وزارت جهادکشاورزی

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی ومنابع طبیعی استان چهارمحال وبختیاری

گزارش پروژه مکانیابی سد های زیرزمینی در شهرستان بن

پاییز ۱۳۹۹

بسم الله الرَّحمن الرَّحيم

چکیده:

در حال حاضر کمبودآب به یکی از اضطراری‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده‌است. از این‌رو اتخاذ روش‌های جدید در زمینه استحصال و مدیریت منابع آب توجه اندیشمندان را به خود معطوف کرده‌است. برداشت بی‌رویه و افزایش روز افزون نیازهای مرتبط با رشد جمعیت جوامع علمی را به بازنگری و ارائه راهکارهای مناسب در خصوص مدیریت بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی و ایجاد منابع جدید یا مخازن تجدیدشونده در کشور وامی‌دارد. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا ساخت بندهای زیرزمینی به عنوان روشی جدید در بهره‌برداری از منابع آب مورد توجه قرارگرفته‌است. مهمترین مشکل در توسعه و ایجاد بندهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث بند می‌باشد. در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP که نمونه‌ای است از روش‌های ارزیابی چند معیاره، به دلیل استفاده همزمان از داده‌های کمی و کیفی و انعطاف‌پذیری و دقت آن استفاده شده است. منطقه مورد بررسی شامل محدوده جغرافیایی شهرستان بن به مساحت ۱۴۳۲۷ هکتار واقع در استان چهارمحال و بختیاری می باشد. در گام نخست از داده‌های استخراج شده از نقشه‌های پایه، یافته‌های موجود در این زمینه و همچنین نظرات کارشناسی استفاده گردیدو برای حذف نقاط نامناسب از منطق بولین استفاده گردید. بعد از تهیه نقشه‌های پایه زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی با استفاده از منطق بولین، مناطق دارای ارزش ۱ جز مناطق مستعد بند زیرزمینی مشخص گردید. با استفاده از عکس های هوایی در محدوده های با پتانسیل احداث بندهای زیر زمینی در شهرستان بن ۱۰ اولویت جهت احداث سد زیرزمینی مشخص گردید که پس از بازدید میدانی مجدد و بررسی های تکمیلی هیچیک از موارد فوق جهت احداث سد زیر زمینی مناسب تشخیص داده نشد.

کلمات کلیدی: مدیریت منابع آب، بند زیرزمینی، تحلیل سلسله مراتبی، شهرستان بن، چهارمحال و بختیاری

مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهند کره‌ی زمین در آینده‌ای نه چندان دور با مشکل تأمین منابع آب قابل استفاده، مواجه خواهد شد. از این‌رو اتخاذ روش‌های جدید در زمینه استحصال و مدیریت منابع آب توجه اندیشمندان را به خود معطوف کرده‌است. در حال حاضر کمبودآب به یکی از اضطراری‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده‌است. در سطح جهان تقاضا برای آب همگام با رشد جمعیت، اما با سرعتی بیشتر که ناشی از رشد استانداردهای زندگی است در حال افزایش می باشد (بخشنده، ۱۳۸۸). از این‌رو برای مبارزه با کمبود آن، باید با مدیریتی صحیح، بیشتر به حفاظت و بهره‌برداری صحیح از آن توجه داشت. با توجه به چگونگی توزیع زمانی و مکانی بارش و نیز رواناب در سطح کشور و فقدان رطوبت کافی و جریان‌های سطحی دائمی، همانند بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، عمده‌ترین منابع تأمین نیازهای آبی کشور را آبخوان‌ها تشکیل می‌دهند. این شرایط هیدروکلیماتولوژی کشور سبب شده است که از گذشته‌های دور به منابع آب‌های زیرزمینی توجه خاص شود. راه‌کارهای مقابله با کم‌آبی در دو استراتژی مدیریت صحیح منابع آب واستحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود. کمبود منابع آب زیرزمینی از یکسو و برداشت بی‌رویه و غیر علمی از سوی دیگر و افزایش روز افزون نیازهای مرتبط با رشد جمعیت جوامع علمی را به بازنگری و ارائه راهکارهای مناسب در خصوص مدیریت بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی و ایجاد منابع جدید یا مخازن تجدیدشونده در کشور وامی‌دارد (فاضل‌پور عقدائی و همکاران،۱۳۹۲).

منابع آب زیرزمینی از جمله منابع پایدار و تجدیدپذیر است که مازاد آن از طریق چشمه ها در اختیار بشر بوده است. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا ساخت بندهای زیرزمینی به عنوان روشی جدید در بهره‌برداری از منابع آب مورد توجه قرارگرفته‌است (لاله‌زاری ۱۳۹۲). با این‌که بند زیرزمینی روش نوپایی برای استحصال آب به شمار می‌رود با این حال نتایج رضایت‌بخشی از اجرای آن‌ها در نقاط مختلف جهان گزارش شده است. بندهای زیرزمینی

به دلیل تنوع، در صورت اجرای مناسب، می‌توانند نقش مؤثری در مدیریت و توسعه منابع آبی کوچک به ویژه در دوران خشکسالی ایفا کنند. این روش کاربردهای متفاوتی داشته و در شرایط مختلف قابل اجرا می‌باشد (مجیدی، ۱۳۸۵).

بند زیرزمینی دیواره‌ای از جنس مصالح نفوذناپذیر است که در مسیر یک آبراهه فصلی ساخته می‌شود و جریان زیرسطحی موجود در داخل آبرفت را قطع می‌نماید. این کار به نحوی انجام می‌شود که نفوذ آب از بدنه دیوار و اطراف آن(حدفاصل دیوار و سنگ بستر غیر قابل نفوذ) قطع و یا طوری کاهش یابد که سطح آب در پشت دیوار بالا آمده و از روی آن سرریز کند. آب سرریز شده می‌تواند به صورت ثقلی توسط لوله یا کانال به محل مصرف هدایت شود (مهری، ۱۳۹۰).

مهمترین مشکل در توسعه و ایجاد بندهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث بند 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 (گلمائی و آشتیانی مقدم، ۱۳۸۴). در مسیر نیل به این مقصود، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP[۱])که نمونه‌ای است از روش‌های ارزیابی چند معیاره، به دلیل استفاده همزمان از داده‌های کمی و کیفی و انعطاف‌پذیری و دقت آن، در این مطالعه انتخاب شده است.

ضرورت انجام تحقیق

۱ . Analytical hierarchy process

قسمت عمده‌ای از سهم۲/۸ درصدی آب‌های شیرین جهان به صورت یخچال‌های قطبی، دور از دسترس است. از مقدار قابل دسترس باقی مانده نیز، ٪۹۹ را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳) که تنها منبع دائمی آب مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (طباطبایی،۱۳۸۸). بنابراین ضرورت شناخت و بهره برداری بهینه از این منابع آبی در سراسر جهان روشن است، اضافه بر آن کیفیت خوب این آب‌ها در مقایسه باآب‌های سطحی و امکان ذخیره‌شدن آن‌ها به شکل مخازن طبیعی و سهولت دسترسی به آن‌ها باعث شده تا در تأمین نیازهای آبی اغلب کشورها، بسیار مورد توجه واقع شود.

ایران در منطقه‌ای از دنیا واقع شده‌است که متوسط بارندگی سالانه آن کمتر از ۱/۳ متوسط باران سالانه جهان است. علاوه بر کمبود باران، توزیع زمانی و مکانی آن نیز بسیار نامناسب است. با توجه به چگونگی توزیع زمانی و مکانی بارش و نیز رواناب در سطح کشور و فقدان رطوبت کافی و جریان‌های سطحی دائمی، همانند بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، عمده‌ترین منابع تأمین نیازهای آبی کشور را آبخوان‌ها تشکیل می‌دهند.

اهمیت روزافزان تأمین آب در کشور، استفاده از آب‌های زیرزمینی را در مقایسه با آب‌های سطحی به عنوان منبعی پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار نموده‌است چرا که این منابع در مقایسه با سایر منابع کمتر دستخوش تغییرات ناشی از خشکسالی و کم آبی می‌شوند (خزاعی و همکاران،۱۳۸۷). جهت استفاده از منابع آب زیرزمینی و در دسترس قرارگرفتن آب در تمام فصول، بند زیرزمینی در بعضی مناطق خاص راه حل مناسبی به نظر می‌رسد. برای این که یک بندزیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد تلفیقی ازتناسب محل قرارگیری بند و سازه آن لازم می‌باشد. نقصان و اشتباه در تخمین هریک از دو عامل فوق کارایی بند زیرزمینی را به شکل چشمگیری کاهش می‌دهد. مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد بندهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث بند 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 (گلمائی و آشتیانی مقدم، ۱۳۸۴). این مرحله به دلیل این که سود یا زیان پروژه را در بطن خود دارد باید به‌طور دقیق انجام شود چراکه در صورت انتخاب مکان‌های نامناسب جهت احداث بند زیرزمینی از یک سو هزینه اجرایی طرح افزایش می‌یابد و از سوی دیگر میزان بازدهی بند زیرزمینی کاهش می‌یابد. در نتیجه توسعه یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری[۲] به منظور بررسی تعیین معیارها و شناسایی محل‌های مناسب جهت احداث بند زیرزمینی ضروری می‌باشد(خیرخواه زرکش، ۲۰۰۵).

Comment [t۱]: بیان مسئله

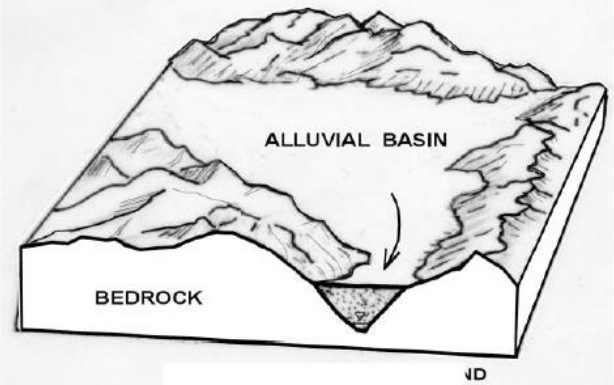
تعریف بند زیرزمینی

بندهای زیرسطحی، موانعی هستند با قابلیت مسدود کردن جریان زیرسطحی آب،که موجب می‌شوند آب در آبخوان‌های محلی نگه داشته‌شود و یا به آبخوان مجاور انتقال یابند (افکار و همکاران، ۱۳۸۹). بند زیرزمینی به‌عنوان موانع، جریان آب زیرسطحی در کفه آبرفتی را کنترل می‌کند. این موانع می‌توانند فیزیکی یا هیدرولیکی باشند. موانع هیدرولیک معمولاً در مجاورت سفره‌های آب‌شور در کنار دریا برای حفاظت از سفره‌های آب شیرین، تأسیس می‌شود. زمین‌شناسی زیرسطحی مناسب و شرایط توپوگرافی محل بند و مخزن ذخیره آب زیرزمینی بسیار مهم است، این شرایط در مخروط‌افکنه‌ها در دامنه‌های کوه‌ها ، در دره و خروجی رودخانه‌ها وجود دارد. سنگ بستر در این مورد باید نفوذپذیری بسیار کم و برای تجمع آب باید غیرقابل نفوذ باشد. نمایش سه‌بعدی از شرایط برای ساخت بند زیرزمینی در دره‌های آبرفتی (دشت) در شکل (۱-۱) نشان داده‌شده‌است (صحت[۳]،۲۰۱۳). تفاوت کلی بندهای زیرزمینی و سطحی در این است که بندهای سطحی موانعی هستند که در عرض رودخانه‌ها احداث شده و هدف از آن ذخیره‌سازی آب سطحی بالادست و جمع‌آوری

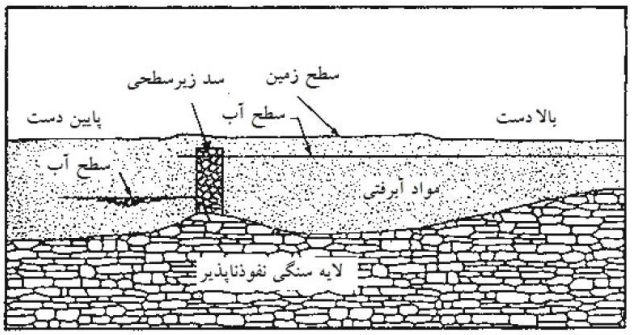
---

۲ . Decision Support System(DSS)
۳ . Sehat

آن‌ها در مخزن روباز است. درحالی‌که بند زیرزمینی با هدف ذخیره‌سازی آب در سطوح زیرین زمین ایجاد می‌شود و در قالب موانعی، عمل جمع‌آوری آب و انحراف مسیر آن به نقاط دلخواه را به انجام می‌رساند (سلیمانی، ۱۳۸۶). مطابق با شکل (۱-۲) برای احداث یک بند زیرزمینی وجود یک سنگ بستر نفوذناپذیر مثل سنگ‌های سخت و یا یک لایه رسی و همچنین یک مخزن مناسب با ضریب ذخیره بالا نیاز می‌باشد (سیلوا و نتو[۴]، ۱۹۹۲).



شکل (۱-۱) نمایش سه بعدی از شرایط برای ساخت بند زیرزمینی در دره‌های آبرفتی (صحت، ۲۰۱۳)



٤ . Silva and Neto

شکل (۱-۲) نمای کلی از یک بند زیرزمینی (سیلوا و نتو، ۱۹۹۲)

انواع بند زیرزمینی

در یک تقسیم‌بندی کلی بندهای زیرزمینی را به دو نوع متفاوت تقسیم می‌کنند که در شکل (۱-۳) مقطع عرضی آنها را نشان می‌دهد: (نیلسون[۵]، ۱۹۸۸).

بندهای زیرسطحی

در این نوع از بندها دیواره بند در قسمت پایین به سنگ بستر نفوذناپذیر و در قسمت بالایی به سطح آبرفت محدود می‌شود و مخزن آب فقط در زیر زمین تشکیل می‌شود. استفاده از این نوع بندها در قسمت های شمال شرق برزیل جهت افزایش ذخیره منابع آب کشاورزی رایج می‌باشد.

تلمر و بست[۶] (۲۰۰۴). برای تأمین مقدار آب مورد نیاز جهت مصرف و ادامه جریان آب‌های زیرزمینی به صورت طبیعی در فصل‌های خشک و همچنین حفاظت از خشک شدن چاه‌ها می‌توان از این نوع بندها استفاده نمود.

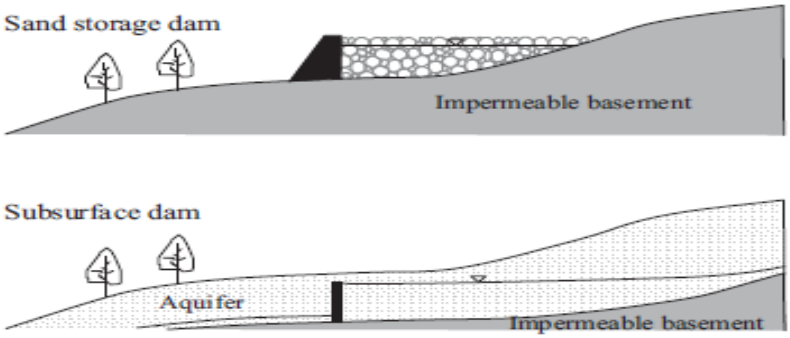
بندهای ذخیره شنی

بندهای ذخیره شنی بندهایی هستند که دیواره نفوذناپذیر بند بر روی سنگ بستر نفوذناپذیر قرار گرفته و تا بالاتر از سطح آبرفت موجود در کف رودخانه ادامه می یابند. علت اصلی مرحله‌ای بودن یا پله پله بودن بندهای ماسه-ای و محدود کردن ارتفاع رسوبات در هر لایه، حفظ سرعت جریان به اندازه‌ای است که باعث شسته شدن ذرات متوسط و ریزدانه از مخزن و ته نشین شدن ذرات درشت‌دانه گردد. به دلیل این که این نوع از بندها نسبت

---

۵ . Nilsson
۶ . Telmer and Best

به نوع زیرسطحی پیچیده تر و پرهزینه تر هستند لذا بهتر است که قبل از ساختن این نوع بندها ابتدا یک بند زیرسطحی با هزینه کمتر در محل ساخته شود تا هم از نفوذناپذیر بودن بدنه و مخزن بند اطمینان حاصل گردد و هم این که ممکن است آب ذخیره شده توسط این بند اولیه برای نیازها جوابگو باشد.



شکل (۱-۳) نمایی از بند ذخیره شنی و بند زیرسطحی (ایشیدا، ۲۰۱۱)

ساخت بند زیرزمینی

رایج ترین روش احداث یک بند زیرزمینی، ساختن بند در ترانشه حفر شده در عرض دره یا بستر رودخانه می‌باشد. از آنجایی که عمق حفاری بیش از ۳ تا ۶ متر نیست ، عملیات اجرایی توسط نیروی انسانی انجام می‌گیرد . در مواقعی که منطقه حفاری شنی باشد ، مشکلات ناشی از نا پایداری شیب را پدید می‌آورد. معمولاً حداکثر شیب ۳۰ درجه برای مصالح شنی قابل قبول است. بندهای آب زیرزمینی در پایان فصل خشک یعنی زمانی که آب کمی در آبخوان وجود دارد ساخته می‌شوند. گرچه همیشه تا حدی جریانات زیر سطحی وجود دارد که در طی احداث بند بوسیله پمپ خارج می‌گردد. بعد از احداث بدنه اصلی بند، اطراف آن با مصالح حفاری شده توسط وسایل متراکم کننده و با رطوبت مناسب پرمی‌گردد. مواد ساختمانی مختلفی برای ساخت دیوار غیر قابل نفوذ بندهای زیرزمینی بکار می‌روند از جمله رس، بتن، مصالح سنگی، بتن آرمه،آجر،ورقه های

پلاستیک یا قیراندود، ورقه‌های فولادی، آهن موجدار و پرده تزریق ، اما بطور کلی ارجحیت با نزدیکترین مصالح و منابع قرضه موجود درمحل احداث سازه می‌باشد .

کاربرد بندهای زیرزمینی

با توجه به موقعیت و اهداف بهره‌برداری، کاربردهای مختلفی را برای بندهای زیرزمینی به کار می‌برند:

- جلوگیری از خروج تلفات آب‌های زیرزمینی و ذخیره سازی آب‌های زیرسطحی دربسترهای آبرفتی (سعادتی، ۱۳۸۱).
- جلوگیری از نفوذ و پیشروی آب‌های شور به طرف سفره‌های آب شیرین زیرزمینی (سعادتی، ۱۳۸۱).
- ایجاد یک منبع ذخیره مطمئن و همیشگی در تأمین آب، تقویت آبخوان و تغذیه سفره‌های بالادست، پایین آوردن سطح آب زیرزمینی (سگوند و مدبر، ۱۳۸۵).
- جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی (سگوند و مدبر، ۱۳۸۵).

مزایای بند زیرزمینی

- انعطاف پذیری بالا در پیدا کردن محل‌های مناسب جهت ساخت بند زیرزمینی، به طوری‌که می‌توان این بندها را در مجاورت مناطق کشاورزی، روستایی و صنعتی بنا نهاد (سلامی ۱۳۸۵).
- خطر شکست بسیار کمتر بندهای زیرزمینی نسبت به بندهای سطحی به‌دلیل استحکام دینامیکی بیشتر (خزایی وهمکاران، ۱۳۸۷).

- ساخت آسان سازه با استفاده از منابع قرضه در دسترس و نیروی کار محلی (سلامی، ۱۳۸۵).
- نبود تغییرات دمایی در آب موجود در مخزن و وجود دمای ثابت (سلامی، ۱۳۸۵).
- طولانی تربودن عمر مفید بندهای زیرزمینی از بندهای سطحی مخزنی رایج.
- هزینه‌های به مراتب کمتر احداث، بهره برداری، تعمیر و نگهداری آنها نسبت به بندهای سطحی (طورانی و حقیقت خواه، ۱۳۸۸).
- عدم آلودگی آب مخزن و درنتیجه عدم احتیاج به ابزار و مهارت‌های لازم برای تصفیه آب (سلامی، ۱۳۸۵) .
- جلوگیری از تبخیر آب ذخیره شده به دلیل ذخیره آب در زیرزمین بر خلاف بندهای سطحی.
- بندهای زیرزمینی دارای قابلیت ادغام شدن با طرح هایی نظیر حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش و ایجاد سیلاب، تغذیه مصنوعی و... (طورانی و حقیقت خواه، ۱۳۸۸).

معایب و اصلاح آن‌ها تا حد ممکن

- در این نوع بندها به علت غیر قابل رؤیت بودن کار، کنترل عملیات اجرایی، کنترل کیفیت ساخت دیواره آب بند و همچنین کنترل آبگذری از مرزها بسیار مشکل می باشد و نیاز به دقت و مطالعه زیادی دارد(سگوند و مدبر، ۱۳۸۵).
- این بندها در عمق های زیاد توجیه اقتصادی ندارند ، زمانی که عمق بدنه بند از ۷۱ متر بیشتر شود، پروژه از لحاظ اجرایی و تهیه دستگاه حفاری مناسب و مسائل اقتصادی با مشکل مواجه می گردد(سگوند و مدبر، ۱۳۸۵).

- به دلیل ذخیره شدن آب در زیرزمین و عدم دقت بالای روش‌های ژئوفیزیکی(روش ژئوالکتریک) دربرآورد هندسه احجام زیرسطحی، تخمین دقیق حجم مخزن دشوار است (سلامی، ۱۳۸۵).

- به دلیل این که مخزن بندهای زیرزمینی در داخل آبرفت‌های پشت دیواره بند تشکیل می‌شود، نسبت به مخزن بندهای سطحی دارای حجم آب کمتری است (نیلسون[۷]، ۱۹۸۸). به همین دلیل باید مکان این بندها در رودخانه‌های با آبرفت‌های دانه درشت انتخاب گردد.

- نمک زائی در مخزن بند زیرزمینی: بالا آمدن سطح آب زیرزمینی تا مجاورت سطح زمین به واسطه احداث بند زیرزمینی ممکن است با تبخیر آب از سطح مخزن و تجمع نمک‌ها در سطح همراه باشد. برای رفع این مشکل می‌توان تراز آب زیرزمینی را با کم کردن ارتفاع دیواره بند کاهش داد تا از تبخیر جلوگیری شود. همچنین در برخی کشورها مانند برزیل برای کاهش اثر این پدیده از کشت گیاهان جذب کننده نمک در سطح مخزن استفاده می‌شود (تلمر و بست[۸]، ۲۰۰۴).

ضوابط کلی در مکان‌یابی بند زیرزمینی

برای این که یک بند زیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد، تلفیقی از محل قرارگیری بند و سازه آن لازم می‌باشد. نقصان و اشتباه در تخمین هریک از دو عامل فوق کارایی بند زیرزمینی را به شکل چشمگیری کاهش می دهد. در ذیل شرایطی که در حین مکانیابی نقاط مناسب برای احداث بند باید در نظر داشت ذکر می گردد:

- 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).

---

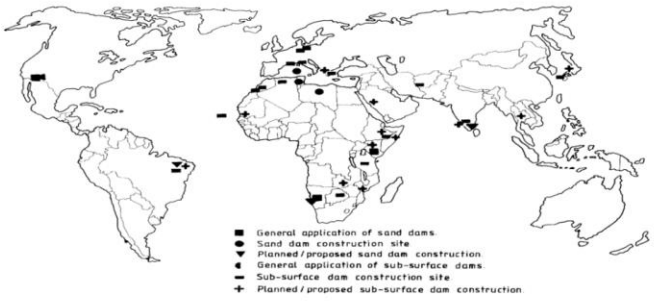
۷ . Nilsson
۸ . Telmer and Best

- 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: به دلیل تشکیل مخزن در زیرسطح زمین و ذخیره شدن آب در سازندهای اطراف محور بند، برای ایجاد یک مخزن با آبدهی مناسب وجود سازندهای زمین شناسی با تخلخل مؤثر بالا ضروری است. آبراهه‌های با بافت دانه درشت دارای ماسه درشت و گراول با اندازه ذرات بیش از پنج میلیمتر به دلیل 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 نماید (سلامی،۱۳۸۵).
- وجود قسمت‌های باریک در آبراهه: تنگه‌های موجود در بستر آبراهه‌ها که دارای حجم قابل ملاحظه‌ای از آبرفت در قسمت‌های بالادست می باشند از نقاط مناسب احداث بندهای زیرزمینی محسوب می شوند. در این حالت هزینه‌های اجرای پروژه کاهش می یابد و در زمان نیز صرفه جویی می شود (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 حتی الامکان سعی شود که فاصله بند زیرزمینی از مکان‌هایی که در آینده ازآب بند زیرزمینی استفاده می‌کنند، زیاد نباشد (سلامی،۱۳۸۵).

- کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی: میزان املاح موجود در رواناب و جریانات زیرسطحی در آبراهه ها مهم می‌باشد. آبراهه‌هایی که میزان شوری آب در آنها بالاست و همچنین حجم رواناب زیادی دارند جهت احداث بند زیرزمینی مناسب نیستند.

بند زیرزمینی در جهان

بندهای زیرزمینی در اروپا و شمال غربی آفریقا در مقیاس‌های بزرگ و در مناطقی از اتیوپی و آفریقای شرقی و نامبیا ، به‌عنوان منابع ذخیره برای تأمین آب در مقیاس کوچک ایجاد شده اند. بندهای زیرزمینی متداول در مناطق خشک جنوب غربی آمریکا و شمال مکزیک افغانستان، هند و ژاپن وجود دارد. در شکل۱-۴ مکان بندهای زیرزمینی نشان داده شده است و نیز مناطقی برای اجرای بند زیرزمینی بعد از بررسی‌های اولیه پیشنهاد شده است (هانسون[۹] و نیلسون، ۱۹۸۶).



شکل (۱-۴) نقاطی از جهان که بندهای زیرزمینی در آن ساخته شده است(هانسون و نیلسون، ۱۹۸۶)

در جدول (۱-۱) فهرستی از بندهای زیرزمینی در نقاط مختلف جهان قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ را نشان می‌دهد.

۹. Hanson

جدول (۱-۱) لیست بندهای زیرزمینی در جهان قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ (ایشیدا[۱۰]، ۲۰۱۱).

کشور	اسم بند	نوع بند	زمان ساخت	ارتفاع بند	طول بند	کل ذخیره آب (۱,۰۰۰m۳)	روش ساخت دیواره کاتاف
ژاپن	Kabashima	زیرسطحی	۸۰-۷۹ و ۱۹۷۳	۲۴/۸	۲۸/۵	۲۰	**Grouting**
	Minafuku	زیرسطحی	۱۹۷۷-۱۹۷۹	۱۶/۵	۵۰۰	۷۰۰	**Grouting**
	Tsunekami	زیرسطحی	۱۹۸۲-۱۹۸۴	۲۱/۵	۲۰۲	۷۳	**Slurry wall**
	Tengakuma	زیرسطحی	۱۹۸۷-۱۹۸۸	۱۲/۵	۱۲۹	۱۷	**Grouting**
	Ryorigawa	زیرسطحی	۱۹۹۱	۴/۲	۱۵۱/۶	۴۲	**Thin steelsheet**
	Nakajima	زیرسطحی	۱۹۹۱-۱۹۹۲	۲۴/۸	۸۸	۲۷	**Mix-in-place**
	Waita	زیرسطحی	۱۹۹۱-۱۹۹۲	۷/۵	۱۰۵/۳	۱۲	**Slurry wall**
	Sunagawa	زیرسطحی	۱۹۸۸-۱۹۹۳	۴۹	۱۶۷۷	۹۵۰۰	**Mix-in-place**
	Miko	زیرسطحی	۱۹۹۵	۳۹/۳	۱۹۲	۲۳	**Mix-in-place**
	Shitoro	زیرسطحی	۱۹۹۷	۸/۵	۴۴/۱	۱۸	**N.A**
	Fukusato	زیرسطحی	۱۹۹۴-۱۹۹۸	۲۷	۱۷۹۰	۱۰۵۰۰	**Mix-in-place**
	Kikai	زیرسطحی	۱۹۹۳-۱۹۹۹	۳۵	۲۲۸۱	۱۸۰۰	**Mix-in-place**
	Giiza	زیرسطحی	۱۹۹۹-۲۰۰۱	۵۳	۹۶۹	۳۹۰	**Mix-in-place**
	Komesu	زیرسطحی	۱۹۹۳-۲۰۰۳	۶۹/۴	۲۳۲۰	۳۴۶۰	**Mix-in-place**
	Kaniin	زیرسطحی	۱۹۹۵-۲۰۰۵	۵۲/۱	۱۰۸۸	۱۵۸۰	**Mix-in-place**
	Yokatsu	زیرسطحی	۱۹۹۹-۲۰۰۸	۶۷/۶	۷۰۵	۳۹۶۳	**Mix-in-place**
	Ie	زیرسطحی	۲۰۰۴	۵۵/۹	۲۶۱۲	۱۴۰۸	**Mix-in-place**
	Izena	زیرسطحی	۲۰۰۵-۲۰۰۸	۱۴	۴۸۸/۴	۲۳۸	**Steel sheet pile**
	Okinoerabu	زیرسطحی	۲۰۰۷	۴۸/۲	۲۴۱۴	۱۰۸۵	**Mix-in-place**
	Nakahara	زیرسطحی	۲۰۰۹	۵۵	۲۳۵۰	۱۰۵۰۰	**Mix-in-place**
	Bora	زیرسطحی	۲۰۰۹	۲۶	۲۶۰۰	۲۲۰۰	**Mix-in-place**

۱۰ . Ishida

ادامه جدول (۱-۱)

روش ساخت دیواره کاتاف	کل ذخیره آب (۱,۰۰۰m۳)	طول بند	ارتفاع بند	زمان ساخت	نوع بند	اسم بند	کشور
Grouting, concrete wall	N.A	۷۵۶	N.A	۱۹۸۷	زیرسطحی	Eean	کره
Grouting	N.A	۵۹۹۶	۴۰/۱	۱۹۹۵	زیرسطحی	Namsong	
Grouting	N.A	N.A	N.A	۲۰۰۰	زیرسطحی	Okseong	
Ferroconcrete wall	N.A	۳۸۹۰	۳۱	۲۰۰۱	زیرسطحی	Gocheon	
Clay wall	N.A	۱۳۵۰۰	N.A	۲۰۰۴	زیرسطحی	Wooeel	
Slurrywall, concrete wall	N.A	۲۶۰۰	N.A	۲۰۰۴	زیرسطحی	Ssangcheon	
Plastered brick, tarred felt, plastic sheet	۱۵	۱۶۰	۵	۱۹۷۹	زیرسطحی	Anangana	هند
Plastered brick	N.A.	۱۵۵	۵-۹	۱۹۶۲- ۱۹۶۴	زیرسطحی	Ottapaiam	
plastic sheet	N.A.	N.A.	۳.۵	۱۹۸۱	زیرسطحی/سطحی	Ootacamund	
Stone masonry	N.A.	۱۵	۳.۵	۱۹۸۷	زیرسطحی/ذخیره	Shenbagathope	
Concrete block	N.A.	N.A.	۳۸	۱۹۸۱	ذخیره شنی	Bombas	اتیوپی
Stone masonry	N.A.			۱۹۸۱	زیرسطحی	Gursum	
Buried earth dam	۱۸۰۰	۲۱۰	۳-۱۱	۱۹۹۷- ۱۹۹۸	زیرسطحی	Nare	BuriknFao غرب آفریقا
N.A	N.A.	N.A.	۳-۱۱۰	۱۹۹۰	زیرسطحی	حدود ۵۰۰ بند	برزیل
Filled with bricks, stones, mortar	N.A.	N.A.	N.A.	۱۹۹۰	زیرسطحی/ذخیره	حدود ۵۰۰بند	کنیا
Rubble masonry	N.A.	۱۶۵	۱۵.۶	۱۹۸۸	زیرسطحی	Pacoima	آمریکا

ادامه جدول (۱-۱)

کشور	اسم بند	نوع بند	زمان ساخت	ارتفاع بند	طول بند	کل ذخیره آب	روش ساخت دیواره کاتاف
چین	Balisha River	زیرسطحی	۱۹۸۷	N.A.	۷۵۶	N.A.	**Grouting**
	Huangshui River	زیرسطحی	۱۹۹۵	۴۰/۱	۵/۹۹۶	N.A.	**Grouting**
	Dragon River	زیرسطحی	۲۰۰۰	N.A.	N.A.	N.A.	**Directional jet grouting**
	Jia River	زیرسطحی	۲۰۰۱	۳۱	۳،۸۹۰	N.A.	**Grouting**
	Wang River	زیرسطحی	۲۰۰۴	N.A.	۱۳،۵۰۰	N.A.	**Grouting**
	Dagu River	زیرسطحی	۲۰۰۴	N.A.	۲،۶۰۰	N.A.	**Clay wall**

بند زیرزمینی در ایران

تاریخچه استفاده از بندهای زیرزمینی در ایران به تمدن‌های قدیمی برمی‌گردد. به عنوان مثال در زمان رومیان در جزیره ساردینیا و در عصرصفویه در ایران برای افزایش آب مادرچاه قنوات وزوان در میمه اصفهان، آب دیگر قنات‌ها توسط این بندها را به مادر چاه منحرف می‌کردند (صفی نژاد و دادرس، ۱۳۷۹). در جدول (۱-۲) لیستی از بندهای زیرزمینی در استان‌های مختلف در ایران را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲) لیستی از بندهای زیرزمینی در ایران

استان	نام بند	هدف از احداث	مشخصات بند	منابع
اصفهان	وزوان- میمه	مصرف دردوره آبیاری و خشکسالی	ارتفاع ۹متر،ذخیره ۲۷۰ هزار m^3آب	صفی‌نژاد و دادرس،۱۳۷۹
	نیسیان	تغذیه چاه و قنوات	ارتفاع ۱۰متر،ذخیره ۱۸۰هزار m^3	پیشگو،۱۳۹۲
یزد	خرانق دهوک	تأمین آب شرب و کشاورزی	حداکثرحجم ذخیره $۴۳۸۴m^3$، دبی۹-lit/s۰/۰۵	وزارت جهادکشاوزی،۱۳۹۱
	میل سفید	تأمین آب شرب و کشاورزی	ارتفاع۱۱متر،حجم ذخیره۴۲۰۰m۳	فاضل- پوروهمکاران،۱۳۹۲

ادامه جدول (۱-۲)

استان	نام بند	هدف از احداث	مشخصات بند	منابع
سمنان	کوهزر دامغان	تأمین آب شرب و کشاورزی،جلوگیری از پیشروی کویر	ارتفاع۴متر، دبی ۲.۵lit/s در دوره۸ماهه	آقازاده و همکاران،۱۳۸۸
	ابیورد	جلوگیری از هدررفتن آب و نفوذبه داخل کویر	-	مراتی و همکاران،۱۳۸۹
خراسان	بزنگان	تغذیه و شکل‌گیری دریاچه بزنگان	-	رفیعی و همکاران،۱۳۹۱
	سنگانه-کلات	تأمین آب شرب دام عشایرمنطقه	ارتفاع۱۰متر،حجم درهرنوبت آبگیری $8000m^3$	باقریان‌کلات و همکاران،۱۳۹۰
کرمان	حرمک	تأمین آب شرب	-	ابراهیمی تولکانی،۱۳۸۸
	کهنوج	تأمین آب شرب شهرک مسکونی	ارتفاع۱۲متر،حجم ذخیره $1000m^3$	امینی‌زاده بزنجانی،۱۳۷۹
	راور	تأمین آب شرب و کشاورزی	ارتفاع۱۱متر	امینی‌زاده بزنجانی،۱۳۷۹

سیستم تصمیم‌گیری

اصول روش‌های تصمیم‌گیری در این است که اطلاعات موجود از سیستم (یا منطقه مورد بررسی) را به شکل مجموعه عوامل تأثیرگذار در میزان کارایی سیستم تبدیل می‌کند و با مشخص کردن نقش هر کدام از این عوامل کارایی سیستم را ارتقاء می‌بخشد. در فرآیند تصمیم‌گیری اولین قدم شناسایی کامل سیستم یا محیط مورد بررسی به منظور شناخت مشکل یا مشکلات موجود در آن سیستم و همچنین پی‌بردن به فرصت‌های احتمالی جهت عملکرد بهتر سیستم می‌باشد (شریفی و هرویجنن[۱۱]، ۲۰۰۳).

مرحله بعدی در تصمیم‌گیری شامل ارائه راه‌کارهای متفاوت برای حل مشکل مورد نظر و همچنین اولویت‌بندی آن‌ها می‌باشد. در این مرحله تصمیم‌گیرندگان (افراد یا گروه‌هایی از مردم با مشکل مشترک) به‌طور مستقیم یا

۱۱ . Herwijnen

غیرمستقیم میزان اهمیت تمامی عواملی را که در تصمیم‌گیری نقش مؤثری دارند به شکل ارزش عـددی۱ نسـبت بـه هم مشخص می‌کنند و در نهایت بر مبنای جمع بندی همین ارزش‌های عددی است که می‌توان اولویت‌بنـدی را بـین راه‌کارهای متفاوت حل مشکلی خاص ارائه کرد.

تصمیم‌گیری چندمعیاره

امروزه توجه محققین به مدل‌های چندمعیاری برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده، معطوف گردیده است. در این تصمیم-گیـری‌هـا بـه جـای اسـتفاده از یـک معیـار سـنجش، از چنـدین معیـار ممکـن اسـتفاده مـی‌گـردد. تصـمیم‌گیـری چندمعیاره[۱۱](MCDM) یـک روش مناسـب بـرای جمـع آوری و پـردازش اطلاعـات عینـی و اسـتفاده از نظـرات و برداشت‌های ذهنی دیگر افراد درباره انتخاب مجموعه‌هایی از راه‌حل‌های مناسـب بـرای موضـوع مربوطـه مـی‌باشـد. استفاده از سیستم اطلاعـات جغرافیـایی در کنـار روش‌هـای تصـمیم‌گیـری چنـد معیـاره (MCDM) ابـزار قدرتمنـد تصمیم‌گیری های فضایی را فراهم می کند. از یک طرف MCDM دارای ابزارهای مناسبی بـرای طراحـی سـا ختـار تصمیم، ارزیابی و اولویت بندی گزینه‌های تصمیم است از طـرف دیگـر GIS امکـان تجزیـه و تحلیـل حجـم بـالای داده‌های جغرافیایی را ایجاد می‌کند (اهرگات[۱۲]، ۲۰۱۰).

از دیدگاه کلی می‌توان مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را به دو دسته اصلی ذیل تقسیم نمود (اصغرپور،۱۳۸۷):

مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه[۱۳] (MODM)

این مدل‌ها به منظورطراحی و جستجو به کارگرفته می‌شوند و اصولاً مدل‌هـا فرآینـد محـور هسـتند. در ایـن مـدل‌هـا معیارها توسط اهداف تعیین می‌شوند و تعداد گزینه‌های ممکن نامحدود است.

مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[۱۴] (MADM)

---

۱۲ . Ehrgott
۱۳ . Multiple Objective Disision Making

این مدل‌ها به منظورارزیابی و انتخاب به کار گرفته می‌شوند و اصولاً مدل‌های نتیجه مدار هستند. در این مدل‌ها معیارها توسط صفات تعیین می‌شوند و تعداد گزینه‌های ممکن محدود است. تصمیم‌گیری چند شاخصه شامل تعداد محدودی از گزینه‌های جواب که توسط چند شاخص تشریح می‌شوند، می‌باشد. شاخص عبارت است از یک مؤلفه از یک گزینه یا هدف که توسط یک یا چند نفر، بسته به ابعاد مسئله و موضوع، بررسی و مطالعه می‌شود. با توجه به ارزش این شاخص‌ها که به آنها "معیار" نیز گفته می‌شود، اولویتی که هریک از تصمیم‌گیرندگان به هر یک از آن‌ها می‌دهند و به آن‌ها "وزن" گفته می‌شود، گزینه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (زلنسی[۱۵]، ۱۹۸۲).

هدف هر یک از روش‌های MADM ایجاد یک سری از گزینه‌های کاملاً مجزا، دسته‌بندی و فرمول بندی معیارهای مؤثر و بررسی تأثیر هر یک از معیارها برروی گزینه‌ها می‌باشد. تأثیر قابل تخمین برای هر یک از معیارها برروی گزینه‌ها،"امتیاز معیار" نامیده می‌شود. این امتیازها در یک جدول دسته‌بندی می‌شوند که به این جدول، ماتریس ارزیابی[۴۱۶] گفته می‌شود. ستون‌های این ماتریس، گزینه‌های تصمیم‌گیری و سطرهای آن معیارهای مورد بررسی برای گزینه‌ها و درایه‌های آن معرف مقادیر (امتیاز) هر معیار در ارتباط با یک گزینه خاص می‌باشد (زلنسی، ۱۹۸۲). ماتریس ارزیابی اطلاعات لازم برای بررسی و تصمیم‌گیری چند شاخصه را دارا می‌باشد. دیگر اطلاعات لازم برای تحلیل تصمیم‌گیری، اطلاعات در خصوص تقدم و تأخر معیارها است. این مدل به صورت ماتریس تصمیم‌گیری که در شکل (۱-۵) آمده است فرموله می‌گردد:

---

۱۴ . Multiple Attribute Disision making
۱۵ . Zeleney
۱۶ . Evaluation Matrix

	معیار / گزینه	x_1	x_2	.....	x_n
	a_1	r_{11}	r_{12}	.....	r_{1n}
	a_2	r_{21}	r_{22}		r_{2n}
D=	.	.			.
	.	.			.
	.	.			.
	a_m	r_{m1}	r_{m2}	.....	r_{mn}

شکل (۱-۵) ماتریس تصمیم‌گیری

a_m, ...a_2,a_1 در ماتریس تصمیم‌گیری D به ترتیب تشکیل دهنده m گزینه از قبل معلوم، x_n,.....,x_2,x_1 نشان دهنده n شاخص یا معیار بوده که ملاک سنجش هر گزینه می‌باشد و سرانجام r_{mn} بیانگر مقادیر خاص از شاخص nام برای گزینه mام است. واضح است که شاخص x_n ممکن است کمی یا کیفی باشد. لذا در این مدل‌ها، اغلب معیارها از مقیاس‌های مختلف هستند وغالباً در تعارض یکدیگر می‌باشند. در نتیجه گزینه‌ای که بتواند بهینه بوده و منظور معیارها را تأمین نماید، دراغلب موارد غیرممکن خواهد بود، لذا بهترین گزینه در یک مدلMADM، یک گزینه فرضی خواهد بود که ارجح‌ترین ارزش از هر معیار موجود را تأمین نماید (اصغرپور،۱۳۸۷).

سابقه تحقیق

از آنجا که غالباً احداث بندزیرزمینی برای تأمین آب در مقیاس کوچک بوده، مطالعه مکانیابی و طرح ساخت آن تا چند سال اخیر بر پایه تجارب علمی و بومی مناطق صورت گرفته‌است. اگرچه منابع و تحقیقات زیادی در مورد بندهای زیرزمینی و سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) موجود می‌باشد ولی تعداد محدودی از مراجع و مطالب به مکانیابی بندزیرزمینی و با موضوع استفاده از لایه‌های اطلاعاتیGIS و DSS پرداخته‌اند که تعدادی از آن‌ها که به نوعی می‌توانند در این تحقیق مفید واقع شوند به شرح زیر ارائه می‌گردد:

خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیق انجام شده به منظور انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی در مناطق آتشفشانی کوه‌های کرکس (بخش شمالی) نطنز در استان اصفهان که با استفاده ازسامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور انجام شد هر یک از عوامل شیب، قنات، گسل، کاربری اراضی و زمین‌شناسی را به عنوان عوامل مؤثر در ارزیابی انتخاب نمودند. پس از ارزیابی‌های اولیه و تعیین معیارهای مناسب، ۲۷ نقطه به عنوان مناطق مناسب جهت احداث بند زیرزمینی معرفی و بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی گردید.

رستمی‌زاد و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی پیرامون مدل‌های مختلف مدیریت حوزه‌های آبخیز در حوضه ریمله واقع در استان لرستان براساس تکنیک AHP در حوزه مورد مطالعه برای حل مشکل یا مشکلات موجود در حوزه ابتدا تعدادی گزینه شامل عملیات مکانیکی (گابیون و چکدم، احداث بند خاکی و...)، عملیات بیولوژیک (نهال-کاری، بوته‌کاری و...) و عملیات تلفیقی انتخاب کرده سپس برای انتخاب بهترین گزینه چهار معیار شامل هزینه، حفاظت خاک، تولیدات زراعی و دامی، کاهش سیلاب در نظر گرفتند. سپس بر اساس نظرات کارشناسان مختلف دانشگاهی و اجرائی اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه زوجی کرده که پس از انجام محاسبات در نهایت هزینه به عنوان مهمترین معیار و عملیات بیولوژیک به عنوان بهترین طرح حوضه بر اساس معیارهای مورد نظر معرفی گردید.

رضایی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از منطق فازی و GIS عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی را در آبخوان شورو تعیین نمودند. در این پژوهش پارامترهای شیب، نفوذپذیری سطحی، کیفیت آب زیرزمینی، ضخامت خشک آبرفت و کاربری اراضی به عنوان پارامترهای مؤثر معرفی شدند و براساس منطق بولین و فازی و استفاده از GIS محل‌های

مناسب برای تغذیه مصنوعی استخراج گردید که حدوداً ۵٪ منطقه مورد مطالعه مناسب و ۱۹٪ نسبتاً مناسب تشخیص داده‌شد.

سلیمانی و همکاران (۱۳۸۷) مطالعاتی در زمینه مکانیابی احداث بندهای زیرزمینی درمنطقه نیمه‌خشک دشت مشهد واقع در حوزه آبریز کشف رود انجام دادند که به بررسی معیارهای زمین‌شناسی مهندسی پرداختند. بدین منظور ویژگی‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه از طریق بررسی عکس‌های هوایی،تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، آمار هیدرولوژی و... را مورد بررسی قرار داده و سپس با استفاده ازاطلاعات فوق و به کارگیری روش‌های GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) و RS (سنجش از دور) لایه‌های اطلاعاتی شامل شیب، فرسایش، ویژگی‌های آبرفت و غیره تهیه نمودند. لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تلفیق و مناطق مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی مکانیابی و جهت مطالعات تفضیلی اولویت بندی گردیدند. ایشان نتیجه گرفتند که بررسی‌های میدانی محدود نشان دهنده همپوشانی مناسب نتایج تحقیق با شرایط طبیعی زمین بوده است.

ناصری و همکاران (۱۳۸۸) به منظور انتخاب مکان‌های مناسب جهت پخش سیلاب، برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت چاه درازسیرجان،از تلفیق سیستم های تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS) استفاده نموده‌اند. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از قبیل فاصله از چاه، فاصله از مسیرهای ارتباطی (جاده‌ها)، عمق آب زیرزمینی، نفوذپذیری، کیفیت آب زیرزمینی (هدایت الکتریکی)، شیب توپوگرافی، واحدهای سنگی (زمین شناسی) تهیه شده و سپس این معیارها براساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی گردید. در نهایت محدوده های مناسب که عمدتاً در شمال و شمال شرقی دشت چاه دراز قرار دارند، به عنوان مکان مناسب تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی انتخاب شده اند.

مناطق بسیار مناسب جهت پخش سیلاب دارای وسعت ۳۴/۲کیلومترمربع بوده که معادل با ۶/۳۷ درصد از مساحت کل حوضه آبریز را می پوشانند.

افکار و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی برخی از فاکتورهای مؤثر در انتخاب سایت‌های مناسب جهت احداث بندهای زیرسطحی، با استفاده از آنالیزهای منطقه‌ای، اطلاعات ماهواره‌ای، خصوصیات هیدرولوژیکی و هواشناسی، در استان خراسان جنوبی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در نهایت ۸ سایت که بیشترین امتیازات را بدست آورده بودند برای احداث بندزیرزمینی، مطلوب ارزیابی گردید. برای تأیید نتایج حاصل، ۵ سایت به‌صورت تصادفی بازدید میدانی صورت گرفت که نتایج آن تأییدی مناسب بر روش نرم‌افزاری انجام گرفته در این پژوهش بود.

چزگی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان مکان یابی بند زیرزمینی با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در بخشی از استان تهران پرداختند. برای این تحقیق نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی، قنات و کاربری اراضی از سازمان‌های مربوطه فراهم و جهت استفاده رقومی گردید. با روی هم اندازی لایه های فوق ۱۸ محدوده پتانسیل دار در محیط Arc GIS مشخص شد. در مرحله بعدی برای اولویت بندی مناطق به دست آمده، معیارها و زیر معیارهای به روش AHP و با نظرات کارشناسان وزن دهی شد. نتایج تحقیق نشان داد که بستر آبراهه‌های فصلی با رتبه ۳ و ۴ مناسب‌ترین مناطق می‌باشند.

عشقی‌زاده و نورا (۱۳۸۹) در تحقیقی به تعیین محل مناسب احداث بند زیرزمینی بر روی قنات دهن چنار واقع در شهرستان گناباد پرداختند. برای این منظور ابتدا بازه‌هایی از قنات که پتانسیل اولیه جهت احداث بند زیرزمینی را دارا بودند انتخاب کردند. سپس در طول بازه‌های مناسب تعیین شده، نقاطی که شرایط لازم برای احداث بند زیرزمینی بر روی قنات را دارا می‌باشند به عنوان نقاط پیشنهادی مشخص شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد از

حدود ۱۰۰۰ متر طول قنات تحت بررسی تنها ۲ نقطه جهت احداث بند زیرزمینی وجود دارد که مناسب ترین آن با استفاده از شاخص ظرفیت آبرفتی قابل تعیین است.

حسینی مرندی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان روش‌ها و عوامل مکان‌یابی بندهای زیرزمینی، به بررسی عوامل مکان‌یابی بندهای زیرزمینی در استان فارس پرداختند و به این نتیجه رسیدند به دلیل نو بودن این کار در ایران روش و دستورالعمل معینی نیز وجود ندارد. استفاده از نقشه های موجود در مقیاس‌های متفاوت، استفاده از اطلاعات دورسنجی و استفاده از روش‌های سیستماتیک کارشناسی محلی، معمولاً روش‌های متداول موجود برای مکان‌یابی هستند.

حیدری و همکاران(۱۳۹۰) به مکان یابی بند زیرزمینی درحوضه رودخانه فصلی گرماب به منظور کنترل و ذخیره-سازی جریان آب زیرسطحی رودخانه برای تأمین آب موردنیاز ایستگاه تحقیقاتی گلستان پرداختند. این مکانیابی بر اساس خصوصیات پی‌سنگ، تغییرات حجم آبرفت، تخاخل موثر و شیب بستر صورت گرفت. سه نقطه به عنوان گزینه‌های پیشنهادی انتخاب گردید که به ترتیب I، II، III و با حجم ذخیره‌سازی ۱۹۶۰۰۰ ،۱۴۷۰۰۰،۱۵۸۴۰۰ می-باشد.

ساروی و همکاران (۱۳۹۰) روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی 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 نشان می‌دهد که این فرآیند شیوه‌ای منطقی برای مقایسه گزینه‌ها و معیارها و انتخاب گزینه بهینه با در نظر گرفتن تمامی مشخصه‌های تأثیرگذار است و چارچوب مناسبی برای مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند. همچنین به دلیل انعطاف‌پذیر بودن، کم‌هزینه بودن و دسترسی سریع به نتیجه روش مناسبی برای تصمیم‌گیری در انتخاب بهترین طرح و مدیریت در حوزه آبخیز محسوب می‌شود.

سلامی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان تعیین عرصه‌های مناسب جهت پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز شهری بم، سعی گردیده است تا با تکیه بر معیارهای زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی عرصه‌های مناسب جهت پخش سیلاب مشخص گردد تا علاوه بر مهار سیلاب، آبخوان آب زیرزمینی منطقه نیز تغذیه گردد.

سوری و همکاران (۱۳۹۰) جهت مکان‌یابی اجرای پروژه‌های بند سنگ- سیمان و بند گابیونی در استان کرمانشاه در حوزه میخوران، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. برای مکان‌یابی از داده‌های مکانی زمین‌شناسی، خاکشناسی، هیدرولوژی و توپوگرافی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در سه مرحله مورد استفاده قرار دادند. با استفاده از این الگو برای مکان‌یابی سایر پروژه‌هایی که بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی انجام می‌شوند، باعث استفاده بهینه از داده‌های مکانی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه است.

صیحانی پرشکوه و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش‌ها و قابلیت‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به مکانیابی مناطق مناسب جهت دفن بهداشتی مواد زاید جامد در شهر حاجی‌آباد پرداخته‌اند. ابتدا معیارها و ضوابط انتخاب مکان مناسب برای دفن بهداشتی مانند شیب، کاربری اراضی، فاصله از مناطق مسکونی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک و زمین‌شناسی شناسایی گردید و سطح موردنیاز دارای حداقل گنجایش برای دفن ۲۰ سال مواد زاید جامد محاسبه و مکان‌هایی که دارای حداقل این سطح و بزرگتر بودند به مساحت ۲۴۱۶ هکتار از کل منطقه مورد مطالعه به‌عنوان محل مناسب دفن بهداشتی مواد زاید جامد در شهر حاجی‌آباد مشخص گردید.

فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی (AHP) در محیط GIS به تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت گربایگان فسا پرداختند. بدین منظور، ابتدا داده‌های ۹ پارامتر تأثیرگذار شیب،ارتفاع، هدایت الکتریکی، زمین شناسی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی منطقه مورد مطالعه در محیط GIS آماده سازی گردید و با استفاده از روش AHP و مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه در محاسبه شد. نقشه نهایی بر اساس مدل AHP به ۵ کلاس کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و کاملا نامناسب در سطح حوزه تعیین گردید.

بذرافکن و آرخی (۱۳۹۱) در پژوهشی با موضوع استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث پخش سیلاب در حوزه وزوا استان قم از سیستم مرحله‌ای تصمیم‌گیری استفاده کرده‌اند. این سیستم مرحله‌ای ابتدا مناطق نامناسب را شناسایی کرده و سپس در بازه‌های باقی مانده بر اساس نظراتی که از نتایج تحلیلی سلسله مراتبی AHP بدست آمده نقاط مناسب را شناسایی کرده‌اند. بر این اساس، پس از لحاظ تصمیمات کارشناسی و به کمک بسته نرم افزاری ARC GIS۹.۳ سه نقطه مناسب به منظور احداث پخش سیلاب شناسایی شده که این نتایج با برسی‌های میدانی و معیارهای علمی نیز همخوانی داشته است از این رو در تحقیق خود به قابل اعتماد بودن روش AHP در مکان‌یابی و تعیین اولویت‌های مناسب مدیریتی و اجرایی آبخیزداری اشاره کرده‌اند.

زیاری و همکاران (۱۳۹۱) برای اولویت بخش به ایمن سازی بافت فرسوده کلان شهر کرج از مدل ارزیابی چند معیاری AHP استفاده کردند. شاخص‌های اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی در سلسله مراتبی به هشت زیرشاخص تبدیل و به صورت دودویی ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که ابعاد اجتماعی مؤثر در ایمنی بافت‌های فرسوده شهر کرج با ضریب بالای ۵۵٪ بیشترین اثربخشی را در ناامنی زندگی در بافت‌های فرسوده شهر داشته است.

سعدالدین و همکاران (۱۳۹۱) از مدل تصمیم‌گیری بیزین برای ارزیابی و مدیریت یکپارچه آبخیز دوزین استان گلستان استفاده کرده‌اند. در این پژوهش سکوبندی، احداث باغ، اگروفارستری، جنگل‌کاری و علوفه‌کاری به عنوان پنج فعالیت مدیریتی برای اصلاح یا بهبود شرایط آبخیز مذکور پیشنهاد شده است. با لحاظ کردن تمامی ترکیب‌های محتمل آن‌ها، ۳۲ سناریوی مدیریتی در نظر گرفته شده است. ایجاد روابط بین اجزاء با استفاده از شبکه تصمیم بیزین بر پایه قانون احتمالات انجام و اثرات مختلف مدیریت پوشش گیاهی با کمک شاخص‌هایی در یک محیط احتمالاتی پیش‌بینی گردید.

صابری و همکاران (۱۳۹۱) در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده تاقدیس کمستان در استان خوزستان، از لایه‌های مؤثر نظیر زمین‌شناسی،ژئومورفولوژی، شکستگی‌ها، پوشش زمین، خاکشناسی، شیب و بارش استفاده شده است. وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نظرات کارشناسی انجام گرفت. سپس با استفاده از AHP وزن بین لایه‌ای نیز اعمال شد و پتانسیل آب زیرزمینی نواحی مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد که حدود ۵۰٪ این منطقه دارای پتانسیل خیلی خوب و خوب برای استخراج آب زیرزمینی می‌باشد و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از دقت نسبتاً بالایی برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی برخوردار است.

مردیان و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی بهترین سیستم‌های جمع‌آوری آب باران برای آبخیزهای همگن مشرف به شهر اراک را تعیین کردند. برای این‌کار پنج گزینه استحصالی شامل عدم اجرای سیستم، آبگیرهای کوچک ، تانک‌های آب، زهکش خشکه‌چین و مالچ پاشی با پنج معیار شامل هزینه اجرا ، هزینه نگهداری ، سهولت اجرا و قابلیت استحصال آب پیشنهاد شد. طبق نتایج برای آبخیزهایی که کاربری مرتع بیشترین وسعت را دارند استفاده از مالچ به عنوان سیستم استحصالی بهینه است. برای آبخیزهایی با کاربری غالب زراعی نیز

استفاده از آبگیرهای کوچک در الویت قرار دارد. اما برای آبخیز شهری اراک استفاده از تانک‌های آب به عنوان سیستم بهینه در الویت می‌باشد.

هدف از تحقیق یوسفی سنگانی و همکاران (۱۳۹۱)، شناسایی و ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی جدید در بخش شمالی کوههای هزارمسجد با تأکید بر سازندهای کربناته می‌باشد. بدین منظور نقشه‌های لیتولوژی، فاصله از محل تخلیه، تراکم طول خطواره، تراکم برخورد خطواره، تراکم پوشش گیاهی، شیب و توپوگرافی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به روش فازی تهیه شده است. این نقشه‌ها به روش AHP وزن‌دهی گردید که سازندهای کربناته بیشترین وزن اختصاص یافته است. در نهایت نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی با همپوشانی به روش فازی تهیه گردیده است.

خلیفه و همکاران (۱۳۹۲) به مکان‌یابی بند زیرزمینی درحوضه دره قنات پسبند و بر روی رودخانه پسبند پرداختند. این طرح به منظور بررسی و شناخت مکان مناسب برای احداث بند زیر زمینی، با هدف کنترل و ذخیره سازی جریان آب زیر سطحی و به منظورتأمین آب مورد نیاز روستاها، کشاورزان و دامداران منطقه اجرا شد. مکان‌یابی ساختگاه برپایه میز ان آب زیر سطحی و محل مناسب برای تشکیل مخازن طبیعی آب در طول آبراهه (رودخانه) اصلی پسبند و براساس خصوصیات پی سنگ، تغییرات حجم آبرفت، تخلخل موثر و شیب بستر صورت گرفت. این بررسی ها نشان داد که انباشتگی رسوبی در طول آبراهه اصلی پسبند در دو محل مشاهده می‌گردد. این دو نقطه به عنوان گزینه های پیشنهادی به شکلی دقیق تر بررسی شد و بر اساس درجه اهمیت، اولویت بندی و برای اجرا پیشنهاد شدند.

زاهدی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به پهنه بندی مناطق مناسب بند زیرزمینی با استفاده از مدل AHP در حوزه درونگر پرداختند. ۹ پارامتر شیب، زمین‌شناسی، نفوذپذیری، فاصله از جاده و روستا، نیار آبی، ضخامت آبرفت، CN

و EC عوامل بکار رفته در این تحقیق بود. آنها به این نتیجه رسیدند که سه عامل شیب، نفوذپذیری و زمین شناسی مهم‌ترین عامل در احداث بند زیرزمینی شناخته شد. همچنین ۳۰/۴۳ درصد حوزه جزو مناطق با تناسب زیاد و ۲۳ درصد جزو مناطق خیلی مناسب جهت احداث بند زیرزمینی شناخته شد.

غیومیان و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی با بکارگیری GIS و استفاده از معیارهای شیب، نفوذپذیری، ارتفاع سطح ایستابی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی در منطقه گاوبندی، بهترین مناطق را برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌های ساحلی جنوب ایران شناسایی نمودند. لایه‌های استفاده شده بر پایه منطق بولین و فازی تلفیق شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حدود۱۲ درصد از ناحیه مورد مطالعه کاملاً مناسب و ۸ درصد نسبتا مناسب برای عملیات پخش سیلاب است.

رضایی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی، برای انتخاب مناطق مطلوب برای ساخت بند زیرزمینی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، و تکنیک تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در محیط فازی استفاده نمودند. معیارهای انتخاب شده شامل: شیب بستر، عرض بستر، جنس مواد دیواره، فاصله تا محل مصرف، و بهره برداری از اراضی منطقه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از AHP در محیط فازی، تصمیم گیری با استفاده از معیارهای تصمیم-گیری را بهبود می‌بخشد.علاوه بر آن به این نتیجه رسیدند که AHP فازی، یک ابزار تصمیم گیری بسیار مفید برای رتبه‌بندی مکان‌های ساخت و ساز بند زیرزمینی فراهم می‌کند.

طالقانی و همکاران (۲۰۱۳) برای استفاده از رواناب موقت وجریان آب زیر زمینی، احداث بند زیرزمینی را در بخشی از حوزه گیلان غرب را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ۱۱ متغیرهای زیر در نظر گرفته شد: سنگ شناسی، ساختار، جهت گسل ، طول مسیر آب، شیب ، درجه مسیر، شکل دره، دانه بندی رسوب، ضخامت رسوب، لیتولوژی کف دره، و فاصله از محل سکونت. در مرحله اول، ۱۵ دره ازطریق عکس‌های هوایی از دامنه‌های تپه

مسلط بر دشت گیلان غرب انتخاب شدند. که برای آنها متغیرهای سنگ شناسی، ساختار، جهت گسل، طول دره، شیب دره، و فاصله از محل سکونت در نظر گرفته شد. سپس، این ۱۵ دره از طریق بررسی و روش مقایسه جفتی با توجه به ۵ عامل شکل دره، دانه بندی رسوبات، ضخامت رسوب، لیتولوژی کف دره و درجه مسیرآب مورد مطالعه قرار گرفت. در نتیجه، ۳ دره از دامنه تپه‌های کوه بر-آفتاب به عنوان سایت‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی انتخاب شدند. پس از اتمام یک پروژه بند شنی زیرزمینی، بین ۲۵۶۳- ۲۴۷۵متر مکعب آب می‌تواند در هر دره ذخیره شود.

یلماز[۱۷] (۲۰۰۳)با مطالعاتی که در ترکیه برای ساخت انواع بند زیر زمینی انجام داد بند زیرزمینی را راهی برای کنترل آب‌های زیرزمینی پیشنهاد نمودند.

فوستر[۱۸] و همکاران (۲۰۰۴) در گزارش ارزیابی بندهای زیرزمینی احداث شده در برزیل نشان داد که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذ پذیری خاک مخزن وکیفیت شیمیایی خاک مخزن نقش مؤثری در موفقیت بندهای زیرزمینی دارند.

هوبینا[۱۹] و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از الگوریتم چند معیاره بر اساس مقایسه دوتایی اقدام به مکان‌یابی دفن زباله در شهر مینسک کرده است. هدف ایجاد مدل ارزیابی چند معیاره مدلی که توپولوژی، برای تصمیم‌گیری شامل عوامل و موانع به دست می‌آید. هر دو معیار عوامل و موانع، از منابع متفاوتی شامل نقشه‌های رقومی، پوشش زمین، منابع آبی، مراکز جمعیتی، جاده‌ها، زمین شناسی و اقلیمی، بعد از وزن‌دهی به معیارهای عوامل و منابع مکان مناسب را با استفاده از ابزار GIS در شمال منطقه انتخاب کرده است.

---

۱۷ . Yilmaz
۱۸ . Foster
۱۹ . Hubina

ال آور[۲۰] و همکاران (۲۰۰۸) در لبنان روشی در طی سه مرحله برای مکان‌یابی مخزن جمع‌آوری آب باران به کار گرفته‌اند. در مرحله اول از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تولید پوشش فضایی مربوطه استفاده گردید. در مرحله دوم از سیستم مدل‌سازی حوزه آبخیز برای شبیه‌سازی رواناب در حوزه آبخیز و در مرحله سوم از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای توسعه، تکمیل و دسته‌بندی پتانسیل‌های متعدد مکان‌های مخزن، مطابق با مناسب بودنشان استفاده شد. در نهایت مخزن جمع‌آوری آب باران در خروجی حوزه آبخیزی که بالاترین رتبه را داشت حفر گردید.

سینها[۲۱] (۲۰۰۸) تحلیل ریسک سیل را با استفاده از روش چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی انجام داد. او درمحیط GIS با کاربرد تکنیک AHP یک روشی را برای مشخص کردن نواحی خطر سیل در حوزه‌ی رودخانه کاسی در شمال هند، طرح‌ریزی کرد. هدف اساسی این تحقیق ایجاد یک نقشه‌ی ریسک سیل خوانا و قابل دسترس مبنی برداده‌های مرفولوژیک، توپوگرافی و دموگرافیک (داده‌های جمعیتی) است.

اورینت کوییلیس[۲۲] و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی و مدل کردن فرآیند هیدرلوژیکی بندهای شنی در مقیاس‌های مختلف پرداختند که این مدل نسبت به دو پارامتر ضخامت مخزن (آبرفت) و هدایت هیدرولیکی بسیار حساس بود و در پایان مدل و اندازه‌گیری به این نتیجه رسیدند که یک بند زیرزمینی تأثیر زیادی در دسترس قرار دادن آب در فصل خشک را دارد بندهای شنی روش هیدرولوژیکی موفقی هستند که می‌توان در مناطق خشک کنیا و دیگر مناطق ساخت آن‌ها را تعمیم داد.

---

۲۰ . El-Awar

۲۱ . Sinha

۲۲ . Orient Quilis

چودهاری[۲۳] و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های MCDM مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی را در منطقه مدیناپور غربی تعیین نمودند. آن‌ها از معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی استفاده نموده‌اند. نتایج حاکی از کارایی تکنیک‌های MCDM در تلفیق با GIS در تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است.

ایشیدا [۲۴]و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان استفاده پایدار از آب بوسیله احداث بندهای زیرزمینی به مرور اصول اولیه بندهای زیرزمینی، ساخت و ساز، و مشکلات بند زیرزمینی در سراسر جهان پرداختند. آنها وجود بندهای زیرزمینی در طیف گسترده‌ای از کشورهای جهان نظیر ژاپن، کره، چین، هند، اتیوپی، کنیا، برزیل و آمریکا را گزارش کرده‌اند. در نهایت به این نتیجه رسیدند برای توسعه ساخت و ساز بند زیرزمینی و مقابله با هرگونه مشکلی در این مورد، کشورهای مختلف باید به تبادل اطلاعات و تجربه‌های خود در این زمینه بپردازند.

پیتر[۲۵] و همکاران (۲۰۱۱) برای تعیین بهترین مکان برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در حاشیه غربی بیابان دلتای یکپارچه‌سازی کردند. نتایج نشان می‌دهد که هر دو روش همپوشانی و منطق بولین، بیشتر قسمت‌های شمالی شهر را برای تغذیه مصنوعی پیشنهاد می‌کنند. این مطالعه منطق بولین را به‌عنوان یک برآوردگر اولیه برای مکان‌یابی بهترین مکان‌ها که ساده‌تر است و وقت‌گیر نیست، و مدل همپوشانی وزنی را برای نتایج دقیق‌تر توصیه می‌کند.

کانهان[۲۶] هند را شناسایی کردند. آن‌ها بر اساس کاربری اراضی، خاک و توپوگرافی، مدل‌سازی بارش رواناب در محیط GIS، ۵ مکان مستعد با تجمع حداکثر جریان با استفاده از روش منطقی برای تخمین اوج رواناب مشخص کردند. در این مطالعه معیارهای در نظر گرفته شده در AHP زمین‌شناسی، ویژگی‌های ژئومورفولوژی، پوشش زمین

---

۲۳. Chowdhury
۲٤. Ishida
۲٥. Peter
۲٦. Kanhan

و جدول نوسانات سطح آب بودند. نتایج نشان می‌دهد که مکان P5 با حداکثر جریان تجمعی و تشکیل ماسه سنگ در مرتبه اول و مکان P1 ، جایی که حوزه زهکشی به خوبی توسعه یافته و تشکیل سنگ با تخلخل ثانویه را نشان می‌دهد، در مرتبه دوم قرار گرفت.

ایمران آلی[۲۷] و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به مکان‌یابی مناطق مناسب احداث بند زیرزمینی با استفاده از (GIS) در منطقه بودا کال سوئد پرداختند. این تحقیق یک روش جدید با استفاده از نرم افزار (GIS) که به‌وسیله روش‌های مدل‌سازی تعادل آب زیرزمینی پشتیبانی شده است برای مکان‌یابی بند زیرزمینی به حساب می‌آید. منابع آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات رقومی زمین‌شناسی و همچنین لایه‌های چینه شناسی برگرفته از مطالعات زمین‌شناسی محاسبه گردید. از ۳۴ زیرحوزه این منطقه از ۱۰ منطقه بیش از اندازه مجاز از آب زیرزمینی استفاده شده است و تنها ۱۴ مورد دارای ذخایر منابع آبی قابل اطمینان است. در نهایت ۶ منطقه جهت احداث بند زیرزمینی مناسب تشخیص داده شد.

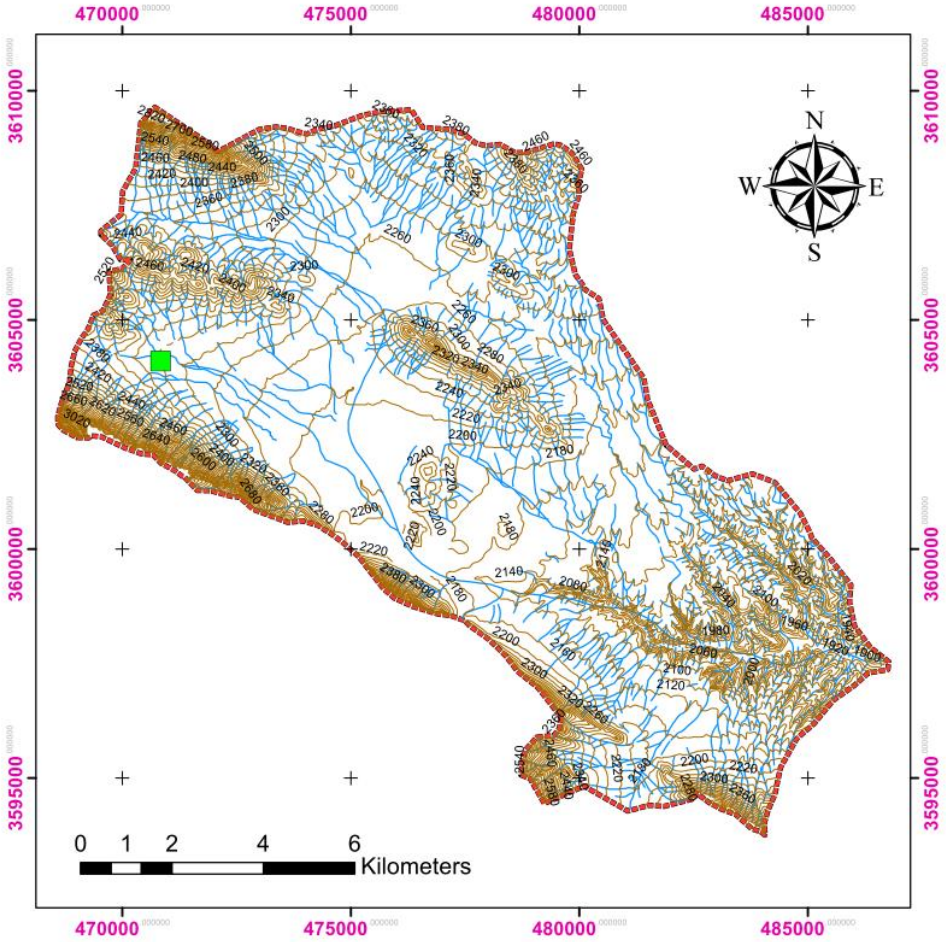
محل انجام طرح :[۲Comment [t

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی شامل محدوده جغرافیایی شهرستان بن به مساحت ۱۴۳۲۷ هکتار می باشد. این شهرستان در شمال تا شمال غرب استان چهارمحال وبختیاری استقرار یافته است.شکل ا نقشه توپوگرافی وشبکه آبراهه ای منطقه رانشان می دهد.

---

۲۷ . Imran Ali



راهنما

- منطقه مسکونی
- خطوط تراز
- شبکه آبراهه
- محدوده مطالعاتی

نقشه توپوگرافی و شبکه آبراهه
در سطح شهرستان بن

شکل۱- نقشه توپوگرافی وشبکه آبراهه ای منطقه

هواشناسی

براساس طبقه‌بندی آقای کریمی، حوزه مورد بررسی در زیراقلیم بن با آب و هوای نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد و طبق طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک سرد قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه درایستگاه شهرکرد، ۳۳۰ میلی متر و در ایستگاه مرغملک ۴۴۲میلیمتر، حداقل دما ۳۲- و حداکثر دما ۴۰درجه سانتی‌گراد است. از لحاظ آب و هوا، ریزش‌های جوی در منطقه، عمدتاً تحت تأثیر سیستم‌های کم فشار مدیترانه‌ای است. این سیستم در دمای مناسب، بارش‌های قابل توجهی را، معمولاً در فصل بهار خواهد داشت. در زمستان با ادغام سیستم‌های سودانی، دمای نیمرخ قائم جو افزایش خواهد یافت که نتیجه آن افزایش بارندگی‌ها خواهد بود. در صورتی که در زمستان تنها سیستم مدیترانه‌ای بر جو حاکم باشد، به‌دلیل سرمای زیاد آن، ریزش‌ها غالباً به‌صورت برف می‌باشد (لاله‌زاری،۱۳۸۷).

زمین‌شناسی

بر اساس تقسیمات ساختمانی، ناحیه مورد مطالعه در پهنه سنندج – سیرجان قرار دارد. سازندهای زمین‌شناسی که در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند مربوط به کرتاسه تا عهد حاضر می‌باشند در ذیل شرح مختصری از واحدهای چینه‌شناسی منطقه ارائه می‌گردد.

کرتاسه

سازندهای کرتاسه برروی نقشه زمین شناسی با نمادهای K_1، K_2 ، K_3, K_5,K_7 , مشخص گردیده‌اند. به لحاظ سنگ شناسی این سازند، در قاعده با لیتولوژی ماسه سنگ و شیل قرمز و میان لایه‌های نازک آهک رسی و کنگلومرایی با علامت(K1) مشخص شده است. روی واحد فوق، آهک های ریفی اسفنج دار با میان لایه های شیل(K2) نهشته

شده‌اند. این نهشته‌ها با توجه به ترکیب لیتولوژیکی ذکر شده دارای سیستم‌های درز و شکاف و حفرات انحلالی نسبتاً مناسب و توسعه یافته بوده و به لحاظ منابع آبی حائز اهمیت می باشند. بر روی این واحد، آهک‌های نازک لایه رسی (K۳) ته‌نشین شده که به لحاظ منابع کارستیکی از اهمیت چندانی برخوردار نمی‌باشند. نهشته‌های کرتاسه بالایی در قاعده شامل شیل و مارن (K۵) بوده که به دلیل داشتن نهشته تبخیری ، افزایش املاح آب زیرزمینی را فراهم می‌نماید. بالاترین بخش نهشته‌های کرتاسه (K۷) شامل آهک مارنی فسیل‌دار و لایه نازک آهک رسی ماسه‌ای است.

ائوسن (E)

لیتولوژی این سازندها شامل کنگلومرای پایه با میان لایه های آهکی حاوی فسیل نومولیت است، که بعضاً به صورت آهک های نومولیتی نیز رخنمون دارند. با توجه به وضعیت سنگ شناسی این واحد در منطقهٔ مورد مطالعه که عموماً دارای سیمان مستحکم می‌باشد، امکان تشکیل سفره‌های مناسب آب زیرزمینی در این سازند ضعیف بوده و نقش چندانی در تغذیهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی در دشت‌های مجاور خود نخواهد داشت.

پلیوسن (PL)

این نهشته ها از کنگلومرا، ماسه‌سنگ و گریت استونهای سخت تشکیل گردیده و هم ارز سازند بختیاری می‌باشد. این واحد در بخش زیرین شامل تناوبی از لایه‌های مارن و ماسه سنگ و در بخش‌های بالایی عموما از قطعات با اندازه‌های متفاوت از خیلی بزرگ تا ریز با ماتریکسی از سیمان آهکی سیمانته شده‌است.

کواترنر

به طور کلی رسوبات کواترنر در منطقه شامل تراس‌های قدیمی رودخانه‌ای، تراس آبرفتی میان سن و تراس وآبرفت‌های جدید می‌باشد. ذرات تشکیل دهنده تراس‌های قدیمی (Qt۱) شامل قلوه سنگ، ماسه و رسوبات دانه

ریز می‌باشند که در نتیجه تخریب سری‌های کنگلومرایی معادل سازند کنگلومرای بختیاری و یا دیگر سازندها حاصل شده‌اند. این رسوبات حاوی لایه‌های مارنی بوده که مانع نفوذ جریان‌های سطحی و ریزش‌های جوی به درون آبخوان می باشند. پهنه‌های گراولی (Q) جدیدترین نهشته‌های کواترنری است که همراه با رسوبات (Qt1) تشکیل‌دهنده آبخوان آبرفتی می‌باشند. دانه‌بندی این رسوبات از ابتدای حوزه آبریز به قسمت انتهایی و پایانی دشت کاهش می‌یابد به گونه‌ای که در میانه دشت رسوبات دانه درشت گسترش دارد.

روش کار

به طور کلی مطالعات این پروه در سه مرحله انجام پذیرفته است .

۱- تشخیص و انتخاب محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی

۲- شناسائی نقاط مناسب موجود در این محدوده‌ها

۳- ارزیابی نقاط نسبت به یکدیگر و اولویت‌بندی آنها جهت احداث بندزیرزمینی

انتخاب محدوده‌های مناسب

در گام نخست، بررسی‌ها برای شناسایی محدوده‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی انجام گرفت. برای این منظور از داده‌های استخراج شده از نقشه‌های پایه، یافته‌های موجود در این زمینه و همچنین نظرات کارشناسی استفاده گردید. مناطق مناسب شامل بستر آبرفتی رودخانه‌هایی است که دارای شیب‌های حداکثر ۶ درصد می‌باشند و زمین‌های کشاورزی، صنعتی، مسکونی و کوره قنات در آنجا وجود ندارد. علاوه بر شرایط بالا این بسترهای آبرفتی نباید منطبق بر ساختارهای خطی مانند گسل‌ها باشند.

برای تسریع در امر تصمیم‌گیری و همچنین پرهیز از جمع‌آوری اطلاعات مازاد بر نیاز درباره مسئله مورد بررسی ابتدا لازم است که با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی، نقاط نامناسب حذف گردد. به طور نمونه یکی از

این معیارها برای انتخاب مناطق مناسب احداث بند زیرزمینی، شیب بستر آبراهه می‌باشد. طبق بررسی‌ها و مطالعاتی که در سایر کشورها توسط محققین و کارشناسان صاحب‌نظر در مورد بندهای زیرزمینی بعمل آمده است (نیلسون، ۱۹۸۸، ویپلینگر[۲۸]، ۱۹۸۲) شیب مناسب بستر آبراهه به جهت این که بتوان مخزن مناسب آب زیرسطحی را با احداث بند زیرزمینی در آن ایجاد کرد نباید بیشتر از ۵٪ باشد (با این فرض که شیب سنگ کف رودخانه از شیب بستر تبعیت می‌نماید)(سلامی،۱۳۸۵). به علاوه در این مناطق به دلیل کم شدن سرعت آب زمان نفوذ آب افزایش می‌یابد. در نتیجه مناطقی از رودخانه که شیب بستر آن بیش از ۵٪ باشد جهت احداث بند زیرزمینی مناسب نمی‌باشند. استخراج این معیارها و مشخص کردن مناطق پتانسیل‌دار را می‌توان با استفاده از تفسیرتصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های زمینی همزمان، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی و دیگر اطلاعات انجام داد. در این تحقیق برای حذف نقاط نامناسب از منطق بولین استفاده گردید.

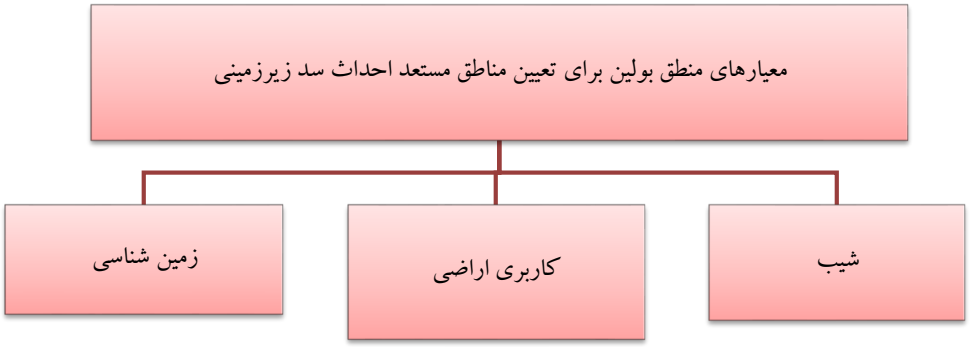
[t] Comment [۲]: روش تحقیق

منطق بولین

منطق بولین یا منطق صفر و یک برگرفته از نام ریاضی‌دان مطرح (جورج بولی) بوده که در آن وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی براساس امتیاز صفر و یک می‌باشد(فرهودی و همکاران ۱۳۸۴). روش بولین دارای محدوده‌ای صریح است و ماهیتی قطعی ودقیق دارد. در منطق بولین دو نتیجه محتمل است: صفر و یک. صفر نشان دهنده آن است که عنصر مورد بررسی به مجموعه تعلق ندارد و یک یعنی عنصر به مجموعه تعلق دارد. از نظر منطق بولین مکان انتخاب شده خوب یا بد خواهدبود نه نسبتاً خوب یا بد. به هرحال از آنجایی که اکثر پدیده های جغرافیایی به تدریج در زمان و فضا تغییر می‌کنند، اعمال حدود صریح بین طبقات نامناسب است (تانگ[۲۹]، ۲۰۰۶). با استفاده از این منطق کاربر هیچ ایده‌ای در مورد بهترین و بدترین مکانی که کلیه محدودیت‌ها را در نظر بگیرد نخواهد داشت

۲۸ . Wipplinger
۲۹ . Tang

زیرا نتایج حاصل از آنالیز بولین ۰ و ۱ است که تنها نشان می‌دهد آیا مناطق مناسب هستند یا نه (یانار[۳۰] و همکاران، ۲۰۰۴). این منطق ساده‌ترین و شناخته‌ترین منطق GIS است که بر اساس عملیات بولین عمل می‌کند. مدل بولین دارای دو عملگر بولین[۳۱] AND و بولین OR می‌باشد که بر اساس نظریه‌ها، مجموعه‌ها عملگر AND ، اشتراک و عملگرOR، اجتماع مجموعه‌ها را استخراج می‌کند (گریم اف ۱۳۷۹). با توجه به هدف تحقیق که انتخاب مناطقی است که از لحاظ تمامی پارامترها مناسب باشند، از عملگر AND استفاده گردید(شکل۲).



شکل ۲- نمودار عوامل استفاده شده در منطق بولین

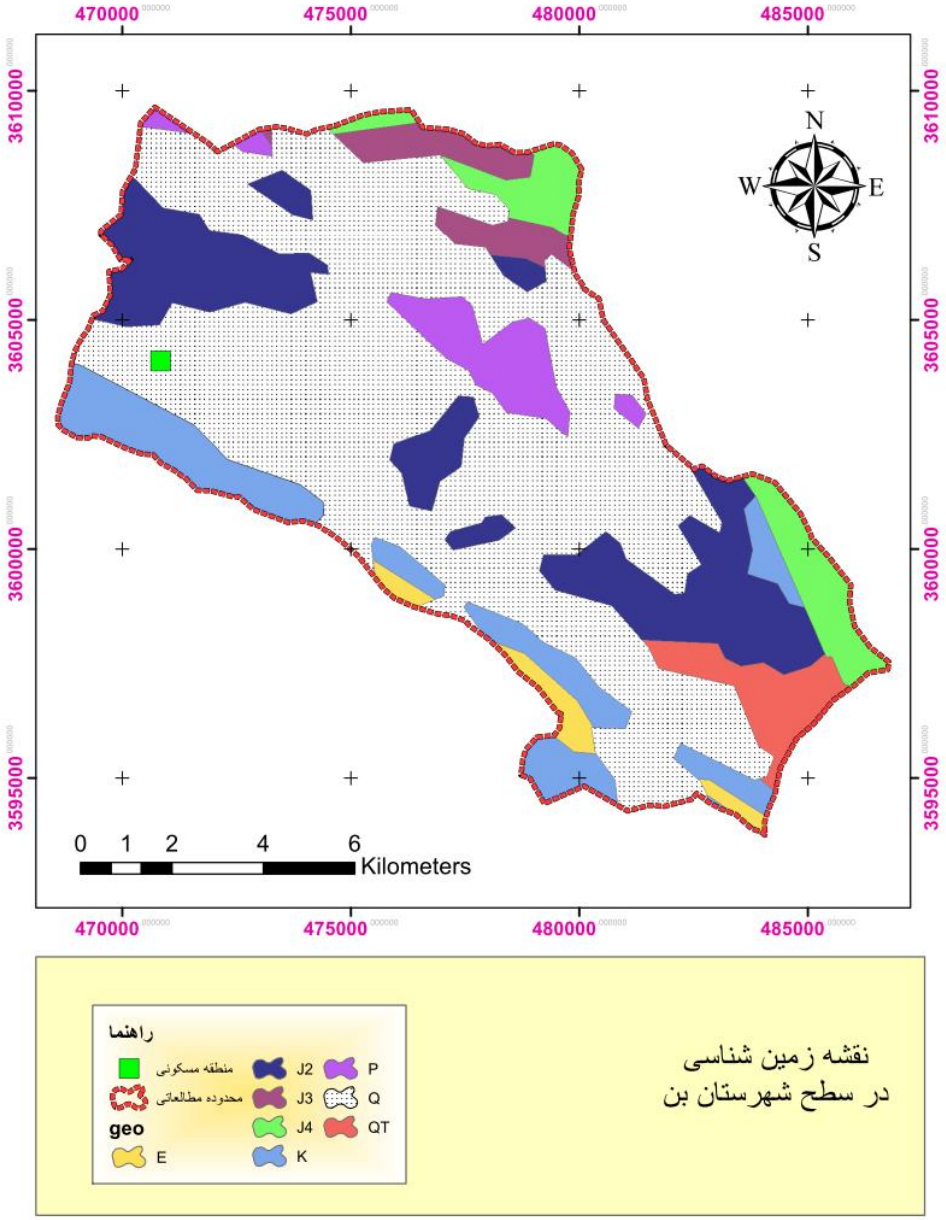
تهیه نقشه‌های پایه در مرحله اول

زمین‌شناسی

پادگانه‌های آبرفتی قدیمی مرتفع موجود در کرانه‌های رودخانه‌ها از جمله مناطقی می‌باشند که دیواره بند را به دلیل نشت آب از تکیه‌گاه‌ها نمی‌توان بر روی آن‌ها بنا نهاد. به‌طورکلی سنگ کف و دیواره‌های مخزن بند باید به گونه‌ای باشند که آبگذری نداشته باشند. بندهای زیرزمینی روی بستر غیرقابل نفوذ یا با نفوذپذیری خیلی کم ساخته

۳۰ . Yanar
۳۱ . Boolean

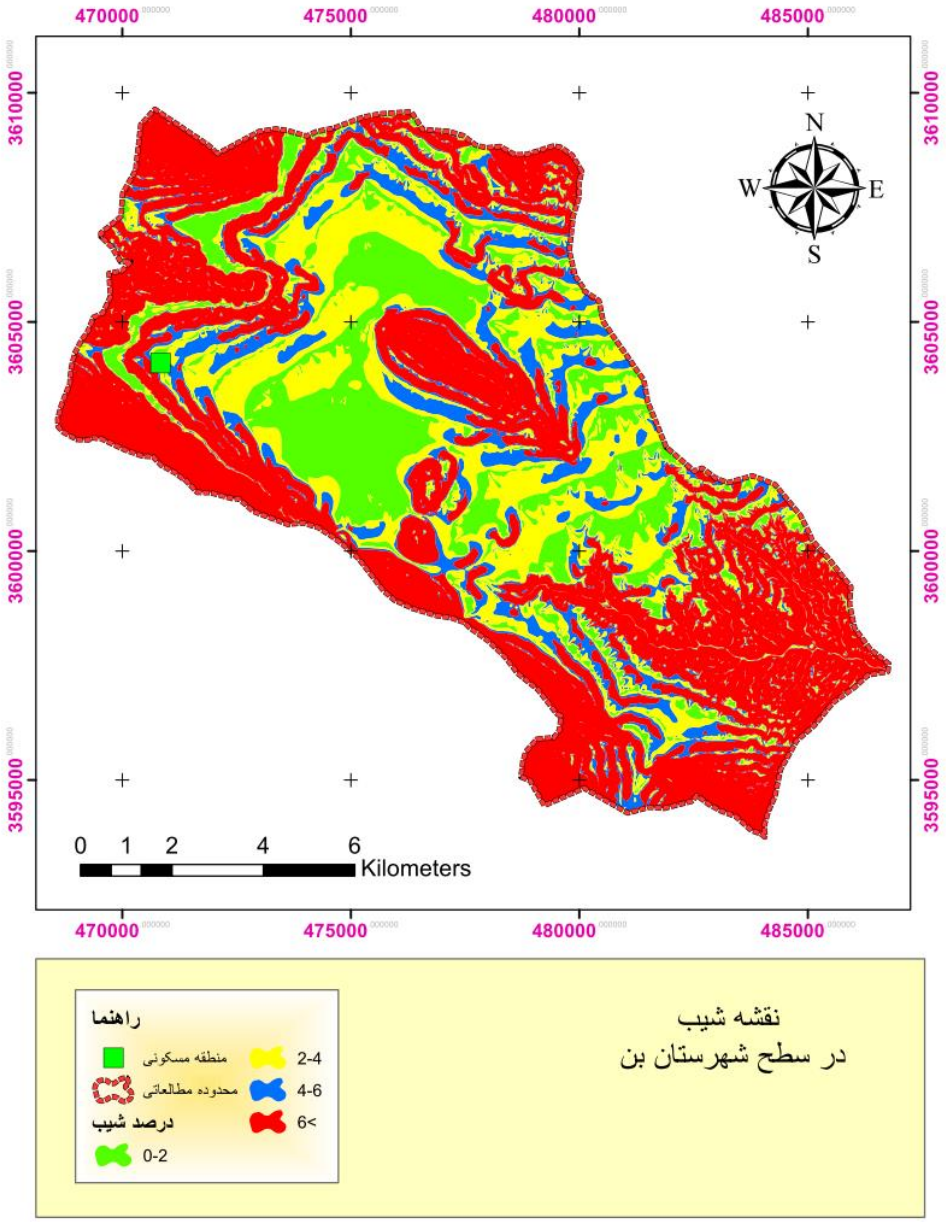
می‌شوند تا از تلفات ناشی از نفوذ عمقی از زیر بند جلوگیری شود (سلامی، ۱۳۸۵). این کار با انجام عملیات ژئوتکنیک که شامل حفاری گمانه‌های اکتشافی و آزمایش لوژان در محل احداث بند و در محوطه مخزن بند وتطابق لوگ حفاری‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و بازدید صحرایی مناطق با پادگانه‌های آبرفتی قدیمی مرتفع شناسایی که این مناطق دارای ارزش عددی صفر و به مناطق خارج از این محدوده‌ها ارزش عددی ۱ تعلق گرفت (شکل۳)



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی شهرستان بن

شیب

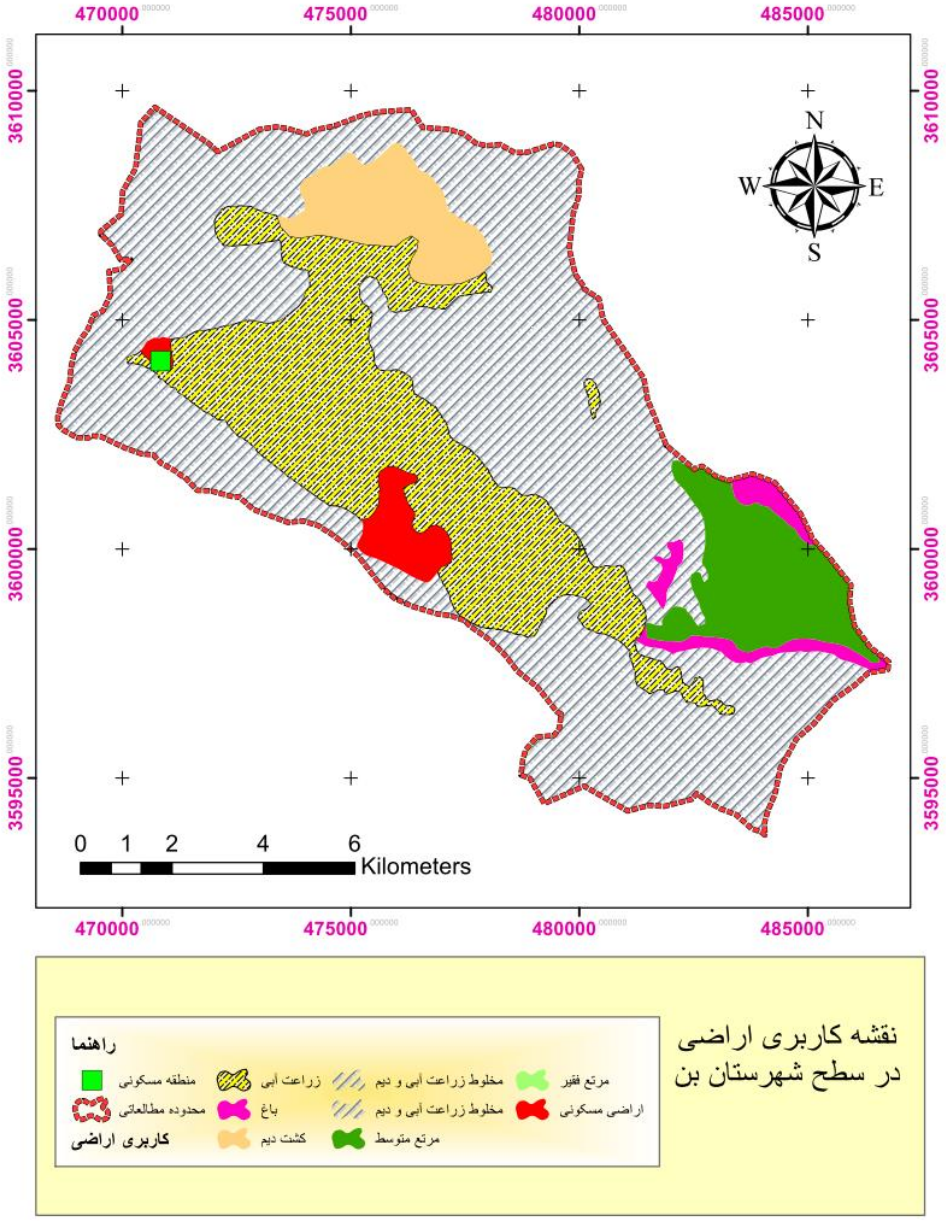
شیب به عنوان یکی از فاکتورهای موثر در تعیین نقاط مناسب احداث بند زیرزمینی مطرح می‌باشد. در این تحقیق خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری به عنوان داده‌های اولیه ارتفاعی جهت ساخت مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده قرار گرفته است. پس از تهیه مدل رقومی ارتفاع در محیط GIS، بر اساس ارتفاع نقاط در مدل رقومی زمین و فاصله آنها از هم، نقشه شیب منطقه بر حسب درصد تهیه گردیده است (شکل ۴). در منطقه مورد مطالعه، شیب ۶-۲ برای احداث بند زیرزمینی مناسب است که دارای ارزش عددی ۱ و سایر مناطق دارای ارزش عددی صفر می‌باشند.



شکل ۴-نقشه شیب شهرستان بن

کاربری اراضی

با استفاده از نقشه های پایه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین نقشه‌های تهیه شده در سایر مطالعات و با بازدید صحرایی از منطقه، نقشه کاربری اراضی حوزه در نرم افزارArc GIS تهیه شد (شکل۵). محدوده‌های دارای کاربری اراضی باغی، مراتع با پوشش گیاهی فقیر، متوسط و خوب جهت احداث بند زیرزمینی مناسب هستند که دارای ارزش عددی ۱ می‌باشند و سایر مناطق دارای ارزش عددی صفر است.

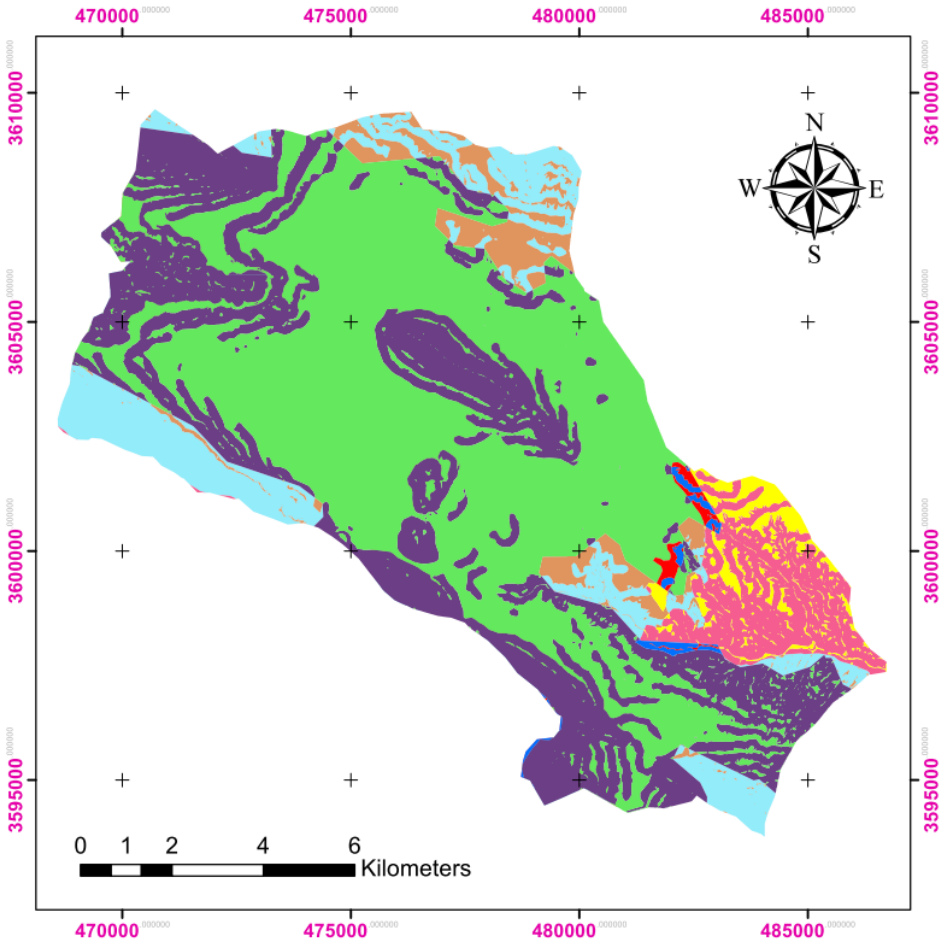


شکل ۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان بن

تعیین مناطق مستعد اولیه احداث بند زیرزمینی

بعد از تهیه نقشه‌های پایه زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی با استفاده از منطق بولین، مناطق دارای ارزش ۱ جز مناطق مستعد بند زیرزمینی مشخص می‌شوند. در این مرحله محورهای باقیمانده بایستی از سه جهت ارزیابی گردند. محور مورد نظر در هر محدوده علاوه بر داشتن کمترین عرض جهت حجم کار سازه ای کم، باید دارای حجم مخزن مناسب نیز باشد. از طرفی بایستی وجود منابع آبی حساس در این محدوده‌ها بررسی گردند. بعد از تعیین این مناطق با استفاده از بازدیدهای میدانی تنگه‌های موجود در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که هر چه طول محور کمتر باشد حجم کار سازه‌ای کاهش می‌یابد و عملیات اجرا با سرعت پیش می‌رود مناسب‌ترین محورها آنهایی می‌باشند که علاوه بر طول کم دارای گسترش سطحی زیاد مخزن در بالا دست محور باشند. از طرفی قنوات از جمله مهم‌ترین منابع تأمین آب درمناطق کوهپایه‌ای می‌باشند که برای ساکنین موجود در آن مناطق دارای اهمیت شایانی می‌باشند و تخریب این منابع آبی با ارزش به هر دلیلی با چالش‌های محلی شدیدی همراه خواهد بود. هدف اصلی از احداث بند زیرزمینی در این مناطق نیزکمک به بهبود وضعیت منابع آبی موجود در منطقه و استفاده بهینه از جریان‌های زیرزمینی موجود در بستر رودخانه می‌باشد (طباطبایی یزدی و همکاران،۱۳۸۲). منتهی با این فرض که ایجاد یک منبع آبی جدید نباید با تخریب منبع آبی قدیمی منطقه همراه باشد .لذا با این پیش فرض که هیچ قناتی نباید به واسطه احداث بندزیرزمینی در معرض تخریب یا کاهش شدید دبی قرار بگیرد، مناطقی که در آن‌ها کوره قنات وجود دارد، در این مرحله از پتانسیل یابی جزء مناطق نامناسب احداث بندزیرزمینی درنظر گرفته شده‌اند. از طرفی باید به این نکته توجه کرد که به دلیل قرار گرفتن مخزن در زیر سطح زمین و عدم توانایی تکنیک های موجود در تعیین دقیق خصوصیات مخزن به خصوص آب بند بودن آن، ریسک پرنشدن مخزن آب زیرزمینی می‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین منطقی است که از تخریب قنوات تا حد ممکن جلوگیری شود. البته

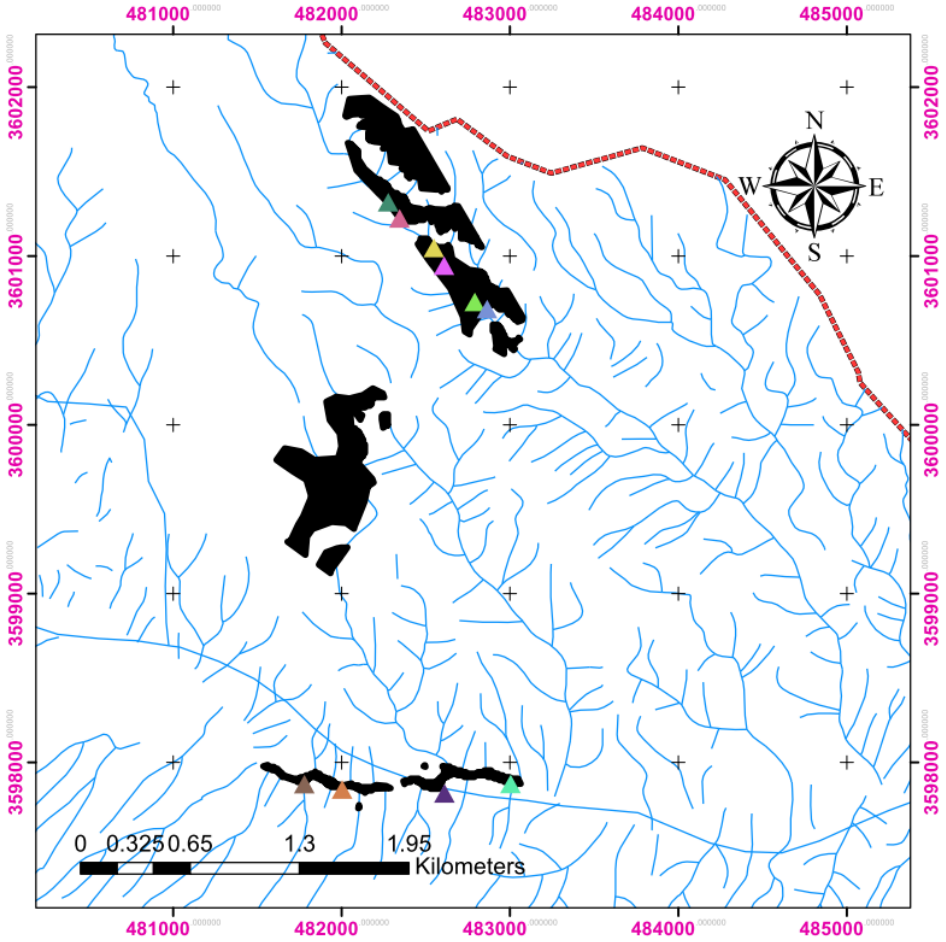
باید متذکر شد که احداث بند زیرزمینی در برخی مناطق برای قنواتی که در بالا دست محور بند قرار دارند یک امتیاز مثبت نیز محسوب می‌شود، چراکه احداث بند باعث بالا آمدن سطح ایستابی سفره‌های آبی موجود در منطقه و بالطبع افزایش طول بخش تره‌کار قنات و آبدهی بیشتر این قنوات می‌گردد. همچنین ضروری است که تمهیدات لازم برای قنوات پائین دست بند که ممکن است باکاهش دبی همراه باشند در نظر گرفته شود. در نهایت محورهای مناسب شناسایی می‌گردند (شکل ۶).



نقشه لایه همپوشانی مستعد احداث
سد زیرزمینی در سطح شهرستان بن

شکل۶- نقشه لایه همپوشانی بر اساس منطق بولین در شهرستان بن

با استفاده از عکس های هوایی در محدوده های با پتانسیل احداث سدهای زیر زمینی در شهرستان بن ۱۰ اولویت جهت احداث سد زیرزمینی مشخص گردید که درشکل (۷) ارائه شده است.



نقشه اولویت بندی مناطق مستعد احداث سد زیر زمینی
بر اساس مدل بولین در سطح شهرستان بن

شکل ۷- شناسایی ۱۰ محور اولیه جهت بررسی و احداث سد زیر زمینی در منطقه

جدول۱- مشخصات محورهای شناسایی شده اولیه جهت احداث بندزیرزمینی در شهرستان بن

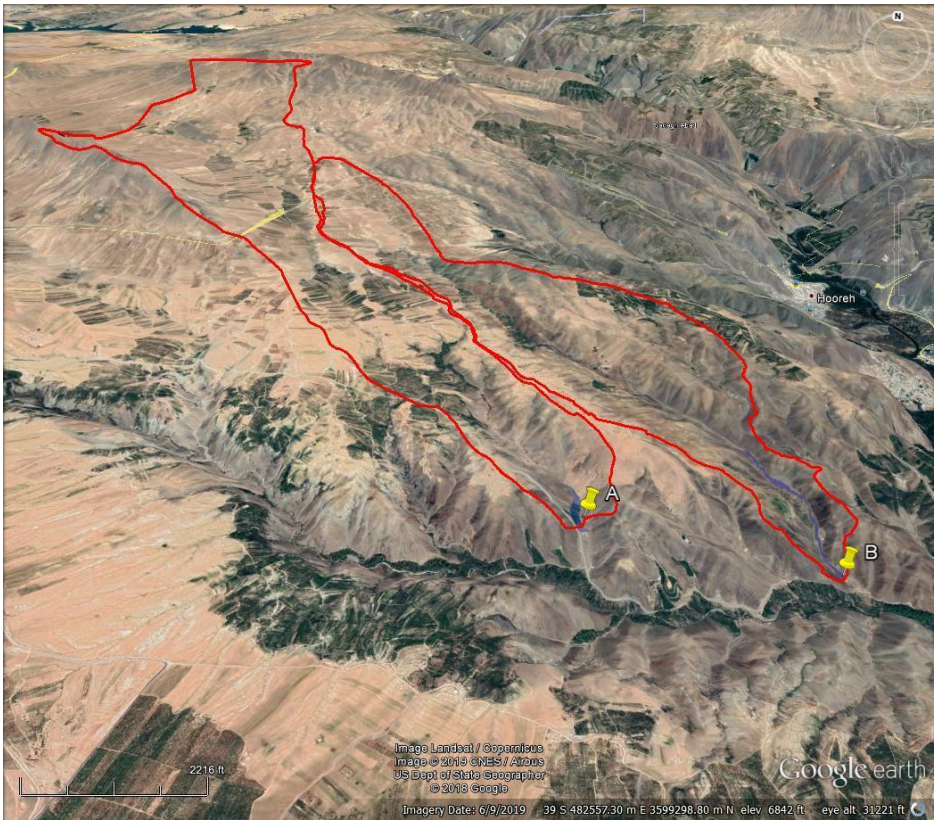
x-utm	y-utm	اولویت محور
482276	3601320	10
482547	3601049	8
482343	3601224	9
482608	3600943	1
482790	3600728	3
482863	3600687	4
483003	3597873	6
482610	3597818	7
482002	3597840	2
481778	3597872	5

بازدیدهای صحرایی نشان داد که هیچیک از ۱۰گزینه مورد اشاره در جدول ۱ عملاً برای احداث بند نامناسب می باشند. پس از این مرحله مجددا بازدیدهای صحرایی براساس شاخص های مورد نظرصورت پذیرفت که در نهایت دوگزینه AوB(اشکال ۸تا۱۰)جهت انتخاب به اداره کل منابع طبیعی وآبخیزداری استان معرفی که باتوجه به نقطه نظرات این اداره کل در نهایت گزینه Bمورد تایید قرار گرفت.

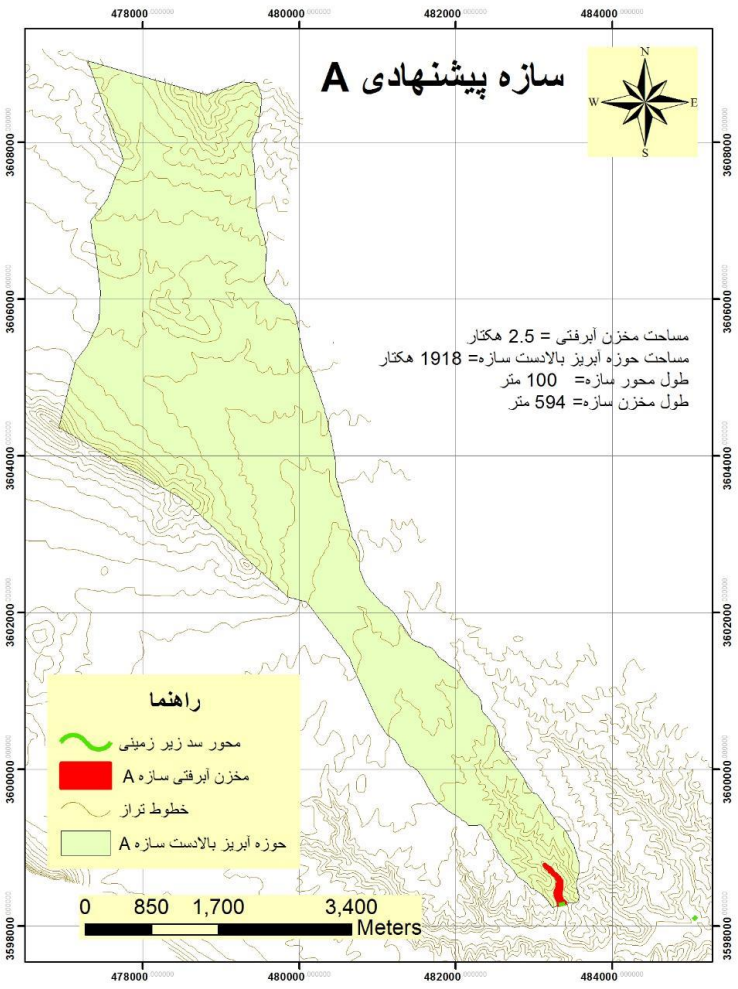
[t ٤Comment]: نتیجه گیری

جدول۲- مشخصات محورهای شناسایی شده نهایی جهت احداث بندزیرزمینی در شهرستان بن

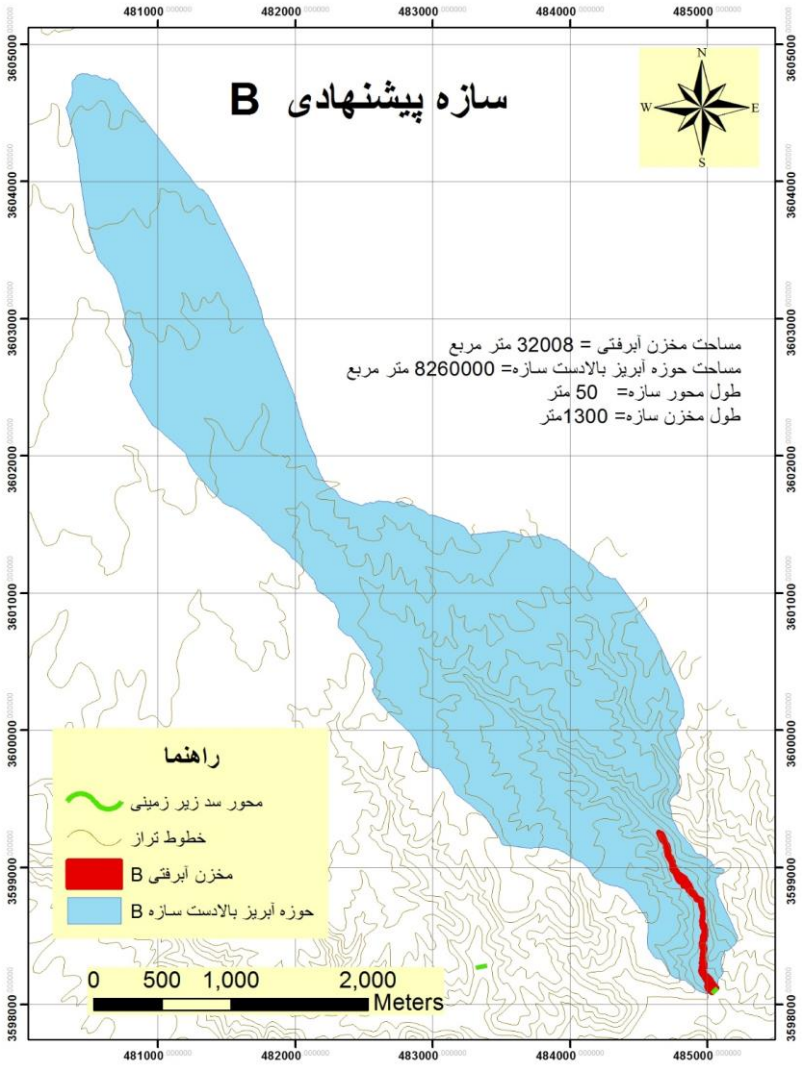
x-utm	y-utm	اولویت محور
485038	3598108	1(B)
483354	3598287	2(A)



شکل۸- گزینه های AوB برروی تصاویر ماهواره ای ETM^{+}



شکل۹- موقعیت جغرافیایی و مشخصات گزینه های A



شکل ۱۰- موقعیت جغرافیایی و مشخصات گزینه B(گزینه برتر)

نتیجه گیری

با توجه به بررسی های صحرایی وکنترل ۱۲محور شناسایی شده ، گزینه های Aو درنهایت B دارای حداقل شرایط برای احداث بند زیرزمینی می باشند که از این میان گزینه Bشرایطی مناسب تر را دارا می باشد.

[t oComment]: نتیجه گیری کلی