کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

# مکانی‌یابی مناطق مناسب احداث سدزیرزمینی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی ( مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک)

**اعظم مومزایی[۱]، علی طالبی [۲]**

**۱- دانشجو کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه یزد**

**۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد**

Azam_mumzai@yahoo.com

**چکیده**

احداث سدهای زیرزمینی در مسیل‌های مناطق کوهستانی از راهکارهای مناسب تامین و توسعه منابع آبی می‌باشد. هدف از این تحقیق گزینش مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در حوزه های آبخیز شهرکرد و مرغملک، بر پایه معیارها و ضوابط مکان‌یابی می‌باشد. بدین منظور در این پژوهش از روش‌ها و قابلیت‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. بدین ترتیب که ابتدا معیارهای لازم و تاثیرگذار در انتخاب مکان برای احداث سد زیرزمینی شناسایی گردید که شامل معیارهای آب، مخزن، محور سد و عوامل اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. در نهایت ۱۵ محور جهت اولویت‌بندی انتخاب گردید. نتایج نشان داد که معیار آب در مقایسه با دیگر معیارها در ارجحیت قرار دارد زیرا بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.

**واژه‌های کلیدی**: سد زیرزمینی، شهرکرد، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مکان‌یابی، منابع آب

# Determining the Best Locations for Constructing the Underground Dam Using Hierarchy Analysis Method (Case study: Shahrkord and Morghmalek Watersheds)

**A. Momzai[1*], A. Talebi[2]**

**1- MA Student Watershed Yazd University**

**2- Associate Professor, Department of Natural Resources, University of Yazd**

**Abstract**

Constructing the underground dams in the mountainous region steams is one of the appropriate methods for supplying and developing the water resources. The aim of this study is selecting the suitable place for constructing the underground dams Based on the criteria and regulations of place determining in Shahrkord and Morghmalek watersheds so in this study, methods and capabilities based on the geographical information system and hierarchy analyzing method were used. At first, required and effective factors in the selection of a place for constructing the underground dams were identified that consisted of water, reservoir and dam axis criteria and economic-social factors. Finally, 15 axis were selected for prioritizing. Results showed that water criteria is more important than other criteria because it has the highest weight.

**Keywords:** Underground dam, Shahrkord, hierarchy analysis method, locating, water resources.

[*] Corresponding Author's E-mail(Azam_mumzai@yahoo.com)

**الف- مقدمه**

امروزه بر همگان روشن است که کره زمین در سال‌های نه چندان دور با بحران جدی در رابطه با تأمین آب مطمئن و قابل مصرف روبرو خواهد شد. لذا اتخاذ روش‌های اصولی و عملی در زمینه توسعه حفاظت و بهره برداری و مدیریت منابع آب امری اجتناب ناپذیراست. کشور ما به عنوان یکی از مناطق کم آب و خشک نیازمند حفظ منابع آبی زیرزمینی می باشد و با توجه به تغییرات قابل توجهی در سطح آب‌های زیرزمینی در طول فصول خشک و مرطوب، احداث سد زیرزمینی برای تصفیه و ذخیره سازی آب در فصول خشک در طول سال ، مفید در نظر گرفته شده است( Ghodrati&Ghazaryan ،۲۰۱۳). سد زیرزمینی دیواره ای از جنس مصالح نفوذناپذیر است که در مسیر یک آبراهه فصلی ساخته می شود و جریان زیرسطحی موجود در داخل آبرفت را قطع می نماید. این کار به نحوی انجام می شود که نفوذ آب از بدنه دیوار و اطراف آن( حدفاصل دیوار و سنگ بستر غیر قابل نفوذ) قطع و یا طوری کاهش یابد که سطح آب در پشت دیوار بالا آمده و از روی آن سرریز کند(مهری،۱۳۹۰). مهمترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی، تعیین مناطق مناسب می‌باشد. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که معیارهای فنی، زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی بسیاری در تصمیم‌گیری در انتخاب محل مناسب دخیل می‌باشند (سلامی، ۱۳۸۵). در این راستا به دلیل وجود مشخصه‌های متعدد در مکان‌یابی، تغییرات مداوم عوامل مؤثر و نیاز به بررسی توام معیارهای ارزیابی شده، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به دلیل ویژگی ها و توانایی-های خاص می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد(حکمت‌پور و همکاران،۱۳۸۶). روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) ابزاری توانمند جهت مرتب کردن معیارها در ساختار درخت تصمیم‌گیری است که با استفاده از جدول تعیین ارزش نظری ساعتی و بر پایه نظرات کارشناسی میتوان ارزش و اهمیت نسبی معیارها را مشخص نمود(سلامی،۱۳۸۵). حیدری و شهریاری(۱۳۹۰) به مکانیابی سد زیرزمینی درحوضه رودخانه فصلی گرماب به منظور کنترل و ذخیره‌سازی جریان آب زیرسطحی رودخانه برای تامین آب موردنیاز ایستگاه تحقیقاتی گلستان پرداختند. این مکان‌یابی بر اساس خصوصیات پی سنگ، تغییرات حجم آبرفت، تخلخل موثر و شیب بستر صورت گرفت. سه نقطه به عنوان گزینه های پیشنهادی انتخاب گردید. زاهدی و همکاران(۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به پهنه‌بندی مناطق مناسب سد زیرزمینی با استفاده از مدل AHP در حوزه درونگر پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که سه عامل شیب، نفوذپذیری و زمین شناسی مهمترین عامل در احداث سد زیرزمینی می‌باشد. همچنین ۳۰/۴۳ درصد حوزه جزو مناطق با تناسب زیاد و ۲۳ درصد جزو مناطق خیلی مناسب جهت احداث سد زیرزمینی شناخته شد.

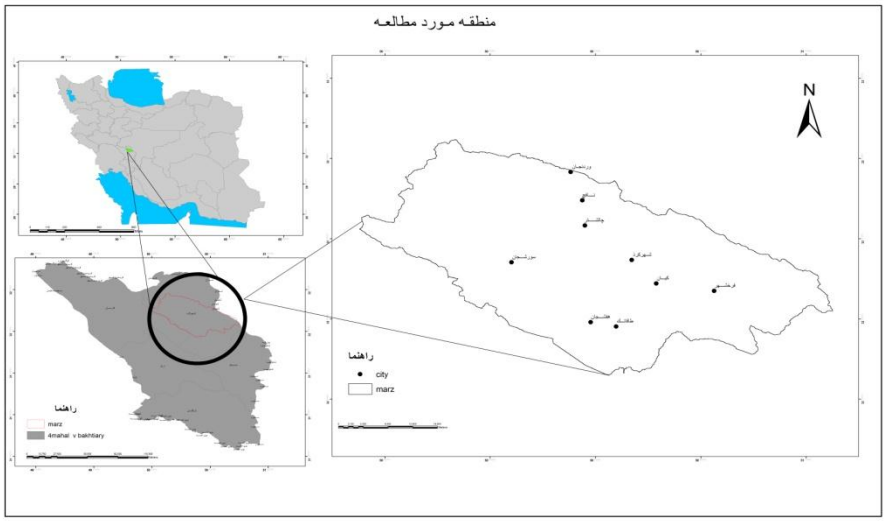
Ishida و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان استفاده پایدار از آب بوسیله احداث سدهای زیرزمینی، به مرور اصول اولیه سدهای زیرزمینی، ساخت و ساز، و مشکلات سد زیرزمینی در سراسر جهان پرداختند. آنها وجود سدهای زیرزمینی در طیف گسترده‌ای از کشورهای جهان نظیر ژاپن، کره، چین، هند،اتیوپی، کنیا، برزیل و آمریکا را گزارش کرده‌اند. در نهایت به این نتیجه رسیدند برای توسعه ساخت و ساز سد زیرزمینی و مقابله با هر گونه مشکلی در این مورد، کشورهای مختلف باید به تبادل اطلاعات و تجربه های خود در این زمینه بپردازند.

با مطالعه و اجرای سدهای زیرزمینی، به ویژه در مناطق کم آب، نه تنها می توان برمشکل کمبود آب چیره شد، بلکه می-توان با ذخیره‌سازی آب در مخزن سد، در هنگام نیاز از آن استفاده کرد. با این دیدگاه هدف از پژوهش حاضر، مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت احداث سدزیرزمینی در حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک است.

**ب- مواد و روش‌ها**

**۱- منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه، حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک واقع در استان چهارمحال و بختیاری با وسعت ۱۴۵۴/۸کیلومترمربع و موقعیت جغرافیایی ″ ۴۲.۲′۲۰°۵۰ تا″۱۹.۷۶′ ۱۰ ° ۵۱ طول شرقی و″۳۱.۰۷′ ۰۷°۳۲ تا ″۱۳.۲۸′۳۳°۳۲ عرض شمالی می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه درایستگاه شهرکرد،۳۳۰ میلی متر و در ایستگاه مرغملک ۴۴۲میلیمترمی‌باشد و طبق طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک سرد قرار دارد.




شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

**۲- روش‌کار**

روش مورد استفاده در این مطالعه در سه مرحله انجام شده است:

۱. تشخیص و انتخاب محدوده‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی

۲. شناسائی نقاط مناسب موجود در این محدوده ها

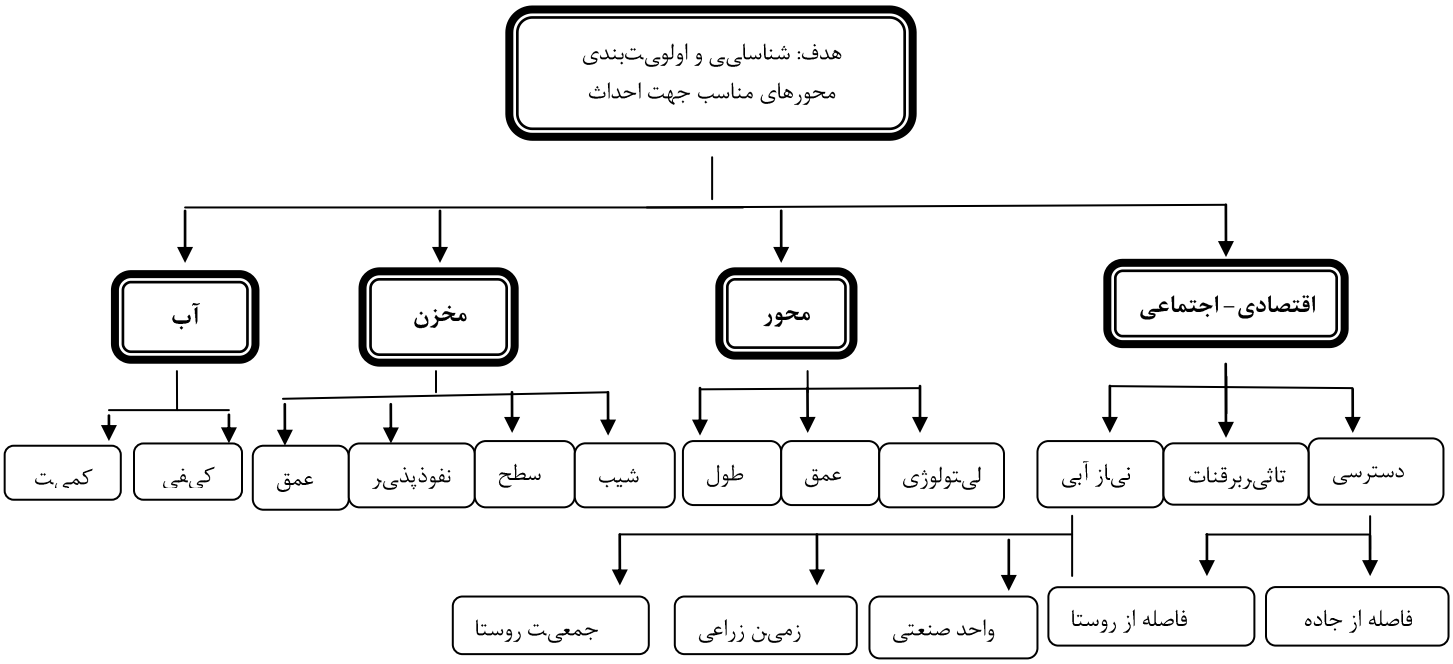
۳. ارزیابی نقاط نسبت به یکدیگر و اولویت بندی آنها جهت احداث سد زیرزمینی

در مرحله اول برای تسریع در امر تصمیم‌گیری و همچنین پرهیز از جمع‌آوری اطلاعات مازاد بر نیاز لازم است که با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی، نقاط نامناسب حذف گردد(داوودی و همکاران،۱۳۸۳). از جمله این شرایط کاربری مراتع و اراضی باغی، شیب زیر ۶ درصد و زمین‌شناسی منطقه بالادست می‌باشد. نقشه کاربری اراضی حوزه با

استفاده از نقشه های پایه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و بازدید صحرایی ، در نرم افزار Arc Gis تهیه شد. از روی نقشه مدل رقومی ارتفاع(DEM)، نقشه شیب منطقه حاصل گردید. در نقشه زمین‌شناسی و با بازدیدهای صحرایی، قسمت‌هایی که در برگیرنده پادگانه‌های آبرفتی قدیمی(به دلیل نفوذپذیری بالا و نشت آب) می‌باشد نامناسب در نظر گرفته شد. بنابراین مناطقی دارای شیب کمتر از ۶ درصد، اراضی مرتعی و باغی، سازندهای کواترنر و بستر آبراهه جدا گردیدند.

در مرحله دوم بعد از تعیین محدوده‌های مناسب، باید محورهای مناسب در محدوده‌ها را مشخص کرد. ابتدا در تنگه‌های موجود در هر محدوده چند محور مشخص شد. مناسب‌ترین محورها آنهایی می‌باشند که علاوه بر طول کم دارای گسترش سطحی زیاد مخزن در بالا دست محور باشند. از طرفی جهت عدم قطع کوره قنات توسط سدزیرزمینی، حریم ۱۰۰ متری با استفاده از نرم افزار Arc Gis تعریف گردید که این محدوده جهت احداث سد زیرزمینی نامناسب می‌باشد. با توجه به این عوامل،در نهایت ۱۵ محور مناسب شناسایی گردید .

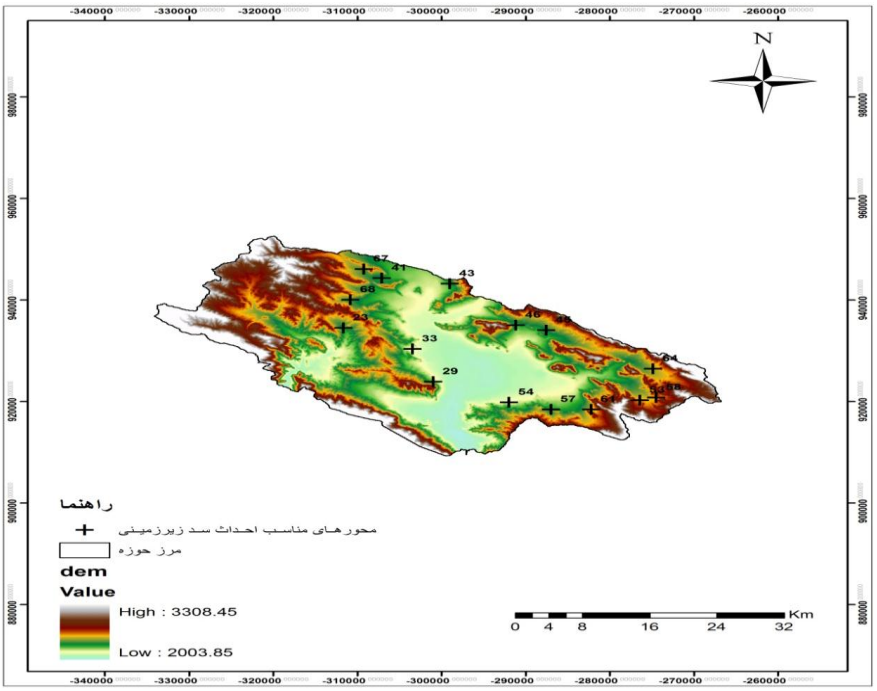
در مرحله سوم برای تعیین مناسب‌ترین محور و اولویت‌بندی محورها، بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند-معیاره(MCDM) از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در این خصوص استفاده شده است(شکل۲). برای تعیین ارزش نسبی شاخص‌ها و معیارها از روش مقایسه جفتی(Saaty، ۲۰۰۰) و نرم‌افزار Expert choice استفاده شده است. در ادامه با استفاده از ارزش های نسبی تعیین شده به روش مقایسه دودوئی ساعتی، برای شاخص‌ها و معیارها برای هر کدام از محورها شاخص تناسب محاسبه گردید. هر محوری که از شاخص تناسب بیشتری برخوردار باشد، محور مورد نظر دارای ارزش بیشتری جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد.




شکل۲ - ساختارجریان تصمیم‌گیریAHP مورد استفاده در اولویت‌بندی احداث سد زیرزمینی

## ج- نتایج و بحث

شاخص‌های تعیین محور مناسب برای احداث سد زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت می باشد، که ابتدا عوامل تاثیرگذار در شناسایی محدوده‌های پتانسیل‌دار جهت احداث سد زیرزمینی بررسی گردید . در ادامه با بازدیدهای میدانی و با در نظر گرفتن محورهایی با طول کمتر ، حجم مخزن بیشتر و عدم قطع کوره قنوات، ۱۵ محور جهت احداث سدزیرزمینی تعیین گردید(شکل۳). برای اولویت‌بندی محورهای تعیین شده بر اساس معیارها و زیرمعیارها، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. در ادامه شاخص تناسب برای هر یک از معیارهای اصلی و فرعی موجود در هر یک از شاخه‌های درخت تصمیم‌گیری جداگانه محاسبه شده و در نهایت پس از تلفیق و جمع کردن آنها به صورت یک عدد نهائی نشان داده می-شود، که هر چه از مقدار بیشتری برخوردار باشد، محور مورد نظر دارای ارزش بیشتری جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد.



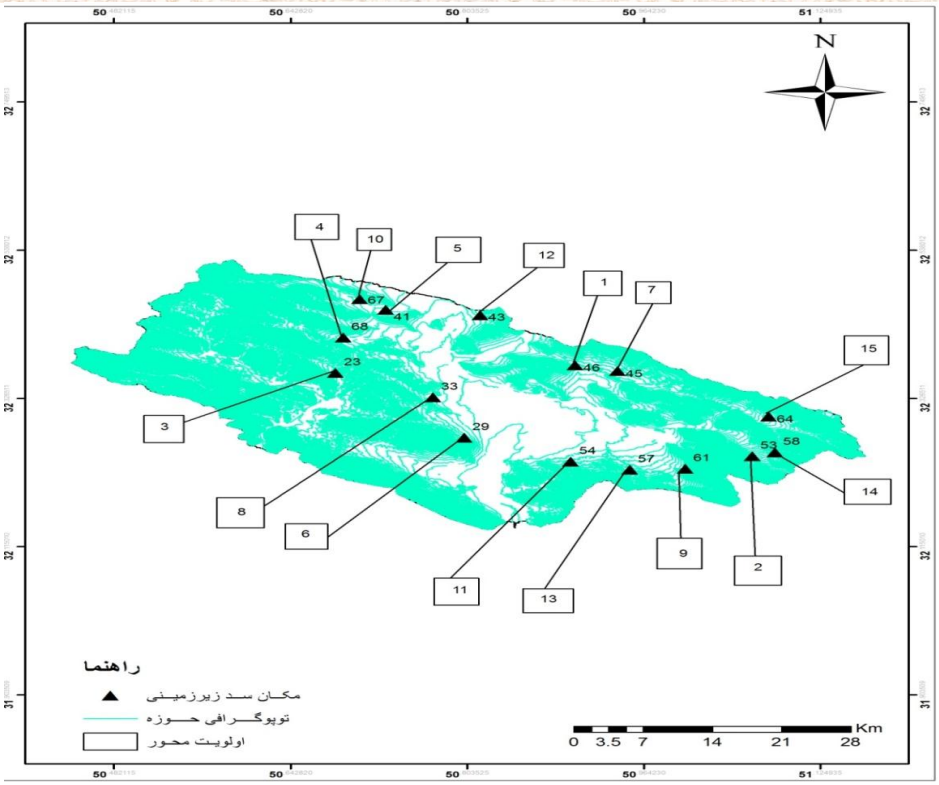

شکل۳- محورهای مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک

در مرحله اولویت‌بندی، محورهایی دارای ارزش و امتیاز بیشتری می‌باشند که در آنجا حجم جریانات زیر سطحی بیشتر و کیفیت شیمیایی آب مناسبتر باشد. در این دیدگاه فرض بر این است که معیار آب نسبت به دیگر معیارهای اصلی مطلقا از ارزش و اهمیت بیشتری برخوردار است. بر مبنای جدول تعیین ارزش نظری ساعتی ، در این حالت ارزش نسبی معیارهای اصلی مطابق جدول۱ می‌باشد.

جدول۱- ارزش نسبی معیارهای اصلی با تاکید بر منابع آب با استفاده از نظرات کارشناسی

| معیارهای اصلی | آب | مخزن | محور | اقتصادی_اجتماعی | اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|---|---|
| آب | ۱ | ۹ | ۹ | ۹ | ۰/۷۵ |
| مخزن | ۱/۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۰۸ |
| محور | ۱/۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۰۸ |
| اقتصادی_اجتماعی | ۱/۹ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۰۸ |

در نهایت نقشه نهایی اولویت‌بندی مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با تاکید بر معیار آب در منطقه مورد مطالعه به دست آمد که در شکل ۴ نشان داده شده است که محور ۴۶ در اولویت می‌باشد.




شکل۴- اولویت بندی محورهای مناسب احداث سد زیرزمینی با تاکید بر معیار آب

بررسی نتایج نشان داده که کمیت آب در مقایسه با کیفیت آن از اهمیت بیشتری برخوردار است چرا که در صورت نبود یا کمبود جریانات زیرسطحی مخزن سد زیرزمینی، به طور کامل آبگیری نشده و با مشکلات فراوانی از جمله تامین نیاز آبی حقابه‌بران روبرو خواهیم شد که با نتایج Nilsson (۱۹۸۸) درباره جمع آوری آب با استفاده از سد زیرزمینی با تاکید بر کمیت آب در کشورهای آفریقایی همخوانی دارد.

طبق نتایج عامل کمیت آب، هر چه آبراهه دارای جریان زیرسطحی بیشتری باشد دارای اهمیت نسبی بیشتری، به دیگر آبراهه‌ها دارد. تحقیق حاضر نشان داد که مناسب‌ترین آبراهه‌ها برای احداث سد زیرزمینی، آبراهه‌های با رتبه ۳و۴ می‌باشد که با نتایج تحقیق سلیمانی(۱۳۸۶) و چزگی(۱۳۸۹) همخوانی دارد. آبراهه‌های با رتبه پایین به دلیل کمیت آب هم از نظر حجم رواناب و هم مقدار آب زیرزمینی نامناسب می‌باشد. رتبه‌های بالاتر نیز به خاطر قرار داشتن در مناطق دشتی و وجود تکیه‌گاه‌های نفوذپذیر (آبرفتی‌بودن تکیه‌گاه) نامناسب هستند.

همچنین طبق نتایج عامل کیفیت آب، هر چه کیفیت آب بالاتر باشد، دارای اهمیت نسبی بیشتری می‌باشد. در مورد کیفیت آب چنانچه در منطقه مورد بررسی منابع آلوده کننده آب وجود داشته باشد در مرحله اول مکان‌یابی، مناطق پائین دست این منابع به عنوان مکان‌های نامناسب در نظر گرفته و حذف گردید. در سایر موارد کیفیت آب عمدتاً متاثر از زمین-شناسی منطقه می‌باشد.

## د- منابع

چزگی، ج.، مرادی، ح. و خیرخواه‌زرکش، م.، (۱۳۸۹)، " مکان یابی محل های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره با تاکید برمنابع آب، مطالعه موردی: غرب استان تهران". علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۴، شماره۱۳.

حکمت‌پور، م.، فیض‌نیا، س.، احمدی، ح. و خلیل‌پور، ا.، (۱۳۸۶)، " پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به کمک GIS و سامانه پشتیبانی‌تصمیم‌گیری(DSS) ". مجله محیط‌شناسی، سال۳۳، شماره ۴۲، ۸-۱.

حیدری، ح.، شهریاری، س.، (۱۳۹۰)، " مکان‌یابی سد زیر زمینی درحوضه رودخانه گرماب،مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات گلستان". فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۵، شماره ۱۰۰.

داودی راد، م.ر.، بهرنگی، ع. و میانجی، ی.، (۱۳۸۳)، " سدهای زیرزمینی ابزاری مفید در مدیریت منابع آب زیرزمینی". مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران، تهران، ۲۱ صفحه.

سلامی، ه.،(۱۳۸۵)، " تعیین مناطق مناسب جهت احداث سدهای زیرزمینی در دشت نطنز با استفاده از دورسنجی". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

سلیمانی، س.،(۱۳۸۶)، "بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی دشت مشهد به منظور پهنه‌بندی پتانسیل احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از GIS و RS، مطالعه موردی: دشت مشهد". پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس،۱۱۲ صفحه.

زاهدی، ا.، طالبی، ع.، لسانی، م، ت. و حاجی ابوالقاسمی، ر.، (۱۳۹۲)، "تعیین و اولویت بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی با استفاده از مدل AHP با تاکید بر جبران نیاز آبی و خشکسالی،منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز درونگر درگز". نهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد.

مهری، ر.، (۱۳۹۰)، " بررسی نقش سدهای زیزمینی به عنوان یکی از روش‌های استحصال آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک". پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

-Ghodrati , M. and Ghazaryan, S.,(2013), “Positioning underground reservoir by underground dams by using geoelectric method”. Vol. 1, No. 3, 199-204

Ishida, S.Tsuchihara, T. Yoshimoto, S and Imaizumi, M.,(2011), “Sustainable use of groundwater with underground dams”. JARQ 45(1): 51–61.

Nilsson, A., (1988),“Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply, Intermediate Technology Publications, London”. 78 pp.

Saaty, T. L.,( 2000), “Fundamentals of Decision Making and Priority Theory”. Pittsburgh, PA: RWS Publications, pp.11.