دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تعیین مناطق با پتانسیل آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش AHP (مطالعه موردی: حوضه رودخانه حبله‌رود)

امید اسدی نلیوان[۱]، امیر سعدالدین[۲]، غلامحسین کرمی[۳] و واحد بردی شیخ[۲]

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسوول: amir.sadoddin@gau.ac.ir)
۳- دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۹
صفحه: ۳۶ تا ۴۷

چکیده

با افزایش جمعیت و نیازهای آبی فزاینده، اهمیت منابع آب زیرزمینی به عنوان یکی از حیاتی‌ترین منابع تامین‌کننده آب شیرین در مناطق خشک بیش از پیش آشکار می‌شود. در این پژوهش، به‌منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی حوضه رودخانه حبله‌رود، از هفت معیار متوسط بارندگی سالانه، تراکم آبراهه‌ها، تراکم گسل‌ها، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، شیب زمین و کاربری اراضی استفاده شده است. نقشه معیارهای مذکور تهیه و به کمک روش AHP، معیارهای مربوط وزن‌دهی شدند. با تعیین نرخ تاثیرگذاری برای هر کلاس، نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به‌روش روی هم‌گذاری تهیه شد و دقت این روش به‌کمک داده‌های دبی برای ۸۸ چاه و چشمه موجود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با توجه به پیچیدگی‌های موجود در حوضه، دقت روش به کار رفته ۷۸ درصد است. مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی زیاد، بیشتر در مناطقی که پوشیده از رسوبات متصل و دارای کنگلومرا، ماسه سنگ و تراس‌های قدیمی و همچنین با تراکم زیاد گسل هستند، قرار گرفته‌اند. شایان ذکر است از بین هفت معیار، مهم‌ترین آن‌ها، متوسط بارندگی سالانه (وزن ۰/۳۵۵) و کم اهمیت‌ترین معیار ژئومورفولوژی (وزن ۰/۰۵۹) می‌باشد. در مجموع ٤٨/٨٥ درصد حوضه پتانسیل متوسط رو به بالا دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، روش AHP، قابلیت مناسبی برای تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در حوضه رودخانه حبله‌رود دارد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب زیرزمینی، تحلیل سلسله مراتبی، ArcGIS، حوضه رودخانه حبله‌رود

مقدمه

منابع آب زیرزمینی به‌دلیل ضریب اطمینان بالاتر و نوسانات کمتر، به‌عنوان یک گزینه مطمئن از دیرباز مورد استفاده انسان بوده و در طی دهه‌های اخیر بر اثر برداشت بیشتر از تغذیه با کاهش کمی و کیفی روبه‌رو شده است (۱۸،۱۷). مدیریت و جلوگیری از تشدید این مشکلات از طریق اکتشاف و بهره‌برداری متناسب با پتانسیل آن یکی از استراتژی‌های منتخب در این زمینه است (۲). یکی از مهم‌ترین روش‌های مطالعه در این زمینه، بررسی عوامل مرتبط با تشکیل منابع آب و استفاده از روش‌های مختلف وزن‌دهی با بهره‌گیری از روش‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی است که منجر به پهنه‌بندی و محدود نمودن مناطق مورد نظر برای کاوش‌های زیرسطحی می‌شود (۶). اصولا روش‌های سنتی و دستی که در جهت شناخت پتانسیل آب‌های زیرزمینی به کار گرفته می‌شوند، نیازمند صرف وقت و هزینه و نیروی انسانی زیادی می‌باشد، اما مدل‌های تصمیم‌گیری به‌کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌توانند به‌عنوان تکنیک‌های سریع و مدرن مورد استفاده قرار گیرند (۱۹). از طرفی شناسایی محل‌های دارای پتانسیل آب زیرزمینی در مناطقی که وابستگی شدید به منابع آب زیرزمینی دارند از ضروریات می‌باشد. شرایط موجود در کشور ایران مثل قرارگیری در کمربند اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، بارندگی کم، عدم توزیع یکنواخت بارندگی، عدم الگوی کشت مناسب و تأمین ۵۰ درصد آب مصرفی کشور از منابع آب زیرزمینی توجه به این منبع باارزش را دو چندان می‌کند (۴). در نتیجه برای مدیریت منابع آب زیرزمینی، شناسایی پتانسیل منابع آب زیرزمینی و مدنظر قرار دادن آن حائز اهمیت می‌باشد. برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب ارتباط زیادی با تصمیم‌گیری‌های چند معیاره دارد (۵). آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مدلی مشخص برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌های مکانی ارایه می‌دهد (۱). در دهه‌های اخیر پس از معرفی روش AHP توسط ساعتی (۲۱) به‌عنوان یک روش نوین تصمیم‌گیری، محققان بسیاری اقدام به اقتباس از این روش و کاربرد آن در مطالعات منابع آب نموده‌اند. آگاروال و گارگ (۳) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و بهره‌گیری از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره به نقشه‌بندی مناطق تغذیه و پتانسیل تولید آب زیرزمینی در هند پرداختند. آن‌ها برای هدف مورد نظر از ۸ پارامتر موثر در پتانسیل و تغذیه آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. در نهایت نقشه پتانسیل آب زیرزمینی را در ۵ طبقه خیلی فقیر، فقیر، خوب، خیلی خوب و عالی ارایه دادند. آن‌ها بیان داشتند منطقه دارای پتانسیل بالای تولید آب (طبقه عالی) تحت پوشش رودخانه گنگ بوده است که نشان از ارتباط آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد. دنگ و همکاران (۷) به بررسی کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از تکنیک AHP برای برآورد پتانسیل آب زیرزمینی در چین پرداختند. شاخص پتانسیل برآورد شده با داده‌های آبدهی چاه‌های حوضه مقایسه شدند و نتایج نشان داد که شاخص پتانسیل و داده‌های اندازه‌گیری شده حوضه با ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۰۳۴ رابطه دارند که نشان می‌دهد این روش قادر به برآورد پتانسیل آب‌های زیرزمینی است. سیلاگواتی و همکاران (۲۴) طی تحقیقی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]

جغرافیایی به تهیه نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آب‌های زیرزمینی در هند پرداختند. آن‌ها جهت این بررسی از ۸ لایه موضوعی استفاده کردند و پس از نرخ‌دهی به طبقات و وزن‌دهی معیارها نقشه نهایی را به‌دست آوردند. نتایج نشان داد که در منطقه ارتباط گنیس و چارنوکیت[1]، با ضخامت ۰/۹ تا ۹۰/۸ متر پتانسیل آب‌های زیرزمینی مطلوب است. همچنین منطقه محدوده معدن با چیدمان گنیس بیوتیتی مشخص شده که در آن پتانسیل آب‌های زیرزمینی خوب است. الوا و قداح (۸) برای شناسایی مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی در شبه جزیره سینا (مصر) هشت لایه موضوعی در سیستم اطلاعات جغرافیایی ایجاد و با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها در پتانسیل آب زیرزمینی به آن‌ها وزن اختصاص داده شد. در نهایت نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی شامل پنج کلاس از خیلی زیاد به خیلی کم تهیه شد. اعتبار این مدل با مقایسه نتایج با نقشه آبخوان مصر مورد آزمایش و سپس مورد تایید قرار گرفت. رزندی و همکاران (۲۰) به‌منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی دشت ورامین از ۹ معیار استفاده کردند. آن‌ها جهت انجام این کار از دو روش وزن‌دهی سلسله مراتبی و سلسله مراتبی فازی و از طریق روی هم‌گذاری لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. دقت هر روش به کمک چاه‌هایی با آبدهی بالا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دقت روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ۶۱ درصد و روش سلسله مراتبی ۵۴ درصد است. همچنین آن‌ها بیان داشتند که مناطق با پتانسیل بالاتر در بخش پوشیده از رسوبات درشت دانه دوران کواترنر قرار دارند. عباسی و حیدری (۱) به ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک‌های AHP و منطق فازی در ایلام پرداختند. آن‌ها برای رسیدن به این هدف از ۸ پارامتر تاثیرگذار بر پتانسیل آب زیرزمینی استفاده کردند. نقشه نهایی حاصل از روش AHP نشان داد که بیشترین پتانسیل آب زیرزمینی در بخش‌های آهکی با تراکم بالای شکستگی وجود دارد. ارزیابی مدل‌های مختلف فازی، با توجه به میزان تطابق با لیتولوژی، نشان داد که روش تلفیقی فازی (جمع جبری) نسبت به سایر روش‌ها برای پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر است.

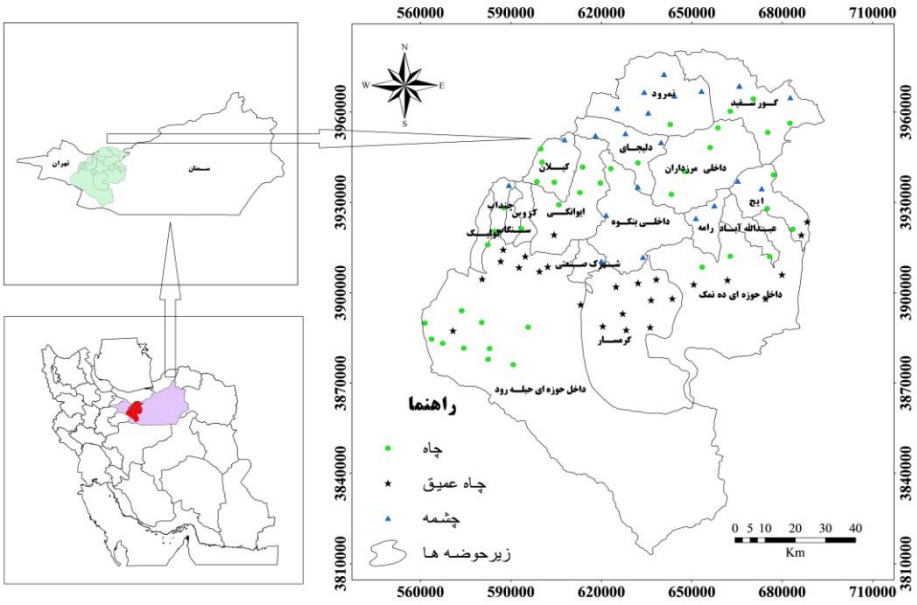
به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی دارای دقت قابل قبولی بوده و در هزینه و زمان، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را انجام می‌دهد. حوضه رودخانه حبله‌رود با مشکلات طبیعی و انسان ساخت زیادی در زمینه منابع آب (از جمله پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش کیفیت آب و افزایش املاح و شوری آن، افزایش برداشت از آب رودخانه حبله‌رود در بالادست و از چاه‌های کشاورزی، تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم بازده، تخریب جنگل، توسعه شهرنشینی و توسعه صنعتی) مواجه است (۱۵). با توجه به محدودیت شدید کمیت منابع آبی حوضه و افزایش روزافزون آلودگی منابع آب با عنایت به روند سریع فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، مدیریت بهینه منابع آب زیرزمینی این حوضه مبتنی بر اصول فنی و علمی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. لذا ضرورت شناسایی وضعیت منابع آب در منطقه مورد مطالعه جهت مدیریت هرچه بهتر این منابع مشهود می‌باشد. در همین راستا هدف این پژوهش، ارزیابی کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی به‌کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی با به‌کارگیری عوامل مختلف هیدرولوژیکی، اقلیمی، توپوگرافیکی و زمین‌شناسی جهت تهیه نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه رودخانه حبله‌رود قرار گرفت. از طرفی با توجه به اضافه برداشت بیش از اندازه از آبخوان‌های موجود و افزایش جمعیت و به تبع آن فشار بیشتر بر منابع آب زیرزمینی، تعیین پتانسیل آبدهی از ضروریات خواهد بود که در این پژوهش به آن پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۶۰۴۶۷ غربی الی ۶۹۴۱۷۰ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸۹۴۱۱۱ شمالی الی ۳۹۵۷۱۸۴ جنوبی و با مساحت ۱۲۶۶۰ کیلومتر مربع در دو استان سمنان و تهران واقع شده است (شکل ۱). فیزیوگرافی و توپوگرافی این محدوده شامل بخش‌های کوهستانی و دشتی می‌باشد. بخش شمالی آن عمدتاً کوهستان‌ها و تپه‌ها و همچنین دشت‌های میان‌کوهی در محدوده استان تهران و بخش‌های دشتی آن عمدتاً در استان سمنان واقع شده است. بارندگی متوسط سالیانه این حوضه ۳۱۸ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه آن ۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۵). ارتفاع بلندترین نقطه این محدوده ۴۰۵۳ متر و پست‌ترین نقطه آن ۷۳۹ متر از سطح دریا است. به‌طور کلی سازندهای منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران سنوزوئیک است که مقاطعی از سازندهای دوره‌های کواترنر و ترشیاری در آن قابل ملاحظه می‌باشد. عمده‌ترین کاربری‌های اراضی شامل مراتع و چراگاه‌های فصلی، اراضی کشاورزی دیم، باغ‌ها و اراضی بایر هستند.

1- Genesis and Charnockite

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۱- موقعیت حوضه رودخانه حبله‌رود در ایران و استان‌های تهران و سمنان
Figure 1. Location of the Hable-rud River Basin in Iran and in Tehran and Semnan Provinces

معیارهای زیادی بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی تاثیرگذارند (۲). بدین منظور معیارهای متوسط بارندگی سالانه، تراکم آبراهه‌ها، تراکم گسل، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، شیب و کاربری اراضی که از عوامل مهم و تاثیرگذار بر پتانسیل آب زیرزمینی محسوب می‌شوند انتخاب شدند.

ژئومورفولوژی: یکی از بررسی‌های مهم در مطالعه آب زیرزمینی بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه است، زیرا گسترش منابع آب زیرزمینی وابسته به زمین ریخت‌شناسی منطقه می‌باشد (۱۳،۱۴). **شیب:** افزایش شیب زمین باعث کاهش میزان آب نفوذی به زمین و افزایش رواناب می‌شود. بنابراین افزایش آن، پارامتری منفی جهت پتانسیل آب زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود (۱۳،۷). لایه شیب از طریق GIS و از لایه DEM منطقه استخراج شد.

تراکم آبراهه: در سازندهای مختلف نوع شبکه زهکشی هر منطقه به وسیله ساختارهای تکتونیکی، لیتولوژی و توپوگرافی منطقه کنترل می‌شود و از آن‌ها به‌عنوان نقاط ضعف سازندها یاد می‌شود. با توجه به اینکه در بسیاری از نقاط این شبکه ارتباط دو جانبه با منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها دارد، به‌منظور لحاظ نقش این لایه در پتانسیل منابع آب، این لایه با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه و سپس لایه تراکم آبراهه تهیه شد (۱۴،۱۳).

تراکم گسل: تراکم گسل معیاری برای خردشدگی سازند می‌باشد، بدین معنی که تعداد گسل که به ازای هر واحد طول در یک منطقه ظاهر می‌شوند مد نظر است. افزایش تراکم گسل‌ها به‌طور کلی نقش موثری در نفوذ و انتقال آب زیرزمینی داشته و به این ترتیب برای استخراج، حفاظت آب و پراکندگی مواد آلاینده اهمیت دارد (۷). نقشه تراکم گسل منطقه از طریق نقشه زمین‌شناسی موجود، استخراج شده و در محیط GIS تهیه شد.

لیتولوژی: نوع سنگ‌شناسی و سازندهای موجود و خصوصیات وابسته به آن عامل بسیار مهمی در پیدایش منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شود (۱۳،۷). لایه زمین‌شناسی منطقه از دفتر طرح مدیریت پایدار منابع آب و خاک حبله‌رود تهیه شد.

کاربری اراضی: کاربری اراضی بر روی رواناب سطحی، تبخیر و تعرق و تغذیه آب زیرزمینی اثرگذار است. سطوح آبی، اراضی کشاورزی و مراتع از منابع خوب تغذیه آب زیرزمینی هستند در حالی که مناطق شهری و شور کمتر اهمیت دارند (۳). این لایه از دفتر طرح مدیریت پایدار منابع آب و خاک حبله‌رود تهیه شد.

بارندگی: بارندگی نقش زیادی در تغذیه منابع آب زیرزمینی دارد. بارندگی مقداری زیادی آب را برای نفوذ به درون سیستم آب زیرزمینی فراهم می‌کند (۳). لایه متوسط بارندگی سالانه از آمار ایستگاه‌های موجود در منطقه به روش خطوط هم باران تهیه شد.

برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (۲۱) و تکنیک بردار ویژه استفاده شد. این وزن‌دهی بر اساس اهمیت نسبی هر پارامتر (پرسش‌نامه) در پتانسیل آب زیرزمینی انجام گرفت. برای انجام مقایسه‌های جفتی از مقیاس ۱ تا ۹ روش ساعتی استفاده شد (جدول ۱). در این فرایند هر دو معیار با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها در پتانسیل آب زیرزمینی، در قالب یک پرسشنامه، دو به دو مقایسه و در نهایت ماتریس مقایسات جفتی و وزن نرمال شده معیارها محاسبه شد. جهت مقایسات جفتی از نظرات ۷ نفر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]

اساتید و کارشناس در زمینه مربوط به آب زیرزمینی استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (۷ معیار در این پژوهش) است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌آورد و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد، علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که محاسبات را تسهیل می‌کند (۲۵).

جدول ۱- مقیاس انجام مقایسه‌های زوجی در روش AHP

Table 1. Scale of pair-wise comparisons in the AHP method

مقدار ارزش (امتیاز)	درجه اهمیت در مقایسه زوجی
۱	اهمیت و ارجحیت یکسان
۳	کمی مهم‌تر
۵	ارجحیت زیاد
۷	ارجحیت خیلی زیاد
۹	کاملا مهم‌تر
۲، ۴، ۶، ۸	ارزش‌های بینابینی

محاسبه نرخ سازگاری

نرخ سازگاری در روش AHP شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ گویای درجه صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است. چنانچه نرخ مذکور برابر و یا کمتر از ۰/۱ شود، می‌توان ارزش‌گذاری‌ها و مقایسات را صحیح دانست، در غیر این صورت ارزش‌گذاری و مقایسات زوجی باید دوباره انجام گرفته و یا اصلاح شود. نرخ سازگاری از طریق محاسبه شاخص سازگاری (رابطه ۱) به‌دست می‌آید.

$$CI = \sum \lambda max - n \qquad (۱)$$

که در آن λmax عنصر بردار ویژه و n تعداد معیارها می‌باشد. عنصر بردار ویژه از تقسیم سطر ماتریس ارزش‌گذاری ستون وزن‌ها به وزن معیارها به‌دست می‌آید. λmax باید به تعداد معیارها و برای همه آن‌ها محاسبه شده و سپس از مجموع آن‌ها در رابطه ۱، CI حاصل می‌شود. شاخص دیگر، شاخص تصادفی است که توسط ساعتی (۲۱) متناسب با تعداد معیارها به شرح جدول ۲ محاسبه و ارایه شده است. نهایتا نرخ سازگاری از رابطه ۲ به‌دست می‌آید.

$$CR= CI/RI \qquad (۲)$$

جدول ۲- شاخص‌های تصادفی برای ماتریس‌های n بعدی

Table 2. Random indices for n-dimensional matrices

تعداد معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

مراحل فوق در نرم‌افزار Expert Choice انجام گرفت. در نهایت وزن معیارها و زیرمعیارها از طریق تابع Raster Calculator در هم ضرب و نقشه پتانسیل آب زیرزمینی تهیه شد. جهت صحت‌سنجی نقشه پتانسیل آب زیرزمینی از اطلاعات دبی ۸۸ چاه و چشمه موجود در منطقه (شکل ۱) استفاده شده است. دبی چاه ها و چشمه ها با تبدیل واحد بر حسب مترمکعب بر روز ارائه شده است.

نتایج و بحث

همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد، ابتدا معیارها و زیرمعیارها از طریق پرسش‌نامه به روش AHP وزن‌دهی شدند که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود. با توجه به جدول ۳ میزان اهمیت متوسط بارندگی سالانه با وزن ۰/۳۵۵ در پتانسیل آب زیرزمینی بسیار بالا می‌باشد. نرخ سازگاری کلیه معیارها (۰/۰۸) و زیرمعیارها (جدول ۳) نیز کمتر از ۰/۱ است که نشان از صحت وزن‌دهی دارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]

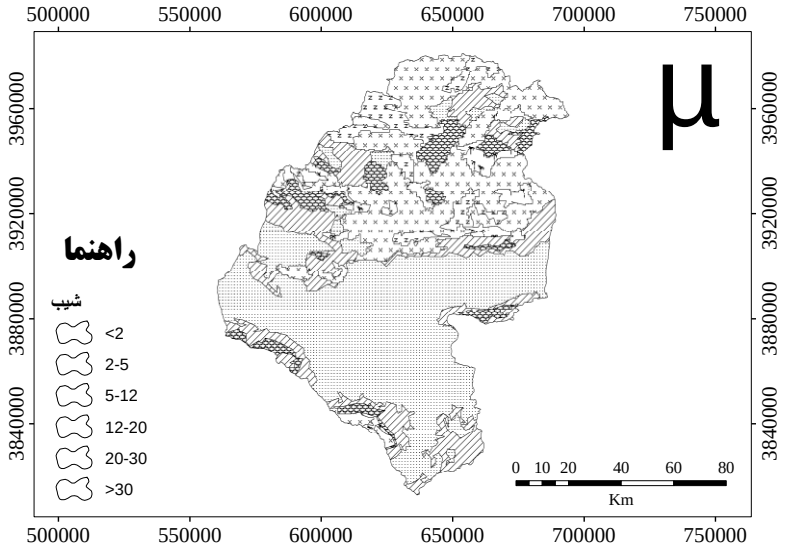
جدول ۳- وزن معیارها و زیرمعیارهای موثر در پتانسیل منابع آب زیرزمینی به روش AHP و مقادیر نرخ سازگاری زیرمعیارها

Table 3. Weights of criteria and sub-criteria effective in the potential of groundwater resources by AHP method and compatibility rates of the sub-criteria

معیار	وزن	زیرمعیار	وزن	CR
متوسط بارندگی سالانه (mm)	۰/۳۵۵	۲۰۰>	۰/۰۳۳	۰/۰۵
		۳۰۰-۲۰۰	۰/۰۶۳	
		۴۰۰-۳۰۱	۰/۱۲۹	
		۵۰۰-۴۰۱	۰/۲۶۱	
		۵۰۰<	۰/۵۱۳	
لیتولوژی	۰/۱۸۱	برونزد سنگی	۰/۰۴۹	۰/۰۹
		برونزد سنگی دارای نهشته‌های مارنی	۰/۰۸۷	
		برونزد سنگی و نهشته‌های آبرفتی	۰/۲۴۲	
		نهشته‌های آبرفتی	۰/۶۲۲	
تراکم آبراهه‌ها (km/km^2)	۰/۱۶۷	۱/۵>	۰/۴۷۶	۰/۰۴
		۲ -۱/۵	۰/۲۹۱	
		۳ -۲/۱	۰/۱۲۹	
		۶ -۳/۱	۰/۰۶۷	
		۶ <	۰/۰۳۷	
کاربری اراضی	۰/۰۸۶	جاده‌ها	۰/۰۷۴	۰/۰۷
		پوشش درختی	۰/۱۴۱	
		مناطق مسکونی و صنعتی	۰/۰۲۱	
		زمین‌های شور	۰/۰۲۶	
		معادن	۰/۰۳۲	
		اراضی کم بازده	۰/۰۸۱	
		مراتع	۰/۲۹۱	
		کشاورزی	۰/۱۸۱	
		پهنه‌های آبی	۰/۱۵۲	
شیب (٪)	۰/۰۷۷	۲>	۰/۴۳۸	۰/۰۷
		۵ -۲	۰/۲۷	
		۱۲ -۵	۰/۱۵	
		۲۰ -۱۲	۰/۰۷۵	
		۳۰ -۲۰	۰/۰۴۳	
		۳۰<	۰/۰۲۵	
تراکم گسل (m/km^2)	۰/۰۷۵	۳۰>	۰/۰۳۲	۰/۰۸
		۵۰-۳۰	۰/۰۶	
		۷۰-۵۰/۱	۰/۱۱۷	
		۹۰-۷۰/۱	۰/۲۵۸	
		۹۰<	۰/۵۳۳	
ژئومورفولوژی	۰/۰۵۹	توده سنگی، پوشش نهشته‌های منفصل کمتر از ۲۵ درصد	۰/۰۷۷	۰/۰۵
		دشت دامنه‌ای کم‌عمق با رسوبات نامتجانس عمدتاً ریزدانه و فاصله حمل کم	۰/۰۸۲	
		دشت کم وسعت با عمق کم نهشته‌ها	۰/۰۸۴	
		قسمت انتهایی مخروط افکنه با رسوبات ریزدانه سیلت و رس و املاح فراوان	۰/۰۳۴	
		قسمت میانی مخروط افکنه با رسوبات نسبتاً درشت	۰/۲۸۳	
		رسوبات بستر رودخانه	۰/۴۴	

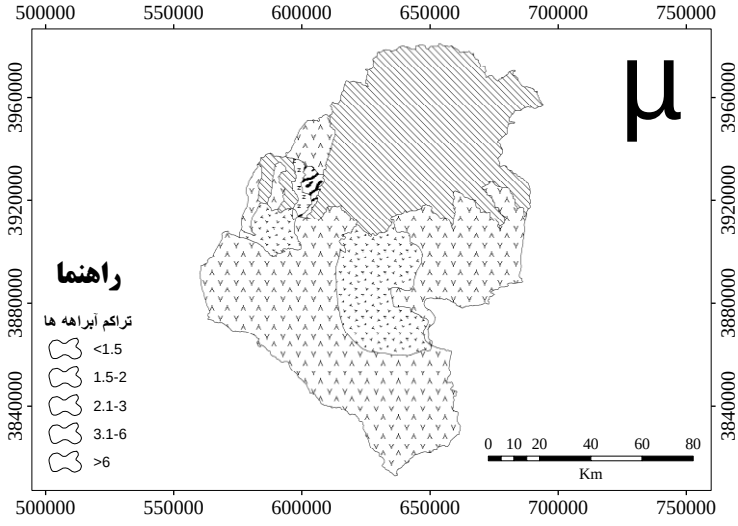
در ادامه اقدام به تهیه لایه GIS معیارها شد که در شکل‌های ۲ تا ۸ مشاهده می‌شوند. با توجه به شکل ۲ مناطق شمالی حوضه، شیب بالاتری نسبت به مناطق پایین‌دست حوضه دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل توپوگرافی که مقدار نفوذ آب را به درون زمین کنترل می‌کند، میزان شیب زمین است. نتایج نشان‌دهنده یک روند مناسب بین وقوع چشمه‌ها و چاه‌ها در کلاس‌های مختلف شیب است (چشمه‌ها در کلاس‌های بالای شیب و چاه‌ها در کلاس‌های پایین شیب تمرکز داشتند). وجود چشمه‌ها در شیب‌های پایین‌تر می‌تواند نشان‌دهنده تاثیر سازندهای زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه باشد. این نتایج، نتایج رحمتی و همکاران (۱۹)، آگاروال و گارگ (۳) و دنگ و همکاران (۷) که شیب‌های پایین را به‌عنوان یک عامل توپوگرافی در تغذیه چاه‌ها موثر می‌دانند، تایید می‌کند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۲- نقشه شیب (بر حسب درصد) حوضه رودخانه حبله‌رود
Figure 2. Slope map (in percent) of the Hable-rud River Basin

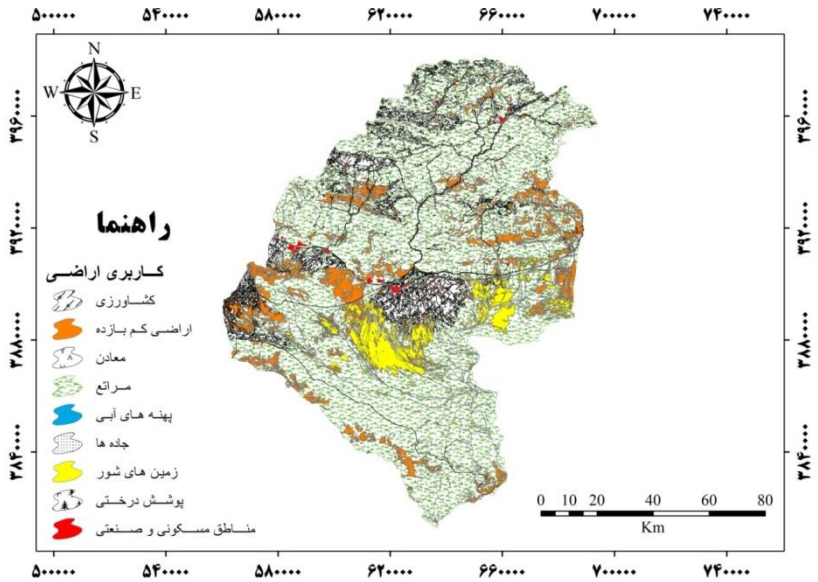
با توجه به شکل ۳ مناطق بالادست حوضه (بیشتر کوهستانی) دارای تراکم آبراهه بالاتری نسبت به پایین‌دست (بیشتر مناطق دشتی) می‌باشد. ارتباط شبکه آبراهه‌ها با چشمه‌ها و چاه‌ها در حوضه حبله‌رود به‌صورت ظهور چشمه‌ها و تغذیه چاه‌ها از رودخانه‌های موجود در منطقه است. در فواصل نزدیک به مناطقی که دارای تراکم بالای آبراهه بوده‌اند، تعداد چاه‌ها بیشتر بوده است. در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بالا بودن تراکم آبراهه نشان‌دهنده کاهش نفوذ و در نتیجه کاهش ظهور چشمه‌ها خواهد بود (رحیمی و سلیمانی (۱۷) و ساراف و همکاران (۲۳)). اما با توجه به اینکه حوضه رودخانه حبله‌رود در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است، ظهور چشمه‌ها و حفر چاه‌ها در مناطق بالای تراکم آبراهه‌ها به چشم می‌خورد. آگاروال و گارگ (۳)، کاظمی و همکاران (۱۲) و جوانی و جباری (۹) نیز به نتایج مشابهی در این زمینه رسیده‌اند.



شکل ۳- نقشه تراکم آبراهه (کیلومتر/کیلومترمربع) حوضه رودخانه حبله‌رود
Figure 3. Drainage density map (km/km^2) of the Hable-rud River Basin

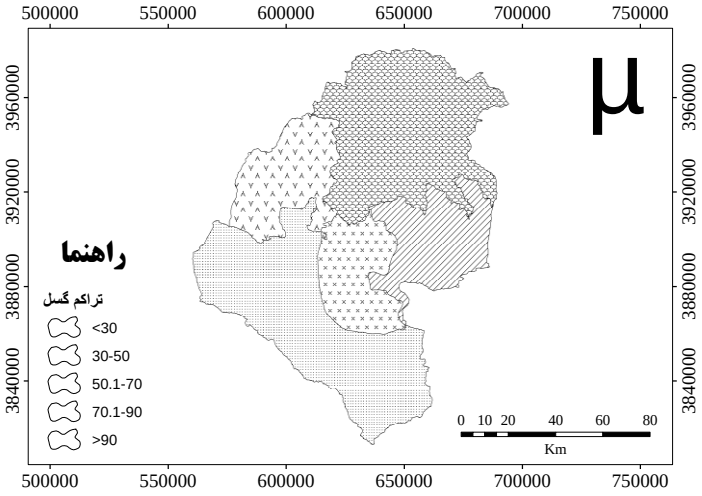
بیشترین سطح منطقه را مراتع و اراضی کشاورزی تشکیل می‌دهند که هر دو مورد در پتانسیل آبدهی نقش دارند (شکل ۴). بیشترین حضور چاه‌ها و چشمه‌ها در مراتع، بدنه‌های آبی و مناطقی که کشاورزی دارند واقع شده‌اند. در این نوع کاربری‌ها میزان نفوذ بیشتر است و پتانسیل آب زیرزمینی نیز بیشتر است. البته نباید فراموش کرد که تغییر کاربری به اراضی کشاورزی به‌صورت غیراصولی باعث سیل‌خیزی خواهد شد و میزان نفوذ نیز کمتر خواهد شد. در این زمینه عباسی و حیدری (۱)، آگاروال و گارگ (۳)، سیلواگاتی و همکاران (۲۴) و صابری و همکاران (۲۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه رودخانه حبله‌رود (۵)
Figure 4. Land use map of the Hable-rud River Basin (5)

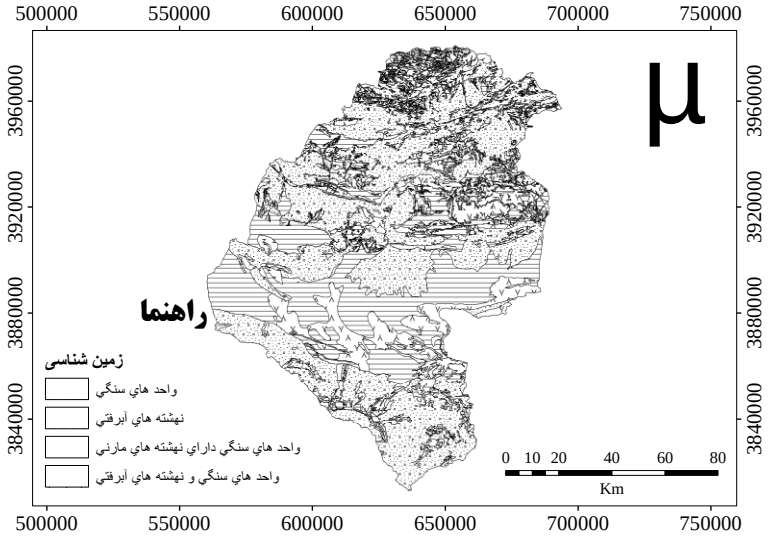
بیشترین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در بخش شمال غربی حوضه واقع شده است که دارای تراکم گسل بالاتری می‌باشد (شکل ۵). نتایج نشان‌دهنده ظهور چشمه‌ها و چاه‌ها در مناطق با تراکم گسل بالا و روند نزولی کاهش فراوانی در مناطق با تراکم گسل پایین را نشان می‌دهد. از این مطلب می‌توان استنتاج کرد که بسیاری از عناصر تکتونیکی می‌توانند به‌عنوان مجرای عبور آب عمل کنند. فراوانی چشمه‌ها در فواصل دورتر از گسل‌ها می‌تواند توسط شرایط زمین‌شناسی محل توجیه شود. نتایج این تحقیق با مطالعات رحیمی و سلیمانی (۱۷)، رحمتی و همکاران (۱۹)، سیلواگاتی و همکاران (۲۴)، الوا و قداح (۸)، کلانتری و همکاران (۱۰)، کاسا و همکاران (۱۱) و پریجا و همکاران (۱۶) هم‌خوانی دارد که گسل را به عنوان یک عامل تکتونیکی مهم بر روی ظهور چشمه‌ها معرفی کرده‌اند.



شکل ۵- نقشه تراکم گسل (متر/کیلومترمربع) حوضه رودخانه حبله‌رود
Figure 5. Map of fault density (m/km^2) for the Hable-rud River Basin

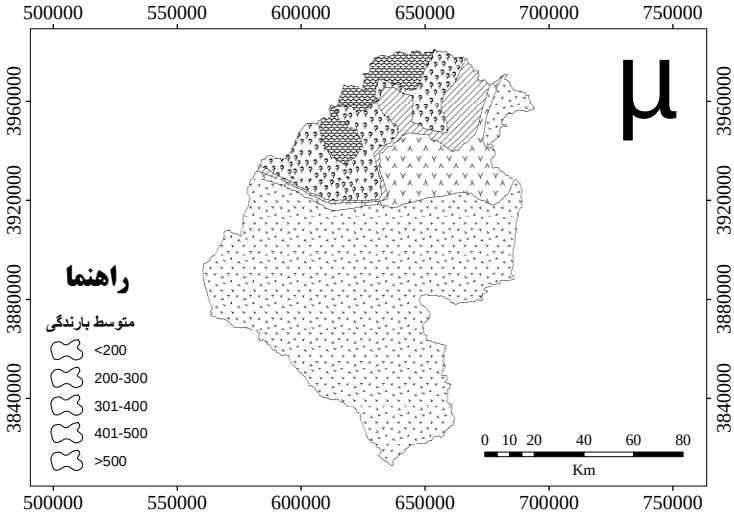
با توجه به شکل ۶ بیشترین سطح منطقه از لحاظ زمین‌شناسی برونزد سنگی می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد چاه‌ها در نهشته‌های آبرفتی و بیشترین تعداد ظهور چشمه‌ها در قسمت واحدهای سنگی با نهشته‌های آبرفتی واقع شده‌اند. زمین‌شناسی بعد از بارش بیشترین میزان اهمیت را داشته است. نتایج این بخش با نتایج آگاروال و گارگ (۳)، سیلواگاتی و همکاران (۲۴) و صابری و همکاران (۲۲) همخوانی دارد و بر اهمیت نقش زمین‌شناسی در پتانسیل آب زیرزمینی صحه می‌گذارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۶- نقشه لیتولوژی حوضه رودخانه حبله‌رود (۵)
Figure 6. Lithology map of the Hable-rud River Basin (5)

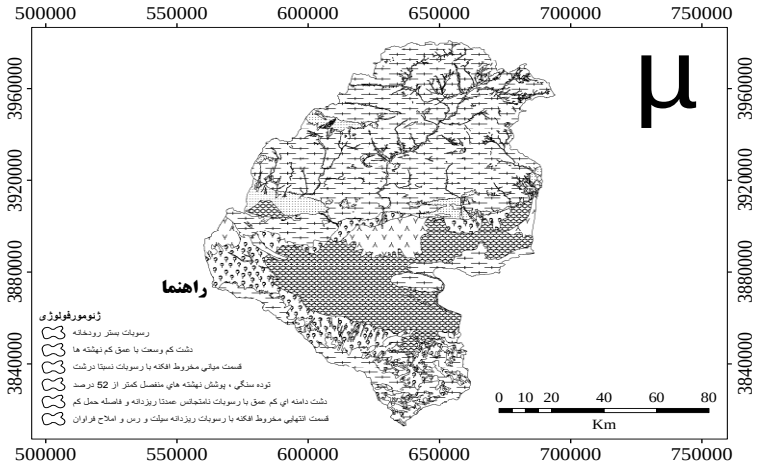
با توجه به شکل ۷ بیشترین میزان بارندگی در بالادست حوضه واقع شده است که بیشتر مناطق با پتانسیل آبدهی زیاد و خیلی زیاد در این مناطق واقع شده است. با توجه به اینکه پتانسیل آب زیرزمینی حوضه حبله‌رود به بارش وابستگی شدید دارد و در بالادست حوضه بارندگی بیشتر است، بیشتر از ۸۵ درصد چشمه‌ها و چاه‌ها نیز در بالادست حوضه واقع شده‌اند و این همبستگی بین بارش و حضور چشمه‌ها و چاه‌ها را نشان می‌دهد. به همین دلیل نیز متوسط بارندگی سالانه، بیشترین وزن (۰/۳۵۵) را بین پارامترها به خود اختصاص داده است.



شکل ۷- نقشه متوسط بارش سالانه (میلی‌متر) حوضه رودخانه حبله‌رود
Figure 7. Mean annual precipitation map (mm) for the Hable-rud River Basin

با توجه به گستردگی مساحت منطقه، تنوع بالای ژئومورفولوژی در این حوضه مشاهده می‌شود که در این میان مخروط‌افکنه‌ها دارای پتانسیل بالای آب زیرزمینی بوده‌اند. همچنین دشت‌های وسیعی نیز در این حوضه واقع شده است (شکل ۸). بیشترین تعداد چاه‌ها در بخش‌های دشتی، نزدیک به رسوبات بستر رودخانه‌ها و به‌خصوص در قسمت میانی مخروط‌افکنه‌ها واقع شده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت ژئومورفولوژی در پتانسیل منابع آب زیرزمینی است. اما در حوضه مورد مطالعه بیشتر به این دلیل که وسعت حوضه بسیار زیاد است و در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، پارامترهای دیگر در پتانسیل آب زیرزمینی بیشتر اثرگذار بوده‌اند، این پارامتر کمترین میزان اهمیت را در این مطالعه داشته است. این نتایج با نتایج آگاروال و گارگ (۳) و ماچیوال و همکاران (۱۳) که ژئومورفولوژی را به‌عنوان مهم‌ترین معیار معرفی کرده‌اند در تناقض است.

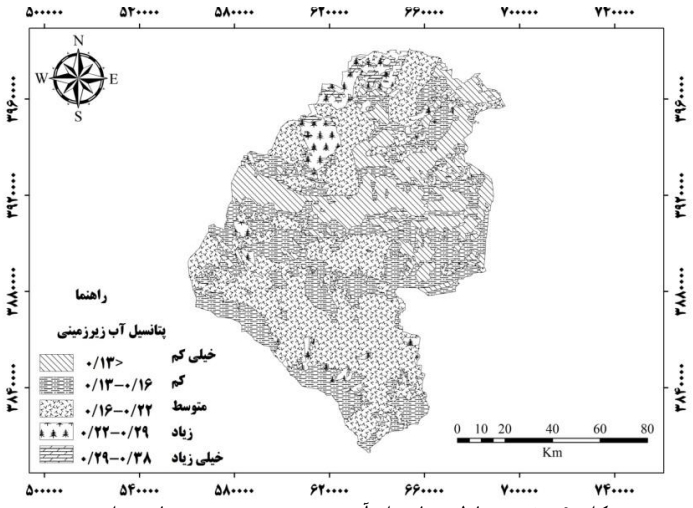
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۸- نقشه ژئومورفولوژی حوضه رودخانه حبله‌رود (۵)

Figure 8. Geomorphology map for the Hable-rud River Basin (5)

در نهایت تمامی نقشه‌ها در محیط ArcGIS به‌روش روی‌هم گذاری تلفیق و نقشه پتانسیل آب زیرزمینی به‌دست آمد (شکل ۹). تنوع بالای پتانسیل آب زیرزمینی از خیلی کم تا خیلی زیاد در حوضه نشان از پیچیدگی بالای حوضه به لحاظ معیارهای در نظر گرفته شده دارد. همچنین نظم خاصی نسبت به ژئومورفولوژی منطقه (افزایش پتانسیل آب زیرزمینی در مناطق دشتی) از لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی وجود دارد.



شکل ۹- نقشه مناطق پتانسیل آب زیرزمینی حوضه رودخانه حبله‌رود

Figure 9. Map of groundwater potential zone for the Hable-rud River Basin

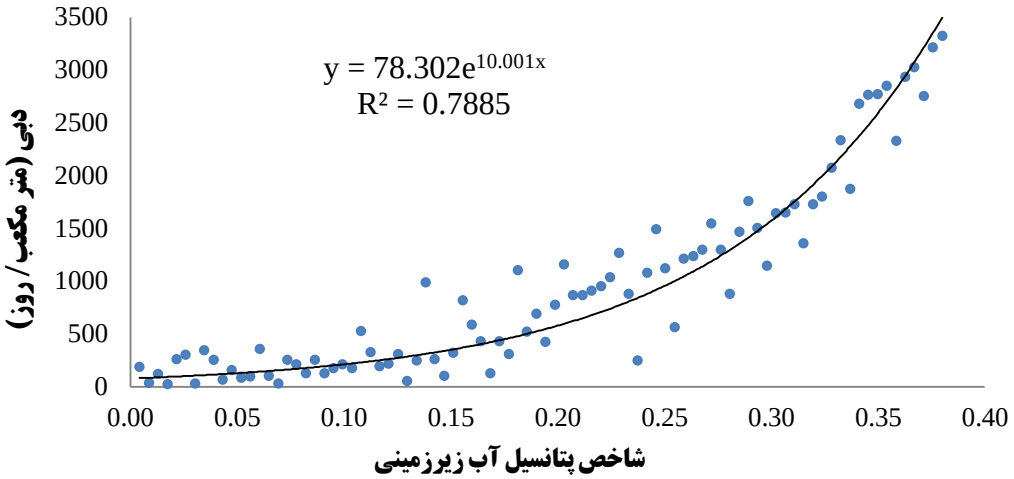
جدول ۴ درصد مساحت هر یک از طبقه‌های پتانسیل آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل متوسط بیشترین سطح و پتانسیل خیلی خوب کمترین سطح منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. جهت ارزیابی و صحت‌سنجی نقشه پتانسیل آب زیرزمینی از اطلاعات دبی ۶۶ حلقه چاه و ۲۲ دهنه چشمه استفاده شد (شکل ۱۰). با توجه به مقدار دبی چاه‌ها و چشمه‌ها و قرارگیری آن‌ها در مناطق مختلف پتانسیل آب زیرزمینی و ضریب همبستگی (۰/۷۸۸۵)، نشان از دقت روش AHP و بهره‌گیری از سیستم ArcGIS دارد.

جدول ۴- درصد مساحت مناطق پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه رودخانه حبله‌رود

Table 4. Percentage area of groundwater potential zones for the Hable-rud River Basin

شاخص	طبقه پتانسیل	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
<۰/۱۳	خیلی کم	۲۸۰۹۵۰/۶	۲۲/۲۱
۰/۱۳ – ۰/۱۶	کم	۳۶۶۰۲۱/۳۲	۲۸/۹۴
۰/۱۶ – ۰/۲۲	متوسط	۵۱۰۱۹۳/۲۴	۴۰/۳۵
۰/۲۲ – ۰/۲۹	زیاد	۹۳۴۸۴/۲۶	۷/۴
۰/۲۹ – ۰/۳۸	خیلی زیاد	۱۳۹۰۶/۴۲	۱/۱

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]



شکل ۱۰- ارتباط میان شاخص پتانسیل آب زیرزمینی و دبی چاه‌ها و چشمه‌ها در حوضه رودخانه حبله‌رود
Figure 10. Fitted line representing groundwater potential index versus discharge of wells and springs for the Hable-rud River Basin

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که ظهور چشمه‌ها در مناطق با شیب بالا و چاه‌ها در مناطق دشتی بیشترین رخنمون را دارند. عوامل تکتونیکی وجود گسل (زیاد) و تراکم گسل (بالا) بر روی دبی چاه‌ها و چشمه‌ها و ظهور آن‌ها تاثیر مثبتی دارند. تراکم آبراهه‌ها به‌عنوان یک عامل توپوگرافی نیز بر روی ظهور چشمه‌ها تاثیرگذار بوده است. از طرف دیگر نتایج این تحقیق توانایی آنالیز سلسله مراتبی در تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی را تایید می‌کند که در راستای تحقیقات رحیمی و سلیمانی (۱۷)، آدیات و همکاران (۲)، رحمتی و همکاران (۱۹)، عباسی و حیدری (۱)، آگاروال و گارگ (۳)، دنگ و همکاران (۷)، سیلواگاتی و همکاران (۲۴) و صابری و همکاران (۲۲) می‌باشد. همچنین همبستگی بالای بین شاخص پتانسیل آب زیرزمینی و آبدهی چاه‌ها و چشمه‌ها (۰/۷۸۸۵) نشان‌دهنده کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی دارد. ادغام داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اکتشاف منابع آب‌های زیرزمینی به موفقیتی در زمینه تحقیقات آب زیرزمینی تبدیل شده است که در ارزیابی، نظارت، حفظ، برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر آب‌های زیرزمینی می‌تواند مفید واقع شود. از طرفی پیچیدگی‌های موجود در طبیعت عدم قطعیت در نتایج را بالا می‌برد که در این زمینه از طریق مطالعات بیشتر می‌توان این عدم قطعیت را کاهش داد. همچنین با توجه به اینکه در مناطق جنوبی حوضه چاه یا چشمه وجود ندارد، عدم قطعیت در این مناطق بالا می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]

منابع

1. Abbasi, S. and M. Hydari. 2016. The groundwater potential assessment by the use of AHP and Fuzzy techniques (Case study of Northern Basins of Ilam province). Journal of Hydro geomorphology, 2(6): 75-93 (In Persian).
2. Adiat, K.A.N., M.N.M. Nawawi and K. Abdullah. 2012. Assessing the accuracy of GIS-based elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool: A case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. Journal of Hydrology, 440-441: 75-89.
3. Agarwal, R. and P.K. Garg. 2016. Remote Sensing and GIS based groundwater potential & recharge zones mapping using multi criteria decision analysis making technique. Water Resources Management, 30: 243-260.
4. Alizadeh, A. 2014. The principles of applied hydrology. 36th edition, University of Mashhad, Mashhad, Iran, 906 pp (In Persian).
5. Bagyaraj, M., T. Ramkumar, S. Venkatramanan and B. Gurugnanam. 2013. Application of remote sensing and GIS analysis for identifying groundwater potential zone in parts of Kodaikanal Taluk, South India. Frontiers of Earth Science, 7(1): 65-75.
6. Basavaraj, H. and R. Nijagunappa. 2011. Development of groundwater potential zone in North-Karnataka semi-arid region, using geo-informatics technology. Universal Journal of Environmental Research and Technology, 4: 500-514.
7. Deng, F., Z. Deng, D. Lv, D. Wang, H. Duan and Z. Xing. 2016. Application of remote sensing and GIS analysis in groundwater potential estimation in west Liaoning Province, China. Journal of Engineering Research, 4(3): 1-17.
8. Elewa, H. and A. Qaddah. 2011. Groundwater potentiality mapping in the Sinai Peninsula, Egypt, using remote sensing and GIS-watershed-based modeling. Journal of Hydrogeology, 19: 613-628.
9. Javani, V. and E. Jabari. 2009. Geomorphological indicators to identify groundwater resources (Case study: Ahar plain). Journal of Geographic Space, 9(25): 51-71 (In Persian).
10. Kalantari, N., A. Khubyari and M.S. Doraninezhad. 2011. The role of fractures in the spring discharges Cham Asyab in the North East Khuzestan province. Journal of Applied Geology, 8(1): 65-72 (In Persian).
11. Kassa, S., B. Pierson, W.S. Chow and J.B.A. Talib. 2012. Identification the link between lineament and Cave Passage trends to comprehend fractures continuity and influence on the Kinta Valley Karst system. International Journal of Speleology, 41(1): 59-73.
12. Kazemi, R., J. Ghayomian and N. Jalali. 2006. Investigation the effect of structural elements on the Karst water resource abundance in the LAR catchments using RS and GIS. Pajouhesh & Sazandegi, 73: 33-41 (In Persian).
13. Machiwal, D., K. Madan and C. Bimal. 2011. Assessment of groundwater potential in a semi-arid region of India using remote sensing, GIS and MCDM techniques. Water Resources Management, 25: 1359-1386.
14. Madan, K., V. Jha, M. Chowdary and A. Chowdhury. 2010. Groundwater assessment in Salboni Block, West Bengal (India) using remote sensing, geographical information system and multi-criteria decision analysis techniques. Hydrogeology Journal, 18: 1713-1728.
15. Mahini, A.S., H. Jazi, H. Karimipour, A. Mehri, H.R. Kamyab, A. Zareh, et al. 2012. Assessment and land use planning for integrated watershed management Hable-roud Basin. Publications Pune, Tehran, 396 pp (in Persian).
16. Preeja, K., R. Sabu Joseph, T. Jobin and H. Vijith. 2011. Identification of groundwater potential zones of a Tropical River Basin (Kerala, India) using remote sensing and GIS techniques. Indian Remote Sensing, 39(1): 83-94.
17. Rahimi, M. and K. Solaimani. 2017. Remote Sensing and GIS-based assessment groundwater potential zones mapping using Multi-Criteria Decision Making technique. Iran-Watershed Management Science & Engineering, 10(35): 27-38 (In Persian).
18. Rahman, A. 2008. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India. Applied Geography, 28: 32–53.
19. Rahmati, O., A. Nazari Samani, M. Mahdavi, H.R. Pourghasemi and H. Zeinivand. 2015. Groundwater potential mapping at Kurdistan region of Iran using analytic hierarchy process and GIS. Arab Journal Geosciences, 8: 7059-7071.
20. Razandi, Y., A. Malekian, S.H. Khalighi and B. Farrokhzadeh. 2015. Potential detection of groundwater using composite Analytical Hierarchy Process and Fuzzy logic (Case study: Varamin plain). Iran-Watershed Management Science & Engineering, 9(31): 41-50 (In Persian).
21. Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, 287 pp.
22. Saberi, A., K. Rangzan, R. Mehjori and M. keshavarzi. 2013. Finding potential groundwater resources by integrating remote sensing, GIS and Analytical Hierarchy Process (AHP) Anticline Kmstan in Khuzestan province. Journal of Advanced Applied Geology, 6: 6-20.
23. Saraf, A. and P.R. Chaudhary. 2005. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharges sites. International Journal of Remote Sensing, 19(10): 1825-1841.
24. Thilagavathi, N., T. Subramani, M. Suresh and D. Karunanidhi. 2015. Mapping of groundwater potential zones in Salem Chalk Hills, Tamil Nadu, India, using remote sensing and GIS techniques. Environment Monitoring Assessment, 187(164): 1-17.
25. William, H. 2008. Integrated Analytic Hierarchy Process and its applications. European Journal of Operational Research, 186: 211-228.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]

Identification of Groundwater Potential Zones using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case Study: Hable-rud River Basin–Iran)

Omid Asadi Nalivan[1], Amir Sadoddin[2], Gholam Hoseein Karami[3] and Vahed Berdi Sheikh[2]

1- PhD Student, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Associate Professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: amir.sadoddin@gau.ac.ir)
3- Associate Professor, Faculty of Earth Science, Shahrood University of Technology
Received: July 18, 2017 Accepted: October 31, 2018

Abstract

As a consequence of population growth and increasing water demands, the importance of groundwater resources, as one of the vital fresh water supplies in arid regions, becomes plainly evident. In the current research, seven factors namely mean annual precipitation, drainage density, fault density, lithology, slope, and land use/land cover were chosen to identify groundwater potential zones. The thematic factor maps were created and the corresponding class and factor weights were assigned to factor maps using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The groundwater potential map was created by superimposing the weighted thematic maps. The final potential map was validated by discharge data corresponding to 88 wells and springs located in the study area. The results indicate that the accuracy of the AHP method is about 78%. The zones with high groundwater potential are situated in the regions covered with conglomeratic attached sediments, sandstone, old river traces, and areas with higher fault density. Moreover, mean annual precipitation has the highest contribution (0.355) to modeling process while the geomorphology (0.059) factor has the lowest importance. A total of around 49 percent of the study area identified to have moderate to high ground water potential. The results suggest that the AHP method has a high capability in identifying groundwater potential zones in the Hable-rud River Basin.

Keywords: Groundwater potential, Analytical Hierarchy Process, ArcGIS, The Hable-rud River Basin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.1.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.36]