Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۳/ شماره ۴/ پیاپی ۳۵/ زمستان ۱۳۹۸ (۸۳-۹۲)

انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث بندهای زیرزمینی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: حوزهٔ آبخیز مرغملک- شهرکرد)

سید نعیم امامی[1*] و اعظم مومزایی[2]

چکیده

در این تحقیق، برای مکان‌یابی بند زیرزمینی در حوزهٔ آبخیز مرغملک – شهرکرد، رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. ابتدا، محدوده‌های مناسب برای بند زیرزمینی با معیارهای حذفی و با استفاده از منطق بولین، مشخص شد. محورهایی که از نظر طول و سطح مخزن برای ایجاد بند زیرزمینی مناسب بودند و کوره قنات را قطع نمی‌کنند، شناسایی شدند. در مرحلهٔ بعد، این تعداد نقاط پیشنهادی با کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی شدند. برای این منظور، از چهار معیار وضعیت آب، مخزن بند، محور بند و عوامل اقتصادی- اجتماعی استفاده شد. با استفاده از جدول تعیین ارزش نظری و بر مبنای مقایسهٔ جفتی و با توجه به نظرهای کارشناسی، اهمیت و ارزش شاخص تعیین شد. پنج سناریو در ارتباط با اولویت‌بندی محورها در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که معیار هیدرولوژی با وزن ۰/۵۱ مهم‌ترین معیار و بعد از آن، معیار عوامل اقتصادی- اجتماعی با وزن ۰/۳۰ دومین معیار مهم در مکان‌یابی بند زیرزمینی بود. بهترین محورها برای احداث بند زیرزمینی، در بستر آبرفتی رودخانه‌های با جریان زیرسطحی بالا، حجم مخزن زیاد، همچنین حجم رواناب بالا و شیب پایین و نفوذپذیری بالا بود. ۱۵ محور مناسب برای احداث بندزیرزمینی در حوزهٔ آبخیز مرغملک- شهرکرد شناسایی شد. روش ارائه شده در این تحقیق قادر است با دقت بالایی و از طریق بررسی‌های تفصیلی و دقیق و درنظرگرفتن عوامل مؤثر بر بندهای زیرزمینی، مکان‌های مناسب را برای احداث بندهای زیرزمینی تعیین کند.

واژه‌های کلیدی: بندهای زیرزمینی، شهرکرد، مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه، منطق بولین، مکان‌یابی.

ارجاع: امامی س. ن. و مومزایی ا. ۱۳۹۸. انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث بندهای زیرزمینی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: حوزهٔ آبخیز مرغملک- شهرکرد). مجله پژوهش آب ایران. ۳۵: ۸۳-۹۲.

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، اموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد.
۲- دانش‌آموخته آبخیزداری، دانشگاه یزد.
* **نویسنده مسئول: Emami1348@yahoo.com**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، از جمله منابع پایدار و تجدیدپذیر است که بخشی از این آب‌ها از طریق چشمه‌ها در اختیار بشر قرار گرفته است. امروزه، در بسیاری از کشورهای دنیا ساخت بندهای زیرزمینی به عنوان روشی جدید در بهره‌برداری از منابع آب مورد توجه قرار گرفته است. بندهای زیرزمینی متداول در مناطق خشک جنوب غربی آمریکا و شمال مکزیک، افغانستان، هند و ژاپن وجود دارد. (هانسون و نیلسون، ۱۹۸۶). تاریخچهٔ استفاده از بندهای زیرزمینی در ایران به تمدن‌های قدیمی برمی‌گردد. به‌عنوان مثال، در زمان رومیان در جزیره ساردینیا و در عصر صفویه در ایران برای افزایش آب مادرچاه قنوات وزوان در میمه اصفهان، آب دیگر قنات‌ها را توسط این بندها به مادرچاه منحرف می‌کردند (صفی‌نژاد و دادرس، ۱۳۷۹) با اینکه بند زیرزمینی روش نوپایی برای استحصال آب به شمار می‌رود، با این حال نتایج رضایت‌بخشی از اجرای آن در نقاط مختلف جهان گزارش شده است (لاله‌زاری و طباطبایی، ۱۳۹۲). مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد بندهای زیرزمینی پیچیدگی در تعیین مناطق مناسب احداث بند است. این مشکلات از آنجا ناشی می‌شود که معیارها و عوامل زیادی، شامل معیارهای فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی در مکان‌یابی مناسب آنها دخیل هستند (گلمائی و آشتیانی‌مقدم ۱۳۸۴؛ اشیدا و همکاران، ۲۰۱۱؛ ایمران و همکاران، ۲۰۱۳). در نتیجه، توسعهٔ یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری[1] به منظور بررسی تعیین معیارها و شناسایی محل‌های مناسب برای احداث بندزیرزمینی ضروری است (خیرخواه زرکش، ۲۰۰۵). بندهای زیرسطحی، موانعی با قابلیت مسدودکردن جریان زیرسطحی آب هستند که موجب نگه داشته شدن آب در آبخوان‌های محلی و یا انتقال به آبخوان مجاور می‌شوند (افکار و همکاران، ۱۳۸۹؛ زلنی، ۱۹۸۲). بند زیرزمینی به‌عنوان مانع، جریان آب زیر سطحی در کفه آبرفتی را کنترل می‌کند. این موانع می توانند فیزیکی یا هیدرولیکی باشند (ایلماز، ۲۰۰۳؛ صحت و همکاران، ۲۰۱۳). بند زیرزمینی با هدف ذخیره‌سازی آب در سطوح زیرین زمین ایجاد می‌شود و در قالب موانعی، عمل جمع-آوری آب و انحراف مسیر آن به نقاط دلخواه را به انجام می‌رساند (سلیمانی، ۱۳۸۶). زاهدی و همکاران (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی مناطق مناسب بند زیرزمینی با استفاده از مدل AHP در حوضه درونگر پرداختند. نتایج نشان داد سه عامل شیب، نفوذپذیری و زمین‌شناسی مهم‌ترین عوامل در احداث بند زیرزمینی شناخته شدند. ۳۰/۴۳ درصد حوضه جزو مناطق با تناسب زیاد و ۲۳ درصد جزو مناطق خیلی مناسب برای احداث بند زیرزمینی شناخته شد. کردی و همکاران (۱۳۹۵)، مکان‌یابی سدهای زیرزمینی را در مهران، در استان ایلام انجام دادند. لایه‌های انتخاب‌شده شامل گسل، شیب، زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی، بارش، دما و کاربری اراضی بودند. با بازدید صحرایی و نظرهای کارشناسی به روش AHP، ۱۴ مکان مناسب برای احداث سد زیرزمینی در این منطقه انتخاب شد. رضایی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی، برای انتخاب مناطق مطلوب برای ساخت بند زیرزمینی از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط فازی استفاده کردند. معیارهای شیب بستر، عرض بستر، جنس مواد دیواره، فاصله تا محل مصرف، و بهره‌برداری از اراضی منطقه انتخاب شدند. نتایج نشان می‌دهد که AHP فازی، یک ابزار تصمیم‌گیری بسیار مفید برای رتبه‌بندی مکان‌های ساخت و ساز بند زیرزمینی فراهم می‌کند. چزگی و همکاران (۲۰۱۵)، مکان‌یابی بند زیرزمینی را با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی در استان البرز انجام دادند. برای اولویت‌بندی مناطق به‌دست‌آمده، معیارها و زیرمعیارها به روش AHP و با نظرهای کارشناسان وزن‌دهی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که بستر آبراهه‌های فصلی با رتبه ۳ و ۴، مناسب‌ترین مناطق است. از بررسی سابقهٔ تحقیق در زمینهٔ عوامل مؤثر بر بندهای زیرزمینی و مکان‌یابی این سازه‌ها، نتیجه‌گیری می‌شود که عوامل گوناگون، از جمله زمین‌شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی، اقتصادی – اجتماعی، اقلیمی، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی بر احداث بندهای زیرزمینی اثرگذارند. در پژوهش‌های پیشین از روش‌های همپوشانی نقشه‌ها و توانمندی‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. تحقیقات دههٔ اخیر با استفاده از شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و AHP نتایجی دقیق‌تر را ارائه داده است. در این پژوهش نیز از تکنیک کارآمد تصمیم‌گیری چندمعیاره، برای تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی بندهای زیرزمینی استفاده شد. هدف از این تحقیق، اولویت‌بندی عوامل مؤثر در احداث بند زیرزمینی

1- Decision Support System(DSS)

www.SID.ir

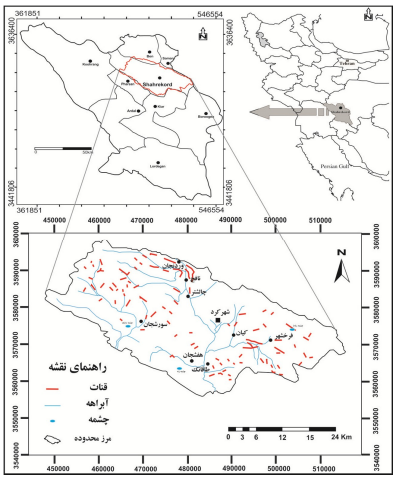
Archive of SID

و توسعه و ارزیابی یک سامانهٔ تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای تکنیک‌های GIS به منظور شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های مستعد احداث بند زیرزمینی در حوزهٔ آبخیز مرغملک - شهرکرد است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدودهٔ حوزهٔ آبخیز مرغملک - شهرکرد در شمال شرق استان چهارمحال و بختیاری و در محدودهٔ جغرافیایی شهرستان شهرکرد واقع شده است. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۴۲/۲ ′۲۰ °۵۰ تا ″۱۹/۷۶ ′۱۰ °۵۱ طول شرقی و″۳۱/۰۷ ′۰۷ °۳۲ تا ″۱۳/۲۸ ′۳۳ °۳۲ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). جمعیت شهری حوضه مورد مطالعه، ۲۴۸۲۱۹ نفر و وسعت این محدوده ۱۴۵۴/۸ کیلومترمربع است. متوسط بارندگی سالانه در ایستگاه شهرکرد، ۳۳۰ میلی‌متر و در ایستگاه مرغملک ۴۴۲ میلی‌متر است. از لحاظ آب و هوا، ریزش‌های جوی در این حوضه، عمدتاً تحت تأثیر سامانه‌های کم فشار مدیترانه‌ای قرار دارد. این حوضه براساس تقسیمات ساختمانی در زون سنندج- سیرجان قرار می‌گیرد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزهٔ آبخیز مرغملک - شهرکرد

انتخاب محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی

برای اینکه یک بند زیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد، تلفیقی از محل قرارگیری بند و سازه آن لازم است. در زیر شرایطی که در حین مکان‌یابی نقاط مناسب برای احداث بند باید در نظر داشت، ذکر می‌شود:

- شیب کم بستر آبراهه: شیب آبراهه باید کمتر از ۵٪ باشد تا بتوان انتظار تشکیل مخزن آب زیرزمینی با حجم مناسب را داشت (سلامی، ۱۳۸۵).
- وجود جریانات زیرسطحی کم عمق و دینامیک در بستر آبراهه: اگر آب زیرسطحی موجود در بستر آبراهه ساکن و بدون حرکت باشد، نمی‌توان انتظار افزایش حجم آب مخزن را داشت.
- وجود آبخوان با تخلخل مناسب در محل احداث بند زیرزمینی: به‌دلیل تشکیل مخزن در زیرسطح زمین و ذخیره‌شدن آب در سازندهای اطراف محور بند، برای ایجاد یک مخزن با آبدهی مناسب وجود سازندهای زمین‌شناسی با تخلخل مؤثر بالا ضروری است. آبراهه‌های با بافت دانه‌درشت دارای ماسه درشت و گراول با اندازه ذرات بیش از پنج میلی‌متر به‌دلیل تخلخل مفید و آبدهی ویژه بیشتر، نسبت به بافت رسوبی دانه ریز از قبیل سیلت و رس در اولویت قرار دارند (سلامی، ۱۳۸۵).
- وجود سنگ بستر با نفوذپذیری کم: دیواره‌های محور و سنگ بستر مخزن بند زیرزمینی باید دارای نفوذپذیری پایینی مثل سنگ‌های آذرین با تخلخل و شکستگی کم باشند تا از نشت آب و هدر رفتن آن جلوگیری کنند (سلامی، ۱۳۸۵).
- وجود قسمت‌های باریک در آبراهه: تنگه‌های موجود در بستر آبراهه‌ها که دارای حجم قابل ملاحظه‌ای از آبرفت در قسمت‌های بالادست هستند، از نقاط مناسب احداث بندهای زیرزمینی محسوب می‌شوند. در این حالت، هزینه‌های اجرای پروژه کاهش می‌یابد و در زمان نیز صرفه‌جویی می‌شود (سلامی، ۱۳۸۵).
- در دسترس بودن منابع قرضه: باید نقاطی را انتخاب کرد که تا حد امکان منابع قرضه مورد نیاز برای ساخت بند زیرزمینی در فاصله‌های نزدیک ساختگاه وجود داشته باشد (سلامی، ۱۳۸۵).
- نزدیکی به مناطق مصرف آب: باید تا حد امکان سعی شود که فاصله بند زیرزمینی از مکان‌هایی که در آینده از آب بند زیرزمینی استفاده می‌کنند، زیاد نباشد (سلامی، ۱۳۸۵).
- کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی: میزان املاح موجود در رواناب و جریانات زیرسطحی در آبراهه‌ها مهم است. آبراهه‌هایی که میزان شوری آب در آنها بالاست

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین حجم رواناب زیادی دارند، برای احداث بند زیرزمینی مناسب نیستند.

برای این منظور، در محدودهٔ مورد مطالعه از داده‌های استخراج‌شده از نقشه‌های پایه، یافته‌های موجود در این زمینه و همچنین نظرهای کارشناسی استفاده شد. مناطق مناسب، شامل بستر آبرفتی رودخانه‌هایی است که دارای شیب‌های حداکثر ۵ درصد هستند و گسل، زمین‌های کشاورزی، صنعتی، مسکونی و کوره قنات در آنجا وجود ندارد (سلامی، ۱۳۸۵؛ نیلسون، ۱۹۸۸ و پیلینگر، ۱۹۸۲). برای حذف نقاط نامناسب از منطق بولین استفاده شد (فرهودی و همکاران، ۱۳۸۴؛ تانگ، ۲۰۰۶؛ گریم اف، ۱۳۷۹؛ پیتر و همکاران، ۲۰۱۱). نقشه‌های پایه زمین‌شناسی، شیب و کاربری اراضی با استفاده از منطق بولین تهیه و به مناطق مستعد احداث سد ارزش ۱ و مناطق دارای محدودیت احداث ارزش صفر داده شد.

تعیین مناطق مستعد اولیه

برای احداث سد زیرزمینی در هر محدوده، علاوه بر داشتن کمترین عرض برای حجم کار سازه‌ای کم، باید دارای حجم مخزن مناسب نیز باشد. مناسب‌ترین محورها آنهایی‌اند که علاوه بر طول کم دارای گسترش سطحی زیاد مخزن در بالادست محور باشند. از سویی، باید در نظر گرفت که قنوات نیز تخریب نشوند (طباطبایی یزدی و همکاران، ۱۳۸۲؛ طالقانی‌نیا و طلابخشی، ۲۰۱۳). برای تهیهٔ نقشه پراکندگی قنوات، از نقشه قنوات در سازمان آب منطقه‌ای استان چهارمحال بختیاری استفاده شد. یک حریم با فاصله ۱۰۰ متر از محور قنوات تعریف شد. مناطق درون این محدوده برای ایجاد بند زیرزمینی نامناسب در نظر گرفته شد. با توجه به این عوامل و با بازدیدهای صحرایی در این محورها، در نهایت ۱۵ محور مناسب شناسایی شد.

اولویت‌بندی محورها

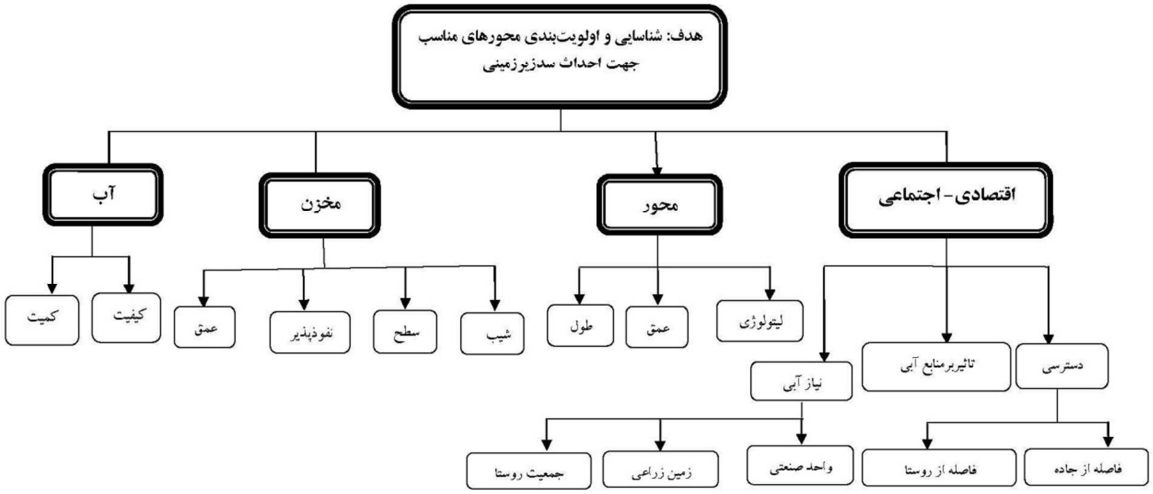
با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه MADM[1] و بر مبنای جریان تصمیم‌گیری، نقاط مناسب برای احداث بند زیرزمینی اولویت‌بندی می‌شوند (چاوهاداری و همکاران، ۲۰۱۰). شکل ۲، ساختار کلی معیارهای تصمیم‌گیری را در چهار سطح نمایش می‌دهد (قدسی‌پور، ۱۳۸۵). در این تحقیق با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و آمار و اطلاعات موجود از ۴ معیار اصلی (اقتصادی- اجتماعی، محور، مخزن و آب) و ۱۷ شاخص (کمیت و کیفیت آب، شیب، سطح و نفوذپذیری مخزن، لیتولوژی، عمق و لیتولوژی محور، دسترسی شامل فاصله از روستا و جاده و نیاز آبی شامل واحد صنعتی، زمین زراعی و جمعیت روستا) در فرایند AHP استفاده شد. با توجه به اینکه هدف از ایجاد بند زیرزمینی جمع‌آوری و ذخیره جریانات زیرسطحی است، از این‌رو، برای برآورد میزان جریان زیرسطحی در آبراهه‌های منطقه ابتدا حجم رواناب خروجی محاسبه، سپس از حجم بارندگی در حوضه کسر شد. رواناب حاصل از بارندگی را می‌توان برحسب ارتفاع یا حجم توصیف کرد و آن را به روش‌های مختلف برآورد کرد. در این تحقیق از روش تجربی شماره منحنی[2] استفاده شد. در ابتدا، با استفاده از نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی منطقه، نقشه شماره منحنی تهیه شد. سپس، با داده‌های حداکثر بارش روزانه در دورهٔ آماری مشترک از ایستگاه‌های هیدرومتری در حوزه، مقدار ارتفاع رواناب محاسبه شد. با توجه به اینکه در منطقه مورد بررسی بیشتر کمبود آب مرتبط با نیاز بخش کشاورزی است، بنابراین، آب‌های موجود طبق معیارهای کیفی در کلاسه‌بندی آب از نظر کشاورزی بر مبنای شوری و مقدار سدیم طبقه‌بندی شدند. شوری با معیار هدایت الکتریکی EC و سدیم با یکی از معیارهای جذبی سدیم (SAR) یا درصد سدیم محلول (SSP) سنجیده می‌شود. شناسایی و تعیین عمق سنگ بستر نیازمند انجام عملیات پرهزینه ژئوفیزیک (ژئوالکتریک) است. در این تحقیق، با انجام بررسی‌های صحرایی و اندازه‌گیری شیب ظاهری تکیه‌گاه‌های بند و ترسیم نیمرخ محورها، ضخامت تقریبی آبرفت‌های موجود در منطقه تعیین شد. برای مقایسهٔ نظرهای تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی و در مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ استفاده شد. در ادامه با استفاده از ارزش‌های نسبی تعیین‌شده به روش مقایسه دودویی (ساعتی، ۲۰۰۰) برای این شاخص‌ها و معیارها و با استفاده از معادله (۱) برای هر کدام از محورها شاخص تناسب محاسبه شد.

1- Multiple Attribute Decision making

2- Curve Number

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- ساختار معیارهای تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی احداث بندزیرزمینی (اقتباس از چزگی، ۱۳۸۹)

$$S_I = R_I A_1 \times \sum_{i=1}^{m} R_I.B_i \times \mathrm{R}_I\, KB_i + R_I.A_2 \times \sum_{y=1}^{L} R_I\, C_y \times R_I KC_y + \cdots . R_I A_n \times \sum_{z=1}^{j} R_I\, D_z \times R_I KD_Z \quad (1)$$

SI = شاخص تناسب

n= تعداد معیارهای اصلی

RIAn…RIA1,RIA2 = اهمیت نسبی معیارهای A1، A2،..... و An

L و j =تعداد معیارهای فرعی مرتبط با معیارهای اصلی A1، A2،..... و An

RIBi,RICy,RIDz = اهمیت نسبی معیارهای B، C و D که در ارتباط با معیارهای اصلی A1، A2، .... و An هستند.

RIKDz و RIKBi,RIKCy = اهمیت نسبی شاخص‌های مربوط به معیارهای فرعی B، C و D که در ارتباط با معیارهای اصلی A1، A2، .... و An هستند.

میزان شاخص ناسازگاری برای اعتبار نتایج روش AHP باید کمتر از ۰/۱ باشد که در غیر این صورت باید نظرها دوباره اصلاح شوند.

سناریوهای[1] مختلف در اولویت‌بندی محورها

با توجه به تأثیر زیاد مقدار هر یک از ارزش‌های نسبی معیارهای اصلی در میزان شاخص تناسب محاسبه شده برای هر محور و تفاوت فاحش دیدگاه‌های موجود در ارتباط با وزن و ارزش هر کدام از این معیارهای اصلی، ۵ سناریو در ارتباط با اولویت‌بندی محورها در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

جدول ۱- اهمیت نسبی معیارهای اصلی در سناریوهای پیشنهادی براساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

معیارهای اصلی	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم	سناریو پنجم
آب	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
محور	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۷۵	۰/۰۸	۰/۰۸
مخزن	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۷۵	۰/۰۸
اقتصادی- اجتماعی	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۷۵

نتایج و بحث

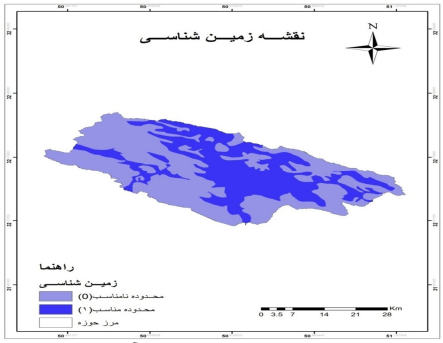
محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی

شکل‌های ۳ تا ۶ به‌ترتیب مناطق مستعد از نظر زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی و پس از تلفیق این نقشه‌ها با استفاده از بولین را نشان می‌دهند. مناطق دارای ارزش عددی یک، محدوده‌های مستعد احداث بند زیرزمینی را مشخص می‌کنند.

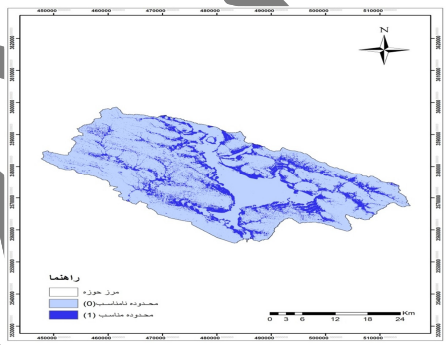
1 .Scenario

www.SID.ir

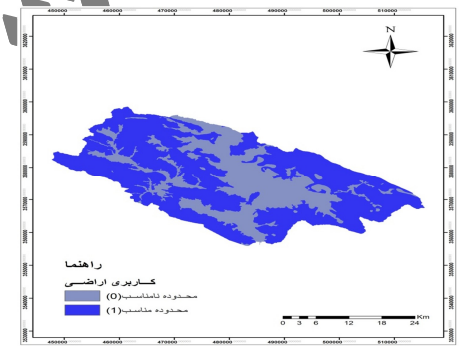
Archive of SID



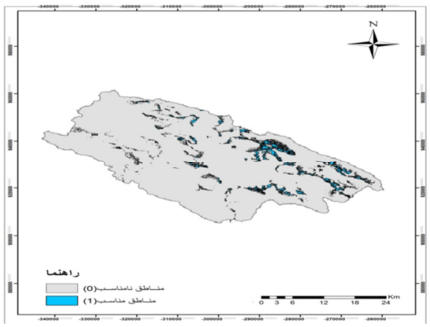
شکل ۳- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب زمین‌شناسی برای احداث بند زیرزمینی



شکل ۴- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب شیب برای احداث بند زیرزمینی



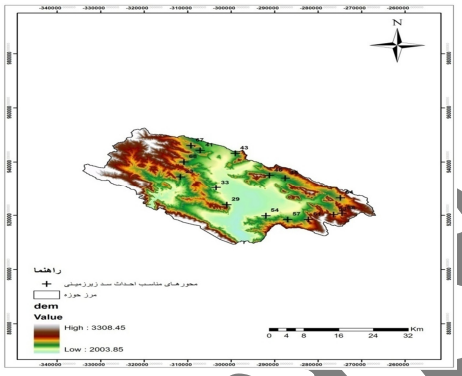
شکل ۵- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب کاربری اراضی برای احداث بند زیرزمینی



شکل ۶- نقشه مناطق مناسب احداث بند زیرزمینی با استفاده از معیارهای حذفی به روش بولین

شناسایی نقاط مناسب موجود در این محدوده‌ها

بعد از تهیهٔ نقشه محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی با استفاده از منطق بولین، این محدوده‌ها با نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه آبراهه استخراج شده از نقشه ارتفاعی منطقه تطبیق داده شد و تنگه‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی مورد شناسایی قرار گرفت. با تلفیق نقشه محورهای قنوات حوزهٔ مورد مطالعه و نقشه تنگه‌های احتمالی احداث بند زیرزمینی، محورهایی که باعث قطع قنوات و تخریب آنها خواهند شد، از مجموع محورهای مناسب برای احداث بند زیرزمینی حذف شدند. با توجه به عوامل بالا و با بازدیدهای صحرایی در این محورها، ۱۵ محور مناسب برای احداث بندزیرزمینی در حوزه‌های آبخیز مرغملک- شهرکرد و مرغملک شناسایی شد (شکل ۷).



شکل ۷- محورهای مناسب جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز مرغملک - شهرکرد

اولویت‌بندی محورها، تجزیه و تحلیل حساسیت عوامل و سناریوسازی

هر چه شاخص تناسب برای هر یک از معیارهای اصلی و فرعی موجود از مقدار بیشتری برخوردار باشد، محور مورد نظر دارای ارزش بیشتری برای احداث بند زیرزمینی است (جدول ۲).

با توجه به جدول‌ها، معیار هیدرولوژی با وزن ۰/۵۱ مهم‌ترین معیار و بعد از آن معیار عوامل اقتصادی- اجتماعی با وزن ۰/۳۰ در مکان‌یابی بند زیرزمینی است. همچنین، تجزیه و تحلیل حساسیت عوامل، نشان داد که حساس‌ترین عامل در بین معیارهای مورد استفاده معیار هیدرولوژی با ۵۱ درصد بوده و حساسترین عامل در بین شاخص‌ها ارتفاع رواناب با ۸۳ درصد است. جدول ۳،

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص تناسب کلی اولویت محورها را برای احداث بند زیرزمینی بر اساس پنج سناریو در حوضه نشان می‌دهد.

جدول ۲- تعیین اهمیت و وزن معیارهای مخزن با مقایسه‌های دودویی

معیارهای فرعی مخزن	اهمیت نسبی	معیارهای فرعی آب	اهمیت نسبی	معیارهای فرعی محور	اهمیت نسبی	معیار فرعی اقتصادی- اجتماعی	اهمیت نسبی	معیارهای دسترسی	اهمیت نسبی
نفوذپذیری	۰/۵۶	کمیت	۰/۸۳	عمق	۰/۷۴	تأثیر بر منابع آبی	۰/۷۳	فاصله از روستا	۰/۸۸
شیب	۰/۲۵	کیفیت	۰/۱۷	طول	۰/۱۹	نیاز آبی	۰/۱۹	فاصله از جاده	۰/۱۲
سطح	۰/۰۹۵			تکیه‌گاه	۰/۰۶	میزان دسترسی	۰/۰۸		
عمق	۰/۰۹۵								

جدول ۳- شاخص تناسب معیارهای اصلی بر اساس سناریو اول

	سناریو ۱		سناریو ۲		سناریو ۳		سناریو ۴		سناریو ۵	
شماره محور	شاخص تناسب کل	اولویت	شاخص تناسب کل	اولویت	شاخص تناسب کل	اولویت	شاخص تناسب	اولویت	شاخص تناسب کل	اولویت
۲۳	۰/۲۷۸۰۳۴۷۹۱	۴	۰/۳۱۳۳۰۰۳۵	۴	۰/۲۷۹۹۱۰۳۳	۶	۰/۲۰۰۲۸۷۲۰۵	۳	۰/۱۴۶۸۷۹۹۵۹	۱۲
۲۹	۰/۱۷۰۳۶۵۳۱۸	۱۳	۰/۲۵۲۰۸۴۰۶۹	۶	۰/۲۹۰۹۲۳۴۷۹	۳	۰/۱۴۹۸۶۲۹۸۴	۱۰	۰/۳۸۰۰۶۳۱۶۷	۶
۳۳	۰/۲۴۲۹۷۲۴۲۷	۸	۰/۲۴۳۶۰۸۲۷۵	۸	۰/۲۵۰۰۹۸۱۸۵	۱۴	۰/۱۹۲۰۵۲۵۱	۴	۰/۲۸۵۱۵۸۸۴۷	۷
۴۱	۰/۲۹۷۵۴۱۴۹۷	۳	۰/۲۶۱۷۲۱۸۰۴	۵	۰/۲۶۶۶۵۶۹۳۷	۱۰	۰/۱۶۶۰۹۰۶۷۹	۸	۰/۴۹۴۴۶۵۴۴۴	۱
۴۳	۰/۲۵۹۳۳۸۳۹۷	۶	۰/۱۹۵۱۴۷۵۱	۱۲	۰/۲۸۶۳۲۶۴۱	۴	۰/۱۷۳۸۰۷۵۱۲	۷	۰/۳۸۱۰۳۴۸۰۱	۵
۴۵	۰/۲۶۴۶۵۰۸۸۴	۵	۰/۲۵۰۸۰۵۵۲۳	۷	۰/۲۸۵۵۷۸۶۹۳	۵	۰/۱۷۴۵۶۴۰۸۸	۶	۰/۳۹۱۷۰۱۶۲۷	۴
۴۶	۰/۳۸۹۹۱۸۳۰۹	۱	۰/۵۰۵۱۹۲۶۵۴	۱	۰/۳۳۱۲۳۳۷۱۸	۱	۰/۲۷۸۹۰۴۲۳۳	۱	۰/۴۴۲۷۸۲۹۵۶	۲
۵۳	۰/۳۴۳۹۹۰۷۵۴	۲	۰/۴۸۹۹۴۴۷۰۶	۲	۰/۳۱۴۴۳۰۹۹۳	۲	۰/۱۶۰۷۹۴۸۸	۹	۰/۴۰۹۴۱۶۴۷۳	۳
۵۴	۰/۲۱۷۵۱۲۳۷۷	۹	۰/۱۹۷۹۴۸۹۴۵	۱۱	۰/۲۷۳۹۹۴۹۴۹	۷	۰/۱۳۵۲۳۵۶۰۴	۱۳	۰/۲۶۱۹۹۹۹۵۴	۸
۵۷	۰/۲۰۸۳۸۰۹۲۶	۱۱	۰/۱۹۴۹۱۷۳۱۵	۱۳	۰/۲۶۳۲۴۵۶۳۹	۹	۰/۱۴۴۸۷۶۹۷۴	۱۲	۰/۲۵۵۸۰۹۶۴۶	۹
۵۸	۰/۱۶۷۴۴۴۷۵۴	۱۵	۰/۱۶۵۰۸۹۹۲۶	۱۴	۰/۲۵۶۲۶۸۸۲۶	۱۱	۰/۱۳۰۱۰۵۵۶۳	۱۵	۰/۱۱۸۹۹۸۲۳۶	۱۴
۶۱	۰/۲۱۳۱۷۸۶۳۶	۱۰	۰/۲۳۳۷۱۶۷۲۸	۹	۰/۲۷۱۰۰۱۳۶۱	۸	۰/۱۴۶۴۶۹۷۹۳	۱۱	۰/۲۰۰۶۷۳۸۳۹	۱۱
۶۴	۰/۱۶۷۸۲۴۷۵۴	۱۴	۰/۱۶۴۷۶۴۹۳۱	۱۵	۰/۲۵۵۹۴۳۸۳۱	۱۲	۰/۱۳۱۲۴۵۵۱۳	۱۴	۰/۱۱۸۶۷۲۸۴۱	۱۵
۶۷	۰/۱۹۰۴۰۵۴۹۱	۱۲	۰/۲۲۶۱۵۶۰۵۳	۱۰	۰/۲۳۱۰۹۱۱۸۶	۱۵	۰/۱۸۰۱۳۹۷۲۳	۵	۰/۱۲۳۴۷۳۳۸۱	۱۳
۶۸	۰/۲۵۲۸۱۱۷۱۷	۷	۰/۳۱۹۱۰۴۱۸۴	۳	۰/۲۵۱۸۳۵۹	۱۳	۰/۲۳۴۴۱۵۱۹۴	۲	۰/۲۰۴۸۷۸۳۴۶	۱۰

نتایج این تحقیق نشان داد که کمیت آب در مقایسه با کیفیت آن از اهمیت بیشتری برای احداث بندهای زیرزمینی در حوزهٔ آبخیز مرغملک - شهرکرد برخوردار است؛ چرا که در صورت فقدان یا کمبود جریانات زیرسطحی مخزن بند زیرزمینی، به‌طور کامل آبگیری نشده و مشکلات فراوانی از جمله تأمین نیاز آبی حقابه‌بران پیش خواهد آمد که با نتایج نیلسون (۱۹۸۸) دربارهٔ جمع‌آوری آب با استفاده از بند زیرزمینی با تأکید بر کمیت آب در کشورهای آفریقایی همخوانی دارد. تحقیق حاضر نشان داد که مناسب‌ترین آبراهه‌ها برای احداث بند زیرزمینی، آبراهه‌های با رتبه ۳ و ۴ است که با نتایج تحقیق سلیمانی و همکاران (۱۳۸۷) همخوانی دارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که به‌دلیل اینکه نفوذپذیری تأثیر زیادی در میزان آبدهی و ضریب ذخیره مخزن بند زیرزمینی دارد، این پارامتر یکی از پارامترهای مهم در بحث احداث بند زیرزمینی است که با نتایج گلمایی و آشتیانی مقدم (۱۳۸۴) در انتخاب رودخانه‌هایی با بستر آبرفتی با نفوذپذیری بالا، شیب کم، سطح و عمق مناسب به عنوان مناسب‌ترین مخازن، مطابقت دارد. طبق نتایج به‌دست‌آمده در مورد شیب، هر چه شیب کمتر شود، اهمیت نسبی آن بیشتر می‌شود. نتایج بررسی نشان داد که اکثر آبراهه‌های ۳ و ۴ در شیب‌های کمتر از ۵ درصد قرار داشتند، که مناطقی مناسبی برای احداث بند زیرزمینی هستند؛ زیرا عامل شیب رابطه معکوس با حجم مخزن و مقدار نفوذپذیری دارد و با نتایج طباطبایی (۱۳۸۸)، سلیمانی (۱۳۸۶)، چزگی (۱۳۸۹) و نیلسون

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۹۸۸) همخوانی دارد. در بین شاخص‌های محور، عمق آبرفت بند بیشترین اهمیت نسبی را در بین شاخص‌های محور دارد؛ زیرا در اقتصادی بودن یک بند زیرزمینی، عمق و طول محور بیشترین اهمیت را داراست و به‌دلیل محدودیتی که در عمق حفاری محور نسبت به طول محور وجود دارد، این معیار در درجهٔ اول اولویت قرار دارد که با نتایج سلامی (۱۳۸۵) مبنی بر اینکه مهم‌ترین محدودیت در احداث بند زیرزمینی، مد نظر قراردادن عمق محور است، همخوانی دارد.

براساس نتایج این تحقیق، محورهای مناسب آنهایی هستند که علاوه بر دارا بودن مخزنی مناسب برای ذخیره آب در بالادست، دارای کمترین عمق و طول ممکن برای اجرای دیواره باشند. محورهای با طول کمتر دارای ارزش و اهمیت بیشتری نسبت به دیگر محورها هستند که با نظرهای طباطبایی (۱۳۸۸)، سلیمانی (۱۳۸۶) و نیلسون (۱۹۸۸) مطابقت دارد. نتایج بررسی شاخص نیاز آبی نشان داد که تأمین آب شرب مورد نیاز روستاییان منطقه نسبت به نیاز بخش کشاورزی از درجه اهمیت و اولویت بیشتری برخوردار است که با نتایج نیلسون (۱۹۸۸) و ویپلینگر (۱۹۸۲) مطابقت دارد. شاخص فاصله از روستا از درجه اهمیت بیشتری نسبت به فاصله از جاده قرار دارد. وجود جاده در محل احداث بند زیرزمینی باعث افزایش سرعت دسترسی و کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری سازه می‌شود. محورهای نزدیک جاده، نسبت به سایر محورها دارای اولویت بیشتری هستند که با نتایج سلامی (۱۳۸۵) و چزگی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. نتایج این تحقیق در انطباق با نتایج حاصل از تحقیقات محسنی ساروی و همکاران (۱۳۹۰) است که فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و چگونگی استفاده از آن را در تصمیم‌گیری مورد ارزیابی قرار دادند. بدین منظور، چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ایشان نشان می‌دهد که این فرایند شیوه‌ای منطقی برای مقایسهٔ گزینه‌ها و معیارها و انتخاب گزینه بهینه با درنظرگرفتن تمامی مشخصه‌های تأثیرگذار است و چارچوب مناسبی را برای مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند. همچنین، به‌دلیل انعطاف‌پذیربودن، کم‌هزینه‌بودن و دسترسی سریع به نتیجه روش مناسبی برای تصمیم‌گیری در انتخاب بهترین طرح و مدیریت در حوزهٔ آبخیز محسوب می‌شود. زاهدی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به پهنه‌بندی مناطق مناسب بند زیرزمینی با استفاده از مدل AHP در حوزه درونگر پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که سه عامل شیب، نفوذپذیری و زمین‌شناسی مهم‌ترین عامل در احداث بند زیرزمینی هستند که در هماهنگی کامل با نتایج تحقیق جاری است.

نتایج حاصل از سناریوسازی نشان داد که در صورت اختصاص وزن مساوی به تمام معیارهای اصلی، اختصاص بیشترین وزن به معیار آب، اختصاص بیشترین وزن به معیارهای محور و حجم مخزن و همچنین اهمیت به اقتصادی بودن یک بند، در این صورت محور ۴۶ در اولویت اجرای سد زیرزمینی خواهد بود. در سناریو پنجم، بیشترین اهمیت نسبی به معیار اقتصادی-اجتماعی داده شده است که شامل زیرمعیارهای تأثیر بر منابع آبی، نیاز آبی و میزان دسترسی است. در این سناریو، ساختن بند در مکان‌های دور از دسترس و مناطقی که در آنجا نیاز آبی چندان بالا نیست، لزومی ندارد. طبق سناریو پنجم، محور ۴۱ در اولویت است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که با استفاده از رویکرد چندمعیاره می‌توان امکان انتخاب صحیح مکان احداث سد زیرزمینی از نظر معیارهای مهندسی و اقتصادی- اجتماعی را برای مدیران و تصمیم‌گیران در طی زمان فراهم کرد. با انتخاب سناریوهای مدیریتی برتر در احداث سازه‌های در ارتباط با ذخیره آب، از جمله سد زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رسیدن به اهداف مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و در نتیجه توسعهٔ پایدار فراهم خواهد شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که در این روش برای اولویت‌بندی نقاط و تعیین بهترین نقاط برای احداث بند زیرزمینی استفاده شده‌است و مقادیر وزن‌ها و اهمیت هر کدام از عوامل مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که این فرایند تصمیم‌گیری ابزاری مناسب برای فرآیند تصمیم‌گیری با معیارهای متفاوت است و می‌تواند ابزار مدیریتی مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیری‌ها باشد. در تعیین ارزش شاخص‌ها، کمیت آب (ارتفاع رواناب > ۱۵ میلی‌متر) با وزن ۰/۲۲، بیشترین وزن را دارد و به‌عنوان مهم‌ترین شاخص به‌شمار می‌رود. همچنین، بعد از آن، شاخص تأثیر بر آبدهی قنوات در

www.SID.ir

Archive of SID

گروه ۲۵-۰ درصد، با وزن ۰/۱۱ دارای وزن و اهمیت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها است.

منابع

۱. افکار م. لشکری‌پور غ. غفوری م. طباطبایی‌یزدی ج. و اردلان‌زاده ا. ۱۳۸۹. استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای برای انتخاب سایت‌های مناسب جهت احداث بندزیرزمینی (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. دانشگاه ارومیه. ۸ ص.

۲. چزگی ج. ۱۳۸۹. مکان‌یابی بند زیرزمینی با استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری و GIS در غرب استان تهران. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۴ ص.

۳. زاهدی ا. طالبی ع. لسانی م. ت. و حاجی ابوالقاسمی ر. ۱۳۹۲. تعیین و اولویت بندی مناطق مستعد احداث بند زیرزمینی با استفاده از مدل AHP با تأکید بر جبران نیاز آبی و خشکسالی (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز درونگر درگز). نهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه یزد. ۶ ص.

۴. محسنی ساروی م. نادری ن. ملکیان ا. و قاسمیان د. ۱۳۹۰. فرآیند سلسله مراتبی تکنیکی برای تصمیم‌گیری در حوضه‌های آبخیز. مجله محیط‌زیست و توسعه. ۲(۴): ۴۱-۵۰.

۵. سلامی ه. ۱۳۸۵. تعیین مناطق مناسب جهت احداث بندهای زیرزمینی در دشت نطنز با استفاده از دورسنجی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم زمین. دانشگاه شهید بهشتی. ۱۸۰ ص.

۶. سلیمانی س. ۱۳۸۶. بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی دشت مشهد به منظور پهنه‌بندی پتانسیل احداث بندهای زیرزمینی با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی: دشت مشهد)، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۲ ص.

۷. سلیمانی س. نیکودل م. ر. ارومیه‌ای ع. و بهرامی ح. ۱۳۸۷. مکان‌یابی گزینه‌های مناسب جهت احداث بندهای زیرزمینی با استفاده از GIS و RS (دشت مشهد). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب. تبریز. ۷ ص.

۸. صفی نژاد، ج. دادرس، ب. ۱۳۷۹. بند زیرزمینی قنات وزوان- میمه اصفهان، مؤسسه گنجیه ملی آب ایران. ۲۴۰ ص.

۹. طباطبایی یزدی ج. و نبی‌پی‌لشکریان س. ۱۳۸۲. بندهای آب زیرزمینی جهت تامین آب در مقیاس کوچک. انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۶۳ ص.

۱۰. طباطبایی ا. م. ۱۳۸۸. بررسی علل افت آب‌های زیرزمینی در منطقه شرق دریاچه ارومیه. کنفرانس بین‌المللی منابع آب. دانشگاه شاهرود ۷. ۸ ص.

۱۱. فرهودی ر. حبیبی ک. و زندی بختیاری پ. ۱۳۸۴. مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر سنندج). نشریه هنرهای زیبا. ۲۳: ۱۵-۲۴.

۱۲. قدسی‌پور س. ح. ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP)، چاپ پنجم دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۲۳۲ ص.

۱۳. کردی ر. فرامرزی م. کریمی ح. گرایی پ. و یارمحمدی ا. ۱۳۹۵. مکانیابی سدهای زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک غرب ایران (مطالعه موردی، مهران، ایلام). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. ۷(۱۳): ۱۶۴-۱۷۲.

۱۴. گریم اف. م. ۱۳۷۹. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین (مدل‌سازی به کمک GIS). ترجمه توسط گروه زمین مرجع سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۵۶۲ ص.

۱۵. گلمایی ح. و آشتیانی مقدم ق. ۱۳۸۴. بندهای زیرزمینی برای ذخیره آب در مقیاس کوچک. ۹۷ ص.

۱۶. لاله‌زاری ر. و طباطبائی س. ح. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی تأثیر احداث سد زیرزمینی روی ذخیره آبخوان و پراکنش نیترات در دشت شهرکرد. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۷(۶۵): ۲۵-۳۸.

www.SID.ir

Archive of SID

17. Chezgi J. Pourghasemi H. R. Naghibi S. A. moradi H. R. Kheirkhah and Zarkesh M. 2015. Assessment of a spatial multi-criteria evaluation to site selection underground dam in the Alborz Province, Iran. Geocarto International. 31(6): 628-646.
18. Chowdhury A. K. Jha M. and Chowdary V. M. 2010. Delieation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS and GIS and MCDM techniques. Environmental Earth Science. 59: 1209-1222.
19. Hanson G. and Nilsson A. 1986. Ground-water dms for rural-water supplies in developing countries. 24(4): 497-506
20. Imran A. J. Bo O. and Ulla M. 2013. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS. Environ Earth Sci .DOI 10.1007/s12665-013-2295-1.
21. Ishida S. Tsuchihara T. Yoshimoto S. and Imaizumi M. 2011. Sustainable use of groundwater with underground dams. Japan Agricultural Research Quarterly. 45(1): 51-61.
22. Kheirkhah Zarkesh M. 2005. DSS for floodwater site selection in Iran, PhD Thesis, Wageningen University. 273 p.
23. Nilsson A. 1988. Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply. Intermediate Technology Publications, London. 78 p.
24. Peter H. S. Riad Max B. Ahmed A. Hassan Maha A. S. and Mohamed N. E. 2011. Application of The Overlay Weighted Model And Boolean Logic to Determine The Best Locations for Artificial Recharge of Groundwater. Journal of Urban and Environmental Engineering. 5(2): 57-66.
25. Rezaei P. Rezaie K. Nazari-Shirkouhi S. and Jamalizadeh Tajabadi M. 2013. Application of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Analysis for Evaluating and Selecting the Best Location for Construction of Underground Dam. Acta Polytechnica Hungarica. 10(7): 187-205.
26. Saaty T. 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications. 11 p.
27. Sehat M. Kamanbedast A. A. and Asadilour M. 2013. Zonning underground dams using GIS in Halayjan valley, Izeh-Iran. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 3: 3752-3756.
28. Taleghania M. A. and Talabakhshi F. 2013. The role of geomorphology in locating underground sandy dams (Case Study: Gilan-e-Gharb). Desert 18(2): 145-152.
29. Tang Z. 2006. Selecting optimal residential locations using fuzzy GIS modeling. University of North Texas. 60 p.
30. Wipplinger O. 1982. Water storage in semi arid regions. Unpublished paper. 30 p.
31. Yilmaz M. 2003. Control of ground water by underground dams. M.C. Thesis, Dept.of Civil. METU, Ankara. 96 p.
32. Zeleney M. 1982. Multiple criteria decision making. New York: McGraw-Hill. 563 p.

www.SID.ir