Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه۹۹

مکان‌یابی اولیه سدهای زیر زمینی با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره TOPSIS و GIS در بخش شرقی حوزه رودخانه گرگان‌رود

محمدرضا دهمرده قلعه نو[1*]

Mr.dahmardeh@uoz.ac.ir

قاسم میرزایی[2]

احسان الوندی[3]

تاریخ دریافت:۹۵/۱۲/۶ تاریخ پذیرش:۹۶/۵/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: سدهای زیر زمینی سازه‌هایی هستند که توانایی مسدود کردن آب زیر قشری، نگهداری آب در سفره‌های محلی و یا منحرف کردن آب به سفره‌های مجاور، بالا بردن تراز آب زیر زمینی، ذخیره کردن و در دسترس قرار دادن آب زیر زمینی را دارا می‌باشند.با در نظر گرفتن منافع محیط‌زیست و اجتماعی-اقتصادی سدهای زیرزمینی، مکان‌یابی مناسب اولین قدم در احداث این سدهای می‌باشد. روش‌های اصولی و جدید به منظور مکان‌یابی صحیح، خطرات مرتبط با مکان‌یابی نامناسب و ساخت سدهای زیرزمینی را کاهش می‌دهد. بدین منظور در این تحقیق از طریق استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در کنار قابلیت‌های بالای نرم افزار ArcGIS مکان‌یابی مناسب سدهای زیر زمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان انجام شده است.

روش بررسی: معیارهای شیب، شبکه آبراهه، زمین شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی، گسل، بافت خاک و موقعیت‌روستا در نظر گرفته شده است. به منظور وزن‌دهی معیارها، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) استفاده شده است. در ادامه به منظور تلفیق نقشه‌های معیار و مکان‌یابی مناسب سدهای زیر زمینی از تکنیکTOPSIS استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده در مرحله وزن‌دهی معیارها نشان داد، نرخ سازگاری مقایسات ۰/۰۳ است که این رقم تایید کننده صحت وزن‌دهی انجام شده بود. دو معیار شیب و موقعیت روستا به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین تاثیر روی مکان‌یابی سد زیرزمینی تشخیص داده شده است. نتایج نشان داد منطقه مورد مطالعه به چهار بخش خیلی مناسب، مناسب، تا حدودی نامناسب و نامناسب برای احداث سد زیرزمینی طبقه‌بندی شده است. بیش‌ترین سطح منطقه را طبقه نامناسب(۷۶/۷ درصد) و کم‌ترین سطح منطقه را طبقه خیلی‌مناسب(۲/۱ درصد) به خود اختصاص داده است.

۱-استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.* (مسوول مکاتبات)

۲- عضو هیات علمی، دانشکده کشاورزی مشکین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

۳- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت، در مکان‌یابی مناسب برای احداث سد زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان، با وجود وابستگی‌های مکانی میان نقشه‌های معیار و این‌که نمی‌توان نقشه‌های معیار را مستقل از یکدیگر در نظر گرفت، استفاده از تکنیک TOPSIS می توان به عنوان یک روش مناسب در تلفیق معیارها معرفی شود. همچنین معیارهای شیب و زمین شناسی به عنوان مهم‌ترین معیار برای مکان‌یابی سد زیرزمینی معرفی شدند. لازم به ذکر است با توجه به توانایی‌های بالای تکنیک TOPSISوGIS در مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی، هرچه قدر نظرات کارشناسی دقیق‌تر و داده‌ها و اطلاعات به روزتر باشند، استفاده از این فنون و ابزار با نتایج بهتری همراه است.

واژه‌های کلیدی: سدهای‌زیرزمینی، تصمیم‌گیری چند معیاره، GIS، مناطق خشک، حوزه رودخانه گرگان‌رود

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.7, October, 2020

The Choice of Location of Underground Dams Using Multi-Criteria Decision-Making Methods TOPSIS and GIS in the Eastern Part of the Watershed of Gorganroud

Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno[1*]

Mr.dahmardeh@uoz.ac.ir

GhasemMirzaei[2]

EhsanAlvandi[3]

Admission Date:May 9, 2018 Date Received: February 24, 2017

Abstract

Background and Objective: Groundwater dams are structures that have the ability to block subcortical water, retain water in local aquifers or divert water to adjacent aquifers, raise groundwater levels, store and make available groundwater. Taking into account the environmental and socio-economic benefits of underground dams, proper location is the first step in the construction of these dams. New and innovative methods for correct location reduce the risks associated with improper location and construction of underground dams. For this purpose, in this research, through the use of multi-criteria decision-making methods along with the high capabilities of ArcGIS software, suitable location of underground dams in the eastern part of Gorganrood watershed in Golestan province has been done.

Method: Criteria were considered including slope, drainage, geology, topography, land use, fault, soil texture, and positions of village. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to weighting the criteria. Then the TOPSIS technique is used to integrate criteria maps and locating underground dams.

Findings: A consistency rate of 0.03, showed a relatively high accuracy of weighting process. Considering the normal weights, slope and positions of village were found to be the most and the least effective criteria, respectively. The results showed that the study area is classified into four categories for constructing underground dams: very suitable, suitable, partly suitable and unsuitable. The unsuitable category has the highest percentage of the surface area (76.7 percent) and the very suitable category has the lowest percentage of the surface area (2.1 percent).

Discussion and Conclusion: In conclusion, with considering high capacities of multiple-criteria decision-making methods and GIS in locating underground dams, as expert opinions are more accurate and data are newer and it is more possible to get better results from these techniques and tools.

Key words: Underground Water, Multiple-Criteria Decision-Making, GIS, Arid Regions, Gorganroud Watershed.

1- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran *(Corresponding author)

2- Faculty of Agriculture of Meshkin Shahr, University of Mohaghegh, Ardabili.Iran

3-Ph.D., Student, Watershed Management, Department of Watershed Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

www.SID.ir

مقدمه

راه کارهای مقابله با کم آبی در دو استراتژی مدیریت صحیح منابع آب و استحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود. در کشور ایران به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص، بهبود مدیریت منابع آبی موجود، نتایج بهتر و سریع‌تری خواهد داشت. در اغلب نقاط ایران، به علت بارندگی کم و توزیع زمانی نامناسب آن، منابع آب زیرزمینی و مدیریت آن از اولویت خاصی برخوردار است(۱). از طرفی میزان کم بارندگی، تبخیر زیاد، مدیریت ضعیف آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز، میزان بسیار زیاد رسوب، مواد آلی و شیمیایی و در نهایت اثرات مخرب زیست محیطی و اجتماعی، بسیاری از سدهای بزرگ کشور را دچار بحران نموده است(۲). سد کردن آب زیرزمینی برای حفاظت از منابع آب یک مفهوم جدید نمی‌باشد. رومی‌ها این سدها را در جزیره‌ی ساردینیا ساخته‌اند. بررسی سازه‌های تاریخی در تونس نیز نشان می‌دهد که سد کردن آب زیرزمینی توسط تمدن باستانی در شمال آفریقا به اجرا در آمده است(۳). از جمله مهم‌ترین مراحل اجرایی یک پروژه سد زیرزمینی مطالعات قبل از احداث آن می‌باشد که مطالعات زمین شناسی، ژئوفیزیک و لرزه زمین‌ساخت از بخش‌های اصلی این مطالعات محسوب می‌گردند(۴). سدهای زیرزمینی سازه‌های هستند که توانایی مسدود کردن آب زیر قشری، نگهداری آب در سفره‌های محلی و یا منحرف کردن آب به سفره‌های مجاور، بالا بردن تراز آب زیرزمینی، ذخیره کردن و در دسترس قرار دادن آب زیرزمینی را دارا می‌باشند(۵). مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد یک سد زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب برای احداث سد می‌باشد. این مشکل از آنجایی ناشی می‌شود که معیارهای و عوامل زیادی همانند معیارهای فیزیکی و هیدرولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی دخیل هستند(۶).

مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از روش‌های تصمیم-گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد توجه بسیاری از محققان در داخل و خارج از کشور قرار گرفته است. درفشان و همکاران (۷)، مکان یابی محل‌های مناسب برای ساخت سدهایزیرزمینی از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی را مورد بررسی قرار دادند. امین‌زاده و قاسمی(۸)، مکان یابی محل‌های مناسب برای ساخت سدهایزیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند. صفاییان و امانی(۹)، تجزیه و تحلیل تناسب اراضی برای سدهای خاکی کوچک با استفاده از ارزیابی چندمعیاره (MCE) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)را مورد بررسی قرار دادند. صلاح‌الدین و همکاران(۱۰)، به منظور انتخاب محل مناسب برای احداث سد زیرسطحی در حوضه آی ذی منطقه کردستان عراق از نرم افزارGISو تکنیکRS استفاده کردند. با توجه به نتایج تحقیق، ویژگی‌های زمین شناسی، ژئومورفولوژی، آب شناسی و هیدروژئولوژیک همراه با بررسی RS نشان دهنده مناسب بودن سایت های انتخاب شده برای احداث سدزیر سطحی می‌باشد.عمران و همکاران(۱۱)، مکان یابی محل‌های مناسب برای ساخت سدهایزیرسطحی را با استفاده از GIS مورد بررسی قرار دادند. جابر و ال اوار[1](۱۲)، با استفاده از تکنیک‌های GIS، روشAHP و سیستم مدل کننده حوضه آبخیز WMS روش مناسبی را برای مکان‌یابی نقاط مناسب ذخیره آب خارج شده از حوضه‌های آبخیز در مقیاس کوچک پیشنهاد کردند. فورزیری و همکاران[2](۱۳) در بررسی خود در منطقه کیدال، کشور مالی به معرفی روش‌هایی برای انتخاب بهترین مکان برای احداث سدهای زیرزمینی پرداختند.

منطقه مورد مطالعه این تحقیق بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان می‌باشد. در این حوضه بارندگی سالانه از غرب به شرق کاهش می‌یابد به طوری که مقدار بارش متوسط سالانه در بخش غربی حدود ۴۵۰ میلی‌متر و در مناطق شرقی حوضه در حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به وضعیت آب و هوایی و منابع آب زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود می‌بایست از کلیه امکانات و ظرفیت‌ها جهت استفاده بهینه از منابع آب موجود استفاده نمود. یکی از بهترین روش‌ها جهت استفاده موضعی از جریان‌های زیرقشری، احداث سد زیرزمینی و ذخیره آب در زیر سطح زمین می‌باشد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق مکان‌یابی اولیه سدهای

1- Jabr and El-Awar
2- Forzieri et al

www.SID.ir

Archive of SID

زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره[1] (TOPSIS[2]) و قابلیت‌های GIS[3] می‌باشد. در ادامه با انجام مطالعات میـدانی تکمیلی می‌توان نسبت به مکان‌یابی نهایی و اجرای این سازه‌ها جهت تامین آب در مقیاس‌های کوچک خصوصاً برای روستاها اقدام نمود. به‌طورکلی با این روش می‌توان از هدر رفتن آب‌های زیرزمینی با کیفیت جلوگیری نموده و این منابع بـا ارزش و حیاتی استان را بهتر مدیریت نمود.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

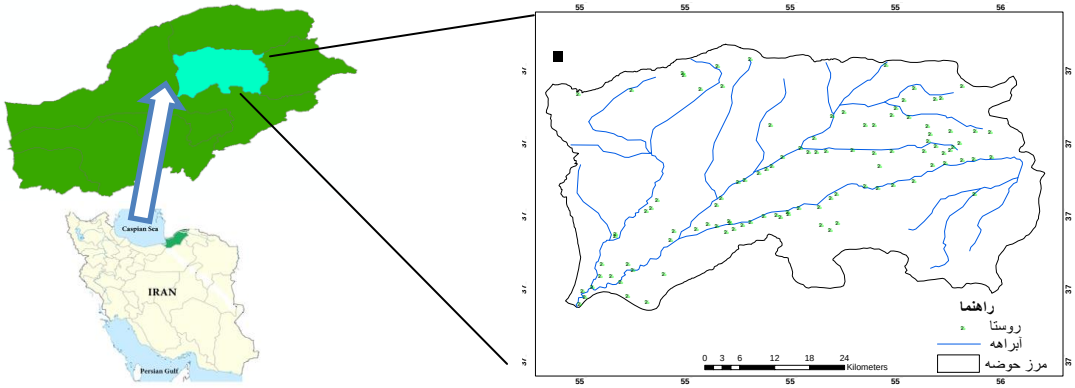
منطقه مورد مطالعه، بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود است که با مساحت ۲۲۴ هزار هکتار و میانگین ارتفاع ۵۶۴ متر در بخش جنوب شرقی دریای خزر در چین خوردگی‌های شمالی البرز قرار دارد. این حوضه با مختصات ۵۵ درجه و ۱۶ دقیقه و ۵۶ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه و ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شـمالی قـرار دارد. کـاربری عمـده محدوده مورد مطالعه اراضی کشاورزی آبی و دیـم، جنگـل و مرتع است. خروجی حوضه در محل سد گلسـتان بـه عنـوان پست‌ترین نقطه محدوده در طبقه ارتفاعی ۴۴ تـا ۷۹ متـر از سطح دریا قرار دارد. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

در این تحقیق به منظور مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره(MCDM) و GIS استفاده شده است. بدین منظور ابتدا لایه‌های مختلف با دقت بالا تهیه شده است، سپس مکان‌یابی سد زیرزمینی در دستور کار قرار گرفته است.مراحل توسعه و عملی کردن مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود در شکل ۲ ارایه شده است.

1- Multiple Criteria Decision Making
2-Technique For order Preference by Similarity to ideal Solution
3- Geographic Information System

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان گلستان

Figure 1. Location of the study area in Golestan Province

شکل ۲- مراحل توسعه و عملی کردن مکان‌یابی اولیه سدهای زیر زمینی

Figure 2.Stages of development and implementation of the initial location of underground dams

لایه‌های مورد نیاز جهت مکان‌یابی سد زیرزمینی

لایه توپوگرافی: برای بررسی وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ توپوگرافی سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است. با استفاده از این لایه و لایه شبکه هیدروگرافی مرز حوضه مورد مطالعه با استفاده از قابلیت‌های نرم افزارArcGIS در محیط ArcHydroمشخص گردید.

لایه شیب: با توجه به بررسی‌های انجام شده مناسب‌ترین شیب جهت احداث سدهای زیرزمینی بین ۲ تا ۸ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

است(۱۴ و ۱۵). نقشه شیب منطقه با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه شده است.

لایه زمین شناسی: بدین منظور نقشه زمین شناسی منطقه در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین شناسی کشور تهیه و در محیط Arcmap ژئورفرنس گردید. سپس واحدهای زمین شناسی که باعث نامطلوب شدن کیفیت آب می‌گردند نظیر: گنبدها و دشت‌های نمکی، رسوبات مارنی، رسوبات تبخیری (۱۶)،بر روی نقشه مشخص گردید و نسبت به حذف این مناطق جهت‌مکان یابی سد زیرزمینی اقدام گردید.

لایه شبکه هیدروگرافی: نقشه آبراهه حوضه از نقشه توپوگرافی منطقه استخراج شده است. معمولا سدهای زیر زمینی در بستر آبراهه‌ها و خشکه رودها احداث می‌شوند(۱۷). با توجه به این‌که به طور کلی ایجاد سد زیرزمینی در آبراهه‌های رده ۳ و به بعد آن انجام می‌گیرد. لذا رده آبراهه‌های درجه ۳ و به بعد آن برای این حوضه مشخص شده است.

خاک‌شناسی: منطقه مورد مطالعه از نظر خاک‌شناسی دارای سه کلاس بافت لومی سیلتی، لومی رسی و لومی سیلتی و رسی می‌باشد، که بیش‌ترین درصد از سطح حوزه مربوط به بافت لومی سیلتی می‌باشد. لازم به ذکر است در این مطالعه نقشه‌ی بافت خاک استان گلستان از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شده است.

لایه کاربری اراضی: از آنجایی که سدهای زیرزمینی سطح زمین را اشغال نمی‌کنند و محدودیتی از نظر وسعت زمین‌های تحت پوشش سد ندارند، احداث این سدها در مناطقی با کاربری اراضی مختلف امکان پذیر است. به منظور تهیه لایه کاربری اراضی،تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال ۲۰۱۲ منطقه در محیط نرم افزار ArcGIS ژئورفرنس شده است. برای تهیه لایه کاربری اراضی از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست از شاخص پوشش گیاهی NDVI استفاده شد. سپس با استفاده از امکانات نرم افزار ILWISکاربری اراضی منطقه مشخص گردید. در نقشه کاربری اراضی، مراتع، زمین بایر و جنگل تخریب شده از جمله مکانهای مناسب و اراضی ساخته شده، اماکن مسکونی، خطوط ارتباطی و مناطق مرتفع کوهستانی از مکان‌های نامناسب برای احداث سدهای زیر زمینی هستند.

لایه گسل ها: به منظور تهیه لایه‌های گسل منطقه از نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ استان گلستان استفاده شد و گسل‌های موجود استخراج گردید. به منظور تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی بهتر است در حریم ۵۰۰ متری گسل سد احداث نشود. به این منظور در لایه اطلاعاتی آن تا حریم ۵۰۰ متری گسل جزء مناطق نامناسب و خارج آن محدوده به عنوان مناطق مناسب معرفی شده است.

موقعیت روستاها با توجه به شبکه ارتباطی منطقه و حریم در نظر گرفته در تحقیقات چزگی و همکاران(۱۸)، حریم با فاصله یک کیلومتر از هر روستا ایجاد شد تا نقاط مناسب به این فاصله ارزیابی شوند.

استاندارد سازی معیارهای ارزیابی: بعد از مشخص شدن معیارها، برای ارزیابی واحدهای مکانی، هر معیار به صورت یک لایه نقشه در پایگاه‌داده مبتنی بر ArcGIS آماده‌سازی و تحت عنوان نقشه‌های معیار ذخیره شده است.سپسبا ارائه پرسش‌نامه و مراجعه به ۱۵ نفر از متخصصین، با استفاده از روش دلفی ارزش هر یک از طبقات مختلف معیارهای ارزیابی به منظور احداث سد زیرزمینی مشخص شده است، به گونه‌ای که مجموع ارزش‌های تعلق گرفته به طبقات مختلف هر معیار برابر یک باشد.

وزن‌دهی معیارهای ارزیابی: در این مرحله به منظور وزن‌دهی معیارها، با مراجعه به ۱۵ نفر از متخصصین در رشته مربوطه وزنی برای هر یک از معیاره‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) استخراج شده است. در این روش با تشکل ماتریس که ارائه دهنده آرای بیان شده در خصوص مقایسه هر زوج معیار تصمیم‌گیری است، در نهایت وزن نسبی هر معیار تعیین می‌شود(۱۹،۲۰).

تهیه نقشه معیار استاندارد شده وزنی و تلفیق معیارهای ارزیابی: برای این منظور مقدار وزن اختصاص یافته به هر معیار در ارزش طبقات مختلف آن معیار ضرب شده است.در این تحقیق به منظور تلفیق نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی

www.SID.ir

تهیه شده و مکان‌یابی مناسب سدهای زیر زمینی از تکنیک TOPSIS و GIS استفاده شده است.

تکنیک TOPSIS: این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که بهترین واحد مکانی به طور هم زمان باید کـترین فاصله را بـا واحد ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_i^+) و بـیش‌تـرین فاصله را با واحد ایده‌ال منفی (بدترین حالت ممکن، A_i^-) داشته باشد. بدین منظور ابتدا به تعیین ارزش حداکثر و حـداقل در رابطه با هر یک از لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲ پرداخته شده است.

$$\text{واحد ایده‌آل مثبت} = A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J_1), (\min v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad (۱)$$

$$\text{واحد ایده‌آل منفی} = A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad (۲)$$

$$A_i^+ = (v_1^+, v_2^+, ..., v_n^+) \qquad A_i^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-)$$

سپس محاسبه فاصله براساس نرم اقلیدسی به ازاء نقطه ایده‌آل منفی و گزینه مثبت و همین فاصله به ازاء نقطه ایده‌آل مثبت و گزینه منفی با استفاده از رابطه‌های (۳ و ۴) برآورد شده است.

$$d_i^+ = \left\{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (i=1,2,\ldots,m) \quad (۳)$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (i=1,2,\ldots,m) \quad (۴)$$

در نهایت میزان نزدیکی نسبی به نقطه ایده‌البا استفاده از رابطه ۵ برآورد شده است.

$$C_{i+} = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \qquad (i=1,2,\ldots,m) \quad (۵)$$

به طوری که $0 \le C_{i+} \le 1$ است و هر اندازه یک گزینه بـه نقطـه ایده آل نزدیک تر باشد C_{i+} به سمت ۱ میل می‌کند.

نتایج

بعد از تعیین ساختار سلسله مراتبی تحقیق، وزن معیارهـا بـا استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) محاسبه شـده است. جدول ۱ وزن‌دهی معیارهای ارزیـابی مختلـف را بـرای مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی با استفاده از روش مقایسه زوجی نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشـخص اسـت معیارهای شیب (۰/۲۷۴۵) بیش‌ترین وزن و معیـار موقعیـت روستا (۰/۰۲۶۰) کم‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۱- مقدار وزن استخراج شده برای معیارهای ارزیابی با استفاده از روش AHP

Table1. Weight extracted for assessment criteria using AHP

معیارهای ارزیابی	شیب	زمین شناسی	گسل	کاربری اراضی	رودخانه	بافت خاک	طبقات ارتفاعی	موقعیت روستا	وزن معیارها
شیب	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۸	۹	۰/۲۷۴۵
زمین شناسی	-	۱	۲	۴	۵	۶	۷	۸	۰/۱۹۴۱
گسل	-	-	۱	۳	۴	۵	۶	۷	۰/۱۶۴۶
کاربری اراضی	-	-	-	۱	۳	۴	۵	۶	۰/۱۲۵۷

www.SID.ir

Archive of SID

رودخانه	-	-	-	-	۱	۲	۳	۵	۰/۰۹۴۸
بافت خاک	-	-	-	-	-	۱	۲	۳	۰/۰۷۴۶
طبقات ارتفاعی	-	-	-	-	-	-	۱	۲	۰/۰۴۵۷
موقعیت روستا	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۰۲۶۰

در اولویت‌بندی عناصر و فعالیت‌ها با توجه به معیارها، برای این‌که نتایج معتبری را در دنیای واقعی بدست آوریم، درجه خاصی از ناسازگاری لازم است.AHP ناسازگاری کلی قضاوت‌ها را به وسیله نرخ سازگاری محاسبه می‌کند. این سازگاری نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه و یا اولویت‌های جدول‌های ترکیب اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری(C.R.) کم‌تر از ۰/۱۰ باشد، می‌توان سازگاری مقایسات را پذیرفت، در غیر این‌صورت باید مقایسات مجدداً انجام گیرد(۲۱). برای مقایسه نرخ سازگاری، از روش بردارهای ویژه استفاده می‌شود. برای این منظور ابتد بردار مجموع وزنی(WSV) محاسبه می‌شود، برای این کار مقادیر اصلی مقایسات در جدول ۱ در وزن نسبی هر یک از سطوح سازگاری ضرب می‌شود و در نهایت مجموع هر سطر حاصل می‌گردد(جدول ۲). در ادامه بردار سازگاری(C.V.) محاسبه می‌شود. در پایان نیز مقدار λ_{max} از میانگین C.V. محاسبه می‌شود(جدول ۲).در نهایت شاخص سازگاری(C.I) بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود، که در آن n بیان کننده تعداد گزینه‌های رقیب است.

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۶)$$

نرخ سازگاری (C.R.) نیز با رابطه ۷ برآورد می‌شود، که در آن R.I نشان دهنده مقدار شاخص سازگاری تصادفی است و بر اساس جدول که توسط ساعتی و هارکر تهیه شده است استخراج می‌شود.

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \qquad (۷)$$

در جدول ۲ وزن نسبی سطوح سازگاری و نرخ سازگاری(C.R.) مقایسات ارائه شده است. همانطور که در جدول مشخص است نرخ سازگاری مقایسات ۰/۰۳ است و از ۰/۱۰ کم‌تر است، بنابراین می‌توان سازگاری مقایسات را پذیرفت.

جدول ۲- وزن نسبی سطوح سازگاری و نرخ سازگاری(C.R.)

Table 2.The relative weight levels of consistency and consistency rate (C.R.)

وزن نسبی	مجموع وزنی (WSV)	بردار سازگاری (C.V.)	λ_{max}	شاخص سازگاری (C.I)	نرخ سازگاری (C.R.)
۰/۲۷۴۵	۲/۷۳۰۱۴۴	۵/۳۰۹۴۲۶	۵/۱۵۰۵۰۵	۰/۰۳۷۶۲۶	۰/۰۳۳۵۹۵
۰/۱۹۴۱	۱/۳۳۹۸۸۸	۵/۲۴۸۱۸۴			
۰/۱۶۴۶	۰/۶۰۳۶۸۶	۵/۱۰۵۳۶۳			
۰/۱۲۵۷	۰/۳۸۱۳۰۶	۵/۰۳۷۴۹۲			
۰/۰۹۴۸	۰/۱۸۴۶۴۶	۵/۰۵۲۰۵۸			
۰/۰۷۴۶	۰/۱۴۳۲۴۳	۵/۰۴۲۰۶۸	-	-	-
۰/۰۴۵۷	۰/۱۰۷۶۵۴	۵/۰۸۲۰۲۸	-	-	-
۰/۰۲۶۰	۰/۰۹۶۲۴۱	۵/۰۵۱۰۲۸	-	-	-

www.SID.ir

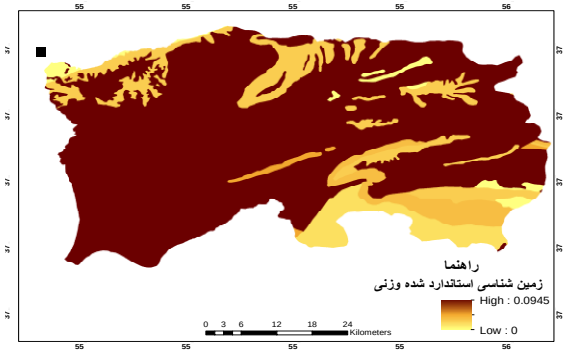
نحوه محاسبه نقشه‌ی شیب استاندار شده وزنی در جدول۳ ارایه شده است. نقشه استاندارد شده وزنی بقیه معیارهای ارزیـابی موجود در این تحقیق همانند این معیارها تهیه شده است.

جدول ۳- نحوی محاسبه نقشه معیار ارزیابی شیب استاندارد شده وزنی

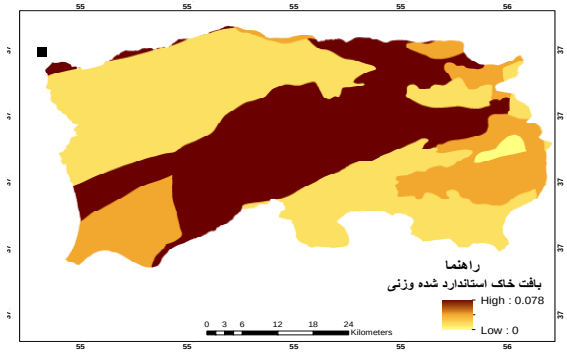
Table3. Calculating map of weight standardized slope assessment criterion

ردیف	طبقات	ارزش طبقات	وزن معیار	استاندارد وزنی
۱	۰-۲	۰/۱۳	۰/۲۷۴۵	۰/۰۳۶
۲	۲-۵	۰/۴۴	۰/۲۷۴۵	۰/۱۲۰
۳	۵-۸	۰/۲۸	۰/۲۷۴۵	۰/۰۷۷
۴	۸-۱۲	۰/۱۰	۰/۲۷۴۵	۰/۰۲۷
۵	۱۲-۱۵	۰/۰۵	۰/۲۷۴۵	۰/۰۱۴
۶	۱۵-۲۰	۰/۰۰	۰/۲۷۴۵	۰/۰۰
۷	>۲۰	۰/۰۰	۰/۲۷۴۵	۰/۰۰

در شکل‌های ۳ نقشه‌های کاربری اراضی، شیب، بافت خـاک، زمین شناسی و طبقات ارتفاعی استاندار شده وزنی برای مکان-یابی سد زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود ارائه شده است. به منظور تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در لایه گسل تا حریم ۵۰۰ متری جزء مناطق نامناسب و خارج آن محدوده به عنوان مناطق مناسب و همچنین در لایه آبراهه تا حـریم ۱۰۰ متـری جـزء منـاطق نامناسب و خارج آن محدوده به عنوان مناطق مناسب معرفی شده است. همچنین در لایه موقعیت روسـتا تـا حـریم یـک کیلومتر جزء مناطق نامناسب معرفی شده است.لازم به ذکـر است نقشه قنات‌ها و چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه مـورد بررسی قرار گرفت است. نتایج نشان داد در سطح منطقه مورد مطالعه قنات شاخصی وجود ندارد که نیاز به بررسی این معیار به منظور مکان‌یابی سد زیرزمینی باشد.



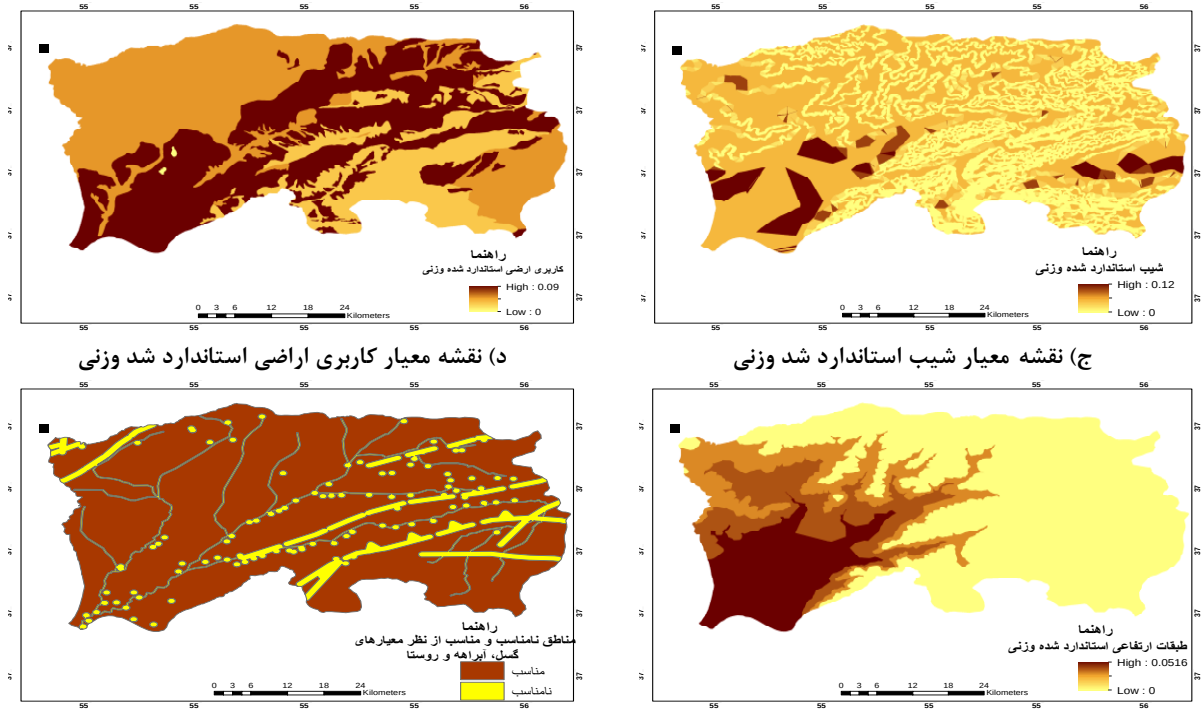
الف) نقشه معیار زمین شناسی استاندارد شد وزنی



ب) نقشه معیار بافت خاک استاندارد شد وزنی

www.SID.ir

Archive of SID



ج) نقشه معیار شیب استاندارد شد وزنی

د) نقشه معیار کاربری اراضی استاندارد شد وزنی

و) نقشه معیار طبقات ارتفاعی استاندارد شد وزنی

ه)نقشه مناطق نامناسب و مناسب از نظر معیارهای گسل و آبراهه

شکل ۳ –نقشه معیارهای استاندار شده وزنی برای مکان‌یابی سد زیرزمینی

Figures 3. Maps of weight standardized for locating underground dams

تهیه نقشه فاصله به ازاء راه حل ایده آل مثبت و منفی به منظور تعیین فاصله به ازای راه حل ایده آل مثبت و منفی، ابتدا مقادیر ارزش حداکثر و حداقل معیارهای ارزیابی مشخص شده است. در جدول ۴ارزش حداکثر و حداقل معیارهای مورد نظر در مکان‌یابی سد زیرزمینی ارایه شده است.

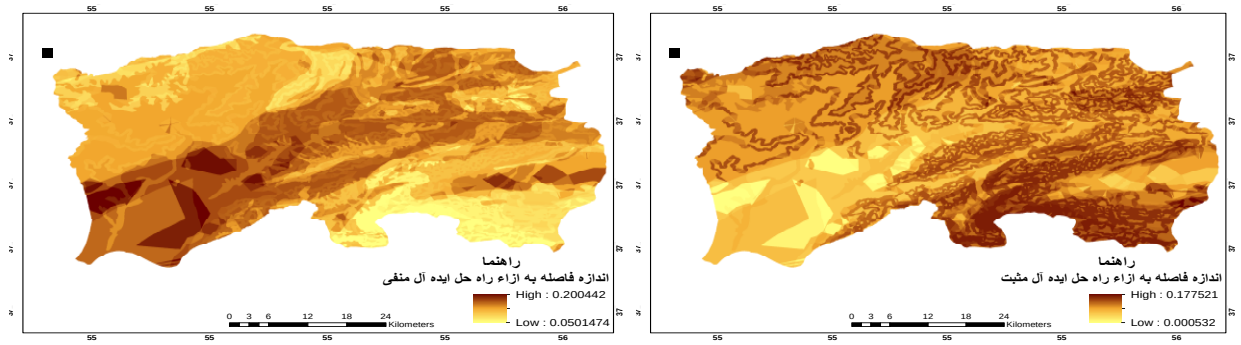
جدول ۴ – ارزش حداکثر و حداقل معیارهای ارزیابی

Table 4. The maximum and minimum evaluation criteria

معیار ارزیابی	ایده آل مثبت (بیش‌ترین مقدار)	ایده آل منفی (کم‌ترین مقدار)
شیب	۰/۱۲۰	۰
زمین شناسی	۰/۰۹۴	۰
کاربری اراضی	۰/۰۹۰	۰
بافت خاک	۰/۰۷۸	۰
طبقات ارتفاعی	۰/۰۵۲	۰

پس از تعیین ارزش حداکثر (بهترین حالت ممکن، A_i^+) و حداقل (بدترین حالت ممکن، A_i^-) برای هر لایه نقشه استاندارد شده وزنی به منظور مکان‌یابی مناسب سد زیرزمینی، نقشه اندازه فاصله بر حسب نرم اقلیدسی به ازای راه حل ایده آل مثبت و منفی تهیه شده است. در شکل۴ نقشه فاصله برحسب نرم اقلیدسی با واحد ایده‌آل مثبت و واحد ایده‌ال منفی نشان داده شده است.

www.SID.ir

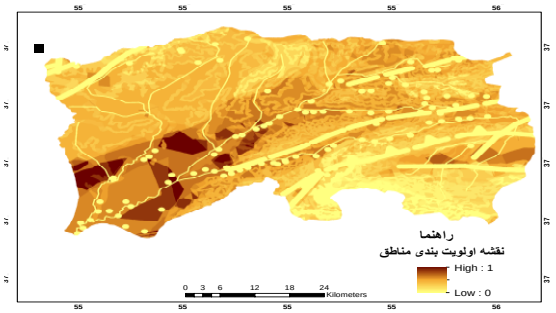


شکل ۴- نقشه فاصله برحسب نرم اقلیدسی با واحد ایده‌آل مثبت (+S) ومنفی (-S)

Figure4. Map based on Euclidean norms with the ideal unit positive (S +) and negative (S-)

نقشه اولویت‌بندی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی

نقشه اولویت‌بندی مناطق برای احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش TOPSIS و GIS در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان-رود استان گلستان در شکل ۵ارایه شده است.

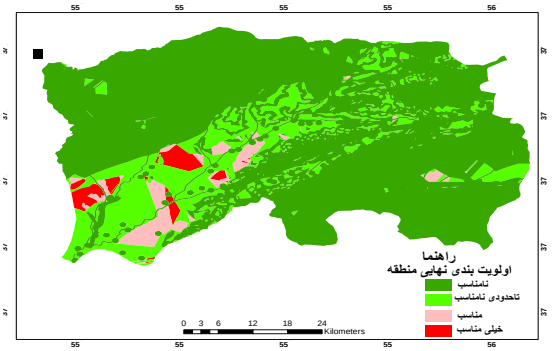


شکل ۵- توزیع فضایی مکان‌یابی مناسب برای احداث سد زیرزمینی با استفاده از تکنیک تاپسیس و GIS

Figure 5. The spatial distribution of suitable locations for underground dam construction using TOPSIS and GIS

به طوری که در شکل مشخص است C_{i+}(میزان نزدیکی نسبی به نقطه ایده‌ال) بین ۰ تا ۱ قرار گرفته است و هر اندازه یک نقطه به نقطه ایده آل نزدیک‌تر باشد C_{i+} به سمت ۱ میل می-کند و برای احدث سد زیرزمینی شرایط مناسب‌تری دارد.

اولویت‌بندی نهایی بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان برای احداث سد زیر زمینی در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل۶- نقشه نهایی اولویت‌بندی بخش شرقی حوزه آبخیز گرگانرود استان گلستان برای احداث سد زیرزمینی

Figure6. Final map of priorities for underground dam construction in Gorganroud watershed

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است منطقه مورد مطالعه به چهار بخش خیلی مناسب، مناسب، تا حدودی نامناسب و نامناسب برای احداث سد زیرزمینی طبقه‌بندی شده است. بیش‌ترین سطح منطقه را طبق نامناسب (۷۶/۷ درصد) و کم-ترین سطح منطقه را طبقه خیلی‌مناسب (۲/۱ درصد) به خود اختصاص داده است. همان‌طور که در شکل مشخص است مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی معمولا در جاهایی که از نظر معیارهایی ارزیابی شرایط مناسبی را دارند، قرار گرفته‌اند.

بحث و نتیجه گیری

سفره‌های آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع آبی هر کشور می‌باشند، بنابراین برای جلوگیری از خطر شورشدگی سفره‌های آب‌شیرین و تقلیل کیفیت آن بویژه در مناطق کویری و کم آب، بهبود منابع آبی، افزایش بهره‌وری آن‌ها، مقابله با بحران کم آبی، کاهش میزان نشت آب و بازگشت آب به لایه‌های زیرین و جلوگیری از هدر رفتن آب می‌توان از تکنیکی به عنوان سد زیرزمینی استفاده کرد.در این تحقیق از روشی نوین برای مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی استفاده شده است. تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با GIS چارچوب مناسبی را به منظور حل مسایل پیچیده‌ی تصمیم‌گیری فضایی فراهم می‌کند. امینی‌زاده و قاسمی(۸) عمران و همکاران(۱۱) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS توانایی بالایی در مکان‌یابی مناسب سدهای زیر زمینی دارا است، که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. لازم به ذکر است،در مطالعات انجام شده توسط چزگی و همکاران(۲۰) و درفشان و همکاران(۷) شیب و زمین شناسی به عنوان مهم‌ترین معیار برای مکان‌یابی سد زیرزمینی در نظر گرفته شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همانطور که مشخص است، روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و GIS مکان‌یابی مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی را با توجه به نظرات کارشناسی و مبانی ریاضی انجام داده و بهترین مکان‌هایی که با توجه به معیارهای‌های ارزیابی و نظرات کارشناسی شرایط، احداث سد زیرزمینی را دارند با توجه به اصول ریاضی برای ما شناسایی کرده‌اند. در این روش انتخاب معیارها از نقاط قوت این روش می‌باشد که در تعیین معیارهای مؤثر، خطا را بسیار کاهش داده است. همچنین هرچه تعداد معیارها و نظرات کارشناسی بیش‌تری در امر تصمیم‌گیری دخالت داده شود نتایج به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود.در مکان‌یابی مناسب برای احداث سد زیرزمینی در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان، با استفاده از تکنیک-TOPSIS همراه با بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم افزار ArcGIS، با وجود وابستگی‌های مکانی میان نقشه‌های معیار و این‌که نمی‌توان نقشه‌های معیار را مستقل از یکدیگر در نظر گرفت، بهترین روش در تلفیق معیارها، استفاده از تکنیک TOPSIS است. این تکنیک غالبا در حل مسایل پیچیده تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی‌های متقابل بین معیارها هستند استفاده می‌گردد که با نتایج بختیاری‌فر و همکاران(۲۱) هم‌خوانی دارد. بنابراین می‌توان گفت تکنیک TOPSIS به همراه قابلیت‌های ArcGIS می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد تکنیکTOPSISوArcGIS در مکان‌یابی مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی توانمندی بسیاری دارند و زمانی که کنار هم استفاده می‌شوند، کاستی‌های همدیگر را از بین برده و در مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر به مدیران و برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد که با نتایج فاضل‌نیا و همکاران(۲۰) و غفاری گیلانده و همکاران (۲۲) مبنی بر توانمندی بالای استفاده از تکنیک-TOPSISوArcGIS هم‌خوانی دارد. در پایان می‌توان گفت تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با ArcGIS ساده و انعطاف‌پذیر است به طوری که هر تعداد معیار می‌تواند در حل یک مساله به کار گرفته شود. با این حال با توجه به توانمندی-های بالای روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه وArcGIS در مدل‌سازی مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی هر چه قدر نظرات کارشناسی قوی‌تر و دقیق‌تر و داده‌ها و اطلاعات به روزتر باشند، به همان نسبت انتظار می‌رود که استفاده از این فنون و ابزار با نتایج مثبت برجسته‌تری همراه می باشد.

www.SID.ir

تشکر و قدردانی

این مقاله تحت حمایتمالی دانشگاه زابل با کد گرنت UOZ-GR-9718 -88انجام شده است.

Reference

1. Haji Azizi, Sh., KhierkhahZarkash, M., Sherifi, A., 2011. Select the location of UndergroundDams Using Analytic hierarchy process to both spatialandGhyrmkany (Case Study: Yazd, TaftcityPishkuhbasin), Sensing and GIS Applications in NaturalResources Science Journal. 2: 27-38. (In Persian)
2. HassanzadehNafooti, M., Jamali, A., Falah, A., 2014. Site Selection Underground Dams Using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) (Case Study: the Adori Area in Bam city), Iran-Watershed Management Science & Engineering, 32: 69–77. (In Persian)
3. 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).
4. Cheng, Ru. Wu., Chin, Tsai. Lin. & Huang, Chu Chen., 2007. Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis, Building and Environment, 42: 1431–1444.
5. KheirkhahZarkesh, M.M., Naseri, H.R., Davodi, M.H., Salami, H., 2008. Using analytical hierarchy process for ranking suitable location of groundwater dams construction, case study: Northern slopes of Karkas Mountains in Natanz. Pajouhesh&Sazandegi, 79: 93-101. (In Persian)
6. Nilsson, A., 1988. Groundwater dams for small-scale water supply. IT Publications, London. 64 pp.
7. Dorfeshan, F., Heidarnejad, M., Bordbar, A., Daneshian, H., 2014. Locating Suitable Sites for Construction of Underground Dams through Analytic Hierarchy Process. International Conference on Earth, Environment and Life sciences (EELS-2014) Dec. 23-24, 2014 Dubai (UAE). (In Persian)
8. Amini, M., Ghasemi, M., 2015. Locating Suitable Sites for Construction of Underground Dams Science Journal (CSJ), 36 (3): 1-13. (In Persian)
9. Safavian, A., Amani, M., 2015. Analysis of land suitability for small earth dams Using Multi Criteria Evaluation (MCE) in the Geographic Information System (GIS), International Letters of Natural Sciences., 42: 38-46. (In Persian)
10. Salahaldin, A., Foad, A., Sarkawt, G., Salar, N., Sven, K., 2014. Evaluation of Selected Site Location for Subsurface Dam Construction within Isayi Watershed Using GIS and RS Garmiyan Area, Kurdistan Region. Journal of Water Resource and Protection, 6(3): 972-987. (In Persian)
11. Imran, A., Bo, O., Ulla, M., 2013. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS. Environ Earth Sci, 70:2511–2525.
12. Jabr, W.M., El-Awar, F.A., 2004. GIS and analytic hierarchy process for sitting water harvesting reservoirs, The department of land and water resources at the faculty of agriculture and food sciences of the

www.SID.ir

Archive of SID

American University of Beirut-Lebanon.

13. Forzieri, G., Gardenti, M., Caparrini, F., 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. (In Persian)
14. Eshghizadeh, M., Noura, N., 2010. Determining the suitable site for underground dam construction on Qanat A case of study, DahanchenarQanat of Kalat watershed in Gonabad, Journal of Water and Soil Conservation, 17: 45–64. (In Persian)
15. Esavi, V., Karami, J., Alimohammadi, A., Niknezhad., A. 2012.Comparison the AHP and FUZZY – AHP Decision Making Method in Underground DAM Site Selection in Taleghan Basin, Scientefic Quarterly journal, 22: 27-34.(In Persian)
16. Foster, S., Tuinhof, A. 2004. Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence Brazilian and Kenyan Experience. World Bank. Groundwater Management Advisory Team. No. 5.
17. Ishida, S., T. Tsuchihara, S. Yoshimoto and M. Imaizumi. 2011. Sustainable use of groundwater with underground dams. Japan Agric. Res. Quartely 45(1):51-61.
18. Chesghy, J., Moradi, H.R., Kheirkhah, M., 2015. Locating suitable sites for construction of underground dam using multi-criteria decision making approach with emphasis on water resources (Case study of west of Tehran province) (Technical report). Iran-Watershed Management Science & Engineering, 13:65-68. (In Persian)
19. Asgarpoure, M.J., 2017. Multiple Criteria Decision Making, University of Tehran Press, 400 pp. (In Persian)
20. Fazelniya, F., Kiani, A., Mahmodian, H., 2011. Locate and Prioritize Urban Parks Using GIS and TOPSIS Model (The Case Study: Alashtar City). Human Geografhy Research Quarterly, 78: 137-152. (In Persian)
21. Bakhtiarifar, M., Mesgari, M., Karimi, M., Chehreghani, A., 2011. Land use Change Modeling Using Multi-Criteria Decision Analysis and GIS, Journal of Environmental Studies 58: 43–52. (In Persian)
22. GhaffariGuilan, A., Kamalifar, Z., Yazdani, M., 2014. Prioritizing land suitability in urban green space location process using multi-criteria analysis techniques Case study: Tabriz Municipality Area. Journal of Applied Geosciences Research, 14 (32): 251-270. (In Persian)

www.SID.ir