مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۳۶۸۳-۲۴۷۶
Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه‌های‌آبخیز شهرکرد و مرغملک)

اعظم مومزایی، علی طالبی و نعیم امامی

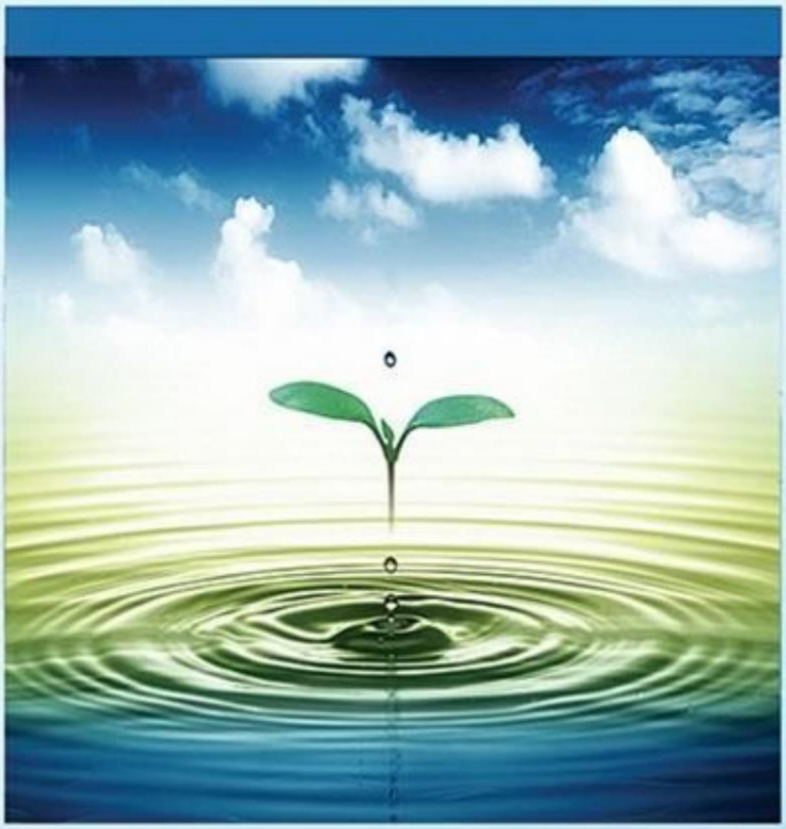
دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۴۷- ۱۳۷

Vol. 4(2), Summer 2018, 137 – 147

DOI: 10.22034/jewe.2018.127667.1254

Site Selection of the Underground Dam using the Analytical Hierarchy Process and Geographic Information System (Case Study: Shahrekurd and Marghmalek Watersheds)

Moomzaie A., Talebi A. and Emami N.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: مومزایی ا.، طالبی ع. و امامی ن. (۱۳۹۷). مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه‌های‌آبخیز شهرکرد و مرغملک). محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۲، صفحات: ۱۴۷ – ۱۳۷.

Citing this paper: 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). J. Environ. Water Eng., 4(2), 137 – 147. DOI: 10.22034/jewe.2018.127667.1254

www.SID.ir

مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه‌های‌آبخیز شهرکرد و مرغملک)

اعظم مومزایی[۱*]، علی طالبی[۲] و نعیم امامی[۳]

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
۲ استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
۳ استادیار، مرکز تحقیقات منابع طبیعی، چهارمحال و بختیاری. شهرکرد

نویسنده مسئول: *Azam_mumzai@yahoo.com

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۱/۲۹] **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۳/۱۲]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۶/۱۱]**

چکیده

سدهای زیرزمینی سازه‌هایی هستند که جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی را مسدود نموده و سبب ایجاد ذخایر آبی در زیرزمین می‌شوند. در مناطق خشک که محدودیت منابع آب وجود دارد، می‌توان با احداث این سازه‌ها منابع آب را مدیریت نمود. هدف از این پژوهش، گزینش مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک، بر پایه‌ی معیارها و ضوابط مکان‌یابی می‌باشد. در فرآیند مکان‌یابی می‌بایست معیارهای مختلفی مورد ملاحظه قرار گیرد، بنابراین کاربرد روش‌هایی که قادر به تأمین معیارهای مورد نظر باشند، ضروری است. بدین منظور در این پژوهش از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. برای اولویت‌بندی مناطق، معیارها و زیرمعیارهایی چون آب (کمیت، کیفیت)، مخزن (عمق مخزن، شیب مخزن، نفوذپذیری 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) استفاده شد. کمیت آب با وزن ۰/۸۳، بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. در نهایت از ۶۰ مکان مناسب در منطقه‌ی مورد مطالعه در مرحله‌ی حذفی (منطق بولین)، تنها ۱۵منطقه برای اولویت‌بندی معرفی شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بهترین محورها برای احداث سد زیرزمینی، در بستر آبرفتی رودخانه‌هایی با جریان زیرسطحی بالا، حجم مخزن زیاد، همچنین حجم رواناب بالا و شیب پایین و نفوذپذیری بالا بوده است.

واژه‌های کلیدی: شاخص تناسب؛ مقایسه‌ی زوجی؛ مکان‌یابی؛ منطق بولین

www.SID.ir
Archive of SID

۱- مقدمه

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان و از جمله ایران به‌شمار می‌رود و عامل تعیین کننده‌ای در میزان کارایی و بهره‌وری سایر منابع نیز محسوب می‌شود. جمع‌آوری آب از جمله اقداماتی است که به‌ویژه در بهره‌برداری صحیح از آب‌های موجود در مناطق خشک می‌تواند مؤثر واقع شود (Kordovani 2004). در کشورهایی مانند ایران، با توجه به تغییرات قابل توجهی در سطح آب‌های زیرزمینی در طول فصول خشک و مرطوب، احداث سد زیرزمینی برای تصفیه و ذخیره‌سازی آب در فصول خشک در طول سال، مفید ارزیابی شده است (Ghodrati and Ghazaryan 2013). سد زیرزمینی دیواره‌ای از جنس مصالح نفوذناپذیر است که در مسیر یک آبراهه‌ی فصلی ساخته می‌شود و جریان زیرسطحی موجود در داخل آبرفت را قطع می‌نماید. این کار به‌نحوی انجام می‌شود که نفوذ آب از بدنه‌ی دیوار و اطراف آن (حدفاصل دیوار و سنگ بستر غیر قابل نفوذ) قطع و یا طوری کاهش می‌یابد که سطح آب در پشت دیوار بالا آمده و از روی آن سرریز می‌کند (Mehri 2011). در این نوع سدها به‌علت غیر قابل رؤیت بودن کار، کنترل عملیات اجرایی و همچنین کنترل آبگذری از مرزها بسیار مشکل می‌باشد و نیاز به دقت و مطالعه‌ی زیادی دارد. به‌دلیل اینکه مخزن سدهای زیرزمینی در داخل آبرفت‌های پشت دیواره‌ی سد تشکیل می‌شود، نسبت به مخزن سدهای سطحی دارای حجم آب کمتری است. به‌همین دلیل باید مکان این سدها در رودخانه‌هایی با آبرفت‌های دانه‌درشت انتخاب گردد (Nilsson 1988). همچنین به‌دلیل ذخیره‌شدن آب در زیرزمین و عدم دقت بالای روش‌های ژئوفیزیکی در برآورد هندسه احجام زیرسطحی، تخمین دقیق حجم مخزن دشوار است. سد زیرزمینی در مقایسه با سد سطحی، دارای مزیتی است که باعث غوطه‌ورشدن زمین می‌شود و در برابر شکست محافظت شده است و همچنین تلفات تبخیری مخزن پایین است (Khoshnud Motlagh 2013). مهمترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی، تعیین مناطق مناسب می‌باشد. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که معیارهای فنی، زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی بسیاری در تصمیم‌گیری در انتخاب محل مناسب دخیل می‌باشند (Salami 2006). در این راستا به‌دلیل وجود مشخصه‌های متعدد درمکان‌یابی، تغییرات مداوم عوامل مؤثر و نیاز به بررسی توأم معیارهای ارزیابی شده، استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی[1] به‌دلیل ویژگی‌ها و توانایی‌های خاص، می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد (Hekmatpour et al. 2007). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] ابزاری توانمند جهت مرتب کردن معیارها در ساختار درخت تصمیم‌گیری است که با استفاده از جدول تعیین ارزش نظری ساعتی و بر پایه‌ی نظرات کارشناسی می‌توان ارزش و اهمیت نسبی معیارها را مشخص نمود (Salami 2006). Quilis et al. (2009) به بررسی هیدرولوژیکی سدهای شنی در مقیاس‌های مختلف پرداختند. در پایان مدل و اندازه‌گیری به این نتیجه رسیدند که یک سد زیرزمینی تأثیر زیادی در دسترس قرار دادن آب در فصل خشک را دارد. سدهای شنی روش هیدرولوژیکی موفقی هستند که می‌توان در مناطق خشک کنیا و دیگر مناطق، ساخت آنها را تعمیم داد. Ishida et al. (2011) وجود سدهای زیرزمینی در طیف گسترده‌ای از کشورهای جهان نظیر ژاپن، کره، چین، هند، اتیوپی، کنیا، برزیل و آمریکا را گزارش کرده است. در منطقه‌ی کهیر شهرستان چابهار در جنوب استان سیستان و بلوچستان، Rahnama et al. (2011) به شناسایی مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در غالب یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مکانی پرداختند. Chezgi et al. (2010) با استفاده از روش‌های تصمیم-گیری چند معیاره[3] به مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی پرداختند. ابتدا معیارهای لازم و تأثیرگذار در

[1] Geographic Information System
[2] Analytical Heierarchy Process
[3] Multiple Criteria Decision Making

Archive of SID
www.SID.ir

انتخاب مکان برای احداث سد زیرزمینی را شناسایی نمودند. سپس با استفاده از روش مقایسه‌های زوجی، معیارهای موجود در هر جز را اولویت‌بندی کردند. در نهایت به این نتیجه رسیدند معیار آب در مقایسه با سایر معیارها بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. Ghayoumian et al. (2007) برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی آب‌های زیرزمینی در حوزه‌ی آبخیز گاوبندی از فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت بهره گرفته‌اند. پارامترهای فوق با اعمال مدل‌های بولین و فازی، طبقه‌بندی و در محیط GIS امتیازدهی و تلفیق شدند. Aghamalaei et al. (2014) فاکتورهای مورد نیاز جهت انتخاب یک مکان مناسب برای احداث سد زیرزمینی از جمله ضخامت و نوع رسوبات در محل محور و مخزن سد، وضعیت نوع رسوبات و سنگ کف در محل محور، عمق سطح آب مشخص و میزان جریان زیرسطحی، روند تغییرات کیفی آب زیرقشری در رودخانه‌ی میان‌رود شهرستان راور در استان کرمان را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد که سایت انتخابی از وضعیت مناسبی برای احداث سد زیرزمینی برخوردار می‌باشد. Esavi et al. (2012) با دو روشAHP و Fuzzy-AHP به تعیین مناطق مناسب سد زیرزمینی در منطقه‌ی طالقان با استفاده از معیارهای زمین‌شناسی، آبراهه، شیب، کاربری، گسل، پوشش گیاهی و موقعیت روستاها پرداختند. اولین و مهمترین مرحله در احداث سد زیرزمینی شناسایی مکان‌های مناسب جهت احداث سد می‌باشد. هدف از این تحقیق، شناسایی و اولویت‌بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک، واقع در استان چهارمحال و بختیاری است. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۴۲ ′۲۰ °۵۰ تا ″۱۹ ′۱۰ °۵۱ طول شرقی و″۳۱ ′۰۷ °۳۲ تا ″۱۳ ′۳۳ °۳۲ عرض شمالی در مختصات UTM از بیضوی WGS 84 و در زون ۳۹ شمالی واقع شده است. در شکل (۱) موقعیت محدوده‌ی مطالعاتی ملاحظه می‌شود. وسعت این محدوده، ۱۴۵۴/۸ km^2معادل ۱۴۵۴۸۰ ha است. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک سرد قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه در ایستگاه شهرکرد، ۳۳۰mm و در ایستگاه مرغملک ۴۴۲ mm، حداقل دما ۳۲- و حداکثر دما ۴۰°C است. بر اساس تقسیمات ساختمانی ناحیه‌ی مورد مطالعه در پهنه‌ی (زون) سنندج-سیرجان واقع شده‌است.

۲-۲- انتخاب محدوده‌ها

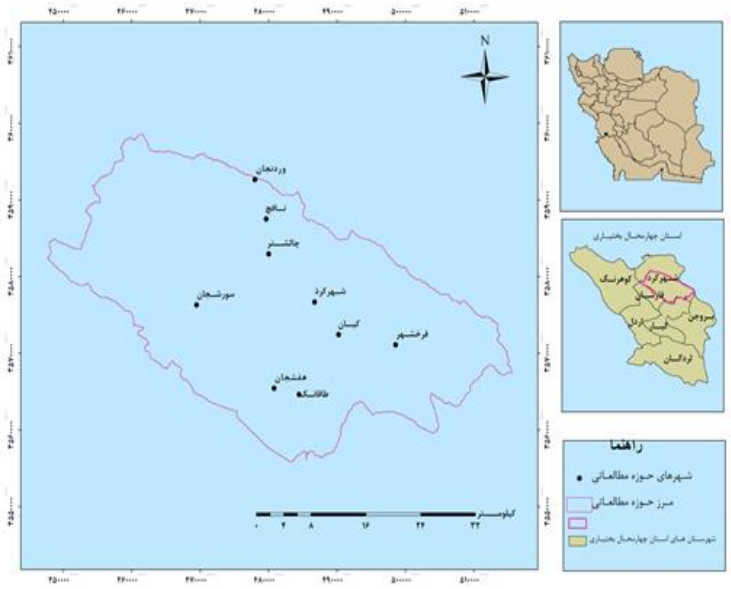
برای تسریع در تصمیم‌گیری و همچنین پرهیز از جمع-آوری اطلاعات مازاد، ابتدا لازم است که با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی، نقاط نامناسب حذف شود. برای انتخاب محدوده‌های دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی، از منطق بولین استفاده شد. منطق بولین یا منطق صفر و یک، برگرفته از نام ریاضیدان مطرح (جورج بولی) بوده که در آن وزن‌دهی به واحدها در هر لایه‌ی اطلاعاتی براساس امتیاز صفر و یک می‌باشد (Farhoudi et al. 2005). نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه با استفاده از نقشه‌های پایه‌ی توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ و بازدید صحرایی در نرم افزار Arc Gis تهیه شد. در این نقشه برای مراتع با پوشش فقیر، متوسط، خوب و اراضی باغی ارزش عددی یک و برای سایر طبقه‌ها ارزش عددی صفر در نظر گرفته شد. از روی نقشه مدل رقومی ارتفاع[4]، نقشه‌ی شیب منطقه حاصل شد. برای شیب‌های ٪۶-۲ ارزش عددی یک و سایر طبقه‌ها ارزش عددی صفر در نظر گرفته شد. در نقشه‌ی زمین‌شناسی، مناطق در برگیرنده‌ی پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (به دلیل نفوذپذیری بالا و نشت آب) حذف شد. بعد از تهیه‌ی نقشه‌های پایه‌ی اولیه شامل نقشه‌ی زمین شناسی، نقشه‌ی کاربری اراضی، نقشه‌ی شیب، با استفاده از

[4] Dem

Archive of SID

www.SID.ir

عملگر AND در منطق بولین، مناطق اولیه‌ی مستعد احداث سد زیرزمینی تعیین شد.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig.1 geographical location of the study area

۲-۳- شناسایی نقاط مناسب

بعد از تعیین محدوده‌های مناسب، باید محورهای مناسب در محدوده‌ها را مشخص کرد. با استفاده از بازدیدهای میدانی تنگه‌های موجود در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که هر چه طول محور کمتر باشد حجم کار سازه‌ای کاهش می‌یابد و عملیات اجرا با سرعت پیش می‌رود. مناسب‌ترین محورها آن‌هایی می‌باشند که علاوه بر طول کم، دارای گسترش سطحی زیاد مخزن در بالادست محور باشند. از طرفی با این پیش فرض که هیچ قناتی نباید به واسطه‌ی احداث سد زیرزمینی در معرض تخریب یا کاهش شدید دبی قرار گیرد، مناطقی که در آنها کوره‌ی قنات وجود دارد، در این مرحله از پتانسیل‌یابی جزء مناطق نامناسب احداث سد زیرزمینی درنظر گرفته شد. جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پراکندگی قنوات، از نقشه‌ی قنوات در سازمان آب منطقه‌ای استان چهارمحال بختیاری استفاده شد. در نرم‌افزار Arc Gis ۳،۹، یک حریم با فاصله‌ی ۱۰۰m از محور قنوات تعریف شد که مناطق درون این محدوده برای ایجاد سد زیرزمینی نامناسب می‌باشد. با توجه به این عوامل و با بازدیدهای صحرایی، در نهایت ۱۵محور مناسب شناسایی شد.

۲-۴- ارزیابی و اولویت‌بندی نقاط

در این مرحله برای تعیین مناسب‌ترین محور و اولویت‌بندی محورها و برای آنکه وزن‌دهی معیارها و قضاوت‌ها با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه باشد، بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار Expert choice استفاده شد. این شیوه توانایی احساسات و منطق را در رابطه با موضوعات منعکس می‌سازد و سپس این قضاوت‌های مختلف را در قالب نتیجه‌ای با هم ترکیب می‌نماید که با قضاوت مهندسی همخوانی دارد (Ghodsipour 2005). روش وزن‌دهی، بر دانش کارشناسی استوار است. برای این‌که ارجحیت فاکتورها نسبت به هم سنجیده شوند، از روش مقایسه‌ی زوجی استفاده شد. در روش مقایسه‌ی زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به

Archive of SID
www.SID.ir

یکدیگر تعیین می‌شود. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها است. هر یک از فاکتورها بر اساس اهمیت و رجحانی که نسبت به یکدیگر دارند در محدوده‌ای بین ۱ تا ۹ قرار می‌گیرند (Malczewski et al. 2006). بر اساس نظرات کارشناسان مختلف دانشگاهی و اجرایی اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه‌ی زوجی می‌گردد. برای مقایسه‌ی زوجی پارامترها (به‌صورت طبقه‌بندی کمی بین ۱ تا ۹) از جدول (۱) استفاده شد (Saaty 2000).

جدول ۱- تعیین ارزش معیارها با استفاده از نظرات کارشناسی (Saaty 2000)

Table 1. Determine the value of criteria by expert opinion (Saaty 2000)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملا مرجع یا کاملا مهمتر یا کاملا مطلوبتر	9
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	7
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	5
کمی مرجع یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر	3
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	1
ترجیحات بین فواصل فوق	8،6،4،2

۲-۴-۱ تعیین معیارها و زیرمعیارها

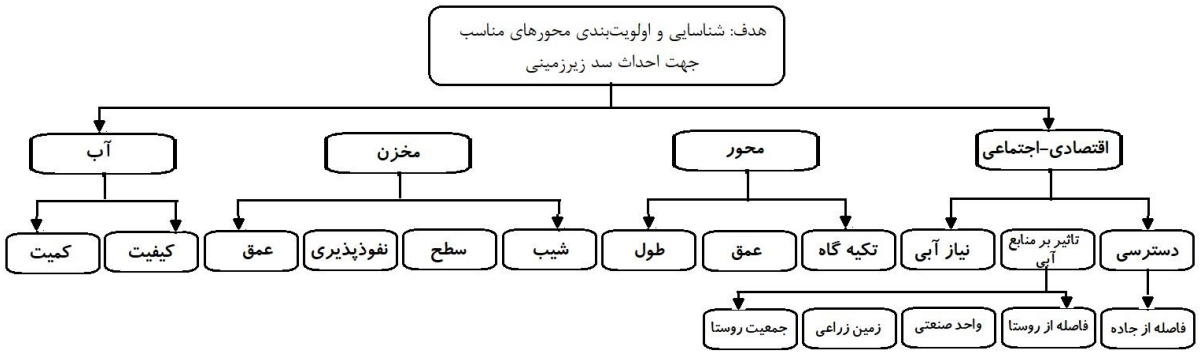
اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. با توجه به نظر کارشناسان، درخت تصمیم‌گیری شامل چهار معیار اصلی آب، محور سد، مخزن سد و عوامل اقتصادی-اجتماعی است. زیر-معیارهای معیار آب شامل کیفیت و کمیت، زیرمعیارهای محور سد شامل طول محور، عمق محور و تکیه‌گاه محور، زیرمعیارهای مخزن سد شامل سطح مخزن، شیب، نفوذ-پذیری و عمق آبرفت مخزن و زیرمعیارهای معیار اقتصادی-اجتماعی شامل میزان نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، تأثیر بر منابع آبی و میزان دسترسی(فاصله سد از جاده و روستا) می‌باشد. معیارها و زیرمعیارها در شکل (۲) آورده شده است.

۲-۴-۲-مقایسه‌ی زوجی

نحوه‌ی انجام مقایسه‌های زوجی به این ترتیب است که اجزا به‌صورت زوجی و بر اساس یک معیار با هم مقایسه شده‌اند. برای انجام این مقایسه‌ها، از روش ماتریس مربع استفاده شد. بدین صورت که از رأس سلسله مراتب با انتخاب معیار C مقایسه آغاز شد. در این ماتریس معیار A_1از ستون با معیار A_1 تا A_n از سطر با توجه به معیار C مقایسه شد. هنگام مقایسه‌ی معیار A (سطر) با B (ستون)، یکی از اعداد مذکور در به آن اختصاص یافت، هنگام مقایسه‌ی B با A، معکوس آن عدد قرار داده شد. همچنین هنگام مقایسه‌ی یک معیار با خودش، عدد ۱ به آن تعلق گرفت. بنابراین قطر ماتریس همیشه مجموعه‌ای از اعداد ۱ خواهد بود.مرحله‌ی بعد در روش AHP، تلفیق قضاوت‌ها می‌باشد. بدین معنی که باید عملیاتی را انجام داد که از طریق آن عددی به‌دست آید (اوزان) که نمایانگر اولویت هر عنصر باشد. یکی از روش‌های محاسبه‌ی اوزان، روش ساعتی می‌باشد.

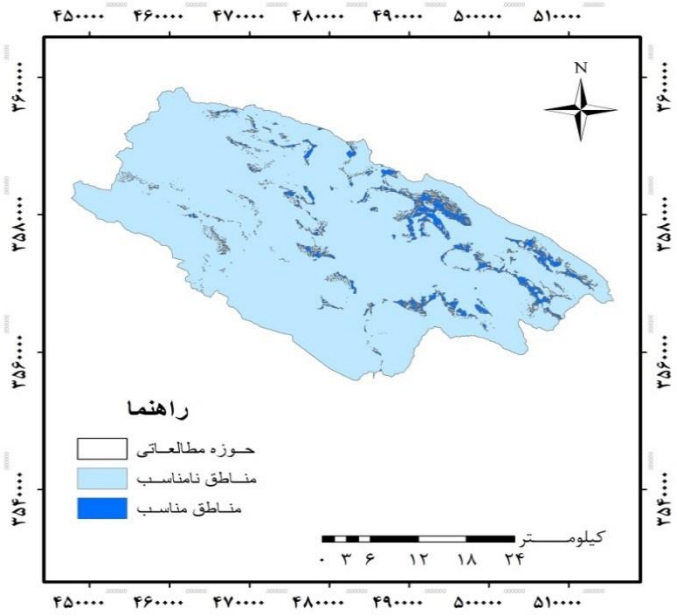
در این روش، مقادیر هر ستون را جداگانه جمع نموده و سپس هر عنصر ماتریس بر حاصل جمع ستون مربوطه، تقسیم می‌شود. در مرحله‌ی بعد آرایه‌های هر سطر ماتریس را با هم جمع نموده و بر تعداد آرایه‌های سطر تقسیم می‌نمایند. پاسخ به‌دست آمده یک ماتریس ستونی خواهد بود که آرایه‌های آن، ارزش (وزن) معیارهای مقایسه شده می‌باشد (Azar and Rajabpour 2002). یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان برای سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. تعیین ضریب اهمیت معیار و زیرمعیارها با استفاده از قضاوت ترجیحی کارشناسان و با روش مقایسه زوجی و بررسی سازگاری قضاوت‌ها با توجه به نرخ سازگاری است. نرخ سازگاری باید کمتر از ۱۰٪ باشد تا قضاوت‌ها قابل قبول باشند (Dey and Ramcharan 2008).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- ساختارجریان تصمیم‌گیری AHP مورد استفاده در اولویت‌بندی محورهای سد زیرزمینی (Chezgi et al. 2010)

Fig. 2 AHP decision making structure used in prioriting the underground dam (Chezgi et al. 2010)



شکل۳- نقشه مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از معیارهای حذفی به روش بولین

Fig. 3 Map of the suitable areas for underground dam construction using the elimination criteria method of the Boolean logic

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- تعیین محورهای مستعد

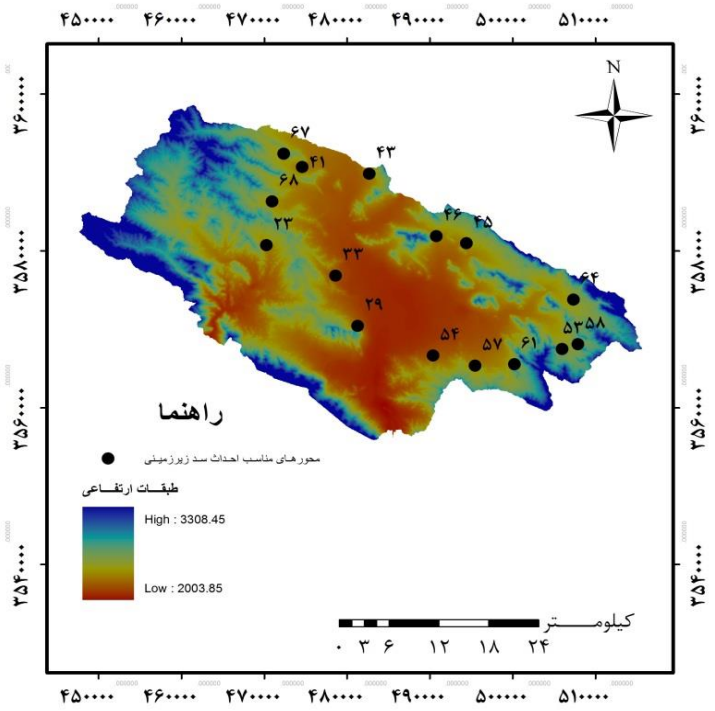
شاخص‌های تعیین محور مناسب برای احداث سد زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت می‌باشد، که ابتدا عوامل تأثیرگذار در شناسایی محدوده‌های پتانسیل‌دار احداث سد زیرزمینی بررسی شد. به‌طوری که در آغاز نقشه‌های پایه شامل زمین شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه و در محیط نرم‌افزاری Arc Gis۳،۹ از طریق منطق بولین با هم تلفیق شد. بدین صورت که در نقشه‌ی زمین-شناسی سازندهای کواترنر، در نقشه‌ی شیب، شیب‌های ۶-۲ و در نقشه‌ی کاربری، اراضی باغی و مراتع دارای ارزش عددی یک می‌باشند که پس از تلفیق این نقشه‌ها، مناطق دارای ارزش عددی یک، محدوده‌های مناسب جهت احداث

www.SID.ir

سد زیرزمینی را مشخص نمود که نتایج در شکل (۳) نشان داده شده است. در ادامه با بازدیدهای میدانی و با در نظر گرفتن محورهایی با طول کمتر، حجم مخزن بیشتر و عدم قطع کوره‌ی قنوات، در بین محدوده‌های مشخص شده در مرحله‌ی قبل، ۱۵ محور جهت احداث سد زیرزمینی تعیین شد. همانطور که ذکر شد این محورها در تنگه‌هایی قرار دارند که دارای کاربری و شیب مناسب، تکیه‌گاه‌های مقاوم، حجم سازه‌ای کم و مخزن قابل توجه می‌باشند و احداث سد باعث قطع یا کاهش قابل توجه آبدهی منابع آبی نمی گردد. این نقاط در شکل (۴) نشان داده شده است.

۳-۲- تعیین اهمیت معیارها و زیرمعیارها

پس از تعیین محورهای مناسب، برای اولویت‌بندی محورهای تعیین شده بر اساس معیارها و زیرمعیارها در شکل(۲)، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. با توجه به آنچه که در چگونگی مقایسه زوجی و روش امتیاز-دهی بین معیارها و زیرمعیارها در بخش روش کار گفته شد، نتایج ماتریس مقایسات زوجی معیارها و زیر معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری در جداول (۲) و (۳) آورده شده است.در جدول (۲) اهمیت زیرمعیارهای مربوط به معیار آب و مخزن مشخص شده است. در معیار آب، زیرمعیار کمیت با وزن۰/۸۳ در برابر زیر معیار کیفیت با وزن ۰/۱۷نشان‌دهنده اهمیت بیشتر کمیت آب می‌باشد. در معیار مخزن، وزن زیرمعیار نفوذپذیری ۰/۵۶، وزن زیرمعیار شیب ۰/۲۵، وزن زیرمعیار سطح مخزن ۰/۰۹۵ و وزن زیر-معیار عمق مخزن ۰/۰۹۵ می‌باشد که نفوذپذیری بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.



شکل۴- محورهای مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز شهرکرد و مرغملک

Fig. 4 Appropriate axes for the construction of underground dams in Shahr-e-Kurd and Marghmalek watersheds

www.SID.ir

در جدول (۳) اهمیت زیرمعیارهای مربوط به معیار محور سد و عوامل اقتصادی-اجتماعی بیان شده است. جدول (۳) نشان می‌دهد که زیرمعیارهای محور سد شامل عمق محور با وزن ۰/۷۴، طول محور با وزن ۰/۲۱ و تکیه‌گاه محور با وزن ۰/۰۶می‌باشد که عمق محور دارای اهمیت بیشتری نسبت به دیگر زیرمعیارها است. در معیار عوامل اقتصادی-اجتماعی زیرمعیار تأثیر بر منابع آبی با وزن ۰/۷۳، زیرمعیار میزان نیاز آبی با وزن ۰/۱۹ و زیرمعیار میزان دسترسی به آب دارای وزن ۰/۰۸ است که زیرمعیار تأثیر بر منابع آبی دارای بیشترین وزن و اهمیت می‌باشد.

جدول۲- تعیین اهمیت زیر معیارهای آب و مخزن
Table 2. Determining the importance of water and reservoirs's sub criterions

اهمیت نسبی	کیفیت		کمیت	معیارهای فرعی آب
0.83	5		1	کمیت
0.17	1		1.5	کیفیت
اهمیت نسبی	عمق	سطح	شیب	نفوذپذیری	معیارهای فرعی مخزن
0.56	5	5	3	1	نفوذپذیری
0.25	3	3	1	1.3	شیب
0.095	1	1	1.3	1.5	سطح
0.095	1	1	1.3	1.5	عمق

جدول۳- تعیین اهمیت زیرمعیارهای محور و اقتصادی-اجتماعی
Table 3 Determining the importance of axis and socio-economic's sub criterions

اهمیت نسبی	تکیه‌گاه	طول	عمق	معیارهای فرعی محور
0.74	9	5	1	عمق
0.21	5	1	1.5	طول
0.06	1	1.5	1.9	تکیه‌گاه
اهمیت نسبی	میزان دسترسی	نیاز آبی	تأثیر بر منابع آبی	معیارهای فرعی اقتصادی-اجتماعی
0.73	7	5	1	تأثیر بر منابع آبی
0.19	3	1	1.5	نیاز آبی
0.08	1	1.3	1.7	میزان دسترسی

۳-۳- تعیین شاخص تناسب

با استفاده از ارزش‌های نسبی تعیین شده به روش مقایسه-ی دودوئی ساعتی، برای این شاخص‌ها و معیارها و استفاده از رابطه برای هر کدام از محورها شاخص تناسب محاسبه شد. شاخص تناسب برای هر یک از معیارهای اصلی و فرعی موجود در هر یک از شاخه‌های درخت تصمیم‌گیری جداگانه محاسبه شد و در نهایت پس از تلفیق و جمع کردن آنها به‌صورت یک عدد نهائی نشان داده شد، که هر چه از مقدار بیشتری برخوردار باشد، محور مورد نظر دارای ارزش بیشتری جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد. برای مثال برای معیار اصلی آب، محاسبه شاخص تناسب از

www.SID.ir

روابط ریاضی صورت می‌پذیرد (Ghodsipour 2005). نتایج حاصل از محاسبه‌ی شاخص تناسب محورها در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به جدول (۴) ، محور ۴۶ با بیشترین شاخص تناسب، در اولویت اول از نظر مناسب بودن جهت احداث سد زیرزمینی در حوزه‌ی مورد مطالعه، قرار گرفته است و در ادامه‌ی آن به ترتیب محورهای ۵۳، ۴۱، ۲۳، ۴۵، ۲۹، ۶۸، ۳۳، ۴۳، ۶۱، ۵۴، ۵۷، ۶۷، ۶۴ و ۵۸ در اولویت احداث سد زیرزمینی می‌باشند.

جدول۴- شاخص تناسب کل و اولویت هر یک از محورها
Table 4 Total suitability index and Priority of each axis

محور	شاخص تناسب	اولویت
23	0.303	4
29	0.285	6
33	0.253	8
41	0.304	3
43	0.251	9
45	0.292	5
46	0.475	1
53	0.447	2
54	0.212	11
57	0.210	12
58	0.143	15
61	0.216	10
64	0.144	14
67	0.191	13
68	0.278	7

۴-نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده، نتایج بارز به‌دست آمده از این تحقیق در موارد زیر خلاصه می‌شود:

۱- بعد از انتخاب گزینه‌های مناسب احداث سد زیرزمینی، با استفاده از روش AHP و بر اساس معیارهای مورد نظر، ۱۵ محور مختلف منطقه، به‌عنوان مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی اولویت‌بندی شد.

۲- در معیار آب، زیرمعیار کمیت آب با وزن۰/۸۳، در معیار مخزن، زیرمعیار نفوذپذیری با وزن ۰/۵۶، در معیار محور سد، زیرمعیار عمق محور با وزن ۰/۷۴ و در معیار عوامل اقتصادی-اجتماعی زیر معیار تأثیر بر منابع آبی با وزن ۰/۷۳، به عنوان مهمترین عوامل مؤثر در احداث سد زیرزمینی شناخته شد.

۳- طبق اولویت‌بندی محورها، محور با شاخص تناسب ۰/۴۷۵ در اولویت اول جهت احداث سد زیرزمینی قرار گرفت.

۴- استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در صورتی که گزینه و تعداد معیارها زیاد باشند، گزینه‌ی نهایی را می‌توان با دقت مناسب انتخاب نمود.

لازم به ذکر است که در این تحقیق متغیرهای زیست محیطی احداث سدهای زیرزمینی مورد بررسی قرار نگرفت. بدیهی است که هرگونه تصمیم گیری در خصوص احداث این نوع سدها منوط به ارزیابی دقیق عوارض زیست محیطی آنها می باشد.

References

Azar A. and Rajabpour A. (2002). Applied decision making (M.A.D.M approach), Publishing Look Knowledge. 438pp [In Persian].

Aghamalai A., lashkarpour Gh.R. and Ghafary M. (2014). Investigation of effective factors in the implementation of underground dams (Case study: Miyanroud Ravar underground dams. Kerman). J. Irrig. Water Eng., 5(17), 67-82 [In Persian].

Chezgi J., Moradi H. and Kheirkhah M. (2010). Locating suitable sites for underground dam construction using a multiple criteria decision making with emphasis water resources (Case study: West of Tehran Province). Iran-Water. Manag. Sci. Eng., 4(13), 65-68 [In Persian].

Archive of SID
www.SID.ir

Dey P.K. and Ramcharan E.K. (2008). Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. J. Environ. Manag., 88, 1384- 1395.

Esavi V., Karami J., Alimohammadi J. and Niknezhad S.A. (2012). Comparison the AHP and Fuzzy-AHP decision making methods in underground dam site selection in Taleghan Basin. J. Earth Sci., 22(85), 27-34 [In Persian].

Farhoudi K., Habibi K. and Zandi Bakhtiyari P. (2005). Landfill location of municipal solid waste using fuzzy logic in Gis (Case study: Sanandaj city). Fine Arts J., (23), 15-24 [In Persian].

Ghayoumian J., Saravi M., Feiznia S., Nouri B. and Malekian A. (2007). Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. J. Asian Earth Sci., (30), 346-374 [In Persian].

Ghodrati M. and Ghazaryan S. (2013). Positioning underground reservoir by underground dams by using geoelectric method. Quart. J. Tethys, 1(3), 199-204.

Ghodsipour S. (2005). Analytical hierarchy process (AHP). Masters Thesis, Amirkabir University of Technology Tehran, Tehran, Iran. 109pp.

Hekmatpour M., Feiznia S., Ahmadi H. and Khalilpour A. (2007). Zonation of Suitable Areas for Ground water Artificial Recharge in Varamin Plain using GIS and Decision Support System (DSS). J. Environ. Studies, 33(42), 1-8 [In Persian].

Ishida S., Tsuchihara T., Yoshimoto S. and Imaizumi M. (2011). Sustainable use of groundwater with underground dams. Japan Agri. Res. Auart., 45(1), 51–61.

Khoshnud Motlagh S. (2013). Determining the criteria for providing a decision support system for locating and prioritizing areas prone to underground dam construction in Borujen Plain. Masters Thesis, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran. 93pp.

Kordovani P. (2004). Resources and Water Issues in Iran, University of Tehran Publications. 414pp.

Malczewski Y. Parhizkar A and Ghafari Gilandeh A. (2006). Gis and Multicritirial Decision Analysis, First Edition, Publication Samt. 597 pp.

Mehri R. (2011). Studying the role of underground dams as one of the methods for water harvesting in arid and semi-arid regions. Proc. 2011, 5th Int. Conf. on watershed and soil and water resources management, Kerman, Iran.

Nilsson A. (1988). Groundwater dams for small-scale water supply, Intermediate Technology Publications, London. 78 pp.

Quilis R. O., Hoogmoed M., Ertsen M., Foppen J.W., Hut R. and de Vries A. (2009). Measuring and modeling hydrological processes of sand-storage dams on different spatial scales. Phys. Chem. Earth, 34(4-5), 289–298.

Rahnama Rad J., Noura M. and Farifte Jahantigh M. (2011). Underground dam detection groundwater dam using, GIS and Analytical hierarchy process (AHP) (Case study: Chabahar- Kahir). Proc. 2011, First Conf. on Regional Water Resources Development, Islamic Azad University Abarkuh.

Saaty T. L. (2000). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications. 11pp.

Salami H. (2006). Determination of suitable areas for underground dam construction in volcanik areas using remote sensing (Case study: The northern slopes of the karkas mountains). Masters Thesis, Shahid Beheshti University - Faculty of Earth Sciences, Tehran, Iran.

www.SID.ir

Site Selection of the Underground Dam using the Analytical Hierarchy Process and Geographic Information System (Case Study: Shahrekurd and Marghmalek Watersheds)

Azam Moomzaie[1*], Ali Talebi[2] and Naeim Emami[3]

[1]M.Sc., Graduate of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
[2]Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
[3]Assistant Professor, Research Center of Natural Resources, Chahar Mahal Bakhtiari, Iran

*Corresponding author: Azam_mumzai@yahoo.com

Original Paper
Received: April 18, 2018 **Revised:** June 02, 2018 **Accepted:** September 02, 2018

Abstract
Underground dams are structures blocking the natural flow of groundwater and provide groundwater resources. In arid regions with limited water resources, it can be managed by constructing these structures. The purpose of this study was to select suitable site for the construction of underground dams in ShahreKurd and Marghmalek watersheds based on site selection criteria. As several different criteria should be considered, it is essential to use methods that are capable of fulfilling the desired criteria. For this purpose, GIS and Analytical hierarchy process (AHP) were used in this research. To prioritize the areas, different criteria and sub-criteria such as water (quantity, quality), reservoir (reservoir depth, reservoir slope, permeability and reservoir area), axis (axis length, axis depth and lithology of the supports) and socio-economic factors (distance from rural areas, distance from road, drinking, agricultural and industrial water supplies, and impact on water resources) were considered. The water quantity with a weight of 0.83 had the highest rank. Finally, 15 regions were introduced for prioritization out of 60 suitable sites in the study area using Boolean logic. The results showed that the best axes for underground dam construction were located in alluvial beds of low slope, high-flow rivers, with large reservoir volume, high runoff, and high permeability.

Keywords: Suitability Index; Pairwise Comparison; Site Selection; Boolean Logic.

www.SID.ir