نشریه علمی- پژوهشی

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

سال سیزدهم- شماره ۴۵- تابستان ۱۳۹۸

Vol. 13, No. 45, Summer 2019

مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از شبیه‌سازی بیلان آب مدل SWAT و فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP (منطقه مود مطالعه: حوزه آبخیز جامیشان، استان کرمانشاه)

سارا پرویزی[۱]، علی طالبی[۲] و محمدرضا اختصاصی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۴

چکیده

بخش عمده‌ای از کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و آب عاملی محدودکننده برای فعالیت‌های انسان در این مناطق به شمار می‌آید. یکی از راه‌های برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، استفاده از آب‌های زیرزمینی است. از شیوه‌های ذخیره‌سازی و استفاده از آب‌های زیرزمینی، می‌توان به سد زیرزمینی اشاره داشت که ازجمله سازه‌هایی است که به کمک آن می‌توان مدیریت منابع آبی موجود را بهبود بخشیده و بهره‌وری از این منابع را افزایش داد. در این مطالعه در مرحله اول با استفاده از معیارهای حذفی، به روش منطق بولین و شامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب و گسل و با کاربرد منطق بولینی مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی شناسایی شد. در مرحله دوم با استفاده از روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP و با روش پرسشگری از خبرگان نسبت به وزن‌دهی سایر معیارهای موثر در انتخاب مناسب‌ترین مناطق جهت احداث سدهای زیرزمینی از جمله فاصله از جاده، فاصله از روستا و... اقدام گردید.

در بحث سد زیرزمینی، جریان زیرسطحی از اهمیت بالایی برخوردار است بنابراین در این تحقیق از مدل SWAT برای شبیه‌سازی بیلان آب و جریان زیرسطحی حوزه جامیشان استفاده شد و برای اولویت‌بندی مناطق بدست آمده با استفاده از آن مناطقی که دارای جریان زیرسطحی مناسب هستند شناسایی گردید. پس از محاسبه وزن‌های هر یک از پارامترها در محیط نرم‌افزار Super decision برای مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد استفاده شد، در نهایت نه نقطه مساعد به‌عنوان مناطق بهینه جهت احداث سد زیرزمینی مشخص گردید.

کلید واژه‌ها: *سد زیرزمینی، اولویت‌بندی، مدل SWAT مدل ANP، حوزه جامیشان،جریان زیرسطحی.*

مقدمه

یکی از راه‌های برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، استفاده از آب‌های زیرزمینی است. از شیوه‌های ذخیره‌سازی و استفاده از آب‌های زیرزمینی، می‌توان به سد زیرزمینی اشاره داشت که ازجمله فن‌هایی است که به کمک آن می‌توان مدیریت منابع آبی موجود را بهبود بخشیده و بهره‌وری از این منابع را افزایش داد خرمی و همکاران [۷].

یکی از روش‌هایی که جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به هر دو شکل مدرن و سنتی در گذشته و حال، به طور عمده در نقاط خشک دنیا مورد استفاده قرار گرفته است، سدهای زیرزمینی می‌باشد. سد زیرزمینی سازه جمع‌آوری کننده جریانات زیرسطحی است که در زیر سطح زمین احداث می‌شود. لذا می‌توان جریانات زیرقشری و سطحی را در فصول پرباران که نیاز به آب کم‌تر است، ذخیره کرده و در مواقع کم‌آبی برای شرب، کشاورزی، صنعت استفاده کرد. این سازه به صورت یک پرده آب‌بند در عمق آبرفت مسیل‌هایی که دارای جریان سطحی قابل توجه نیستند احداث می‌شود و به کمک آن علاوه بر جمع‌آوری و کانالیزه نمودن کل جریان زیرقشری، باعث بالا آمدن سطح آب و ایجاد یک مخزن آب زیرزمینی مصنوعی در بالادست سد نیز می‌شوند. آب ذخیره شده در این نوع سدها جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و هم‌چنین افزایش تراز سطح آب زیرزمینی و در دسترس قرار دادن جریانات زیرسطحی برای کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد نیلسون [۱۰].

مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث سد می‌باشد. این مشکلات از آن‌جا 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 به صرف وقت بسیار دارد گلمایی و آشتیانی مقدم [۴]. سدهای زیرزمینی سازه‌هایی هستند که توانایی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه یزد
۲- نویسنده مسئول و استاد، گروه منابع طبیعی، دانشگاه یزد. پست الکترونیک: talebisf@yazd.ac.ir
۳-استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

www.SID.ir

مسدود کردن آب زیرقشری 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. در بحث سد زیرزمینی، جریان زیرسطحی از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که اگر با احداث سد در زیر سطح زمین آن منطقه دارای جریان‌های زیرسطحی مناسب نباشد احداث سد با وجود مطالعات و هزینه‌های فراوان با شکست مواجه می‌شود. در مورد سد زیرزمینی و مدل‌سازی جریان مطالعات فراوانی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد:

فورزیری و همکاران به بررسی و تعیین مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در منطقه کیدال کشور مالی پرداختند و پس از بررسی عوامل موثر و در نظر گرفتن دو عامل زمان و اقتصادی بودن هزینه، تنها سه منطقه به عنوان مناسب‌ترین نقاط برای احداث سد زیرزمینی معرفی شد [۳].

اورینت و همکاران به اندازه‌گیری و مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی شنی و ماسه‌ای در مقیاس‌های مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که سد شن و ماسه می‌تواند سبب افزایش دسترسی به آب در فصل خشک شود و سدهای شنی برای ذخیره آب در مناطق نیمه خشک مانند کنیا موفق هستند [۱۱]. جمالی و همکاران مکان‌یابی سد زیرزمینی با ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره SMCA در بخش شمال پاکستان پرداختند. برای این بررسی داده‌های مکانی زمین‌شناسی، شیب، پوشش زمین، عمق خاک و توپوگرافی استفاده شد و نتایج نشان داد که تکنیک AHP قوی‌تر از FIM بوده است و پوشش زمین به عنوان عامل حساس انتخاب شده است [۵].

هدف اصلی از ایجاد یک سد در زیر زمین، جلوگیری از تغییر گرادیان هیدرولیکی سفره‌های آب شور به سوی سفره‌های آب شیرین و یا افزایش کمی و کیفی سفره‌های آب زیرزمینی و در نهایت بالا آوردن تراز آب زیرزمینی می‌باشد پیرمرادی [۱۳]. سدهای زیرزمینی به دلیل کارایی بالا، هزینه پایین ساخت، کاهش خطر آلودگی آب، کاهش تلفات تبخیر و امکان استفاده از زمین بعد از اجرای سد به سایر اقدامات ترجیح داده می‌شود جها و همکاران [۶]. ذخیره‌سازی زیرسطحی برای تأمین آب یا جلوگیری از نفوذ آب شور به سفره‌های آب زیرزمینی پتانسیل زیادی از اثرات زیست محیطی و اجتماعی این نوع سدها را نشان می‌دهد وانگ [۱۸]. سدهای زیرزمینی بر سطح آب زیرزمینی در مناطق بالادست و پایین‌دست سد و هم‌چنین کیفیت آب تأثیر می‌گذارد یوشیمتو و همکاران [۱۹]. هدف از انجام این مطالعه مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از شبیه‌سازی بیلان آب مدل SWAT و فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP شبیه‌سازی جریان زیرسطحی حوزه جامیشان برای احداث سد زیرزمینی می‌باشد. لذا این برای شبیه‌سازی SWAT تحقیق بر آن است که از مدل بیلان آب و جریان زیرسطحی استفاده شود و با استفاده از آن، مناطقی که دارای جریان زیرسطحی است شناسایی شده وسپس با استفاده از پارامترهای دیگر که در ادامه اشاره می‌شود و فرآیند تحلیل شبکه‌ای مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد استفاده شود.

Archive of SID

مواد وروش‌ها

معرفی منطقه

محدوده حوزه آبخیز جامیشان در شمال شرق استان کرمانشاه واقع گردیده است. این حوزه بین مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و۲۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و۵۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و مساحت آن ۵۳۹۹۱/۵۳ هکتار معادل۵۳۹/۹۱۵۳ کیلومتر مربع است، حداقل ارتفاع حوزه۱۴۸۰ و حداکثرارتفاع آن ۳۳۱۹ متر می‌باشد. رودخانه جامیشان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های منطقه می‌باشد و بلندترین کوه منطقه دالاخانی می‌باشد.

روش کار

به‌طور کلی این تحقیق شامل چهار مرحله زیر می‌باشد

۱- انتخاب اولیه محدوده‌های دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی و حذف مناطق فاقد پتانسیل به روش حذفی

۲- شناسایی و آماده‌سازی پارامترهای تاثیرگذار در احداث سد زیرزمینی و اولویت‌بندی آن‌ها.

۳- اجرای مدل SWAT و شبیه‌سازی رواناب و جریان زیرسطحی

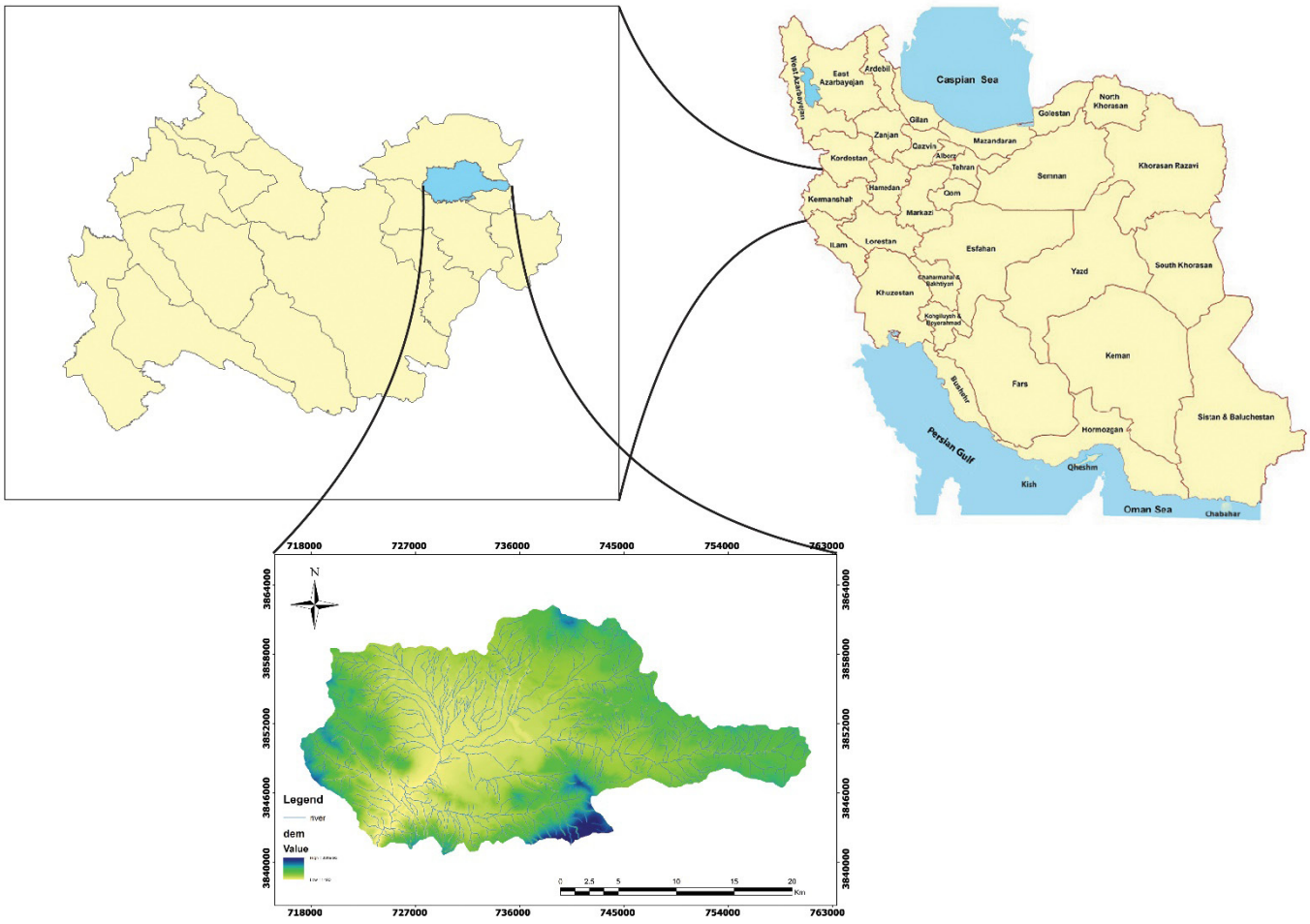
۴- ارزیابی نقاط نسبت به یکدیگر و اولویت‌بندی آن‌ها توسط فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) جهت احداث سد زیرزمینی.

مرحله اول: حذف نقاط نامناسب به روش حذفی (بولین)

معیارهای حذفی

برای تسریع در امر تصمیم‌گیری و پرهیز از جمع‌آوری اطلاعات مازاد بر نیاز ابتدا لازم است با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی نقاط نامناسب حذف گردند داوودی و همکاران [۱]. در این مطالعه با استفاده از منطق بولین عوامل محدودکننده شامل کاربری اراضی، فاصله از گسل، زمین شناسی و شیب بستر آبراهه به روش بولینی (صفر و یک) تفکیک گردید به این ترتیب هر یک از لایه‌ها به مناطقی که جهت احداث سد زیرزمینی مناسب نیستند عدد صفر و به مناطق مناسب عدد یک تعلق گرفت و سپس با روی هم‌گذاری لایه‌ها مناطق مشترک ۴ لایه دارای وزن یک به عنوان مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی انتخاب شد، از جمله این عوامل شامل: دوری از گسل، زمین‌شناسی منطقه بالادست، شیب زیر ۵ درصد، کاربری مرتع و اراضی بایر(بستر آبراهه) هستند سلامی [۱۵]. نقشه گسل با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رقومی گردید و سپس حریم ۱۰۰ متری در نظر گرفته شد. از روی نقشه مدل رقومی ارتفاع(DEM) نقشه شیب منطقه حاصل شد. ابتدا با استفاده از نقشه‌های شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و گسل مناطقی که دارای شیب کم‌تر از ۵ درصد، اراضی مرتعی و بایر، سازندهای کواترنر و بسترهای آبراهه با فاصله بیش از ۱۰۰ متر از گسل جدا شد.

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز جامیشان

Fig 1. Geographical location of the watershed in Jamishan

جدول ۱-وزن‌های موثر پارامترهای مکان‌یابی سد زیرزمینی در اجرای مدل بولین

Table 1. Effective weight parameters of locating underground dam in Boolean model

پارامتر موثر	Effective parameter	کلاس یا طبقات موثر لایه اطلاعاتی	Classes or effective layer of information	ارزش کلاس Class value
شیب	Slope	0-5 درصد	0-5 Percent	1
کاربری اراضی	Land use	مراتع، کشاورزی، مناطق غیر مسکونی، جاده	Pastures, agriculture, non-residential areas, road	1
فاصله از گسل	Distance from fault	فواصل بیش از 100 متر	Distances over 100 meters	1
زمین‌شناسی	Geology	Q2، Q1	Q2، Q1	1

مرحله دوم: شناسایی و آماده‌سازی پارامترهای تاثیرگذار در احداث سد زیرزمینی و اولویت‌بندی آن‌ها.

به این ترتیب نقشه مناطق پتانسیل‌دار برای احداث سد زیرزمینی حاصل شد. در مرحله بعد محورهای مناسب از محدوده‌های مذکور تعیین گردید. و پارامترهای مهم در احداث سد زیرزمینی که در اینجا ۱۵ پارامتر در نظر گرفته شده مانند شیب، جریان زیرسطحی، فاصله از جاده و...

مرحله سوم: اجرای مدل SWAT و شبیه‌سازی رواناب و جریان زیرسطحی

در این مرحله با استفاده از مدل SWAT رواناب و جریان زیرسطحی برای منطقه مورد مطالعه شبیه‌سازی شد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

مدل SWAT

SWAT که مخفف عبارت Soil and Water Assessment

www.SID.ir

Tool می‌باشد، مدلی در مقیاس آبخیز بزرگ و یا زیرحوزه می‌باشد مدل SWAT نمونه‌ای از مدل‌های با مبنای فیزیکی است زیرا براساس راه حل معادلات اساسی فیزیک به شبیه‌سازی در مقیاس بزرگ و مطالعه‌ی فرآیندهای سیستم اصلی می‌پردازد.

کوچک‌ترین واحد کاری در این مدل واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی یا HRU می‌باشد کـه از ترکیب نقشه‌های طبقات شیب، کاربری اراضی و خاک حاصل می‌شود. بر این اساس بایـد SWAT را یک مدل نیمه‌توزیعی به شمار آورد. از نظر زمانی نیز فرایندهای مختلف بیان شده را می‌توان در مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و یا سالانه شبیه‌سازی کرد. روندیابی جریان توسط روش‌های ذخیره متغیر و ماسکینگام قابل محاسبه است. رواناب سطحی از بارندگی روزانه توسط روش شماره منحنی اصلاح شده محاسبه می‌شود

معادله بیلان آب در مدل SWAT:

(۱)

$$SW_t = SW_0 + \Sigma(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

که در آن SW_t محتوای آب نهایی در خـاک، t زمـان (روز)، SW_0 مقـدار آب اولیـه موجـود در خاک، R_{day} مقدار بارش در هر روز، Q_{surf} مقدار رواناب سـطحی در هـر روز، E_a مقـدار تبخیـر و تعرق روزانه، W_{seep} مقدار آب نفوذ کرده بـه منطقـه زیرقشـری و Q_{gw} مقـدار نفـوذ بـه سـفره زیرزمینی می‌باشد نیتچ و همکاران [۹] .

مرحله چهارم: ارزیابی نقاط نسبت به یکدیگر و اولویت‌بندی آن‌ها توسط فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) جهت احداث سد زیرزمینی.

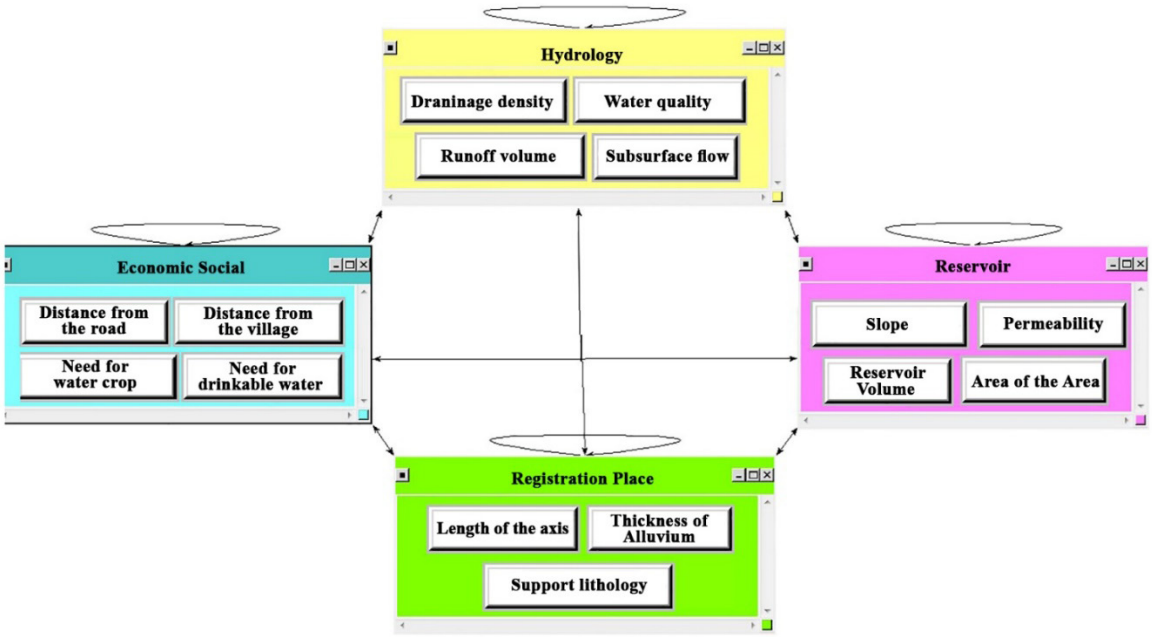
با تو جه به خروجی‌های SWAT و پارامترهای دیگر مانند فاصله از جاده، روستا، نیاز مسکونی و... وزن‌دهی و اولویت‌بندی انجام شد که در ادامه شرح داده شده است.

اولویت‌بندی محورها: در این مرحله با استفاده از روش ANP نقاط مناسب جهت احداث سد زیرزمینی اولویت‌بندی گردید، برای تعیین ارزش نسبی شاخص‌ها و معیارها از روش مقایسه جفتی و نرم‌افزار Super decision استفاده شد سپس با استفاده از فرمول شاخص تناسب برای هر کدام از محورها شاخص تناسب محاسبه گردید، شاخص تناسب بالا منطبق بر محورهای مناسب در منطقه مورد بررسی می‌باشند.

مدل ANP

وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه به روش ANP استفاده شده است. روش ANP از سوی ساعتی پایه‌ریزی وبه صورت تعمیمی از AHP ارائه شد. همان طور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک سویه فراهم می‌کند، ANP نیز روابط پیچیده داخلی بین سطح‌های مختلف تصمیم و معیارها را اجازه می‌دهد مومنی وشریفی‌سلیم [۸]. مراحل اصلی مدل ANP از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است:

مرحله اول: ساختن مدل سازمان‌دهی مسئله. مرحله دوم: ماتریس‌های مقایسه زوجی و بردارهای اولویت. مرحله سوم: تشکیل ابر ماتریس برای بدست آوردن اولویت‌بندی کلی در یک سیستم یا تاثیرات وابسته. مرحله چهارم: محاسبه بردار وزن نهایی. در این مطالعه ابتدا پارامترهای تاثیرگذار بر مکان مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی با توجه به نظر کارشناسان و مطالعات قبلی انجام شده استخراج گردید، این پارامترها علاوه بر آن که در داخل خوشه به هم مرتبط هستند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند(شکل ۲).



شکل۲- تعیین عناصر، خوشه‌ها و معیارها در مدل ANP

Fig 2. Determine the elements, clusters and criteria in the ANP model

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج

الف) مشخص نمودن مناطق مستعد طبق منطق بولین:

ابتدا با استفاده از نقشه‌های شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و گسل مناطقی که دارای شیب کم‌تر از ۵ درصد، اراضی مرتعی و بایر، سازندهای کواترنر و بسترهای آبراهه با فاصله بیش از ۱۰۰ متر از گسل جدا شد. بدین ترتیب مناطق مناسب و نامناسب جهت احداث سد زیرزمینی مطابق شکل(۳) مشخص گردید.

ب) شبیه‌سازی جریان زیرسطحی با مدل SWAT

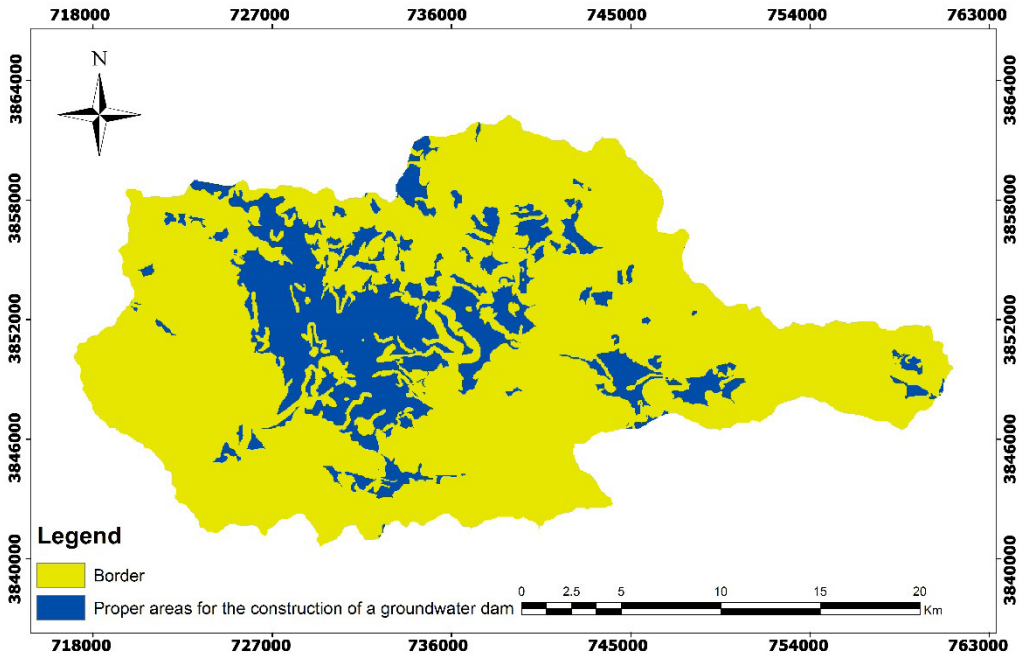
برای شروع کار با مدل ابتدا نقشه DEM و نقشه‌های زیرحوزه‌ها و شبکه آبراهه‌ای کـه قـبلا آماده شده بودند، به محیط نرم‌افزار مدل فراخوانده شدند. در این مرحله محدوده آبخیز و زیرحوزه‌ها و خصوصیات فیزیکی آبخیز توسط مدل محاسبه می‌شود.

در مرحله بعد با استفاده از نقشه‌های خاک، کاربری اراضی و طبقات شیب، واحدهای پاسـخ هیدرولوژیکی(HRUها) تعریف شدند. برای اینکار دو نقشه اول از قبل آماده شده بودنـد و نقشـه طبقات شیب نیز در همین مرحله با استفاده از نقشه DEM و در پـنج طبقـه با استفاده از مدل SWAT و در محیط ArcGIS تهیه شدند. سپس هر سه نقشه با هم و در محیط نرم‌افزار مدل ترکیب شدند. حاصل کار این مرحلـه، تشـکیل ۲۰۲ واحد پاسخ هیدرولوژیک بود. لازم به ذکر است نقشه DEM در فرمت رستری و با اندازه سلول‌های ۲۰ در ۲۰ متر تهیه و دو نقشه خاک و کاربری اراضی در فرمت وکتوری در مدل استفاده شدند. پس از تهیه نقشه HRUها، داده‌های هواشناسی وارد مدل شدند. در این مرحله مشخصـات ایستگاه مرجع یعنی ایستگاه کرمانشاه، به همراه مشخصات و داده‌های ۲ ایسـتگاه سینوپتیک و ۲ ایستگاه اقلیم‌شناسی و ۱ ایستگاه باران‌سنجی به مدل معرفی شد.

در ادامه، سایر اطلاعات مورد نیاز به صورت دسـتی و در جداول نرم‌افزار وارد شدند. پس از این مرحله دستور اجرای مدل داده شد و نتایج استخراج گردید.

واسنجی مدل SWAT:

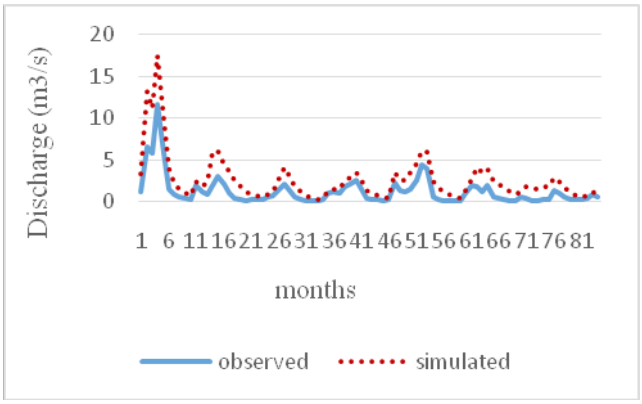
پس از اجرای مدل SWAT، واسنجی مدل با استفاده از برنامه SUFI2 در قالب نرم‌افزار SWAT-CUP به مدل سوات لینک شده است جهت واسنجی از آمار هفت ساله اندازه‌گیری(۱۳۹۱-۱۳۸۴) بارندگی، دما و دبی روزانه استفاده شد سپس نتایج مورد ارزیابی قرار داده شد با توجه به نتایج آنالیز حساسیت مدل پارامترهای موثر شناسایی شد و در بهینه کردن مدل مورد استفاده قرار گرفت در جدول(۲) و شکل(۴) نمودار و مقادیرنتایج واسنجی آورده شده است.



شکل ۳- مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از معیارهای حذفی به روش بولین

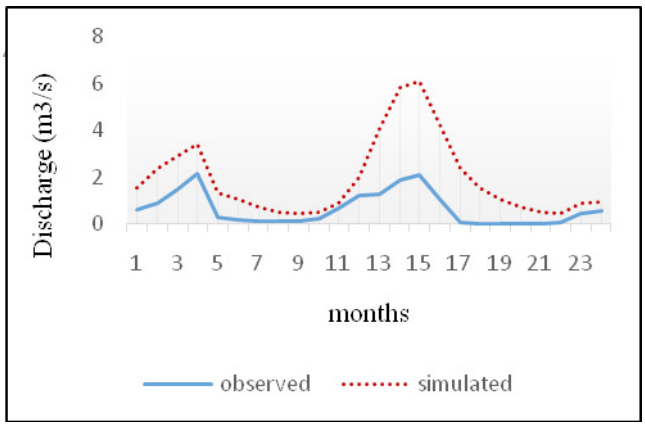
Fig 3. Proper areas for the construction of a groundwater dam using the Boilin method

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در دوره واسنجی با پایه زمانی ماهانه

Fig 4. Comparison of simulated and observed hydrographs during calibration periods based on monthly time



شکل ۵- مقایسه هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در دوره اعتبارسنجی با پایه زمانی ماهانه

Fig 5. Comparison of simulated and observed hydrographs during validation periods based on monthly time

جدول۲- ارزیابی کارایی مدل در مرحله واسنجی

Table 2. Evaluation of the efficiency of model calibration

شاخص Indicator	شبیه‌سازی دوره واسنجی Simulation of calibration period
NS	0/60
R^2	0/61
BR^2	0/6

جدول ۳- ارزیابی نهایی کارایی مدل بعد ازاعتبارسنجی

Table 3. Evaluation of the efficiency of model validation phase

شاخص Indicator	شبیه‌سازی دوره اعتبارسنجی Simulation of validation period
NS	0/52
R^2	0/54
BR^2	0/56

اعتبارسنجی

بعد از مرحله واسنجی مدل به ارزیابی مدل پرداخته شد ارزیابی مدل نیز نتایج قابل قبولی را نشان داد در این مرحله با توجه به نتایج بهینه مرحله واسنجی شده با استفاده از داده سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ اقدام به شبیه‌سازی جریان رودخانه شد و به عنوان نتایج نهایی اعتبارسنجی مدل در جدول(۳) و شکل(۵) ذکر شده است.

برای انجام آنالیز حساسیت از روش «یک پارامتر در هر بار» (OAT) کـه متعارف‌ترین روش می‌باشد استفاده شد. در روش OAT در هر بار اجرای مدل یک پارامتر تغییـر کرده و بقیه ثابت می‌مانند و اثر آن تغییر بر تابع هـدف، حساسـیت پـارامتر را مشـخص مـی‌کنـد رمجیو و همکاران [۱۴]. مقادیر بهینه پارامترهای حساس در جدول(۴) آورده شده است.

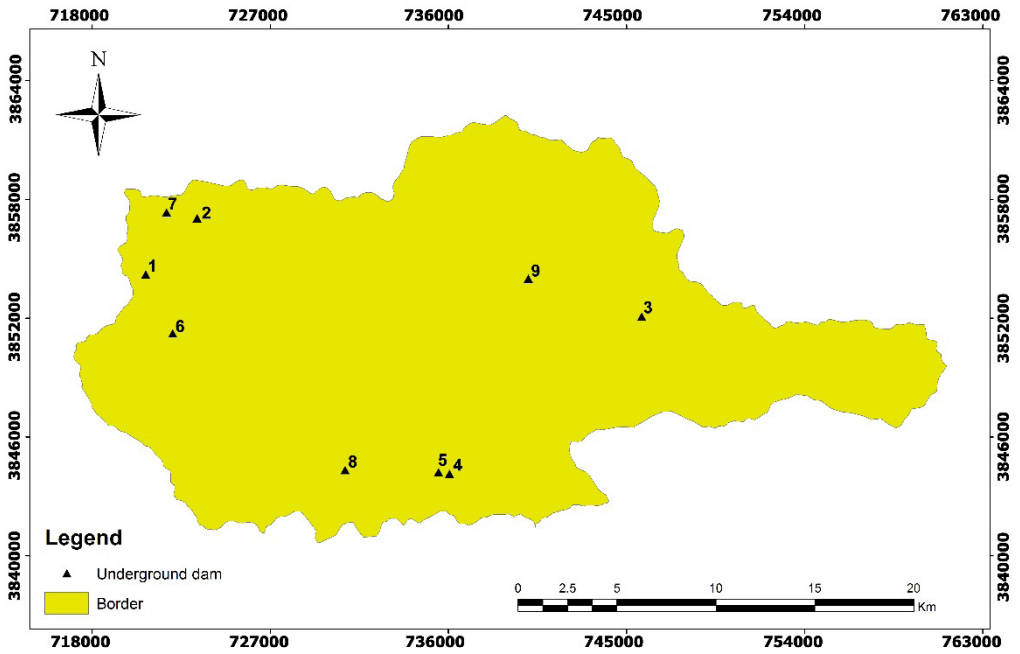
جدول۴- مقادیر بهینه پارامترهای حساس بعد از واسنجی برای منطقه مطالعاتی

Table 4.The optimum amount of sensitive parameters after calibration for study area

حدود بهینه Optimal range	نام پارامتر Parameter name	ردیف Row	حدود بهینه Optimal range	نام پارامتر Parameter name	ردیف Row
2/07	R_SOL_BD	11	-0/01	CN2	1
3254/33	V_GWQMN	12	1/40	V_ALPHA_BF	2
18/52	V_SFTMP	13	107/04	V_GW_DELAY	3
18/73	V_SURLAG	14	0/95	R_SOL_AWC	4
-8/38	V_SMTMP	15	0/16	V_GW_REVAP	5
9/92	V_SMFMX	16	0/52	V_ESCO	6
0/97	V_EPCO	17	0/50	V_CH_N2	7
5/61	V_CANMX	18	79/33	V_CH_K2	8
44/31	V_TLAPS	19	0/07	V_ALPHA_BNK	9
404/16	V_REVAPMN	20	0/76	R_SOL_K	10

www.SID.ir

Archive



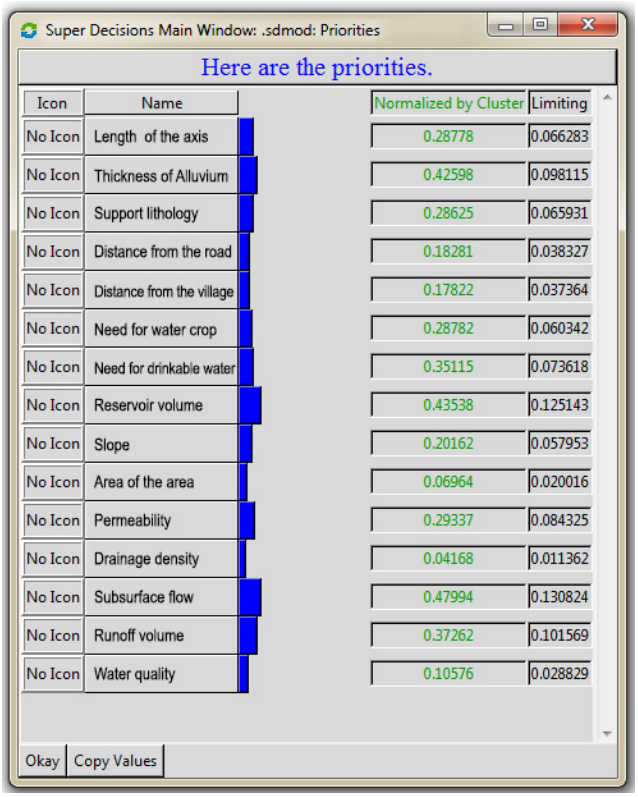
شکل ۶- نقشه موقعیت نه نقطه با پتانسیل احداث سد زیرزمینی حوزه جامیشان

Fig 6. Position map of the nine points with the potential for the construction of its underground dam in Jamishan

ج) اولویت‌بندی نقاط مستعد توسط فرآیند تحلیل شبکه‌ای (*ANP*)

پس از تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از منطق بولین که (قبلا توضیح داده شد) با استفاده از بازدیدهای میدانی و گوگل ارث نقاط مناسب براین اساس که کم‌ترین طول محور و براساس دوری و نزدیکی از جاده و روستا و سایر پارامترهای مد نظرمطابق شکل(۶) مشخص شد.

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط خبرگان نتایج وارد نرم‌افزار Super decision شد با در نظر گرفتن ضریب ناسازگاری که باید کم‌تر از ۰/۱باشد وزن شاخص‌ها محاسبه شد که در شکل (۷) آورده شده است.



شکل۷ – تعیین اهمیت و وزن شاخص‌های استفاده شده توسط نرم‌افزار Super decision

Fig 7. Determine the importance and weight of the indicators used by Super decision software

www.SID.ir

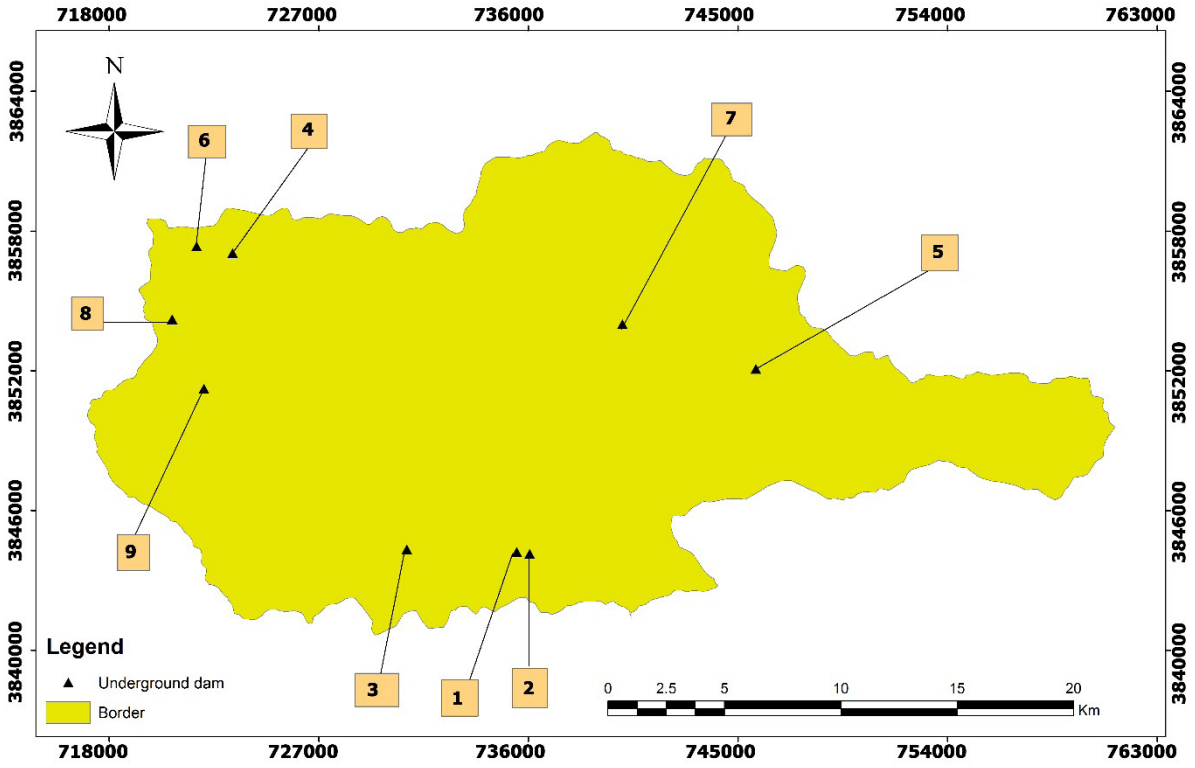
Archive of SID

در شکل(۸) اولویت هر یک از محورهای نه گانه مشخص شده است. با استفاده از وزنی که در فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها و طبقات آن‌ها به‌دست آمده است شاخص تناسب برای هر محور تعیین شده و در نهایت اولویت هر کدام از محورها مشخص شد. به دین ترتیب که هر کدام از عرصه‌ها دارای شاخص تناسب بالاتری بود اولویت بالاتری نیز دارا می‌باشد

جدول۵- شاخص تناسب کل و اولویت هر یک از عرصه‌ها

Table 5. Total Proportion Index and Priority of each Area

مکان (عرصه) Place (arena)	شاخص تناسب Fit Index	اولویت احداث سد The priority of dam construction
1	0/0637	8
2	0/0717	4
3	0/0717	5
4	0/0771	2
5	0/0799	1
6	0/0619	9
7	0/0700	6
8	0/0766	3
9	0/0678	7



شکل ۸- نقشه نهایی اولویت‌بندی نه عرصه جهت احداث سد زیرزمینی حوزه جامیشان

Fig 8. The final map of priority of 9 axes for construction of underground dam in Jamishan

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر برای محاسبه جریان زیرسطحی از مدلSWAT استفاده شد که مقایسه آماری مدل‌سازی نتایج قابل قبولی را نشان داد به طوری که مقایسه آماری هیدروگراف‌های شبیه‌سازی و مشاهداتی به کار رفته در این تحقیق با معیار ناش- ساتکلیف همبستگی حدود ۶۰درصدی هیدروگراف‌ها را نشان می‌دهد. طبق نتایج هر چه آبراهه دارای جریان زیرسطحی بیشتری باشد دارای اهمیت نسبی بیشتری، به دیگر آبراهه‌ها است. بعد از تلفیق و روی هم‌گذاری لایه‌ها با استفاده از منطق بولین مناطق مستعد اولیه جهت احداث سد زیرزمینی مشخص شد. در ادامه با استفاده از بازدیدهای میدانی و پرسشگری از خبرگان و اولویت‌بندی نقاط از مناطق مشخص شده، نه نقطه مناسب جهت احداث سد زیرزمینی مشخص شد. نتایج حاصل از اولین اجرای مدل و بررسی شاخص‌های ارزیابی دقت شبیه‌سازی نشان می‌دهند که مدل وقوع دبی‌های اوج را از نظر انطباق با زمان ماه‌های پر باران و دبی‌های اوج واقعی مدل‌سازی کند که این موضوع با نتایج تحقیقات زاهدی [۲۰] و ابراهیمی [۲] هم‌خوانی دارد، اما مدل دبی‌های پیک را نسبت به مقادیر واقعی بیشتر تخمین زده است که علت این امر را می‌توان به چگونگی توزیع ایستگاه‌های باران‌سنجی و نحوه درون‌یابی بارندگی مرتبط دانست که در تحقیق استلمن و همکاران [۱۶] نیز بدان اشاره شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه پیشنهاد می‌شود که از مدل‌های‌هیدرولوژیکی برای محاسبه بیلان آبی و شبیه‌سازی جریان زیرسطحی در بحث احداث سد زیرزمینی کاربرد بیشتری داشته باشد. بررسی نتایج عامل حجم مخزن نشان داد که هرچه حجم مخزن بزرگ‌تر باشد بهتر است، با نتایج طباطبایی [۱۷] که در سدهای زیرزمینی برخلاف سدهای معمولی که بزرگ بودن حجم 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 بالادست جریان باشند تطابق دارد. طبق نتایج حاصله به دلیل اینکه نفوذپذیری تاثیر زیادی در میزان آبدهی و ضریب ذخیره مخزن سد زیرزمینی دارد، این پارامتر یکی از پارامترهای مهم در بحث احداث سد زیرزمینی می‌باشد که با نتایج گلمایی و آشتیانی مقدم [۴] که مناسب‌ترین مخازن را رودخانه‌هایی در نظر گرفتند که بستر آبرفتی با نفوذپذیری بالا، شیب کم، سطح و عمق مناسب برخوردار باشند مطابقت دارد.

همانطوری که نتایج مطالعات اورداچی و همکارن نشان می‌دهد برای برنامه‌ریزی‌های محیطی در مناطق نیمه‌خشک لازم است که سدهای زیرزمینی برای بهره‌برداری و استفاده منطقی‌تر از منابع آبی احداث گردند [۱۲]. بدین دلیل که سدهای زیرزمینی علاوه بر این که باعث کاهش میزان قابل توجه تبخیر و تلفات ناشی از آن می‌گردد، نیز در حفاظت از محیط زیست بسیار کاراتر از سدهای سطحی می‌باشند.

منابع

1. Davoudi Rad, M. R. Behrangi, A. and Mediator, J. 2004 Underground dams are useful for managing groundwater resources Proceedings of the First Annual Conference of Water Resources Management. Tehran. 16-17 November. 21 p. (In Persion)

2. Ebrahimi, H. 2011. Performance Evaluation of SWAT Model to Simulation of Runoff and Sediment Yield in Doiraj River Basin in Ilam Province. M.Sc Thesis Watershed, Zabol University. (In Persian).

3. Forzieri, G. M. Gardenti, F. Caparrini and F. Castelli. 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.

4. Golmayi, H. and M.Q. Ashtiyani. 2004. Underground Dams for Water Storage in Small Scale, 97 pp.(In Persian)

5. Jamali, I.A. B. Olofsson and U. Nordberg. 2013. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS. Environ. Earth Science, 70: 2511-2525

6. Jha MK, Kamii Y, Chikamori K. 2009. Costeffective approaches for sustainable groundwater management in alluvial aquifer systems. Water Resour Manag 23(2):219–233

7. Khorami, K. Gh. Vahabzadeh, K. Solimani and R. Talai. 2014. Determine Potential Areas of Underground Dams in the Watershed Gharehsou. Journal of Watershed Engineering and Management, 2: 139-154 (In Persian).

8. Momeni, M. and A.R. Sharifi Salim. 2011. Models and Software of Multi Index Decision, Science Publications, Tehran, 219 pp (In Persian).

9. Neitch, S.L. J.G. Arnold J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2005. Soil and water assessment tool documentation, user's manual, Temple, Texas, USA, 494 pages

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

www.SID.ir

Archive of SID

11. Orient, Q.R. M. Hoogmoed, M. Ertsen, J. Foppen, R. Hut and A. Vries. 2009. Measuring andModeling Hydrological Processes of Sand-Storage Dams on Different Spatial Scales. Physics and Chemistry of the Earth. 34: 289-298

12. Ouerdachi, L. H. Boutaghane, R. Hafsi, T. Boulmaiz Tayeb and F. Bouzahar. 2012. Modeling of Underground Dams Application to Planning in the Semi Arid Areas (Biskra, Algeria). Energy Procedia. 18: 426-437

13. Pirmoradi, R. 2010. Designated Areas for Underground Dam Construction Using GIS and AHP (Case Study: Malayer Hamadan). Geography Quarterly. 3(8), 48-32. (In Persian)

14. Remegio, B. and J. Confesor. 2007. Sensitivity analysis and interdependence of the SWAT model parameters. Written for presentation at the 2007 ASABE Annual International Meeting Sponsored by American Society of Agricultural and Biological Engineers Minneapolis Convention Center, Minneapolis, Minnesota.

15. Salami, H.2006. Determination of suitable locations for underground dam construction in igneous areas by using remote sensing (case study: Northern slope of Karkas mountains). Master's thesis of hydrology. Shahid Beheshti University. 143 p (In Persian).

16. Stellman, K. H. Fuelberg, R. Garza and M. Mullusky. 2001. An Examination of Radar and Rain Gauge Derived Mean Areal Precipitation over Georgia Watersheds. Weather Forcast. 16: 133-144.

17. Tabatabaei, Y.J. and M. Nasiri. 2000. Underground Dams Way to Compensate for Drought. The 1st National Conference Evaluates Strategies for Coping with Drought. 553-546 (In Persian).

18. Wang,Y. and K. Brubaker. 2013. Implementing a Nonlinear Groundwater Module in the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Hydrological Processes, DOI: 10.1002/hyp.9893Spatial Scales. Physics and Chemistry of the Earth. 34: 289-298

19. Yoshimoto, S. T. Tsuchihara, S. Ishida and M. Imaizumi. 2011. Groundwater flow and transport and potential sources of groundwater nitrates in the Ryukyu Limestone as a mixed flow aquifer in Okinawa Island, Japan. Paddy Water Environ, doi:10.1007/s10333-011-0252-8

20. Zahedi, E. 2013. Determining the Suitable Sites for Groundwater Dams Construction Using the Water Balance Simulation (SWAT model) and Analytical Network Process (ANP), (Case Study: Dorungar Watershed, Dargaz. M.Sc. Thesis, Yazd University. 160 pp (In Persian).

www.SID.ir

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering
Vol. 13, No. 45, Summer 2019
سال سیزدهم- شماره ۴۵- تابستان ۱۳۹۸

Abstract

Site Selection for Underground Dam Using the Water Balance Simulation (Swat Model) and Analytical Network Process (Anp) (Case Study: Jamyshan Watershed)

S. Parvizi[1], A.Talebi[2] and M.R. Ekhtesasi[3]

Received: 04-02-2018 Accepted: 05-08-2018

A large part of Iran is considered a semi-arid regions and water is a limiting factor for human activities in these areas. One of the ways to eliminate seasonal shortages of water is using groundwater. Underground dams can be used for storing and using underground water, which can be used to improve the management of existing water resources and increase the productivity of these resources.1. In this research, at first,by using the knock-out criteria, by means of Boolean logic, including geology, land use, slope and fault and using Bollini logic, suitable areas were identified for the construction of underground dams.2. - In the second stage,by using ANP analysis network methods and by using experts' questioning method, other important criteria were chosen to select the most appropriate areas for underground dams including distance from the road, distance from the village and .... In underground dams, subsurface flow has many importance. Therefore, in this research, the SWAT model was used to simulate water flow and subsurface flow in the area and For prioritizing the obtained areas, those areas with proper subsurface flow was identified. after evaluating of the weights of each parameter in the super decision software environment, it used to locate and prioritize the susceptible areas. Eventually, nine favorable points were identified as optimum areas for the construction of a landmine.

Keywords: ANP Model, Jamishan basin, Underground dam, Prioritization, SWAT Model, Subsurface flow.

1. M.Sc. Graduate, Department of Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd.
2. Corresponding author and Professor, University of Yazd, Email: talebisf@yazd.ac.ir
3. Professor in Department of Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd.

www.SID.ir