شیب حوضه، بارش، دما، کاربری اراضی، فاصله از چاه، چشمه، روستا و گسل
چزگی [۱۱]	درصد شیب مخزن، زمین‌شناسی حوضه، کاربری اراضی، گسل، کمیت آب، کیفیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضریب ذخیره مخزن، حجم مخزن، تکیه گاه‌های محور سد، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه)
خدایی و همکاران [۲۵]	درصد شیب حوضه، کاربری اراضی، زمین‌شناسی حوضه، عمق آبرفت، سطح ایستابی
دهمرده قلعه نو و همکاران [۱۲]	شیب حوضه، شبکه آبراهه، زمین‌شناسی حوضه، توپوگرافی، کاربری اراضی، گسل، بافت خاک و موقعیت روستا

،  $VIKOR^4$ ،  $TOPSIS^5$  و ELECTRE III در چهار استان بوشهر، تنگستان، دشتی و جم در جنوب ایران استفاده شد. برای ساخت سد زیرزمینی بر اساس شاخص‌های مختلف از جمله طول محوری، مخزن، سنگ‌شناسی، فاصله از روستا و جاده‌ها، ۲۳ محور شناسایی شد. با بررسی‌های میدانی گسترده، در نهایت ۶ مکان انتخاب شد که سایت زائر عباسی در اولویت اول و سایت فقیه حسنان در اولویت ششم قرار دارد.

بررسی منابع ارائه شده نشان می‌دهد که بحث احداث سدهای زیرزمینی در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است و تعیین محل‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی با توجه به معیارهای متعدد تصمیم‌گیری و استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط با سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، موجبات کاهش قابل توجه هزینه و تعیین دقیق‌تر و نهایتاً منجر به ارائه نقشه نهایی مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی می‌شود [۲۵، ۱۵، ۲۵ و ۴۵].

احداث سد زیرزمینی می‌باشند. در تاج و همکاران [۱۳] ۱۰ منطقه از ۵۰ منطقه به‌عنوان گزینه‌های محل احداث سد زیرزمینی در استان اصفهان را مورد مطالعه قرار دادند. برای انجام روش تصمیم‌گیری ELECTRE<sup>1</sup> بر اساس چهار جنبه مختلف ساخت سد زیرزمینی که عبارتند از: هیدروژئولوژی، اقتصادی-اجتماعی، زمین‌شناسی و تغییرات آب و هوایی، ۱۴ معیار تعریف شد. مهم‌ترین معیارها شامل متوسط بارندگی سالانه، مساحت حوضه فوقانی، فاصله از روستاها و شیب جریان بود. سرانجام منطقه حسین آباد برای ساخت سد زیرزمینی انتخاب شد. ابراهیمی و همکاران [۱۴] برای تعیین مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی با استفاده از منطق بولین و برای اولویت سایت‌های سدهای زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم‌گیری MCDM<sup>2</sup> انجام شده است. روش‌های AHP<sup>3</sup>، ANP<sup>3</sup>

4- Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje  
5- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

1- Elimination et Choice in Translating to Reality  
2- Multiple Criteria Decision Making  
3- Analytical Network Process

## مواد و روش

مطالعه حاضر با جمع‌بندی و مرور سوابق تحقیق و مستندات موجود به صورت کتابخانه‌ای در مورد سد زیرزمینی و معیارهای مؤثر در مکان‌یابی آن به انجام رسیده است.

## نتایج و بحث

برای این که یک سد زیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد، تلفیقی از محل قرارگیری سد و سازه آن لازم است. در جدول ۱ معیارهای لازم جهت تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در مطالعات انجام شده در ایران، نشان داده شده است.

با توجه به معیارهایی که در مطالعات انجام شده مورد استفاده قرار گرفته شده است، در زیر اهمیت هر کدام از آن‌ها که در مکان‌یابی نقاط مناسب برای احداث سد زیرزمینی باید در نظر داشت، ذکر شده است:

کمیت آب: معمولاً سدهای زیرزمینی در بستر آبراهه‌ها و خشکه‌رودها احداث می‌شود. در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی، مقدار رواناب یکی از ویژگی‌های مهم می‌باشد که رابطه مستقیمی با رده آبراهه دارد. هرچه رده آبراهه بیش‌تر باشد مقدار رواناب بیش‌تر است. تراکم آبراهه‌ها به دلیل امکان تأمین حجم آب مورد نیاز مخزن در تعیین مکان مناسب سد زیرزمینی حائز اهمیت است [۱۰]. در منطقه‌ای که جریان کافی برای ذخیره کردن وجود نداشته باشد و اگر آب زیرسطحی موجود در بستر آبراهه ساکن و بدون حرکت باشد، نمی‌توان انتظار افزایش حجم آب مخزن را داشت. بنابراین مناسب‌ترین آبراهه‌ها برای سدهای زیرزمینی، آبراهه درجه ۳، ۴ و ۵ می‌باشد [۳۶ و ۴۱].

کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی: میزان املاح موجود در رواناب و جریانات زیرسطحی در آبراهه‌ها مهم است. کیفیت آب یک معیار مهم برای پروژه‌های منابع آب است. آبراهه‌هایی که میزان شوری آب در آن‌ها بالاست و همچنین حجم رواناب زیادی دارند، برای احداث سد زیرزمینی مناسب نیستند [۲۴]. در صورت وجود واحدهای سنگی حاوی کانیون‌های تبخیری حوضه تغذیه کننده سفره‌ها، کیفیت آب کاهش خواهد یافت. اما حتی در صورت مناسب بودن کیفیت آب، اگر آبرفت غیراشباع نیز دارای املاح زیادی باشد آب عبوری از آن بر کیفیت آب سفره زیرزمینی تأثیر منفی فراوانی خواهد داشت [۱]. پستی و بلندی: وضعیت پستی و بلندی از نظر امکان احداث سد زیرزمینی و همچنین دستیابی به مخازن بزرگ با شرایط تغذیه مناسب و تلفات نشت کم‌تر، تا حد زیادی تعیین‌کننده می‌باشد. شیب حوزه یکی از مهمترین معیارها در تعیین مناطق مناسب برای ساخت سدهای زیرزمینی است. شیب بسیار بالای منطقه علاوه بر فرسایش، مانع از نفوذ آب به زمین و تغذیه سد زیرزمینی است و ساخت سدها در شیب‌های زیاد مقرون به صرفه نیست. در این راستا حداکثر شیب ساخت سدهای آب زیرزمینی ۵ درصد در نظر گرفته شده است زیرا حجم مخزن در شیب‌های کم‌تر مناسب‌تر است و عامل شیب رابطه معکوس با حجم مخزن و مقدار نفوذپذیری دارد [۱۰، ۲۶ و ۳۶].

خصوصیات سنگ بستر و تکیه‌گاه خاستگاه سد: تکیه‌گاه‌های محور و سنگ بستر مخزن سد زیرزمینی باید دارای نفوذپذیری پایینی مثل سنگ‌های آذرین با تخلخل و شکستگی کم باشند تا از نشت آب و هدر رفتن آن جلوگیری کنند [۳۵]. سازندهای کوتاه‌تری به دلیل نفوذپذیری بالا و وجود لایه‌های سخت و نفوذناپذیر در عمق کم آن‌ها از توان بالایی برای احداث سد زیرزمینی برخوردار هستند. برای ایجاد یک مخزن با آبدهی مناسب وجود سازندهای زمین شناسی با تخلخل مؤثر بالا ضروری است. آبراهه‌های با بافت دانه درشت دارای ماسه درشت و گراول با اندازه ذرات بیش از پنج میلی‌متر به دلیل تخلخل مفید و آبدهی ویژه بیشتر، نسبت به بافت رسوبی دانه ریز از قبیل سیلت و رس در اولویت قرار دارند [۳۹].

گسل: محل عبور گسل معبر مناسبی جهت زهکشی آب و خروج آن به مناطق خارج از دسترس هستند و همچنین در گسل‌های فعال و بزرگ امکان وجود پتانسیل لرزه‌زایی وجود دارد. از این رو ساخت سدهای زیرزمینی روی گسل‌ها به دلیل احتمال فرار آب و افزایش هزینه جلوگیری از نشت، جزء مناطق نامناسب احداث سد محسوب می‌شوند [۸].

قنات: قنات از منابع آبی مهم برای مناطق کویری و کوهپایه‌ای است، لذا هیچ قناتی نباید به واسطه احداث سد در معرض تخریب یا کاهش شدید دبی قرار گیرد. بنابراین مناطقی که در مادر چاه قنات در پایین دست یا محور سد زیرزمینی قرار می‌گیرند برای احداث سد نامناسبند [۳۲].

کاربری اراضی: احداث سد نیازمند ذخیره سطحی نمی‌باشد و منجر به تغییر کاربری موجود نمی‌شود. بنابراین احداث آن در مناطق با کاربری اراضی مختلف امکان‌پذیر است ولی در مناطق مسکونی، صنعتی و اراضی بایر (شوره‌زار) احداث سد نامناسب است [۳۳]. به دلیل بالا رفتن سطح آب زیرزمینی در پشت سد، می‌توان بسیاری از گیاهان را بدون آبیاری در محل سدهای زیرزمینی کشت نمود. اهمیت این نکته در مناطق کشاورزی به وضوح دیده می‌شود. با بالا رفتن سطح آب زیرزمینی، رطوبت خاک منطقه بسیار افزایش می‌یابد که نقش بسزایی در بهبود شرایط آبیاری و کشاورزی دارد [۲۲].

مخزن سد: معیارهای فرعی که برای این معیار در نظر گرفته شده است شامل سطح مخزن، قابلیت انتقال و درصد شیب منطقه می‌باشد. سطح مخزن سدهای زیرزمینی با توجه به شیب بستر و عمق آبرفت به شکل تخمینی قابل محاسبه می‌باشد. بهترین مکان برای سد زیرزمینی در یک رودخانه است که دارای بالاترین سطح مخزن در مناطق بالادست سد باشد زیرا مساحت حوزه بالادست سد بیانگر مقدار بارش و حجم روانابی است که از محل احداث سد عبور می‌کند. هر چه مساحت حوزه بیش‌تر باشد آن محل جهت احداث سد زیرزمینی مناسب‌تر است. این ویژگی مهم‌ترین عامل در مخزن در ساخت سد زیرزمینی است [۲۲].

هدایت هیدرولیکی: نشان دهنده توانایی مواد تشکیل دهنده آبخوان در عبوردهی آب است که تابعی از تخلخل، اندازه منافذ و

بافت خاک است و بیان کننده قابلیت هدایت آب در محیط آبخوان است. خاک با هدایت هیدرولیکی بالا، حرکت و نفوذ آب در خاک افزایش می‌یابد و شرایط منطقه برای ساخت سد زیرزمینی مناسب است [۳۵].

ضخامت آبرفت: آبرفت‌ها از لحاظ احداث سد زیرزمینی بسته به ضخامت آبرفت مناسبند. همیشه ضخامت آبرفت با عمق سنگ بستر برابر است. برای تعیین مناطق بالقوه سدهای زیرزمینی، میانگین ضخامت لایه‌های آبرفتی و شیب با جهت یکسان جریان آب زیرزمینی، شرایط مناسب در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که ضخامت کم‌تر از ۱۰ متر به دلیل کم‌شدن حجم مخزن و ضخامت بیش از ۴۰ متر به دلیل افزایش هزینه اجرایی، نامناسبند [۱۰ و ۳۵]. محور سد: تنگه‌های باریک منطبق بر بسترهای آبرفتی با ضخامت کم، محورهای مناسبی برای احداث سد زیرزمینی به دلیل حجم کار سازه‌ای کم و هزینه پایین، هستند [۲۱].

اقتصادی - اجتماعی: در اجرای هر طرح عمرانی و آبخیزداری توجه به عامل‌های اقتصادی و اجتماعی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. هدف از اجرای طرح‌های آبخیزداری تأمین رفاه آبخیزنشینان می‌باشد. در معیار اقتصادی و اجتماعی از زیرمعیارهای برآورد نیاز آبی شرب، کشاورزی و صنعتی در اطراف محور سد، دوری و نزدیکی سد به محل سکونت، راه ارتباطی با سد و در دسترس بودن منابع قرضه جهت ساخت سد، تأثیر سد بر مقدار آبدهی منابع آبی چاه و قنات پایین‌دست، بررسی می‌شود [۱۱ و ۳۷].

بر اساس بررسی‌های انجام شده، عوامل مهم در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی را می‌توان در سه گروه شامل: عوامل فیزیوگرافی: درصد شیب، طول محور سد، عمق محور سد، تکیه‌گاه‌های محور سد، ضخامت آبرفت، سطح مخزن، نفوذپذیری مخزن و عوامل هیدرولوژیک: کمیت آب، کیفیت آب و عوامل اجتماعی-اقتصادی: نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت) و میزان دسترس (جاده، روستا و منابع قرضه) طبقه‌بندی نمود.

### نتیجه‌گیری

محدودیت بارندگی و عدم توزیع زمانی مناسب بارش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ضرورت اتخاذ روش‌های اصولی و عملی در زمینه بهره‌وری و مدیریت منابع آب را روشن می‌سازد. از آنجایی که اصلی‌ترین منبع آبی این مناطق بارش‌ها هستند، پس ارائه هر راهکاری که بتواند با کم‌ترین هزینه بیش‌ترین مقدار بارش را در فصل مرطوب جمع‌آوری و برای فصل خشک ذخیره کند؛ گامی مؤثر در مدیریت منابع آب و رفع مشکل کم‌آبی خواهد بود. با توجه به مطالعات انجام‌شده در سال‌های اخیر، اهمیت تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی بر اساس معیارهای متعدد تصمیم‌گیری، مورد تأیید پژوهش‌گران قرار گرفته است. در همین راستا، به منظور شناسایی مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در ایران، بیش‌تر از معیارهای اصلی آب (کمیت آب، کیفیت آب)، محور سد (طول محور سد، عمق محور سد، تکیه‌گاه‌های محور

سد)، خصوصیات مخزن سد (ضخامت آبرفت، نفوذپذیری، سطح مخزن و درصد شیب)، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، و میزان دسترس (جاده، روستا و منابع قرضه) استفاده شده‌است. برای بهره‌برداری صحیح از منابع آبی و بالا بردن دقت تصمیم‌گیری برای تعیین مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی، استفاده از کلیه معیارهای علمی بررسی شده در این مطالعه پیشنهاد می‌شود.

### منابع

1. Aghamolaie, I., Aminizadeh, M., and Shafiee Baft, Sh. 2021. Investigating the Characteristics of Rameshk Underground Dam Site with an emphasis on the faults' role in the selected axis. Irrigation and water engineering, 11(43): 179-203. (In Persian).
2. Alambazzadeh, M., Chitsazan, M., and Shirmardi, M. 2014. Identification of areas prone to underground dam construction using GIS and AHP methods, case study: Jaroo plain, northeast of Khuzestan province. Water Resources and Development, 8 (5): 1-14. (In Persian).
3. Alizadeh, A. 2012. Principles of Applied Hydrology, 36th Edition, Astan Quds Razavi Publications.
4. Amanian, N., Iliati, I., and Mokhtar, M.H. 2019. Site Selection for underground dams using RS and GIS (Case study: Kashan Plain, Iran). Arid Biome Scientific, 9(1): 21-37. (In Persian).
5. Apaydin, A. 2009. Malibogazi groundwater dam: An alternative model for semi-arid regions of Turkey to store and save groundwater. Environmental Earth Sciences, 59: 339-345.
6. Arabameri, A.R., Sohrabi, M., Rezaei, Kh., and Shirani, K. 2018. Site Selection of underground Dam Using GIS and AHP Model. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 12(41): 51-60. (In Persian).
7. Arabkhazaeli, E., Heshmatpour, A., Seyedian, M., and Chazgi, J. 2019. Prioritizing Suitable Location of the Underground Dam Construction Using AHP in Kajbid-Balaqlq Watershed Garmeh city. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 13(2): 338-353. (In Persian).
8. Arjmandzadeh, R., Shafiei Rashvanlou, V., Dabiri, R., and Almasi, A.R. 2017. Satellite thermal surveys to detecting hidden active faults and fault termination, Case study of Quchan fault, NE Iran. Earth Sciences, 9: 39-47. (In Persian).
9. Asghari Saraskanroud, S., Belvasi, M., Zeinali, B., and Sahebi Vayghan, S. 2016. Identifying of Suitable Location



19. Hemmati, M., Maleki, M., and Hemmati, A. 2016. Analysis of the application of traditional and modern methods of rainwater harvesting in arid and semi-arid regions, Fifth National Conference on Rainwater Surface Systems. (In Persian).
20. Ishida, S., Tsuchihara, T., Yoshimoto, S., and Imaizumi M. 2011. Sustainable use of groundwater with underground dams. *JARQ* 45(1): 51–61.
21. Jamali, I.A.B., and Olofsson, U. 2013. Nordberg. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS. *Environ Earth Science*, 70: 2511-2525.
22. José, R.B., Cantalice, Victor C., Piscocoy, Vijay P., Singh, Yuri J.A.B da Silva., Maria de F.C Barros., Sergio M.S Guerra., and Moacyr C Filho. 2016. Hydrology and water quality of an underground dam in a semiarid watershed. *African Journal of Agricultural*, 11: 2508-2596.
23. Keshavarz, S., Pourghasemi, H.R., Afzali, S.F., and Rezaei Moghaddam, K. 2019. Prioritization of Suitable Sites for Underground Dam Construction Using the TOPSIS Multi-Criteria Decision Making Model in the Sadeghabad Watershed, the Province of Fars. *Watershed Management Research*, 32(2): 19-30. (In Persian).
24. Kharazi, P., Yazdani, M. R., and Khazealpour, P. 2019. Suitable identification of underground dam locations, using decision-making methods in a semi-arid region of Iranian Semnan Plain. *Groundwater for Sustainable Development*, 9: 1-10. (In Persian).
25. Khodaei, H., Ghorbani, M.A., Asadi, A., and Dabir, R. 2020. Suitable Site Selection for Sub Surface Dams Construction Using GIS/RS (Case Study: Ghori Chai River Watershed). *Watershed Management Research*, 11 (21): 302-292. (In Persian).
26. Khorrani, T., and Rezaei, P. 2018. Locating an Underground Dam in Roudan Sub-Basin, South of Iran. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 23: 391-404. (In Persian).
27. Khoshnood, s. 2013. Determining criteria, preparing a decision support system (DSS), locating and prioritizing areas prone to constructing an underground dam for artificial feeding (Case study: Borujen plain). Master Thesis in Watershed Engineering, Shahrekord University, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, 94 p.
28. Mehri, R. 2011. Studing the role of underground for Underground Dam Construction in Alashtar Basin by ANP. *Watershed Management Research*, 7(13):150-163. (In Persian).
10. Baharvand, S., Rahnamarad, J., and Soori S. 2020. Assessment of the potential areas for underground dam construction in Roomeshgan, Lorestan province. *Earth Sciences*, 12 (1): 32-41. (In Persian).
11. Chezgi, J., Arabkhazaeli, A., and Heshmatpour, A. 2020. Suitable Site Selecting of the Underground Dam Construction for Water Resources Management in Arid and Semi-Arid Lands. *Desert management*, 15: 73-84. (In Persian).
12. Dehmardeh Ghaleh No, M., Mirzaei, Q., and Alvandi, A. 2020. Preliminary Site Selection for underground dams using TOPSIS and GIS in the eastern part of Gorganrood river basin. *Environmental Science and Technology*, 22 (7): 403-389. (In Persian).
13. Dortaj, A., Maghsoudy, S., and Doulati ardejani, F. 2020. Locating suitable sites construction of subsurface dams n semiarid region of Iran: using modified EECTRE III. *Sustainable Water Resour Managment*, 6(1),7.
14. Ebrahimi, J., Moradi, H.R., and Chezgi, J. 2021. Prioritizing suitable locations for underground dam construction in south east of Bushehr Province. *Research square*, 1: 1-26.
15. Fathi, A.M., Lee, T., and Mohebzadeh, H. 2019. Allocating underground dam sites using remote sensing and GIS case study on the southwestern plain of Tehran Province, Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 47: 989–1002.
- 16 Garagunis, C.N. 1981. Construction of an impervious diaphragm for improvement of a Subsurface water reservoir and simulations protection from migrating salt water, *Bulletin of International Association Engineering Geology*, 24: 169-172.
17. Golmaei, H., and Ashtiani Moghaddam, GH. 2005. *Underground dams for small-scale water storage*, Mazandaran University Press, 32 pp.
18. Habibzadeh, A., Yarahmadi, J., and Majidi, A. 2021. Hydrodynamic analysis of riverbed deposits at the site of construction of an underground dam for water extraction. *Environment and Water Engineering*, (1) 7:132-142. (In Persian).

37. Rohina, A., Ahmadi, H., Moeini, A., and Shahrivar, A. 2020. Site Selection for Constructing Underground Dams Using Boolean Logic and the AHP method in the Imamzadeh Jafar Gachsaran Watershed. *Watershed Management Research*, 33(4): 2-17. (In Persian).
38. Safinejad, J., and Judge, B. 2000. Isfahan Vazvan-Maymeh Underground Dam, National Water Treasure Institute of Iran, 240 p. (In Persian).
39. Salami, H. 2006. Determining suitable areas for construction of underground dams in Natanz plain using telemetry, Master Thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran.
40. Tabatabai Yazdi, J., and Nabi Peylaskariyan, S. 2003. Groundwater dams for water supply on a small scale, Publications of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 63 p.
41. Talebi, A., and Zahedi, A. 2015. Determining suitable areas for underground dam construction using fuzzy logic theory and hierarchical analysis (study area: Darongar Dargaz watershed). *Iran Watershed Management Science and Engineering*, 9 (30): 50-41. (In Persian).
42. Talebi, A., Zahedi, E., Hassan, M A., and Lesani, M T. 2019. Locating suitable sites for the construction of underground dams using the subsurface flow simulation (SWAT model) and analytical network process (ANP) (case study: Darongar watershed, Iran). *Sustainable Water Resources Management*, 5(3): 1369-1378. (In Persian).
43. Telmer, K., and Best, M. 2004. *Underground Dams: A Practical Solution for the Water Needs of Small Communities in Semi-Arid Regions*. School of Earth and Oceans Sciences, University of Victoria. 6 pp.
44. Yilmaz, M. 2003. Control of Ground water by underground dams, M.C. Thesis, Dept. of Civil. METU, Ankara. 96p.
45. Zahedi, A., Talebi, A., Language, M., T. and Haji Abolghasemi., R. 2013. Determining and prioritizing areas able to underground dam construction using AHP model with emphasis on compensating for water and drought needs (Study area: Dargazar Dargaz watershed). Ninth National Conference on Watershed Management Science and Engineering. Yazd University.
- dams as one of the methods of water harvesting in arid and semi-arid regions. Fifth National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management, Kerman.
29. Moomzaie, A., Talebi, A., and Emami, N. 2018. Site Selection of the Underground Dam using the Analytical Hierarchy Process and Geographic Information System (Case Study: Shahrekurd and Marghmalek Watersheds). *Environment and Water Engineering*, 4(2): 137-147. (In Persian).
30. Nilsson, A. 1988. *Groundwater Dams for Small-scale Water Supply*, Intermediate Technology
31. Parvizi, S., Talebi, A., and Ekhtesasi, M.R. 2019. Site Selection for Underground Dam Using the Water Balance Simulation (Swat Model) and Analytical Network Process (Anp) (Case Study: Jamyshan Watershed). *watershed management science and engineering*, 13(45): 97-106. (In Persian).
32. Pirmoradi, R., Nakhae, M., and Asadiyan, F. 2010. Determining suitable areas for the construction of an underground dam using a geographic information system and AHP, Case Study: plain Malayer in Hamedan Province. *Natural Geography*, 3(8). 51-66. (In Persian).
33. Pirmoradiyan, R., Behbahani, M., Nazarifar, M., and Velayati, S. 2013. Preliminary Zoning of Suitable Locations for Underground Dam Construction in Ivaneki Plain. The First National Conference on Water and Agricultural Resources Challenges, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan. (In Persian).
34. RAIN (Rainwater Harvesting Implementation Network). 2011. *A practical guide to sand dam implementation: Water supply through local structures as an adaption to climate change*. Amsterdam, Netherlands: RAIN.
35. Rangzan, K., Monjezi, N., Taghizadeh, A., and Niamadpour, A. 2013. Identification of suitable site for construction of underground dams using geographic information system and decision making of several fuzzy criteria in Batvand plain, Khuzestan, Master's thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz.
36. Rohina, A., Ahmadi, H., Moeini, A., and Shahriv, A. 2020. Site selection for constructing groundater dams through Boolean logic and AHP method (case study: watershed f Imamzadeh Jafar Gachsaran). *Paddy water*



## Abstract

## Scientific Criteria to Determine Suitable Areas for Construction of Underground Dams

A. Mumzaei<sup>1</sup> and A. Talebi<sup>2\*</sup>

Received: 2021/08/23 Accepted: 2022/02/23

Water scarcity in the world has become a serious crisis, of which the importance has been shown in arid and semi-arid regions. Solutions to confronting with the water crisis are summarized in two strategies of water resources management and extraction of new water resources. In Iran, water resources management has a high priority due to geographical and climatic conditions. Rainwater harvesting from precipitation is one of the measures in which success leads to increased water storage and a reduction in the drought crisis. If locating underground dam construction is conducted properly as well as constructing in a convenient location; so, it can be a suitable proxy for water needs. Therefore, in this study, underground dam has been introduced as a new technique for rainwater extraction, besides the conditions for construction and location of these dams. Finally, the factors were classified into three groups including physiographic factor, hydrological factor and socio-economic factor.

**Keywords:** Drought crisis, Groundwater, Underground dam, Water harvesting, Water resources

1. Ph.D Student engineering and science of watershed management, natural resource faculty, Tarbiat modares university

2. Proffesur rengland and watershed management, Yazd university, Coerespond author, Email: talebisf@yazd.ac.ir