استفاده از منطق بولین در شناسایی اولیه محدوده‌های مناسب احداث سدهای زیر زمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سامون جهر استان کرمان)

نجمه حاج سیدعلی خانی [1*] حمزه سعیدیان [2]

۱- محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران .

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

*Email: n.sedalikhani@areeo.ac.ir

چکیده

تعیین محدوده‌های مناسب و نامناسب احداث بندهای زیرزمینی در همه حوزه‌های آبخیز سراسر دنیا می‌تواند کمک شایانی در ایجاد و توسعه بندهای زیرزمینی با صرفه جویی در زمان و هزینه‌های انجام این پروژه‌ها داشته باشد به‌طوری که تاثیر به‌سزایی نیز در کارآیی و اثربخشی این سازه‌ها بعد از ساخت دارد. در این پژوهش از منطق بولین برای تشخیص محدوده‌های مناسب و نامناسب احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز سامون جهر استان کرمان استفاده شد. بدین منظور ابتداء نقشه‌های پایه زمین‌شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه و در محیط نرم افزاری Arc GIS از طریق منطق بولین باهم تلفیق شدند. نتایج تحقیق نشان داد که در استفاده از منطق بولین و تلفیق همه نقشه‌های کاربری اراضی، شیب و زمین‌شناسی و با توجه به افزایش دقت، محدوده‌هایی در جنوب و جنوب شرقی و شمال شرقی حوزه آبخیز سامون جهر مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی تشخیص داده شد. بنابراین توصیه می‌شود از تلفیق نقشه‌های بیش‌تری با استفاده از منطق بولین استفاده شود تا نتایجی با دقت بسیار بالاتر به‌دست آید.

واژه های کلیدی: بند زیرزمینی، حوزه آبخیز سامون‌جهر، کویر، منطق بولین

بیان مسئله

امروزه استفاده از بندهای زیرزمینی به‌دلیل ویژگی‌های بارزی که دارند در مناطق مختلف سراسر دنیا در حال گسترش می‌باشد و این مهم در مناطق کویری به‌دلیل تبخیر بسیار زیاد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (۱۰). جهت استفاده از منابع آب زیرزمینی و در دسترس قرار گرفتن آب در تمام فصول، بند زیرزمینی راه‌حل مناسبی به‌نظر می‌رسد. برای این‌که یک بند زیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد تلفیقی از تناسب محل قرارگیری بند و نوع و اندازه سازه آن لازم می‌باشد. نقصان و اشتباه در تخمین هر یک از دو عامل فوق کارآیی و اثر بخشی بند زیرزمینی را به شکل چشم‌گیری کاهش می‌دهد. تاریخچه استفاده از بندهای زیرزمینی در ایران و جهان به تمدن‌های قدیمی بر می‌گردد. به عنوان مثال در زمان رومیان در جزیره ساردینیا و در عصرصفویه در ایران برای افزایش آب مادر چاه قنوات وزوان در میمه اصفهان، آب دیگر قنات‌ها توسط این بندها را به مادر چاه منحرف می‌کردند (۳). 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 تامین آب در مقیاس‌های کوچک ساخته می‌شوند. بندهای زیرزمینی متداول در مناطق خشک جنوب غربی آمریکا و شمال مکزیک، افغانستان، هند و ژاپن وجود دارند (شکل ۱).

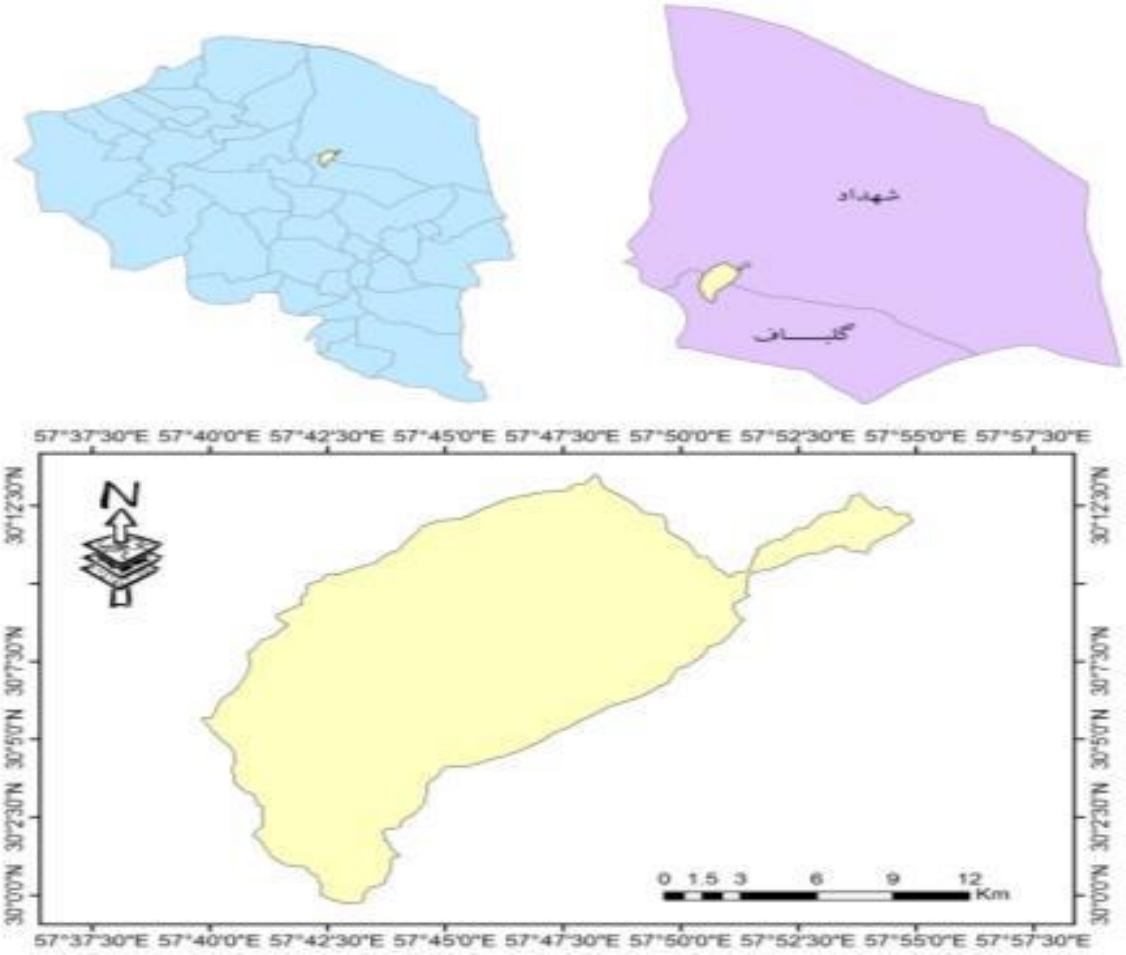
شکل ۱- نقاطی از جهان که بندهای زیرزمینی در آن ساخته شده است (۵)

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 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 (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 (۱۱). پیتر و همکاران (۸) برای تعیین بهترین مکان برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در حاشیه غربی بیابان دلتای نیل در شمال غرب مصر از مدل هم‌پوشانی وزنی و منطق بولین استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که هر دو روش هم‌پوشانی و منطق بولین، بیش‌تر قسمت‌های شمالی منطقه را برای تغذیه مصنوعی پیشنهاد می‌کنند. این مطالعه منطق بولین را به‌عنوان یک برآوردگر اولیه برای مکان‌یابی بهترین مکان ایجاد بند توصیه می‌کند.این روش نسبت به روش هم‌پوشانی ساده‌تر است و هم‌چنین زمان کم‌تری صرف انجام آن می‌شود. مدل هم‌پوشانی وزنی برای تهیه نتایج دقیق‌تر توصیه می‌شود. ایمران آلی و همکاران (٦) 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 چینه‌شناسی برگرفته از مطالعات زمین‌شناسی محاسبه گردید. از ۳٤ زیرحوزه این منطقه، از ۱۰ منطقه بیش از اندازه مجاز از آب زیرزمینی استفاده شده است و تنها ۱٤ مورد دارای ذخایر منابع آبی قابل اطمینان است. در نهایت شش منطقه جهت احداث بند زیرزمینی مناسب تشخیص داده شد. بنابراین هدف تحقیق حاضر تشخیص محدوده‌های مناسب و نامناسب احداث بند زیر زمینی در حوزه آبخیز سامون جهر می‌باشد.

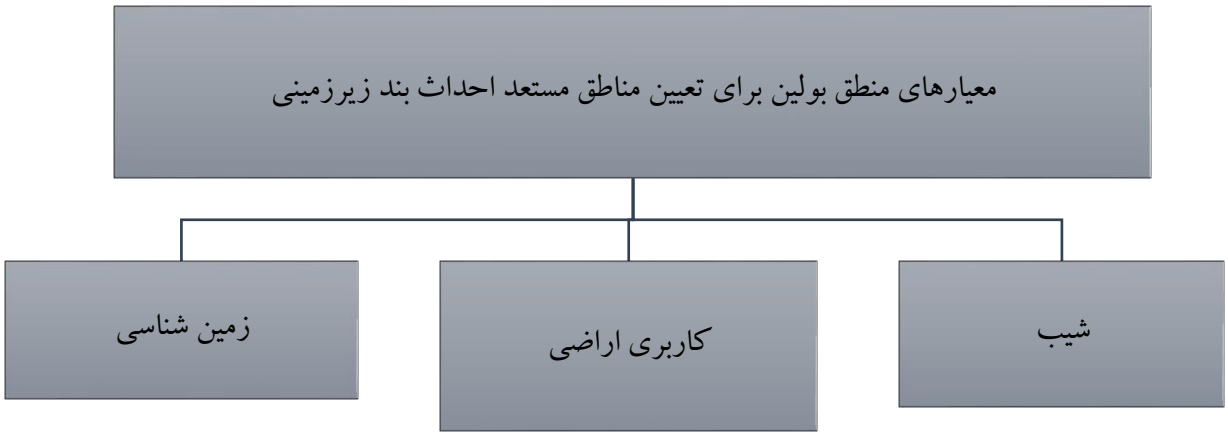
معرفی دستاورد

حوزه آبخیز سامون جهر به مساحت ۲٤٤/۱ کیلومترمربع در جنوب شرقی شهرستان کرمان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در محدوده ´٤۰ °۵۷ تا ´۵۵ °۵۷ شمالی و ´۵۹ °۲۹ تا ´۱۳ °۳۰ شرقی قرار دارد. بیش‌ترین ارتفاع منطقه ۲۷۲۱ متر از سطح دریا و کم‌ترین ارتفاع آن معادل ٤٦۳ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوزه ناچیز بوده و مقدار آن در ارتفاع متوسط حوزه برابر ۸۸ میلی‌متر می‌باشد. دمای منطقه دارای نوسانات زیاد بوده و مقدار متوسط سالانه آن ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

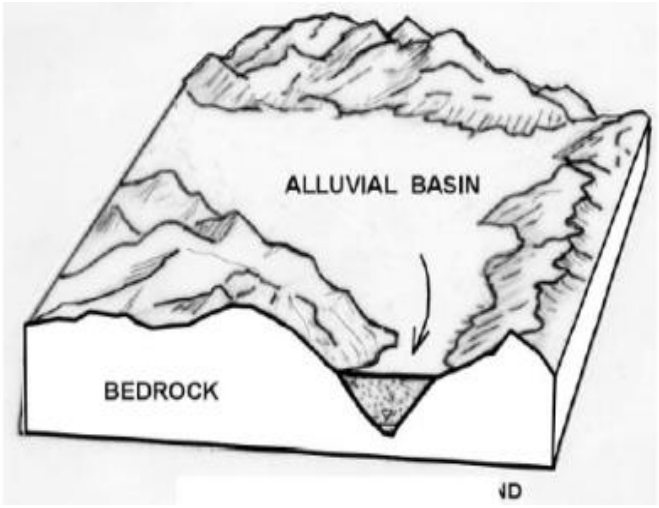


شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمان

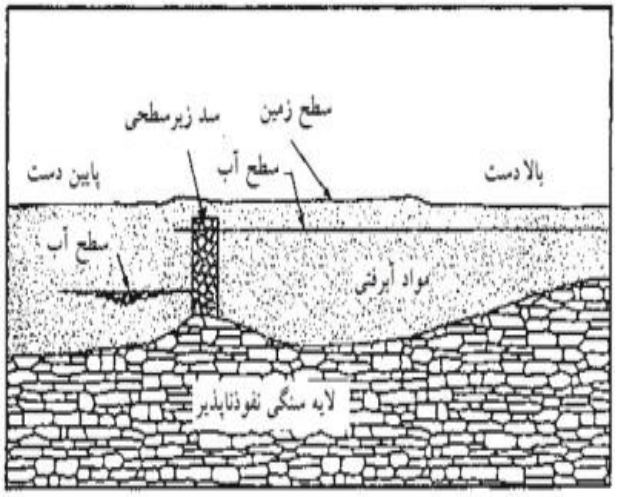
در این پژوهش ابتدا عوامل تأثیرگذار در شناسایی محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی بررسی گردید. به‌طوری که در آغاز نقشه‌های پایه شامل زمین شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه و در محیط نرم افزاری Arc GIS از طریق منطق بولین باهم تلفیق گردید. برای تسریع در امر تصمیم‌گیری و هم‌چنین پرهیز از جمع‌آوری اطلاعات مازاد بر نیاز درباره مسئله مورد بررسی ابتدا لازم است که با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی، نقاط نامناسب حذف گردد. به‌طور 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 به‌عمل آمده است (۷ و ۱۳). 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 البته با این فرض که شیب سنگ کف رودخانه از شیب بستر تبعیت می‌نماید (۱). در نتیجه مناطقی از رودخانه که شیب بستر آن بیش از ۵٪ باشد جهت احداث بند زیرزمینی مناسب نمی‌باشند. در گام بعدی با توجه به نقشه‌های 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. در این تحقیق با استفاده از نقشه زمین شناسی 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. در گام سوم با استفاده از نقشه‌های پایه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و هم‌چنین نقشه‌های تهیه شده در سایر مطالعات و با بازدید صحرایی از منطقه، نقشه کاربری اراضی حوزه، محدوده‌های دارای کاربری اراضی باغی، مراتع با پوشش گیاهی فقیر، متوسط و خوب جهت احداث بند زیرزمینی مناسبند که دارای ارزش عددی یک می‌باشند و سایر مناطق دارای ارزش عددی صفر می‌باشند. در این تحقیق برای حذف نقاط نامناسب از منطق بولین استفاده گردید. 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 (٤). روش بولین دارای محدوده‌ای صریح است و ماهیتی قطعی و دقیق دارد. در منطق بولین عدد صفر نشان دهنده آن‌است که عنصر مورد بررسی به مجموعه تعلق ندارد و عدد یک یعنی عنصر به مجموعه تعلق دارد. از نظر منطق بولین مکان انتخاب شده خوب یا بد خواهد بود نه نسبتا خوب یا بد. به هرحال از آن‌جایی که اکثر پدیده‌های جغرافیایی به تدریج در زمان و فضا تغییر می‌کنند، اعمال حدود صریح بین طبقات نامناسب است (۱۲). با استفاده از این منطق کاربر هیچ ایده‌ای در مورد بهترین و بدترین مکانی که کلیه محدودیت‌ها را در نظر بگیرد نخواهد داشت زیرا نتایج حاصل از آنالیز بولین صفر و یک است که تنها نشان می‌دهد آیا مناطق مناسب هستند یا نه (١٤).



شکل ۳- نمودار عوامل استفاده شده در منطق بولین در منطقه مورد مطالعه



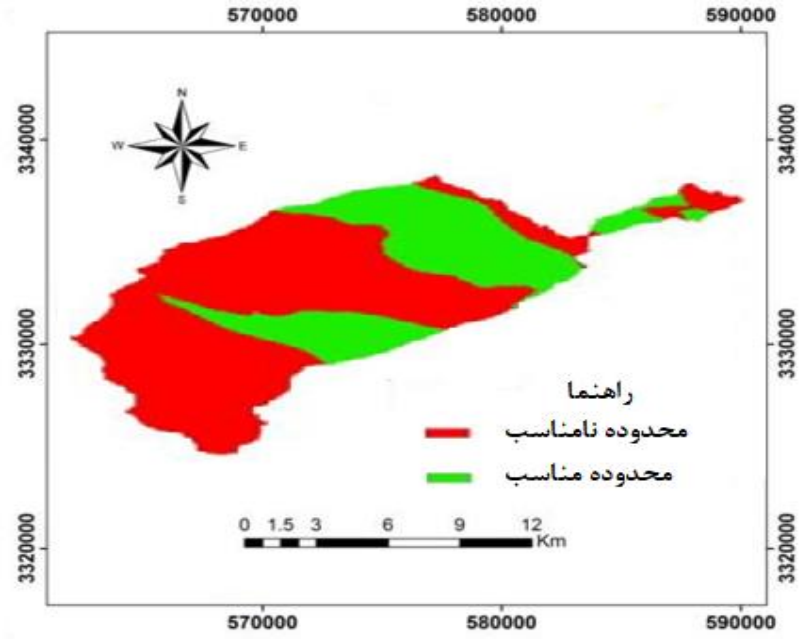
شکل٤- نمایش سه بعدی از شرایط برای ساخت بند زیرزمینی در دره‌های آبرفتی (۹)



شکل ٥- نمای کلی از یک بند زیرزمینی (۱۰)

تهیه نقشه زمین‌شناسی

بدین صورت که در نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز سامون جهر، سازندهای کواترنری دارای ارزش یک می‌باشند که این مناطق مناسب برای احداث بند زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند (شکل ٦).

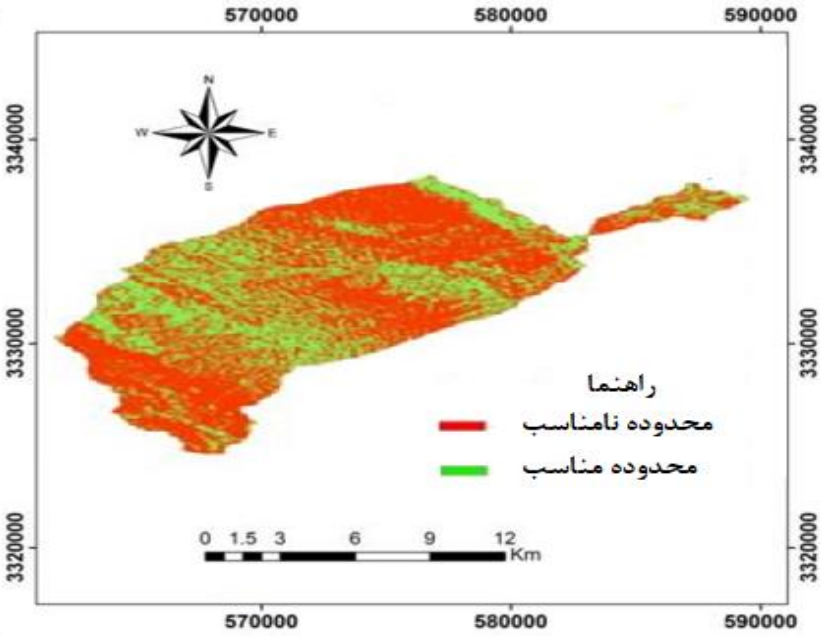


شکل ٦- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب زمین‌شناسی جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز سامون جهر

نتایج تحقیق نشان داد که در استفاده از منطق بولین در نقشه زمین‌شناسی، محدوده‌هایی در شمال، شمال شرقی و جنوب حوزه آبخیز سامون جهر مناسب برای احداث بندهای زیر زمینی تشخیص داده شد (شکل ٦).

تهیه نقشه شیب:

در نقشه شیب حوزه آبخیز سامون جهر، شیب‌های ٤- ٢و ٦-٤ مناسب برای احداث بند زیرزمینی است که با استفاده ار منطق بولین ترسیم گردیده است.

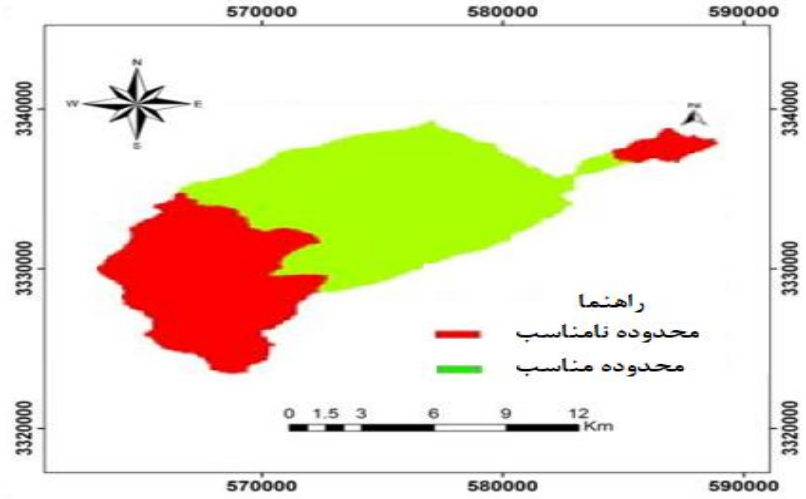


شکل ۷- نقشه محدوده های مناسب و نا مناسب شیب جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز سامون جهر

نتایج تحقیق نشان داد که در استفاده از منطق بولین در نقشه شیب، بیش‌تر محدوده‌هایی در مرکز، شمال غربی و شمال شرقی و اندکی در سایر قسمت‌های حوزه آبخیز سامون جهر برای احداث بندهای زیرزمینی مناسب می‌باشند (شکل ۷).

تهیه نقشه کاربری اراضی

اراضی از نوع اراضی باغی، مراتع با پوشش فقیر، متوسط و خوب نیز برای احداث بند زیرزمینی مناسب است که در حوزه آبخیز سامون جهر به قرار ذیل می‌باشند.

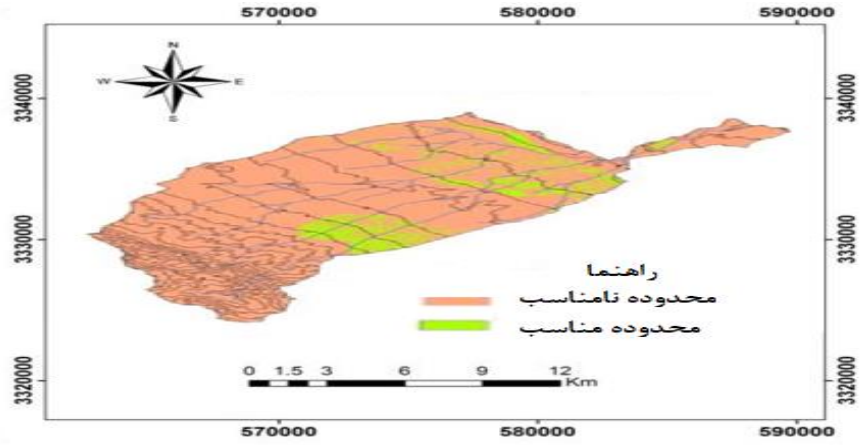


شکل ۸- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب کاربری اراضی جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز سامون جهر

نتایج تحقیق نشان داد که در استفاده از منطق بولین در نقشه کاربری اراضی، بیش‌تر محدوده‌هایی در مرکز، شمال و شمال شرقی، جنوب و جنوب شرقی حوزه آبخیز سامون جهر برای احداث بندهای زیر زمینی مناسب می‌باشند (شکل ۸).

تهیه نقشه تلفیق همراه با آبراهه و توپوگرافی

در حوزه آبخیز سامون جهر پس از تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب و کاربری اراضی و تلفیق آن‌ها در نرم افزار Arc GIS، مناطقی که از نظر زمین‌شناسی، شیب و کاربری اراضی مناسب احداث بند زیرزمینی می‌باشند در یک نقشه تلفیق، با ارزش عددی یک و موارد غیر مناسب با ارزش عددی صفر مشخص گردید که در نهایت نقشه کلی با نقشه‌های توپوگرافی و آبراهه تلفیق داده شده است.



شکل ۹- نقشه تلفیق محدوده‌های مناسب و نامناسب با خطوط آبراهه و توپوگرافی احداث بند زیرزمینی سامون جهر

نتایج تحقیق نشان داد که در استفاده از منطق بولین و تلفیق همه نقشه‌های کاربری اراضی، شیب و زمین‌شناسی و با توجه به افزایش دقت، بیش‌تر محدوده‌هایی در جنوب و جنوب شرقی و شمال شرقی حوزه آبخیز سامون جهر مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی تشخیص داده شد (شکل ۹).

توصیه ترویجی

۱- تعیین محدوده‌های مناسب و نامناسب احداث بندهای زیرزمینی با استفاده از منطق بولین می‌تواند اطلاعات کلی و ارزشمندی برای احداث بندهای زیرزمینی ایجاد کند.

۲- توصیه می‌شود از تلفیق نقشه‌های بیش‌تری با استفاده از منطق بولین استفاده شود تا نتایجی با دقت بسیار بالاتری برای احداث بندهای زیرزمینی به‌دست آید.

۳- منطق بولین ساده‌ترین و شناخته شده‌ترین روش تصمیم‌گیری اولیه است که امکان انجام آن به‌راحتی از طریق سامانه GIS امکان‌پذیر است. بنابراین استفاده بیش‌تر از آن برای مکان‌یابی اولیه بندهای زیرزمینی در حوزه‌های آبخیز سراسر کشور به خصوص مناطق خشک و نیمه خشک توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱- سلامی، ه. ۱۳۸۵. تعیین مناطق مناسب جهت احداث بندهای زیرزمینی در دشت نطنز با استفاده از دورسنجی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

۲- سلیمانی، س. ۱۳۸٦. بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی دشت مشهد به منظور پهنه‌بندی پتانسیل احداث بندهای زیرزمینی با استفاده از روش‌های GIS و RS (مطالعه موردی: دشت مشهد)، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس،۱۱۲ ص.

۳- صفی نژاد، ج. دادرس، ب. ۱۳۷۹. بند زیرزمینی قنات وزوان-میمه اصفهان، موسسه گنجیه ملی آب ایران، ۲٤۰ ص.

٤- فرهودی، ر. حبیبی، ک. زندی بختیاری، پ. ۱۳۸٤. مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالع موردی: شهر سنندج)، نشریه هنرهای زیبا، شماره۲۳، پاییز ۱۳۸٤، صص ۲٤-۱۵.

5- Hanson,G., Nilsson, A.1986. Ground-water dms for rural-water supplies in developing countries.vol 24 .

6- Imran Ali, J., Bo, O.,Ulla, M. 2013. Locating suitable sites for the construction of subsurface dams using GIS. Environ Earth Sci. DOI 10.1007/s12665-013-2295-1.

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

8- Peter, H.S.,Riad , Max Billib , Ahmed A. Hassan , Maha Abdel Salam , Mohamed Nour El Din. 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). p.57-66.

9- Sehat,M., Kamanbedast, A.A., Asadilour , M.2013. Zonning underground dams using GIS in Halayjan valley, Izeh-Iran. Journal of Engineering and Applied Sciences.

10- Haj Seyed Alikhani, N., Saeediyan, H., Abkar, A., 2024. Investigating the sensitivity of geoelectric method in suitable locating of underground dams in desert areas (Case study: Samon Jahr watershed in Kerman province), Iranian Journal of Irrigation and Water, 14(54): 181-196. (In Persian)

11- Silva, D.A., and. Rego Neto., j. 1992. Araliaceous de Barrages Subversives Para Fins de Explores Areola no Semi- arid, In Congress National de Irrigacao e Derange Natal, Vol.9. PP. 335.

12- Tang, Z. 2006. Selecting optimal residential locations using fuzzy GIS modeling. University of north Texas.

13- Wipplinger, O.1982.Water storage in semi-arid regions,Unpublished paper.30pp.

14-Yanar, T., Akyurek, Z. 2004. The Enhancement of ArcGIS with Fuzzy Set Theory, ESRI International User Conference.