

اولویت بندی مکان های مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از مدل های تصمیم گیری در مناطق خشک و نیمه خشک

۱- جواد چزگی، دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد

chezgi.javad@gmail.com

۲- حسین ملکی نژاد، دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه یزد

۳- محمدرضا اختصاصی، استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه یزد

۴- محمد نخعی، دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران

دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴

چکیده

بخش اعظمی از کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است. اغلب پهنه های آبی طبیعی و مخزن سدها در این مناطق، با مشکل تبخیر و خشکسالی مواجه هستند. سدهای زیرزمینی بدلیل ذخیره آب در زیرزمین یکی از بهترین روش ها برای حفظ آب در مناطق خشک بحساب می آید. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره مکان های مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه کریان استان هرمزگان اولویت بندی شوند. بدین منظور ابتدا با انجام بازدیدهای صحرایی، ۱۰ مکان مناسب برای احداث سد زیرزمینی تعیین شد. سپس براساس نظرات کارشناسان امر (از طریق پرسشنامه) و مرور منابع علمی، از ۱۰ معیار شامل کمیت آب، کیفیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضریب ذخیره مخزن، حجم مخزن، تکیه گاه های محور سد، شیب، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه) جهت اولویت بندی مکان های مناسب استفاده شد. در ادامه سه مدل تصمیم گیری چند معیاره شامل تاپسیس، الکتراه ۳ و فرآیند تحلیل شبکه ای مورد استفاده قرار گرفت. برای انتخاب بهترین رتبه بندی و عملکرد مدل ها از تکنیک ناپارامتریک ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل فرآیند تحلیل شبکه ای با ضریب همبستگی ۰/۹۱ و واریانس ۳/۳۳ و انحراف معیار ۱/۸ بعنوان بهترین مدل انتخاب شد و مکان سد زیرزمینی بندر (Bondar) نیز بعنوان بهترین سایت جهت احداث سد زیرزمینی تعیین گردید.

واژگان کلیدی: اولویت بندی؛ سد زیرزمینی؛ تاپسیس؛ الکتراه ۳؛ فرآیند تحلیل شبکه ای؛ استان هرمزگان.

مقدمه

کمترین اثرات مخرب زیست را محیطی دارند و نیز هدر رفت آب را به حداقل می رسانند) توسعه یابند. امروزه در جهان سدهای زیرزمینی جهت توسعه و جلوگیری از خروج بدون استفاده منابع آبی قابل مصرف به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک مورد توجه قرار گرفته است [۲۰]. سدهای زیرزمینی، سازه هایی هستند که جریان طبیعی آب های زیرزمینی را مسدود نموده و سبب ایجاد ذخایر آبی در زیر زمین می شوند. جهت ذخیره آب در سفره های طبیعی (مخازن بالادست محور سد) و عمود بر مسیر رودخانه دیواری نفوذناپذیر ساخته شده و از جریان زیرسطحی آب به پائین دست جلوگیری می کند. آب درون بستر ماسه ای انباشته می شود به این طریق، میزان

کشور ایران یکی از کشورهایی است که بر روی کمر بند خشک زمین قرار گرفته و همین امر موجب گسترش کویر در بسیاری از مناطق و نواحی مرکزی و جنوبی گردیده است. حدود ۷۵ درصد از کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک از نظر اقلیمی قرار گرفته است [۱]. در بسیاری از مناطق ایران، آب های زیرزمینی تنها منبع آب مورد استفاده محسوب می شوند. همین امر به عنوان یک محدودیت تاریخی عمده در توسعه اقتصادی و اجتماعی این سرزمین به شمار رفته است [۲۲]. بنابراین اتخاذ روش های اصولی و عملی در زمینه توسعه، حفاظت، بهره برداری و مدیریت منابع آب امری اجتناب ناپذیر است. بر این اساس لازم است روش های عمل استحصال آب (که

لیتولوژی تکیه‌گاه‌ها، شیب، نفوذپذیری سطح مخزن، عمق و سطح مخزن، جمعیت روستا، وسعت زمین‌های کشاورزی پائین دست، واحدهای صنعتی، فاصله از روستا، فاصله از منبع قرصه و فاصله محور در محیط مدول SMCE به اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی پرداخته شد. اولویت‌بندی براساس شاخص تناسب تعیین گردید سدهایی که شاخص تناسب بالاتری داشتند در اولویت اول قرار گرفتند [۷].

[۱۶] در تحقیقی به مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از مدل تحلیل چند معیاره مکانی (SMCA) در منطقه شمال کشور پاکستان پرداختند. ایشان از داده‌های زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، خاک و شاخص رطوبت توپوگرافیکی برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی استفاده کردند. در ادامه جهت اولویت‌بندی مناطق مناسب از دو مدل تصمیم‌گیری شامل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش تعامل عامل (FIM) استفاده کردند. نتایج نشان داد که تحلیل سلسله مراتبی ۳ درصد از مناطق را در اولویت اول و ۴ درصد را در اولویت دوم قرار داده است. در صورتیکه مدل تعامل عامل، ۲/۷ درصد از مناطق را در اولویت اول و ۴ درصد را در اولویت دوم قرار داده است. بطور کلی هر دو مدل خوب جواب دادند ولی مدل تحلیل سلسله مراتبی بهتر مناطق اولویت‌دار را تعیین کرد. همچنین براساس آنالیز حساسیت مهمترین معیار کاربری اراضی بدست آمد [۱۶].

[۱۰] در مطالعه‌ای به اولویت‌بندی گزینه‌های مدیریت ریسک سیل در رودخانه گرگانود در استان گلستان پرداختند. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با مکانیسم‌های محاسباتی مختلف را با هم مقایسه کردند، تا مدلی که قطعی‌ترین جواب را ارائه دهد بدست آوردند. بدین منظور از آزمون تصادفی ناپارامتری، مدل‌های تجمع و تجزیه و تحلیل حساسیت برای بررسی مدل‌های رتبه‌بندی مورد استفاده قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که ELECTRE III می‌تواند با پیچیدگی معیارهای مدیریت سیل را بهتر رسیدگی کند. در نهایت گزینه ۷ که ترکیبی از گزینه ۵ و ۶ بود (مسائل اجتماعی) با بیشترین امتیاز در رتبه اول گزینه‌ها قرار گرفت [۱۰].

هدف از تحقیق رتبه‌بندی و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد، که از

نوسانات سطح آب زیرزمینی را با ذخیره کردن آب، تا حد زیادی کاهش می‌دهند [۲۴ و ۲۵]. مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث می‌باشد. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که معیارها و عوامل بسیار زیادی شامل معیارهای فیزیکی و اقتصادی- اجتماعی در مکان‌یابی مناسب آن‌ها دخیل می‌باشند، همچنین از نظر کیفیت و میزان دقت این معیارها متفاوت می‌باشند و میزان اهمیت و وزن هر کدام از آن‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشد [۱۴ و ۱۷]. همچنین بررسی و تعیین این عوامل در عرصه‌ها با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پرهزینه بوده و نیاز به صرف وقت بسیار دارد. در نتیجه توسعه یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری^۱ به منظور بررسی و تعیین معیارها و شناسایی محل‌های مناسب احداث سدهای زیرزمینی ضروری می‌باشد [۸]. مدل‌های تصمیم‌گیری اغلب با توجه به معیارهای متناقض (کمی و کیفی) متعدد و پیچیده به بررسی گزینه‌های مختلف و در نهایت برای انتخاب بهترین گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۵ و ۳۶]. مدل‌های تصمیم‌گیری در قسمت‌های مختلف مدیریت منابع آب [۳، ۱۲، ۳۰ و ۳۲] و نیز در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب سدهای زیر زمینی مورد استفاده قرار گرفته است [۷، ۱۱، ۱۵، ۱۶ و ۲۸]. یکی از خصوصیات مدل‌های تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی استفاده از اطلاعات و تجربیات کارشناسان امر در حل این مسائل می‌باشد. چند تحقیق انجام شده در ایران و جهان ارائه شده است.

[۷] در تحقیقی به مکان‌یابی و ارزیابی سد زیرزمینی با استفاده از مدل SMCE و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در بخشی از استان البرز پرداختند. برای این تحقیق نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، قنات و کاربری اراضی از سازمان‌های مربوطه فراهم و جهت استفاده رقومی گردید. با روی هم اندازی لایه‌های فوق، ۳۱ محدوده پتانسیل‌دار در محیط Arc GIS مشخص شد. در مرحله بعدی برای اولویت‌بندی مناطق به دست آمده، معیارها و زیر معیارها به روش AHP و با نظرات کارشناسان وزن دهی شد. سپس با استفاده از شاخص‌های کیفیت شیمیایی و کمیت جریانات زیرسطحی، طول و عمق محور،

درجه کنترل متغیرها از نوع توصیفی- تحلیلی است. اطلاعات به دست آمده در قالب روش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه در این پروژه سه گروه از افراد مشارکت داشتند (بهره برداران، مسئولان اجرایی و اساتید) و به نوعی این سه گروه سه ضلع یک مثلث را تشکیل می‌دادند، لذا نقطه نظرات و دیدگاه‌های این سه گروه (۳۰ نفر) مورد بررسی قرار گرفت. براساس مطالعات پیشین و نظرات تهیه شده، تعداد ۱۰ معیار برای اولویت-بندی مکان‌های مناسب تعیین گردید (جدول ۱). با استفاده از مقایسات زوجی و براساس جدول ساتی (جدول ۲) ارزش (وزن) معیارها بدست آمد. براین اساس ابتدا با استفاده از مطالعات انجام گرفته در این زمینه و همچنین نظر کارشناسان و استادان مربوطه، معیارها و شاخص‌های مورد نیاز استخراج شدند و با بهره‌گیری از مطالعات عمیق میدانی و Google Earth، مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی بدست آمد. در ادامه وزن هر کدام از معیارها پس از تکمیل پرسش‌نامه مقایسه زوجی از سوی کارشناسان، به کمک فرآیند تحلیل شبکه‌ای مشخص شد و در نهایت با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل تاپسیس، الکتراه ۳ و فرآیند تحلیل شبکه‌ای، مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی اولویت‌بندی و رتبه‌بندی گردیدند.

مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره شامل تاپسیس (TOPSIS^۱)، الکتراه ۳ (ELECTRE^۳III) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP^۳) استفاده گردید. در ادامه برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد که تا کنون کمتر تحقیقی به ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های تصمیم‌گیری پرداخته است.

موادوروش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه کریان با کد ۲۸۱۷ سازمان منابع آب کشوری در شرق شهرستان میناب در استان هرمزگان با مساحت ۲۶۵۷ کیلومتر مربع با مختصات جغرافیایی ۲۱° ۵۲' ۲۶" تا ۱۹° ۰۸' ۲۷" شمالی و ۲۵° ۰۷' ۵۷" تا ۲۲° ۲۲' ۵۷" شرقی قرار دارد، بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی مازابی در منطقه متوسط بارندگی ۲۵ ساله ۲۰۴/۳ میلیمتر می‌باشد. بیشترین ارتفاع منطقه در شرق حوزه با ارتفاع ۱۷۲۰ و کمترین ارتفاع ۴۲ متر که در غرب و خروجی حوزه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱).

روش کار

تحقیق مورد مطالعه در دو مرحله انجام گرفت: در مرحله اول با استفاده از منطق بولین و معیارهای حذفی مناطق نامناسب حذف شدند که از مقدمات اولیه برای مکان‌یابی سد زیرزمینی می‌باشد، چون باعث صرفه جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت می‌شود. در این مرحله از ۵ معیار حذفی شامل گسل، شیب، کاربری اراضی، آبراهه‌ها و زمین‌شناسی در الگوریتم بولین استفاده گردید. در ادامه جهت انتخاب محورهای مناسب در بازه‌های بدست آمده از نتایج مدل بولین، با استفاده از بازدیدهای صحرایی و نرم‌افزار Google Earth، ۱۰ مکان مناسب از ۳۲ بازه بدست آمده انتخاب و مورد بررسی و تایید قرار گرفت. محورهای مناسب بر اساس طول محور، سطح مخزن و تکیه‌گاه مناسب، انتخاب شدند. مرحله دوم از لحاظ هدف، کاربردی است، و از لحاظ گردآوری داده‌ها، میزان نظارت و

1. Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution

2. ELimination and Et Choice Translating Reality

3. Analytic Network Process

مدل بولین

منطق بولین ساده‌ترین و شناخته‌ترین منطق GIS می‌باشد، در این مدل وزن‌دهی لایه‌ها بر اساس صفر یا یک صورت می‌گیرد، عملگرهای مختلفی ارائه شده است. مهمترین و پرکاربردترین عملگرهای اشتراک و اجتماع می‌باشند [۸]. در این تحقیق از عملگر اشتراک (AND) استفاده گردید. بدین صورت که تهیه نقشه مناطق مساعد یا نامساعد از این روش پس از امتیاز دادن طبقات هر لایه (زمین‌شناسی، کاربری اراضی، گسل، شیب و آبراهه‌ها) در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از رابطه ۱ تهیه گردید [۸].

(۱) Boolean AND= (Slope) AND (Land use) AND (Geology) AND (Fault) AND (River)

براساس رابطه ۱ شیب‌های بالای پنج درصد صفر و زیر پنج درصد امتیاز یک تعیین گردید. در نقشه کاربری اراضی برای مناطق مسکونی، کشاورزی آبی و باغات ارزش عددی صفر و برای سایر طبقه‌ها ارزش عددی ۱ در نظر گرفته شد. براساس نقشه زمین‌شناسی به سازندهای کوارترنری ارزش عددی ۱ به مناطق خارج از این محدوده‌ها ارزش عددی صفر تعلق گرفت [۹]. برای مناطق گسلی حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد. محدوده‌های داخل حریم ارزش عددی صفر و خارج از محدود ارزش عددی صفر در نظر گرفته شد. از آنجایی که مناطق مناسب می‌بایست دارای تمامی شرایط بالا باشند، لایه‌های مختلف براساس رابطه (۱) اجرا گردید.

مدل‌های تصمیم‌گیری

هر مسئله تصمیم‌گیری به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شود. مرحله اول یا مرحله ارزیابی است. در این مرحله شاخص‌های کلیدی ارزیابی گزینه‌ها تعیین می‌شوند. این مرحله در حد بالایی وابسته به نظر تصمیم‌گیرندگان جهت ارزیابی کمی و کیفی گزینه‌ها بر مبنای شاخص‌های مذکور می‌باشد. نتیجه این مرحله تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. مرحله دوم نیز مرحله انتخاب می‌باشد که اساس آن رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط ماتریس تصمیم‌گیری است [۶]. در این تحقیق برای مرحله دوم از سه مدل مهم

تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد که در زیر ارائه شده‌اند.

مدل تاپسیس (TOPSIS):

این مدل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است [۱۸]. در این روش، m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. بنیان این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد [۳۸ و ۲۱]. جهت اطاعات بیشتر به بذرافکن و همکاران [۵] مراجعه شود.

مروری بر روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که بوسیله پرفسور ساتی (۲۰۰۱) ارائه شده است. این مدل بر مبنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده است و شبکه را جایگزین سلسله مراتب کرده است [۲۷]. رویکرد بازخوردی^۱ در این مدل ساختار شبکه‌ای را با ساختار سلسله مراتبی جایگزین کرده است و این حاکی از آن است که روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را نمی‌توان به سادگی بالا پایین، غالب مغلوب یا مستقیم غیر مستقیم تصور کرد. برای نمونه می‌توان گفت نه تنها اهمیت بین معیارها مشخص کننده اهمیت بین گزینه‌ها در سلسله مراتب است بلکه اهمیت گزینه‌ها نیز ممکن است در اهمیت بین معیارها تاثیرگذار باشد [۱۸، ۲۳ و ۲۹]. جهت اطاعات بیشتر به بذرافکن و همکاران [۵] مراجعه شود.

مدل الکتره ۳ (ELECTREIII)

از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است که نخستین بار توسط برناردروی^۲ (۱۹۹۱) در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. اساس کار این روش بر

1- Feedback

2- Bernard Roy

رابطه ۲ برای مدل‌های استفاده می‌شود که رتبه مشابه نداشته باشند، و رابطه ۳ برای مدل‌های که رتبه مشابه داشته باشند.

نتایج

براساس الگوریتم بولین، ۳۲ منطقه پتانسیل دار برای احداث سد سبز زمینی بدست آمد، در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و بازدیدهای صحرایی ۱۰ مکان مناسب مورد بررسی و تایید گردید (شکل ۱). در مرحله نهایی جهت اولویت‌بندی مکان‌های مناسب از ۱۰ معیار (کمیت آب، کیفیت آب، طول محور سد، عمق محور سد، ضریب ذخیره مخزن، حجم مخزن، تکیه‌گاه‌های محور سد، شیب، نیاز آبی (شرب، کشاورزی و صنعت)، دسترسی (جاده، روستا و منابع قرضه) از سه مدل مهم تصمیم‌گیری چند معیاره (TOPSIS, ELECTRE and ANP) استفاده شد. در مدل‌های تاپسیس و الکتیره ۳ اول ماتریس نرمال (بی‌مقیاس) تهیه گردید (جدول ۳) و در ادامه ماتریس موزون (V) از ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها (Wn*n) تهیه گردید (جدول ۴). پس از تعیین فاصله اقلیدسی مناطق از ایده آل مثبت و منفی در مدل تاپسیس سدهای مورد بررسی اولویت‌بندی شدند که مناسبترین سدها نزدیک‌ترین فاصله را به ایده آل مثبت و دورترین فاصله را از ایده آل منفی داشته است. در این تحقیق برای انجام مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای از نرم‌افزار Supper Decision استفاده شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است.

مبنای روابط غیررتبه‌ای است؛ بنابراین جواب‌های به دست آمده به صورت مجموعه‌ای از رتبه‌ها خواهد بود [۲]. از دسته روش‌های تصمیم‌گیری است که در آن شاخص‌های کمی و کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با مقایسه‌های دو وجهی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی آنها به دست می‌آید. مسائل چند شاخصه به صورت قرار دادی با یک مجموعه از گزینه‌ها، شاخص‌ها و مقادیر برتری بیان می‌شوند [۵]. جهت اطاعات بیشتر به بذرافکن و همکاران [۵] مراجعه شود.

آزمون‌های آماری برای ارزیابی مدل‌ها

یکی از ایراداتی که به مدل‌های تصمیم‌گیری وارد است، در یک تحقیق، تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری ممکن است عملکرد (اولویت‌های) مختلف با معیارها و گزینه‌های ثابت داشته باشند. بنابراین نیاز است تا تحلیل یا ارزیابی برای بدست آوردن راه حل مناسب و نزدیک به ایده آل انجام شود، که در آن گزینه‌های مختلف با توجه به تمام معیارها ارزیابی شوند [۲۶]. تحقیقات اندکی به این امر پرداخته‌اند که روش‌های تصمیم‌گیری را با هم براساس روش‌های آماری ارزیابی و بهترین عملکرد را بیان کنند. در این تحقیق از آزمون آماری تحت عنوان ضریب همبستگی اسپیرمن تست (SCCT^۱) (روابط ۲ و ۳) [۳۲].

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه r_s ضریب اسپیرمن، n تعداد گزینه‌ها و d_i تفاضل رتبه مدل‌ها برای هر گزینه است.

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه ۳}$$

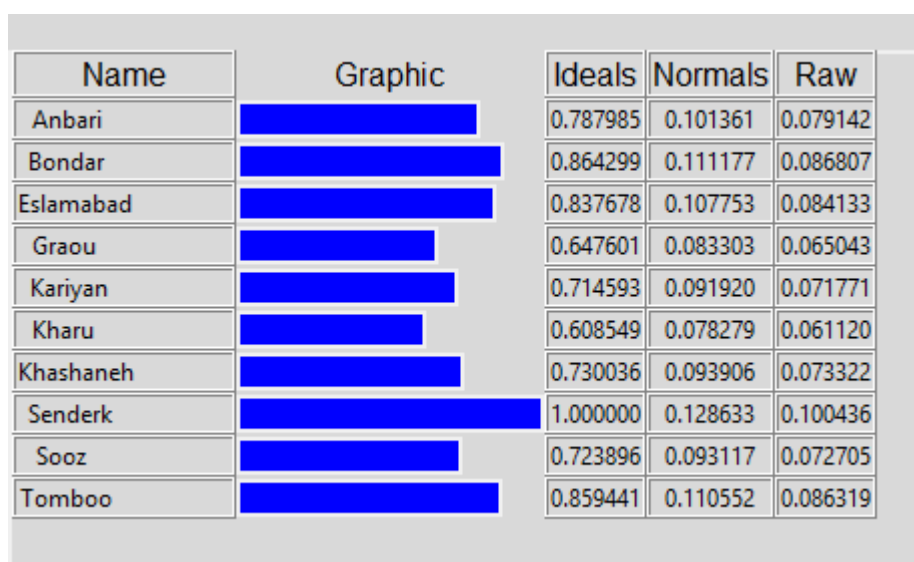
در این رابطه x_i و y_i رتبه گزینه‌ها، \bar{x} و \bar{y} میانگین رتبه مدل‌ها برای هر گزینه است.

جدول ۳- ماتریس نرمال شده در مدل تاپسیس

سد	دسترسی	نیاز آبی	شیب	تکیه‌گاه	حجم مخزن	ضریب ذخیره مخزن	عمق محور سد	طول محور سد	کیفیت آب	کمیت آب
Anbari	۰/۱۲	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۲۶
Bondar	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۴
Eslamabad	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۳۶	۰/۲۱
Graou	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۵۳	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۳۹
Kariyan	۰/۵۰	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۳۹
Kharu	۰/۶۵	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۲۱
Khashaneh	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۴
Senderk	۰/۰۹	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۶۶	۰/۳۲	۰/۳۹
Sooz	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۳۶	۰/۲۶
Tomboo	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۳۰

جدول ۴- ماتریس وزن دهی شده حاصل از ماتریس نرمال در مدل الکتراه ۳

سد	دسترسی	نیاز آبی	شیب	تکیه‌گاه	حجم مخزن	ضریب ذخیره مخزن	عمق محور سد	طول محور سد	کیفیت آب	کمیت آب
Anbari	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷
Bondar	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۰
Eslamabad	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۶
Graou	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۱
Kariyan	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۱
Kharu	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۶
Khashaneh	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۰
Senderk	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۱
Sooz	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۷
Tomboo	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۸



شکل ۲- اولویت‌بندی براساس مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای

اولویت اول قرار گرفت و در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای در اولویت دوم و سایت سندرک (Senderk) در اولویت اول

که براساس نتایج اولویت‌بندی (جدول ۵) مکان مناسب بندر (Bondar) در مدل‌های تاپسیس و الکتراه در

قرار گرفت. و سایت خارو (Kharu) در مدل‌های فرایند تحلیل شبکه‌ای و تاپسیس اولویت آخر ولی در مدل الکتراه

جدول ۵- اولویت‌بندی براساس مدل‌های مختلف

MCDM models	TOPSIS	ELECTRE	ANP
Anbari	۴	۵	۵
Bondar	۱	۱	۲
Eslamabad	۷	۸	۹
Graou	۳	۲	۴
Kariyan	۸	۴	۸
Kharu	۱۰	۶	۱۰
Khashaneh	۶	۸	۶
Senderk	۲	۳	۱
Sooz	۹	۷	۷
Tomboo	۵	۵	۳

۶. در ادامه جهت تعیین بهترین مدل از رابطه‌های واریانس و انحراف معیار استفاده شد که نشان از برتری جزئی مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای با انحراف معیار زیر ۲ می‌باشد (جدول ۷).

در این تحقیق برای ارزیابی عملکرد نتایج مدل‌های تصمیم‌گیری از آزمون آماری ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد، که نتایج آن نشان از توانایی بالای مدل‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای و تاپسیس می‌باشد و با ضریب همبستگی بالای ۰/۹ بهترین عملکرد را داشته‌اند (جدول

جدول ۶- ارزیابی عملکرد مدل‌ها براساس ضریب همبستگی اسپیرمن

MCDM models	TOPSIS	ELECTRE	ANP
TOPSIS	۱	۰/۶۹۷	۰/۹۱
ELECTRE		۱	۰/۶۹۷
ANP			۱

جدول ۷- انتخاب بهترین مدل براساس واریانس و انحراف معیار

MCDM models	TOPSIS	ELECTRE	ANP
σ^2	۴	۷/۳۳	۳/۳۳
σ	۲	۲/۷	۱/۸

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج جدول ۱ نشان داد که مهم‌ترین معیار در مکان‌گزینی سد زیرزمینی کمیت آب می‌باشد که با نتایج [۹، ۲۴، ۲۸ و ۳۹] همخوانی دارد، هر چه آبراهه دارای جریان زیرسطحی بیشتری باشد دارای اهمیت نسبی بیشتری، به دیگر آبراهه‌ها دارد و در صورت نیاز آبی بالا در منطقه رتبه اول در نظر گرفته می‌شود. نیاز آبی منطقه بخصوص نیاز آب شرب از مهمترین معیارهای تاثیرگذار در این امر می‌باشد. این سدها برای روستاهایی که دور از

براساس نتایج فرایند تحلیل شبکه‌ای سد سندرک در رتبه اول و سد تنبو در رتبه سوم در مدل قرار گرفت، که نشان توانایی بالای مراحل تحقیق در مکان‌یابی و اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی می‌باشد. چون این دو سد براساس تجربیات و تحقیقات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری ایران مکان‌گزینی و احداث شده است، که جهت ارزیابی مدل و روش کار انجام گرفت و تایید گردید. چون در هر سه مدل این دو سد زیرزمینی در اولویت‌های اول قرار داشتند.

درونی این مدل‌ها می‌باشد، که از روابط خاص خود برای رسیدن به نتایج کمک می‌گیرند. آزمون‌هایی برای تعیین بهترین مدل تصمیم‌گیری وجود دارد، که در این تحقیق از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. که بر اساس روابط ۲ و ۳ مدل‌ها بررسی شدند که نتایج در جدول ۶ نشان از همبستگی بالای مدل‌های تاپسیس و فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد. که توانایی بالای این مدل‌ها را در اولویت‌بندی موضوع مورد مطالعه نشان می‌دهد. در ادامه جهت تعیین بهترین عملکرد مدل‌ها از روابط واریانس و انحراف معیار استفاده گردید که نشان از برتری جزئی مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای نسبت به مدل‌های دیگر است، در بسیاری از تحقیقات انجام شده عملکرد این مدل تایید شده است. یکی از دلایل اصلی توانایی این مدل در نظر گرفتن روابط بین معیارها می‌باشد. بخصوص در طبیعت که همه عوامل در همدیگر تاثیر دارند بطوریکه بعضی از این روابط را نمی‌توان در نظر نگرفت. در این تحقیق روابط معیار حجم مخزن با دیگر معیارها نشان می‌دهد که معیار وابسته به معیار شیب، عمق محور سد، طول محور سد و ضریب ذخیره مخزن می‌باشد. یا شیب رابطه معکوس و با بقیه معیارها رابط مستقیم دارد. پس در طبیعت نمی‌توان روابط را در نظر نگرفت، بنابراین بهترین مدل در این تحقیق مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد که جدول ۶ حاکی از برتری این مدل می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی حاکی از آن است که در مناطق خشک و کم باران به دلیل شرایط خاص جوی، تبخیر بالا می‌باشد و امکان ذخیره سازی آب‌های سطحی در مقیاس کوچک مشکل و غیر اقتصادی است و گاه ایجاد مخازن در مناطق کویری اثرات نامطلوب زیست محیطی را به همراه خواهد داشت. در این گونه مناطق و در جاهایی که جریانات زیرسطحی وجود داشته و به لحاظ فنی امکان استخراج و برداشت آنها وجود دارد، یکی از بهترین شیوه‌ها و مدل‌های برداشت جریان‌های زیر قشری استفاده از سدهای زیرزمینی است [۴]. بنابراین احداث سدهای زیرزمینی در مناطق جنوب که تبخیر بالا بوده و آب با کیفیت از دسترس خارج شده و به آب‌های شور می‌پیوندد یک ضرورت محسوب می‌شود. بر این اساس در این تحقیق ابتدا با استفاده از مطالعات انجام گرفته در این زمینه و

دسترس بوده و خدمات آبرسانی سخت است بخصوص برای مناطق خشک می‌تواند انجام گیرد.

بررسی نتایج معیار حجم مخزن در جدول ۱ نشان داد که هر چه سطح مخزن بزرگتر باشد بهتر است. در سدهای زیرزمینی بر خلاف سدهای معمولی که بزرگ بودن سطح مخزن به دلیل تلفات ناشی از تبخیر یک عیب محسوب می‌شود، بدون در نظر گرفتن سایر فاکتورهای موثر در انتخاب مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی، بهترین مکان احداث سد در یک رودخانه تنگه‌هایی هستند که دارای بیشترین سطح مخزن در مناطق بالا دست جریان باشند [۹، ۱۲ و ۳۳]. یکی از معیارهای مهم در بازدید صحرایی بررسی سطح مخزن است چون به عنوان یک فاکتور مهم در حجم مخزن با رابطه مستقیم می‌باشد، هرچقدر سطح مخزن بزرگتر باشد مخزن نیز بزرگ‌تر می‌شود.

نتایج اولویت‌بندی در جدول ۵ نشان داد که سایت بندر (Bondar) با دو رتبه اول به ترتیب در مدل‌های تاپسیس و الکترو ۳ و یک رتبه دوم در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای در مجموع در رتبه اول قرار گرفت با میانگین $1/33$ که این رتبه اول بخاطر بالا بودن کمیت آب، نیاز آبی و حجم مخزن در این سایت می‌باشد که این مکان را در رتبه نخست برای احداث سد زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه قرار داد. سد زیرزمینی سندرک (Senderk) که توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری در سال ۱۳۸۹ به بهره برداری رسیده است. با یک رتبه اولی در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای و یک رتبه دومی در مدل تاپسیس و یک رتبه سوم در مدل الکترو و با میانگین ۲ در رتبه دوم قرار گرفت. که نشان از توانایی رتبه‌بندی این مدل‌ها می‌باشد. چون این سد زیرزمینی با متوسط آبدهی ۲۵ لیتر بر ثانیه در طول سال، کمک شایانی به کشت و زرع منطقه کرده است. می‌توان این سد را یک پروژه موفق در منطقه به حساب آورد.

همچنان که نتایج جدول ۵ نشان داد اولویت‌ها برای مکان‌های مناسب با معیارها و گزینه‌های ثابت متفاوت می‌باشد. یکی از ایراداتی که به مدل‌های تصمیم‌گیری وارد است، متفاوت بودن رتبه‌بندی با معیارها و گزینه‌های ثابت است [۲۶]. یکی از دلایل اختلاف در رتبه‌بندی ماهیت

بهترین مدل از واریانس و انحراف معیار داده‌ها استفاده گردید که مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای با واریانس ۳/۳۳ و انحراف معیار ۱/۸ نسبت به مدل‌های دیگر نتایج بهتری را نشان داد، که می‌تواند دلیل این امر ارتباط معیارها در طبیعت باشد چون تنها مدلی است که ارتباط معیارها را در نظر می‌گیرد.

سیاسگزاری

بر خود فرض و لازم می‌دانیم از مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان میناب بابت حمایت‌های علمی و اجرایی تقدیر کنیم.

References

[1]. Alizadeh, A. (2007). Applied Hydrology, University of Mashhad, 807 pp. (in Farsi).

[2]. Asgharpour, M.J. (2010). Multi-criteria decision making, publishing Tehran University, Institute of the printed publication. 400pp. (in Farsi).

[3]. Azarnivand, A., Hashemi-Madani, F.S., Banihabib, M.E. (2014). Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Uremia Lake Basin, Iran). *Environ Earth Science*. doi: 10. 1007/s12665-014-3391-6

[4]. Bani Asadi, M., Alizadeh, M. (2010). The effect of stemming the flow of groundwater in subsurface dam, *the first international conference of the Inter modeling water plants, soil and air*, Bahonar University. (in Farsi).

[5]. Bazrafkan, A.A., Mohamadifar, A.A. Ekhtesasi, M.R. (2014). The using of group decision making models in natural resource management. Sobhe Entezar Institute of the printed publication. 237 pp. (in Farsi).

[6]. Carlsson, C., Fuller, R. (1996). Fuzzy Multiple Criteria Decision Making: Recent Developments, *Fuzzy Sets and Systems*, 78.

[7]. Chezgi, J., Pourghasemi, H.R., Naghibi, S.A., Moradi, H.R., KheirkhahZarkesh, M. (2015). Assessment of a spatial multi-criteria evaluation to site selection subsurface dams in the Alborz Province, Iran, *Geocarto Internationa journal*.

همچنین نظر کارشناسان و استادان مربوطه، معیارها و شاخص‌های مورد نیاز استخراج شدند و با بهره‌گیری از مطالعات میدانی و Google Earth، مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی بدست آمد. در ادامه وزن هر کدام از معیارها پس از تکمیل پرسش‌نامه مقایسه زوجی از سوی کارشناسان و استادان، به کمک فرآیند تحلیل شبکه‌ای مشخص شد و در هر سه مدل برای اولویت‌بندی و رتبه‌بندی استفاده گردید. نتایج آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که مدل تاپسیس و فرآیند تحلیل شبکه‌ای با ضریب همبستگی ۰/۹ نسب به الکره ۳ در این تحقیق نتایج بهتری ارائه دادند. در ادامه جهت یافتن

[8]. Chezgi, J. (2009). Site selection of underground dam using decision support systems and GIS in West of Tehran Province, Iran [M.Sc. Thesis]. Iran: *TMU Intl Campus*; p. 122. (in Farsi).

[9]. Chezgi, J. Murdi, H.R., Kheirkhah Zarkesh, M.M. (2010). Locating suitable sites for construction of underground dam using multi-criteria decision with emphasis on water resources (Case Study: West Region Tehran). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. Fourth year (13). 4pp. (in Farsi).

[10]. Chitsaz N., Banihabib, M.E. (2015). Comparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives. *Water Resources Management*, 29, 2503-2525.

[11]. Dorfeshan, F., Heidarnjad, 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*, Dec 23-24; Dubai (UAE).

[12]. 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. *Journal Physic and Chemistry Earth*, 33,74-85.

[13]. Geng, G., Wardlaw, R., (2013). Application of multi-criterion decision making analysis to integrated water resources

- management. *Water Resource Management*, 27, 3191–3207.
- [14]. Golmaei, H., Ashtiani Moghadam, Gh. (2005). Underground dams for water storage in small scale, *Mazandaran University Press*, 97pp. (in Farsi).
- [15]. Jabr, W.M., El-Awar F.A. (2004). GIS and analytic hierarchy process for siting water harvesting reservoirs. Beirut: The Department of Land and Water Resources at the Faculty of Agriculture and Food Sciences of the *American University of Beirut-Lebanon*, 98 p.
- [16]. Jamali, I.A., Mörtberg, U., Olofsson, B., Shafique, M. (2014). A spatial multi-criteria analysis approach for locating suitable sites for construction of subsurface dams in Northern Pakistan. *Water Resource Management*, 28, 5157–5174.
- [17]. Kheirkhah Zarkesh, M., Salami, H. Naseri, H.R., Davodi, M.H. (2008). Suitable site selection for construction of groundwater dams using analytical hierarchy process (AHP), in: *4th GIS International Conference along with ISPRS Workshop*; Jan 6–7; Tehran, Iran: National Cartography Center; p. 157, (in Farsi).
- [18]. Lai, Y.J., Liu, T.Y., and Hwang, C.L. (1994). TOPSIS for MODM, *European Journal of Operational Research*, 76 (3), 486–500.
- [19]. Lee, L.W., Kim, S.H. (2000), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Inter dependent Information System Project Selection, *Computers and Operation Research*, 27, 367–382.
- [20]. Modaber, L., Sagvand, L. (2006). Storage and collection of subsurface water with the construction of underground dams, conference optimal utilization of water resources, *Shahrekord University*, (in Farsi).
- [21]. Moemeni, M., SharifSalim, A. (2012). Multiple Attribute Decision Making models and software. Printing and binding. *Ganje Shayegan*. 218pp. (in Farsi).
- [22]. Mohammadnia, M., Kowsar A. (2003). Clay translocation in the artificial recharge of a groundwater system in the Southern Zagros Mountains, Iran, *Jornal of Mountain Research and Development*, 23, 169–185.
- [23]. Momoh, J.A., Zhu, J.Z. (1998). Application of AHP/ANP to Unit Commitment in the Deregulated Power Industry, In: *IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics*, 1 San Diego, 817- 822.
- [24]. Nilsson, A. (1988). Groundwater dams for small-scale water supply. London: *Intermediate Technology Publications*; 78 p.
- [25]. Petersen, E.N. (2013). Subsurface dams for water storage in dry riverbeds. *ASAL Consultants Ltd., Kenya*. 58 pp. www.waterforaridland.com.
- [26]. Pourjavad, E., Shirouyehzad, H. (2011). A MCDM Approach for prioritizing production lines: a case study. *International Journal Bus Management*. 6 (10): 221–229. Published by Canadian Center of Science and Education. www.ccsenet.org/ijbm.
- [27]. Qodsei Poor, H. (2006). Topics in Multi-Criteria Decision, Amir Kabir University (Tehran Polytechnic). 220pp. (in Farsi).
- [28]. Rezaei, P. Rezaie, K. Nazari-Shirkouhi, S. JamalizadehTajabadi, M. R. (2013). Application of fuzzy multi-criteria decision making analysis for evaluating and selecting the best location for construction of underground dam. *Acta Polytech Hungarica*, 10, 19 p.
- [29]. Saaty, T. (1980). The Analytic hierarchy process. New York: McGraw Hill.
- [30]. Soleimani, S. (2007). Evaluation of Geological Engineering, Mashhad plain properties for the potential construction of underground dams zoning using GIS and RS (Case Study: Mashhad plain), Master degree dissertation Geological Engineering Tarbiat Modarres University, 112pp. (in Farsi).
- [31]. Srdjevic, B. (2007). Linking analytic hierarchy process and social choice methods to support group decision making in water management. *Decision Support System*. doi: 10.1016/j.dss.2006.08.001.
- [32]. Szmidt, E., Kacprzyk, J. (2011). The Spearman and Kendall rank correlation coefficients between intuitionist fuzzy sets. *Atlantis Press, Aix-Les-Bains*, pp 521–528.
- [33]. Tabatabaei Yazdi, J. (2006). Evaluation of groundwater exploitation of subsurface flow by the dam in a nearby stream, Project Final Report of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 235pp. (in Farsi).

- [34]. Teclé, A., Duckstein, L., (1994). Concepts of multi criterion decision making. Decision Support System in Water Resources Management. In: *Journal Bogardi and H. P Vatchnebel*, 33-62 pp.
- [35]. Yacov, Y., Haimes, S. (2011). Harmonizing the Omnipresence of MCDM in Technology, Society, and Policy. Chapter 2. doi: 10.1007/978-3-642-19695-9_2
- [36]. Yilmaz, B., Harmancioglu, N.B. (2010). Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey. 36(5) p563
- [37]. Yoon, K.P., Hwang, C.L. (1995). Multiple attribute decision making: an introduction. Sage University Paper series on quantitative applications in the social sciences, Thousand Oaks, CA.
- [38]. Yoon, K. (1980). Systems selection by multiple attribute decision making, Ph.D. Dissertation, Kansas State University.
- [39]. Zahedi, A. (2013). Determine areas suitable for underground dam construction using simulated water balance model (SWAT) and lattice analysis process (ANP) Case Study: Watershed Dargaz is shown. MA thesis, University of Yazd, Faculty of Natural Resources and Environment desert, watershed field. 167pp. (in Farsi).

Prioritization of suitable sites for underground dam's construction using decision-making models in arid and semi-arid

- 1- J. Chezgi, PhD Graduated of Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
chezgi.javad@gmail.com
- 2- H. Maleki Nezhad, Associate Professor in Department of Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
- 3- M. R. Ekhtesasi, Professor in Department of Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
- 4- M. Nakhei, Associate professor in Department of Geology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 15 Mar 2016

Accepted: 14 Aug 2016

Abstract

A large part of the Iran is located in the arid and semi-arid region. Most natural water body and reservoirs in these areas are faced with the problem of evaporation and drought. Underground dams for storage water in the ground, one of the best ways to conserve water in dry areas considered it comes. In this study, we tried using multi-criteria decision-making models to rank suitable sites for construction of underground dams in the Keriyān region in Hormozgan province. For this purpose, at first with field visits, 10 locations were determined suitable for underground dam construction. Then, based on the expert opinions (through questionnaires) and a scientific literature review of 10 criteria, including water quantity, water quality, along the axis of the dam, the dam axis depth, reservoir storage coefficient, volume of reservoir, lithology of the dam axis, slope, water requirement (drinking, agriculture and industry), access (roads, villages and Quarries) prioritization for suitable sites were used. In the following three decision models include TOPSIS, ELECTRE 3 and the Analytical Network process was used. To choose the best ranking and performance models was used nonparametric Spearman correlation coefficient techniques. The results showed that Analytical Network process model with Spearman correlation coefficient 0.91 and 3.33 variance and standard deviation 1.8 was chosen as the best model, And the Bondar underground dam site as well as the best site for the construction of an underground barrier was determined.

Keywords: Prioritization; Underground dam; TOPSIS; ELECTRE 3; Analytical Network process; Hormozgan province.