نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال سیزدهم- شماره ۴۷- زمستان ۱۳۹۸

Vol. 13, No. 47, Winter 2020

مکان‌یابی و اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی با استفاده از مدل‌های SWAT و MADM

جواد چزگی[1]

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۵

چکیده

احداث سدهای زیرزمینی جهت ذخیره منابع آب زیرزمینی می‌تواند ازجمله راه‌کارهای مناسب برای تامین و توسعه منابع آب باشد، در صورت اجرای صحیح این سدها می‌توان آب را در دوره‌های مرطوب و پرباران ذخیره و در دوره‌های خشک استفاده کرد. این مطالعه جهت انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی در حوزه آبخیز کریان میناب در استان هرمزگان در سه مرحله به‌صورت سلسله مراتبی انجام گرفت. در مرحله اول برای حذف مناطق نامناسب از الگوریتم بولین استفاده گردید. در مرحله دوم با استفاده از بازدیدهای صحرایی مکان‌های مناسب از مناطق پتانسیل‌دار تعیین و تایید گردید. در ادامه بدلیل اهمیت جریان زیرسطحی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی از مدل ابزار ارزیابی آب و خاک[2] برای شبیه‌سازی این جریان استفاده شد. که جهت واسنجی و صحت‌سنجی جریان از داده‌های مشاهداتی ایستگاه مازابی استفاده گردید، که این صحت‌سنجی با ضریب تعیین ۶۱ و ضریب نش – ساتکلیف ۰/۶۲ مورد قبول قرار گرفت. در مرحله نهایی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (تاپسیس و ویکور) و براساس ۱۰ معیار مکان‌های مناسب اولویت‌بندی گردید. نتایج نشان داد که در روش تاپسیس سد زیرزمینی بندر در اولویت اول با امتیاز ۰/۷۳۷۹ و سد خارو با امتیاز ۰/۱۰۶۹ در اولویت آخر قرار گرفت. نتایج روش ویکورسد سندرک با شاخص ۰/۹۴ در رتبه اول و سد اسلام آباد با امتیاز شاخص ویکور ۰/۱۶ در رتبه آخر قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: *سد زیرزمینی، TOPSIS، VIKOR، SWAT و استان هرمزگان.*

مقدمه

آب از ارزشمندترین منابع طبیعی است، که به‌عنوان یکی از نهادهای اصلی تولید محصولات کشاورزی، صنعت و توسعه پایدار در جامعه ایفا می‌کند [۹]. کمبود آب یکی از مشکلات عمده اکثر کشورهای جهان، به ویژه کشورهای دارای جمعیت رو به رشد به شمار می‌آید و تنها راه حل این بحران استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری آب در بخش‌های مختلف، به خصوص بخش کشاورزی و صنعت است [۱۳]. امروزه آب یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار به شمار می‌آید [۲۲]، به‌طوری‌که در بیش‌تر مناطق ایران، منابع آب سطحی محدود و حتی در برخی مناطق، این منابع وجود ندارد [۱]، بنابراین بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مناطقی که آب سطحی کم و یا اصلا وجود ندارد در سطح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد. بدلیل نبود آب سطحی، منابع آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منابع آبی کشور به ویژه در بخش کشاورزی است که بیش از ۶۲/۱ درصد نیاز این بخش را در بیش‌تر مناطق ایران تأمین می‌کند [۱۹]. یکی از اهداف سازمان جهانی آب تأمین آب آشامیدنی سالم تا سال ۲۰۲۵ برای همه خواهد بود. گفتنی است بیش‌ترین جمعیتی که از داشتن آب آشامیدنی سالم محروم‌اند در آسیا و آفریقا و در روستاها ساکن هستند [۲۶]. امروزه آب، کالای گران بهایی محسوب می‌شود که شناسایی منابع سالم و بهره‌برداری صحیح از آن را جزء ضرورت‌های اساسی کرده است. منابع آب سطحی و غیر سطحی اگر به‌طور صحیح مدیریت نشوند بحران‌های آبی را موجب می‌شوند که از تبعات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی برخورد دارند [۶]. ازاین‌رو توجه بیش‌تر به مسائل و مشکلات موجود در زمینه تأمین آب آشامیدنی سالم امری ضروری به شمار می‌رود. مطابق گزارش ویژه سازمان ملل متحد درباره ایران، جمعیت روستایی ایران به‌واسطه عدم دسترسی به آب نوشیدنی مناسب در معرض خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند: التهاب روده، اسهال و دیگر بیماری‌های واگیردار ازاین‌دست قرار دارند. مدیریت منابع آبی بدون بهره‌گیری از سازه‌های مناسب و کارا برای ذخیره‌سازی، و انتقال امری محال بوده و تعریف پروژه و طرح‌های توسعه منابع آب همواره یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌های برنامه‌ریزی منابع آب است [۱۸]. 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 می‌باشند. این نوع

۱. نویسنده مسئول و استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند. پست الکترونیک: chezgi@birjand.ac.ir

2. Soil and Water Assessment Tools (SWAT)

سدها معمولاً در بستر رودخانه‌های فصلی که زهاب زیادی دارند ساخته می‌شود [۸، ۲۵]. مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث سد می‌باشد. این مشکلات ازآن‌جا ناشی می‌شود که معیارها و عوامل زیادی شامل معیارهای فیزیکی و اجتماعی- اقتصادی در مکان‌یابی مناسب آن‌ها دخیل می‌باشند. بررسی و تعیین این عوامل در عرصه با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پرهزینه بوده و نیاز به‌صرف وقت بسیار دارد [۱۴]. هم‌چنین به دلیل این‌که سد زیرزمینی، جهت ذخیره منابع آب زیرسطحی و زیرزمینی احداث می‌شود. جریان زیرسطحی از اهمیت بسیار بالایی برای مکان‌یابی سدهای زیرزمینی برخوردار است، چون داده‌های دقیقی در مورد جریان زیرسطحی موجود نیست در تحقیقات گذشته سعی شده جریان سطحی محاسبه‌شده و درصدی از جریان سطحی به‌عنوان جریان زیرسطحی ارائه گردد، ولی در این تحقیق بدین‌منظور از مدل مدل ابزار ارزیابی آب و خاک استفاده گردید. مدل ابزار ارزیابی آب و خاک یک مدل هیدرولوژیکی نیمه‌توزیعی است که به‌منظور پیش‌بینی اثرات فعالیت‌های مدیریتی اراضی بر بیلان آب، حرکت رسوب و عوامل شیمیایی کشاورزی در مقیاس حوزه‌ی آبخیز با تنوع در خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی در بازهٔ زمانی طولانی توسعه یافته است. این مدل اطلاعاتی راجع به هوا، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی در حوزه‌ی آبخیز دریافت می‌کند و فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، رسوب و رشد گیاه مستقیما با استفاده از داده‌های ورودی شبیه‌سازی می‌گردد [۲۴]. براساس نتایج مدل مدل ابزار ارزیابی آب و خاک مناطقی که دارای جریان زیرسطحی مناسب است شناسایی و محاسبه‌شده و با استفاده از این پارامتر و دیگر لایه‌های اطلاعاتی مربوط، مانند خصوصیات آبرفت (ضخامت آبرفت و نفوذپذیری) عوامل هیدرولوژیکی (سیل‌خیزی، افت سفره، کیفیت می‌باشد که داده‌های مورد نیاز برای تصمیم‌گیری از نظر کیفیت و میزان دقت متفاوت می‌باشند و هم‌چنین میزان اهمیت و وزن هر کدام از آن‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشد [۸]. به‌طوری‌که تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده ناپایدار یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت نوین به شمار می‌رود. در این موارد تصمیم‌گیرنده با گزینه‌هایی متفاوت تحت معیارهای مختلفی که از محیط داخلی و خارجی محیط متأثر می‌شوند، روبرو است [۱۸]. چون امکان اجرای مالی تمام پروژه‌های مربوط به منابع آب، در یک بخش وجود ندارد، بنابراین ترتیب اجرای آن‌ها بسیار مهم می‌باشد. یکی از مسائل مهم مطرح در مدیریت منابع آب، اولویت‌بندی این پروژه‌هاست. معمولا برای ارزیابی هر موضوعی، نیاز به معیار اندازه‌گیری یا شاخص است. انتخاب شاخص‌های مناسب به محقق این امکان را می‌دهد تا بتواند با مقایسه درست بین گزینه‌ها بهترین تصمیم را اتخاذ کند. اگر چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته شود، به‌طورقطع کار ارزیابی پیچیده‌تر خواهد شد. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است، خارج می‌شود و به ابزار تحلیل علمی نیاز خواهد بود [۲۱]. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از روش‌هایی است که توانایی تلفیق معیارهای کیفی به کمی به‌طور هم‌زمان [۳]، تحلیل جزءبه‌جزء و ارزیابی پروژه‌ها و هم‌چنین اولویت‌بندی براساس معیارها و شاخص‌ها را دارا می‌باشند. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] در پروژه‌ها و رشته‌های مختلفی در داخل و خارج کشور مورد استفاده قرارگرفته است. به‌طوری‌که در اکثر تحقیقات و پروژه‌ها توانایی این مدل‌ها تأیید گردیده است. در این تحقیق نیز جهت اولویت‌بندی مکان‌های مناسب سدهای زیرزمینی جهت احداث از روش‌های تاپسیس[2] و ویکور[3] که از زیر شاخه جبرانی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد، استفاده گردید. در ذیل مواردی از تحقیقات ارائه شده است.

عرب عامری و همکاران [۲] به مکانیابی سد زیرزمینی با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی در منطقه اردستان در شمال شرق استان اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که عامل شیب با ارجحیت ۰/۳۸ مؤثرترین عامل و عامل کاربری با ارجحیت ۰/۰۱۹ کم اثرترین عامل می‌باشد. پس از تلفیق لایه‌های مورد استفاده بهترین مناطق برای احداث سد زیرزمینی مخروطه‌افکنه‌هایی با جهت جغرافیایی شمالی- جنوبی و شمال‌غربی- جنوب شرقی بدست آمد.

چزگی و همکاران [۷] در تحقیقی با عنوان مکان‌یابی و ارزیابی سد زیرزمینی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی[4] 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 هم‌اندازی لایه‌های فوق ۳۱ محدوده پتانسیل‌دار در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص شد. در مرحله بعدی برای اولویت‌بندی مناطق به‌دست‌آمده، معیارها و زیر معیارهای به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و با نظرات کارشناسان وزن‌دهی شد. سپس با استفاده از شاخص‌های کیفیت شیمیایی و کمیت جریانات زیرسطحی، طول و عمق محور، لیتولوژی تکیه‌گاه‌ها، شیب، نفوذپذیری سطح مخزن، عمق و سطح مخزن، جمعیت روستا، وسعت زمین‌های کشاورزی پائین‌دست، واحدهای صنعتی، فاصله از روستا، فاصله از منبع قرضه و فاصله محور در محیط مدول ارزیابی چند معیاره مکانی به اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی پرداخته شد. اولویت‌بندی براساس شاخص تناسب تعیین گردید سدهایی که شاخص تناسب بالاتری داشتند در اولویت اول قرار گرفتند.

جمالی و همکاران [۱۲] در تحقیقی به مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه بودا کال سوئد پرداختند. این تحقیق یک روش جدید با استفاده

1. Multi Attribute Decision Making (MADM)
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS)
3. Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR)
4. Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE)

از نرم‌افزار (Arc GIS) که به‌وسیله روش‌های مدل‌سازی تعادل آب زیرزمینی پشتیبانی شده است، روش مناسبی برای مکان‌یابی سد زیرزمینی به‌حساب می‌آید. منابع آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات رقومی زمین‌شناسی و هم‌چنین لایه‌های چینه‌شناسی برگرفته از مطالعات زمین‌شناسی محاسبه گردید. از ۳۴ زیر حوزه موجود در این منطقه ۱۰ منطقه آب زیرزمینی مازاد دارد، و در ۱۴ زیر حوزه ذخایر منابع آبی قابل اطمینان است. درنهایت ۶ منطقه جهت احداث سد زیرزمینی مناسب تشخیص داده شد.

زاهدی [۳۴] در مطالعه‌ای به تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی با استفاده از شبیه‌سازی بیلان آب و فرآیند تحلیل شبکه‌ای در حوزه آبخیز درونگر درگز پرداختند. در این تحقیق از مدل شبیه‌سازی بیلان آب برای محاسبه جریان زیرسطحی و حجم رواناب استفاده کردند، و در مرحله بعد با به دست آمدن سایر پارامترهای مورد نیاز که شامل چهار معیار اصلی هیدرولوژی، مخزن، محور و مسائل اقتصادی اجتماعی و زیرمعیارهای فرعی آن‌ها می‌باشند، به اولویت‌بندی ۱۶ محدوده مناسب به‌دست‌آمده در مرحله حذفی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که بهترین محورها برای احداث سد زیرزمینی، در بستر آبرفتی رودخانه‌های با جریان زیرسطحی بالا، حجم مخزن زیاد، هم‌چنین حجم رواناب بالا و شیب پایین و نفوذپذیری بالا بوده است. یکی از راه‌های ذخیره و برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، در مقیاس کوچک استفاده از سدهای زیرزمینی است. بخصوص برای مناطقی که منابع آبی با کیفیت از دسترس خارج شده یا در اثر تداخل با سازندهای شور، منابع آبی آلوده و بی‌کیفیت، کیفیت عالی خود را از دست می‌دهند مورد نیاز است. در این تحقیق با استفاده از مدل توزیعی ابزار ارزیابی آب و خاک و مدل‌های تصمیم‌گیری ویکور و تاپسیس که یکی از مدل‌های پرکاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری می‌باشد، در مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مناسب جهت احداث سدهای زیرزمینی استفاده شد. چون منطقه مورد مطالعه در جنوب ایران قرار گرفته است، به‌طوری که مقدار بارندگی در این مناطق پایین بوده و اکثر بارندگی‌ها به صورت رگباری می‌باشد که به سرعت به‌صورت سیلاب از منطقه خارج می‌گردد. در ادامه منابع آبی با کیفیت از دسترس خارج شده و به دریای عمان می‌ریزد. بدین صورت ذخیره و حفظ منابع آبی با کیفیت در منطقه مورد مطالعه ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه کریان با کد ۲۸۱۷ سازمان منابع آب کشوری در شرق شهرستان میناب در استان هرمزگان با مساحت ۲۶۵۷ کیلومترمربع با مختصات جغرافیایی ″۲۱ ′۵۲ °۲۶ تا ″۱۹ ′۰۸ °۲۷ شمالی و ″۲۵ ′۰۷ °۵۷ تا ″۲۲ ′۵۲ °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 غرب که در خروجی حوزه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱).

روش تحقیق

تحقیق مورد مطالعه به‌صورت سلسله مراتبی بوده و در سه 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 صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت می‌شود. در این تحقیق از ۵ معیار حذفی شامل گسل، شیب، کاربری اراضی، آبراهه‌ها و زمین‌شناسی در الگوریتم بولین استفاده گردید، که ۳۲ بازه مناسب بدست آمد. مرحله دوم انتخاب محورهای مناسب از بازه‌های به‌دست‌آمده از مرحله قبل با استفاده از بازدیدهای صحرایی و نرم‌افزار گوگل ارث مورد بررسی و تأیید گردید. محورهای مناسب بر اساس طول محور، سطح مخزن و تکیه‌گاه مناسب انتخاب شدند. ۱۰ مکان مناسب انتخاب شدند که مناسب‌ترین محورها در محدوده‌های به‌دست‌آمده در قسمت حذفی بودند. پس از مشخص‌کردن محورها در مرحله دوم تحقیق و تعیین معیارها و ارزش آن‌ها (داده‌های موردنیاز و تکمیل معیارها جهت اولویت‌بندی)، در این مرحله با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و بر مبنای جریان تصمیم‌گیری ویکور و تاپسیس نقاط مناسب جهت احداث سد زیرزمینی اولویت‌بندی گردیدند.

معرفی مدل‌های به‌کاررفته

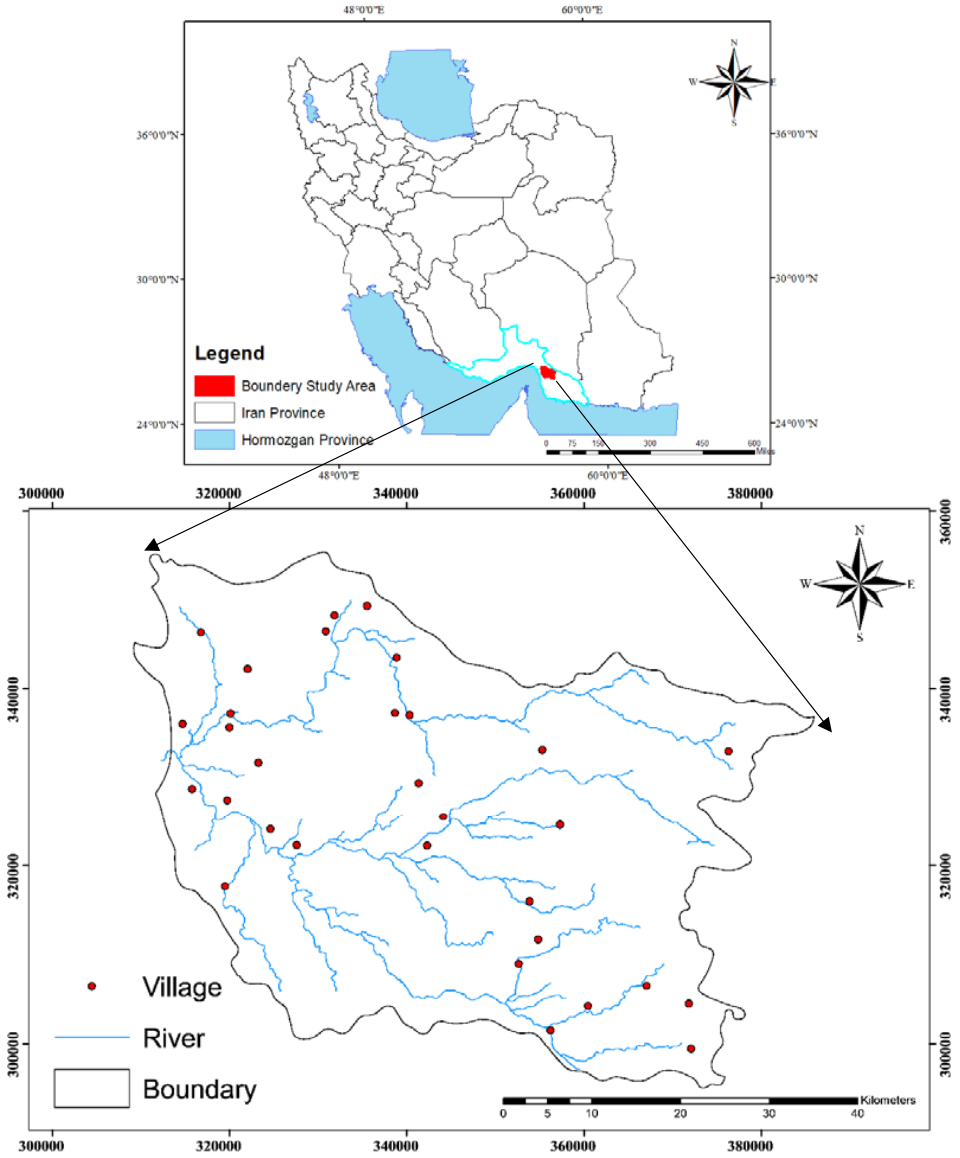
مدل بولین

منطق بولین ساده‌ترین و شناخته‌ترین منطق می‌باشد، در این مدل وزن‌دهی لایه‌ها بر اساس صفر یا یک صورت می‌گیرد، عملگرهای مختلفی ارائه‌شده است مهم‌ترین و پرکاربردترین عملگرهای اشتراک و اجتماع می‌باشند [۱۰]. بر اساس نظریه مجموعه‌ها عملگر AND، اشتراک و عملگر OR، اجتماع مجموعه را استخراج می‌کند. به‌عبارت‌دیگر در عملگر AND فقط پیکسل‌هایی که در تمام نقشه‌های پایه ارزش یک داشته باشند. جزء مناطق مناسب قرار می‌گیرند، اما در عملگر OR، پیکسل‌هایی که فقط در یک نقشه پایه مناسب بوده و ارزش یک داشته باشند و در سایر لایه‌ها دارای ارزش صفر باشند، نیز در نقشه خروجی و تلفیق یافته، ارزش یک داشته و مناسب تشخیص داده می‌شوند [۵]. در این تحقیق از عملگر اشتراک (AND) استفاده گردید. بدین‌صورت که تهیه نقشه مناطق مساعد یا نامساعد از این روش پس از امتیاز دادن طبقات هر لایه در سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) از رابط ۱ تهیه گردید.

(۱)

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

براساس رابطه (۱) وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در این منطق بر اساس صفر و یک می‌باشد. یعنی در نقشه‌های پایه هر



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کریان در استان هرمزگان و ایران

Fig 1. Geographical location of the Keryan Watershed in Hormozgan and Iran

واحد از نظر احداث سد زیرزمینی مناسب (۱) یا نامناسب (۰) است. شیب یکی از معیارهای مهم جهت تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی می‌باشد، چون تأثیر زیادی در حجم مخزن و مقدار آب نفوذی و قابل ذخیره در مخزن سدهای زیرزمینی دارد. براساس رابطه (۱) شیب‌های بالای پنج درصد صفر و زیر پنج درصد امتیاز یک تعیین گردید [۲]. در نقشه کاربری اراضی برای مناطق مسکونی، کشاورزی آبی و باغات ارزش عددی صفر و برای سایر طبقه‌ها ارزش عددی یک در نظر گرفته شد. معیار زمین‌شناسی نقش خیلی مهمی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی دارد، زیرا بر زیرمعیارهای لیتولوژی، ضریب ذخیره مخزن، کیفیت و کمیت آب تأثیر دارد [۸، ۲۹ و ۳۱]. براساس نقشه زمین‌شناسی به سازندهای کواترنری ارزش عددی یک به مناطق خارج از این محدوده‌ها ارزش عددی صفر تعلق گرفت [۸]. آبراهه‌های گسلی یا بخش‌هایی از آبراهه که گسلی می‌باشند به دلیل این‌که معبرهای مناسبی جهت زهکشی آب و خروج آن به مناطق خارج از دسترس می‌باشند و هم‌چنین امکان پتانسیل لرزه‌زایی در مواردی که با گسل‌های بزرگ و فعال وجود داشته باشد، جزء مناطق نامناسب احداث سدهای زیرزمینی می‌باشند [۳۴]. بنابراین برای مناطق گسلی حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد. محدوده‌های داخل حریم ارزش عددی صفر و خارج از محدود ارزش عددی یک در نظر گرفته شد [۸]. از آن‌جایی که مناطق

مناسب می‌بایست دارای تمامی شرایط بالا باشند، لایه‌های مختلف براساس رابطه (۱) اجرا گردید.

مدل ابزار ارزیابی آب و خاک SWAT

مدل SWAT یک مدل مفهومی نیمه- توزیعی در مقیاس حوزه آبخیز است که دارای بازده محاسباتی بالا می‌باشد. این مدل یک مدل پیوسته زمانی است که در گام‌های زمانی ساعتی، روزانه و یا سالانه اجرا می‌شود. مدل با تقسیم کردن یک حوزه به تعداد زیادی زیرحوزه جزئیات مکانی را شبیه‌سازی می‌کند. در این مدل هر حوزه به چند زیرحوزه و هر یک از زیرحوزه‌ها به چند واحد عکس‌العمل هیدرولوژیک (HRU)[1] که از نظر کاربری اراضی و خصوصیات خاک همگن هستند، تقسیم می‌شود [۳۲]. در ابتدا آب موجود در خاک، رواناب سطحی و غیره برای هر واحد واکنش هیدرولوژیک و سپس برای هر زیر حوزه به‌صورت متوسط وزنی محاسبه می‌شود. این کار دقت محاسبات را افزایش داده و توصیف فیزیکی بهتری از بیلان آبی حوزه به دست می‌دهد [۲۴]. در این تحقیق جهت به دست آوردن جریان زیرسطحی، جریان سطحی و کیفیت هر دو جریان از این مدل استفاده شد. برای اجرای مدل از ایستگاه‌های هواشناسی میناب، رودان و جاسک و داده‌های رقومی ارتفاع، خاک و کاربری اراضی و جهت کالیبره مدل از داده‌های هیدرومتری مازابی که در خروجی حوزه قرار داشت، استفاده گردید. در تحقیق از واسنجی خودکار و با استفاده از برنامه SUFI2 و بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ استفاده شد. با اجرای الگوریتم SUFI2 مقادیر بهینه پارامترهای حساس مدل تعیین گردید. برای واسنجی مدل، این الگوریتم چندین بار اجرا می‌شود و در هر بار اجرا در صورت قابل‌قبول بودن نتایج بهینه‌سازی، از مقادیر بهینه پارامترها در مرحله اعتبارسنجی استفاده می‌شود. در صورت غیرقابل‌قبول بودن نتایج، بهینه‌سازی مجدداً تکرار می‌شود.

ارزیابی کارایی مدل

تقریباً در تمامی مدل‌ها به دلیل خطاهای مشاهداتی یا کمبود داده‌های صحرایی، اولین اجرای مدل با خطای نسبتاً زیادی به نتیجه می‌رسد. در اینجا واسنجی یا کالیبراسیون مطرح می‌شود که به معنای بهینه‌سازی داده‌های نادرست ورودی و هر مدلی نیازمند آن است. در کل واسنجی می‌تواند به دو روش دستی (سعی و خطا) یا اتوماتیک (با استفاده از کدها) انجام گیرد [۴]. فرایند ارزیابی کارایی مدل نه تنها در جریان توسعه مدل و فرایند واسنجی، بلکه در زمان ارائه نتایج به سایر محققین نیز از اهمیت اساسی برخوردار است. شاخص‌های مختلفی برای این منظور ارائه شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این تحقیق از ضریب تبیین و ضریب نش- ساتکلیف استفاده شد [۲۳].

ضریب تبیین :

این روش ابزاری برای صحت‌سنجی داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌ها مشاهده‌ای می‌باشد(رابطه ۲)

(۲)

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(Simulated_i - Simulated_{avg})(Measured_i - Measured_{avg})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(Simulated_i - Simulated_{avg})^2 \sum_{i=1}^{n}(Measured_i - Measured_{avg})^2}$$

که در آن:

$simulated_{avg}$= متوسط مقادیر شبیه‌سازی شده

$measuring_{avg}$= متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

ضریب تبیین بین صفر تا یک تغییر می‌کند و مقدار بهینه آن یک است.

ضریب ناش-ساتکلیف[2]

این روش ابزار دیگری است که اختلاف نسبی مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد (رابطه ۳).

(۳)

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Measured_i - Simulated_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}[Measured_i - 1/n \sum_{i=1}^{n} Measured_i]^2}$$

مقدار ضریب ناش- ساتکلیف بین یک تا منفی بی‌نهایت تغییر می‌کند. مقدار بهینه این شاخص یک است. لازم به توضیح است که عموما اگر شاخص نش- ساتکلیف بیش‌تر از ۰/۷۵ باشد مدل عالی و کامل، و اگر بین ۰/۷۵ تا ۰/۳۶ باشد، رضایت‌بخش و اگر کم‌تر از ۰/۳۶ باشد غیرقابل قبول فرض می‌شود [۲۳].

مدل تاپسیس(TOPSIS)

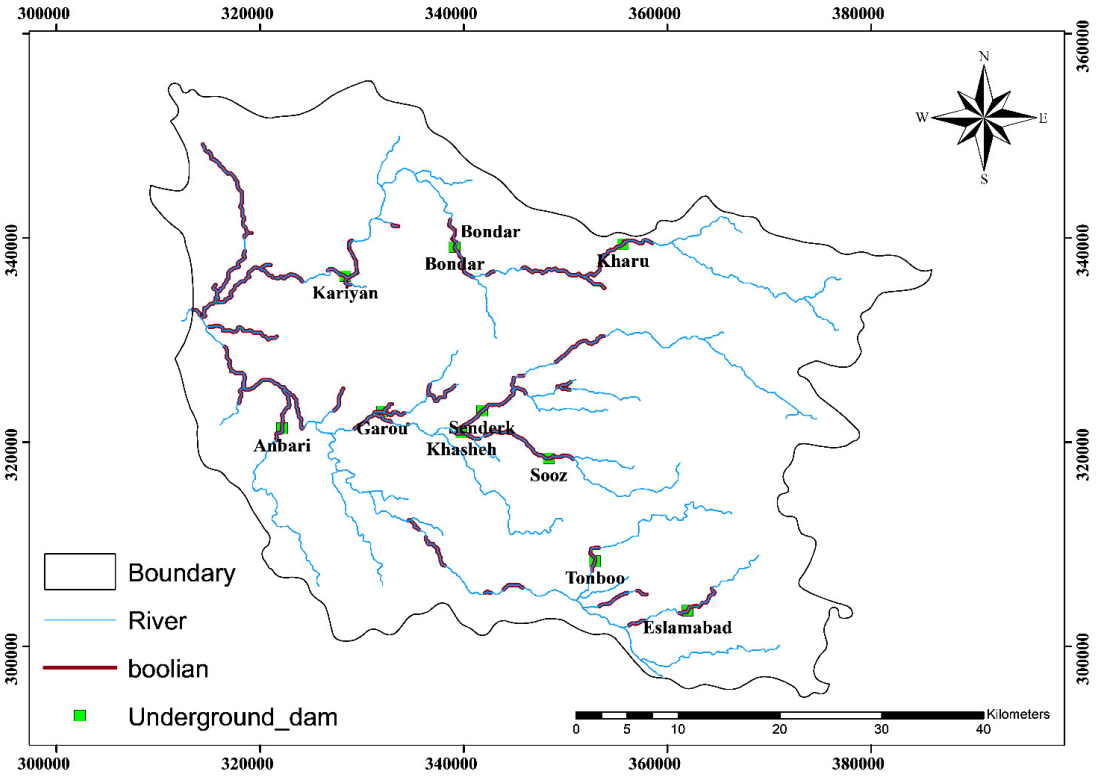
این مدل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است [۱۶]. در این روش، m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. بنیان این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده آل منفی(بدترین حالت ممکن) داشته باشد [۳۳]. مراحل حل این روش شش مرحله است [۲۰]. برای اطلاع بیش‌تر به کتاب میرغفوری و همکاران [۱۷] فصل پنج مراجعه گردد.

روش ویکور (VIKOR)

مدل ویکور، مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره است. تاکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها و تعیین راه حل توافقی برای مساله با معیارهای متضاد می‌باشد [۱۷]. در شرایطی که تصمیم‌گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مساله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح می‌شود. بنابراین، این روش روی دسته‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه تمرکز داشته و جواب‌های سازشی را برای یک مساله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند. اگر در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به‌منظور انتخاب بهترین گزینه از این روش استفاده می‌گردد. این مدل در ۵ مرحله اجرا می‌شود برای اطلاع بیش‌تر به کتاب میرغفوری و همکاران [۱۷] فصل شش مراجعه گردد.

1. Hydrologic Response Unit

2. Nash - Sutcliffe



شکل ۲- محدوده‌های حاصل از منطق بولین و مکان‌های انتخاب‌شده در مرحله دوم

Fig 2. Result of Boolean logic and selected locations in the second stage

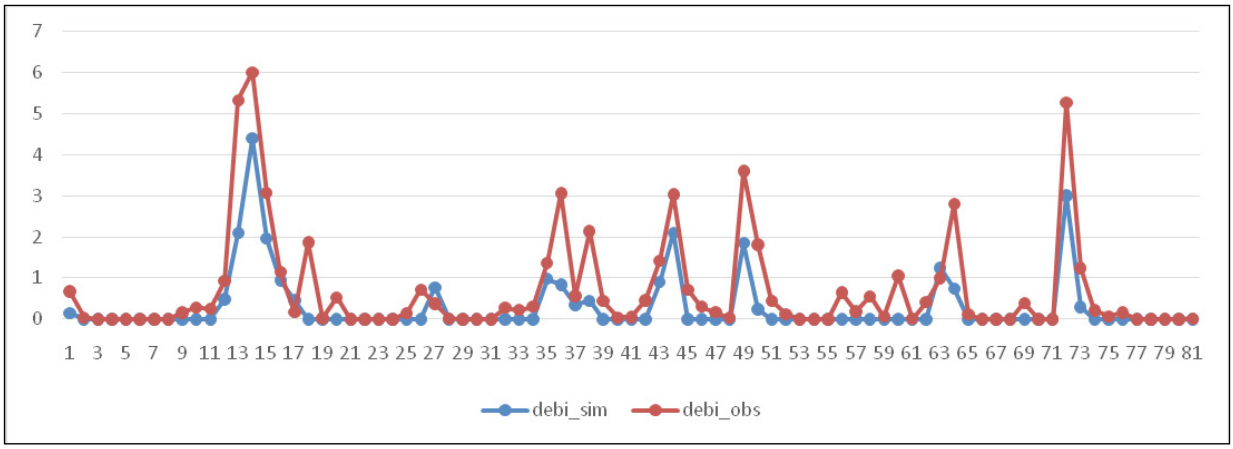
نتایج

نتایج مرحله اول ۳۲ منطقه (بازه) پتانسیل‌دار برای احداث سد زیرزمینی که از روهم‌گذاری[1] نقشه‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بر اساس منطق بولین بدست آمد. مرحله دوم انتخاب محورهای مناسب از بازه‌های بدست آمده از مرحله قبل با استفاده از بازدیدهای صحرایی و نرم‌افزار گوگل ارث مورد بررسی و تایید گردید. محورهای مناسب بر اساس طول محور، سطح مخزن و تکیه‌گاه مناسب، ۱۰ مکان مناسب انتخاب شدند. که مناسب‌ترین محورها در محدوده‌های به دست آمده در قسمت حذفی بودند (شکل ۲). در مرحله نهایی با استفاده از مدل‌های ویکور و تاپسیس نقاط مناسب جهت احداث سد زیرزمینی اولویت‌بندی گردیدند.

در ادامه جهت به دست آوردن مقدار جریان سطحی و زیرسطحی و هم‌چنین کیفیت آن‌ها از مدل SWAT استفاده شد. پس از اجرای مدل نیاز به واسنجی مدل بود که در تحقیق حاضر ۱۰۰۰ بار برنامه SUFI2 اجراشده و مدل واسنجی (کالیبره) شد (شکل ۳). جهت واسنجی و صحت‌سنجی جریان از داده‌های مشاهداتی ایستگاه مازابی استفاده گردید، که این صحت‌سنجی با ضریب تبیین ۶۱ و ضریب نش – ساتکلیف ۰/۶۲ مورد قبول قرار گرفت.

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)) در مدل‌های تصمیم‌گیری استفاده شد. در الگوریتم تاپسیس اول ماتریس نرمال (بی مقیاس) تهیه گردید و در ادامه ماتریس موزون (V) از ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها (Wn*n) تهیه گردید (جدول ۱). نتایج اولویت‌بندی در مدل تاپسیس (جدول ۲) سد بندر (Bondar) در اولویت اول با امتیاز ۰/۷۳۷۹ و سد خارو (Kharu) با امتیاز ۰/۱۰۶۹ در اولویت آخر قرار گرفت. در روش ویکور نیز مراحل اول همانند روش تاپسیس (جدول ۱) در ادامه تعیین نقطه ایده آل مثبت و منفی، تعیین سودمندی و تأسف و در نهایت محاسبه شاخص ویکور (Q) که مکان‌های مناسب سد زیرزمینی براساس همین شاخص رتبه‌بندی می‌شوند (جدول ۲). نتایج این مدل نشان داد که سد سندرک (Senderk) با شاخص ۰/۹۴ در رتبه اول و سد اسلام آباد (Eslamabad) با امتیاز شاخص ویکور ۰/۱۶ در رتبه آخر قرار گرفت.

1. Overlay



شکل ۳- مقایسه مقادیر دبی ماهانه محاسباتی و مشاهداتی در پایان واسنجی

Fig 3. Calibration monthly discharge based on observation data

جدول ۱- ماتریس موزون

Table 1. Weighted matrix

مکان‌ها مناسب احداث سدها Suitable sites for construction	کمیت آب Water quantity	کیفیت آب Water quality	طول محور سد Length of Dam	عمق محور سد Depth of Dam Axis	ضریب ذخیره مخزن Reservoir coefficient storage	حجم مخزن Reservoir Volume	تکیه‌گاه Anchorage	شیب Slope	نیاز آبی Water requirements	دسترسی accessibility
Anbari	0.071	0.021	0.003	0.014	0.021	0.052	0.006	0.020	0.054	0.017
Bondar	0.095	0.021	0.005	0.012	0.021	0.039	0.006	0.020	0.070	0.017
Eslamabad	0.059	0.027	0.003	0.009	0.021	0.027	0.007	0.027	0.062	0.025
Graou	0.107	0.018	0.007	0.014	0.018	0.066	0.006	0.014	0.047	0.037
Kariyan	0.107	0.021	0.003	0.010	0.021	0.044	0.007	0.014	0.047	0.071
Kharu	0.059	0.027	0.007	0.012	0.018	0.026	0.007	0.027	0.039	0.092
Khashanh	0.095	0.021	0.004	0.012	0.018	0.029	0.006	0.027	0.039	0.021
Senderk	0.107	0.024	0.012	0.009	0.018	0.026	0.004	0.020	0.070	0.012
Sooz	0.071	0.027	0.003	0.010	0.021	0.027	0.007	0.034	0.047	0.050
Tonboo	0.083	0.027	0.004	0.010	0.021	0.034	0.007	0.020	0.062	0.027

جدول ۲- اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی بر اساس CL و Q

Table 2. Prioritization of underground dams based on CL and Q

underground dam	CL(TOPSIS)	Ranking	Q(VIKOR)	Ranking
Bondar	0.7379	1	0.85	2
Senderk	0.7052	2	0.94	1
Graou	0.7048	3	0.44	6
Anbari	0.6563	4	0.52	4
Tonboo	0.6267	5	0.46	5
Khashaneh	0.5991	6	0.38	7
Eslamabad	0.5202	7	0.16	10
Kariyan	0.4677	8	0.79	3
Sooz	0.3832	9	0.24	9
Kharu	0.1069	10	0.31	8

بحث و نتیجه‌گیری

در بخش اول نتایج نشان داد که مناسب‌ترین شیب جهت احداث سدهای زیرزمینی شیب‌های کمتر از ۵ درصد می‌باشد زیرا به دلیل سرعت کم آب در این مناطق فرصت کافی برای نفوذ میسر می‌گردد و هم‌چنین حجم مخزن در شیب‌های کم‌تر مناسب‌تر می‌باشد، زیرا عامل شیب رابطه معکوس با حجم مخزن و مقدار نفوذپذیری دارد و با نتایج [۸، ۲۵ و ۳۱] هم‌خوانی دارد.

در مرحله دوم مشخصات محور و مخزن سدها مورد بررسی قرار گرفت، به دلیل تشکیل مخزن سد زیرزمینی در زیرزمین و در بین خلل و فرج رسوبات آبرفتی، به دست آوردن حجم مخزن بسیار دشوار می‌باشد که از معایب سد زیرزمینی به‌حساب می‌آید و برای تعیین حجم مخزن از شاخص‌های چون عمق، طول و شیب استفاده شد که با نتایج [۲۵، ۲۹ و ۳۱] مطابقت دارد و با نتایج [۱۱] هم‌خوانی ندارد، چون ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان و ژئودزی پیشنهاد داده است. بدلیل بالابودن هزینه‌ها در مرحله مکان‌یابی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بیش‌تر در مرحله اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توانایی و دقت قابل قبول مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی رواناب ماهانه با نتایج [۲۷ و ۲۸] هم‌خوانی دارد. بیش‌ترین اهمیت نسبی (۰/۲۷) به معیار کمیت آب رسید که با نتایج [۳۴] مطابقت و با نتایج [۲] هم‌خوانی ندارد که شیب را با اهمیت نسبی ۰/۳۸ مؤثرترین معیار ارائه داده بود.

نتایج تحقیق جهت اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی براساس مدل تاپسیس سد سندرک در رتبه دوم و تنبو در رتبه پنجم قرار گرفت، ولی در مدل ویکور سد سندرک در رتبه اول و تنبو در رتبه پنجم قرار گرفت که نشان توانایی بالای مدل‌های استفاده شده در این تحقیق در مکان‌یابی و اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی می‌باشد. این دو سد زیرزمینی جهت ارزیابی مدل و روش کار، مورد استفاده قرار گرفت، این دو سد زیرزمینی بوسیله سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور جایابی و احداث شده است، این دو سد زیرزمینی در مسیل‌های کوهستانی و براساس نظرات کارشناسان و بصورت تجربی احداث شده است. در ارتفاعات و مناطق کوهستانی به دلیل بالا بودن میزان بارندگی (برف، باران و غیره)، کم بودن تبخیر و پایین بودن درجه حرارت، و بالا بودن دوره تغذیه به خاطر ذوب تدریجی برف باعث افزایش نفوذ نسبیت به دشت می‌گردد، با دلایل ذکر شده مسیل‌های موجود در این مناطق محل‌های مناسبی برای احداث سدزیرزمینی می‌شود. جمع شدن آب در زیرزمین و تشکیل آب‌های زیرزمینی بستگی به قابلیت نفوذ و میزان تخلخل دارد [۱۵]. یکی از مدل‌ها برای شناسایی مناطقی که استعداد ذخیره و ضریب انتقال آب زیرزمینی بیش‌تری دارند مدل SWAT می‌باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت و مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی تعیین گردید. در ادامه جهت اولویت‌بندی این مناطق مناسب از روش‌های ویکور و تاپسیس که راه مناسبی برای حل مسائل تصمیم‌گیری می‌باشد، استفاده شد. نتایج اولویت‌بندی براساس سدهای احداث شده مورد قبول قرار گرفت چون دو سد احداث شده در اولویت‌های اول قرار گرفتند.در نهایت براساس نتایج تحقیق، منطقه مورد بررسی با توجه به امکانات موجود و نتایج حاصل مکان‌یابی و اولویت‌بندی سدهای زیرزمینی ضروری به نظر می‌رسید تا از پتانسیل بالای حوزه آبخیز و نیز جریانات سیلابی که از دسترس خارج‌شده و دریا ریخته می‌شوند، بتوان بهره لازم را برد و هم‌چنین برای فصول خشک ذخیره گردد.

تشکر و قدردانی

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

منابع

1. Akbarzadeh, F. Hasanpour, H. Emamgholizadeh, S. 2016. Estimation of Groundwater Level in Shahroud Plain Using Artificial Neural Network Based on Radial Base. Watershed Management Research. Volume 7, Issue 13. (In Persian)

2. Arabameri1, A. R. Sohrabi, M. Rezaei, Shirani, K. K. 2018. Site Selection of underground Dam Using GIS and AHP Model. Iran-Watershed Management Science & Engineering. Vol. 12, No. 41, Summer. (In Persian)

3. Asgharpour, M.J. 2008. Multi-criteria decision making, University of Tehran publishing, Publishing Publishing. 400 p. (In Persian)

4. Barani, S. Shafiei, S. Malekinejad, H. Korkinejad, F. 2010. Modeling of underground waters of Marvesti plain using PEST software and MODFLOW computer code. First International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling, University of Industrial and Technological Advanced Studies. 8 p. (In Persian)

5. Bonham, G.F. 1996. Graeme Geographic Information System for Geoscientists. Pergamum Publication, New York. 9:267-302.

6. Burrow, P. 2005. The global water crisis; Davis Model United Nations Conference, http://www.darismum.com.

7. Chezgi, J. Pourghasemi, H.R. Naghibi, S.A. Moradi, H.R. Kheirkhah Zarkesh, M. 2016. Assessment of a spatial multi-criteria evaluation to site selection underground dams in the Alborz Province, Iran

for MODM, European Journal of Operational Research 76 (3), 486-500.

17. Mirghfouri, H. Azizi, F. Asadiyan Ardakani, F. 2014. Multi-criteria decision-making methods. Publishing House Jihad University. 240 p. (In Persian)

18. Mohammadi, F. Samadi Broujeni, H. Fatahi Nafchi, R. Hedayativar, K. 2013. Sensitivity analysis in the ranking of dam construction projects in Chaharmahal va Bakhtiari province using multi-criteria decision making methods. Iranian Journal of Water Research 7 (13) 67-59. (In Persian)

19. Mohammadjani, A. and Yazdanian N. 2014. Analyzing water crisis in Iran and requirements for its management, Journal of Trend, 21 (65, 66): 117-144.

20. Momeni, M. Sharifi Salim, A. 2012. Modeling and Multi-Attribute Decision Making Software. Shaygan Treasure Sewing and Printing. 218 p. (In Persian)

21. Nakhei, M. and Badiei, M. 2012. Evaluation of drinking water quality in Dargaz Plain using Analytical Hierarchy Process in Geographic Information System (GIS). Iranian Water Research. 11 p. (In Persian)

22. Naserabadi, F. Esmaali Ori, A. Akbari, H. Rostamian, R. 2016. River Flow Simulation Using SWAT Model (Case Study: Gharehso River, Ardebil). Watershed Management Research. Volume 7, Number 13 - Spring and Summer. (In Persian)

23. Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting though conceptual models. Part 1-A discussion of principles. Journal of hydrology, 10: 282-290.

24. Neitsch, S. L. Arnold, J. G. Kiniry, J. R. Williams, J. R. 2005. Soil and Water Assessment Tool– Theoretical Documentation, Version 2005. Texas, USA.

25. Nilsson, A. 1988. Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply, Intermediate Technology Publications, and London. 78 pp.

26. Nouri Sepehr, M. 2006. Management of Drinking Water Supply in Rural Areas, Quarterly Journal of Geographic Research. No. 85. Pages 157-139. (In Persian)

27. Omani, N. Tajrishi, M. Ebrahimchi, A. 2006. River flow simulation using GIS and SWAT model, 7th International Engineer's Conference, Ahwaz Shahid Geocarto International 31:628-646 doi:10.1080/10106049.2015.1073366.

8. Chezgi, J. 2009. Groundwater Dam location using a decision support system and GIS in west of Tehran province. Master›s thesis. Tarbiat Modares University. 113 p. (In Persian)

9. Chizari, A. H. Sharzei, Gh. Karamatzadeh, A. 2005. Determining Economic Value of Water with Ideal Planning Approach (Case Study: Barzu dam of Shirvan). Journal of Economic Research. Volume 40, Number 4, Winter. (In Persian)

10. Dadrasi, A. and Khosroshahi, M. 2008. Identification of areas susceptible to flood spreading through the use of conceptual models (a strategy to control desertification). Quarterly of Iranian Range and Desert Research. Vol. 15. No. 2, p. 241-227. (In Persian)

11. 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 of Physics and Chemistry of the Earth, 33: 74–85.

12. Jamali, I.A. Olofsson, B. Mörtberg, U. 2013. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS Environmental Earth Sciences 70:2511-2525 doi:10.1007/s12665-013-2295-1

13. Keramatzadeh, A. Chizari, A. H. Mirzai, A. 2006. Determining the Economic Value of Agricultural Waters Using Optimal Cropping Pattern Model for Combined Agriculture and Gardening Case Study: Barzoo dam Shirvan. Agriculture and Development Economics »Summer, No. 54. (In Persian)

14. Kheirkhah Zarkesh, M.M. Nasseri, H. Davoudi, M.A. Salami, H. 2008. Using Analytical Hierarchy Process in Prioritizing Proper Places for Construction of Groundwater Dam, Case Study The northern ridge of Kars-Natanz mountains. Construction Research in Natural Resources No. 79, 12 p. (In Persian)

15. Kordovani, P. 2000. Resources and Water Issues in Iran, Volume I of Surface and Underground Waters and Issues of Their Utilization, Tehran University Press, Fifth Edition, 567 pp. (In Persian)

16. Lai, Y. J. Liu, T. Y. Hwang, C. L. 1994. TOPSIS

Chamran University. (In Persian)

28. Rostamian, R. Jaleh, A. Afyuni, M. Mousavi S.F. Heidarpour, M. Jalalian, A. Abbaspour, K. 2008. Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran, Hydrological Sciences. 53: 977-988. (In Persian)

29. Salami, H. 2006. Determination of suitable sites for the construction of underground dam in igneous areas using remote sensing (Case study: North Range of Korkh Mountains), Master›s degree in Hydrology (Shahid Beheshti University) 143 p. (In Persian)

30. Shimelis, G. Dargahi, B. Srinivasan, R. Melesse A, M. 2010. Modeling of sediment yield from Anjeni-Gauged watershed, Ethiopia using SWAT model. Journal of the American water resources association, Vol. 46, No. 3. June.

31. Soleimani, S. 2007. Investigating the features of Mashhad Plain Engineering Geology in order to zoning the potential of underground dam construction using GIS and RS (Case study: Mashhad plain), Master›s Degree Course on Geology Engineering at Tarbiat Modares University, 112 p. (In Persian)

32. Tibebe, D. and Bewket, W. 2010. Surface Runoff and soil erosion estimation using the SWAT model in the Keleta watershed, Ethiopia. Land degradation & development. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.1034.

33. Yoon, K. 1980. Systems selection by multiple attribute decision making, Ph.D. Dissertation, Kansas State University.

34.Zahedi, E. 2013. Determination of areas susceptible to underground dam construction using water balance simulation (SWAT model) and ANP analysis process in the studied area: Darongar Dargaz Watershed. Thesis of MSc, Yazd University, Faculty of Natural Resources and Geophysics, Watershed. 167 p. (In Persian)

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 13, No. 47, Winter 2020
سال سیزدهم- شماره ۴۷- زمستان ۱۳۹۸

Location and Prioritization of the Underground Dam using SWAT and MADM Models

J. Chezgi[1]

Received: 30-11-2018 Accepted: 26-05-2019

Abstract

The construction of underground dams for storing groundwater resources can be one of the suitable solutions for the supply and development of water resources. If these dams are properly implemented, can be stored water in wet season and used in dry periods. This study was conducted to select appropriate sites for the construction of underground dams in the Keryan-Minab watershed in Hormozgan province in three stages in a hierarchical process. In the first step, the Boolean algorithm was used to remove inappropriate regions. In the second stage, using field views, suitable sites from potential areas were determined and confirmed. Subsequently, the SWAT model was used to simulate this flow due to the importance of subsurface flow in locating dams, which was used to calibrate and validate the flow from observation data of the station. This verification was approved by the 61 coefficient and the Nash-Sutcliff coefficient was 0.62. The final stage was prioritized using multi-criteria decision making models (TOPSIS and VIKOR) and based on the 10 criteria of suitable sites. The results showed that in the tops method, Bondar Dam was ranked first with a score of 0.73779 and Kharu dam with a score of 0.1069 in the least priority. The results of the VIKOR method, Senderek dam with the Q index of 0.94 ranked first and Eslamabad dam with a score of 0.16 in the least priority.

Keywords: Underground dam, SWAT, VIKOR, TOPSIS and Hormozgan province.

1. Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Watershed and Rangeland Management, Faculty of Sarayan Agriculture, University of Birjand, Birjand. Iran. E-mail:chezgi@birjand.ac.ir