دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۴
زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۲۳۴-۲۱۵

*عبدالرضا واعظی هیر [۱]
مرتضی وفادار [۲]
واحده آقایی [۳]

پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی موجود در واحدهای کارستی و سازند سخت کوه مورو-صوفیان با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP، SAW و F-AHP

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۵/۱٦ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۳/۲٤

چکیده

روند روبه رشد مناطق صنعتی و جمعیتی اطراف کوه مورو در سال‌های اخیر از یک طرف و کاهش منابع آب آبرفتی منطقه از طرف دیگر، ضرورت پی‌جویی منابع آب زیرزمینی در منطقه کوه مورو را دوچندان کرده است. رخنمون طیف وسیعی از سازندهای سخت در کوه مورو و متوسط بارش سالانه ۳۰٤ میلی‌متری نشان‌دهنده احتمال وجود غنی منابع آب زیرزمینی در منطقه می‌باشد. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در منطقه کوه مورو با تحلیل عوامل مؤثر در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و با استفاده از مدل تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP) در محیط Arc GIS است. گسترش سازندهای سخت آذرین، ماسه‌سنگ و سنگ‌های آهکی در این منطقه، باعث ایجاد سفره‌های سازند سخت با ذخیره و کیفیت مناسب را به‌وجود آورده است که بخشی از آب مورد نیاز منطقه به‌ویژه در بخش شرب را تأمین می‌کند؛ بنابراین برای تعیین مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی ابتدا بر اساس روش تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP) در نرم‌افزار IDRISI و همچنین روش رتبه‌بندی تجمعی ساده (SAW) و روش فازی-تحلیل سلسله مراتبی (F-AHP) برای لایه‌های مختلف وزن‌های مناسب اعمال شد و درنهایت با روش میانگین‌گیری وزنی درجه‌ای و با استفاده از تابع حسابگر (Raster Calculator) نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی در پنج گروه خیلی کم، کم،

*۱- هیات علمی گروه علوم زمین دانشگاه تبریز. (نویسنده مسئول). E-mail: r.vaezi@tabrizu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد طبقه‌بندی شد و با موقعیت چشمه‌ها و قنات‌ها واسنجی گردید. واسنجی نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده با موقعیت چشمه‌های منطقه نشان داد که مدل F-AHP و SAW نتایج مشابهی را ارائه می‌دهد. نتیجه این پژوهش نشان داد بخش مرکزی تاقدیس مورو پتانسیل بالایی از آب زیرزمینی را به‌ویژه در یال شمالی دارد. تراکم شکستگی و نوع لیتولوژی منطقه بیش‌ترین تأثیر را بر تشکیل منابع آب زیرزمینی منطقه داشته است.

کلید واژه‌ها: پتانسیل‌یابی، سازند سخت، کوه مورو، آب زیرزمینی و AHP، FAHP و SAW.

مقدمه

در دهه‌های اخیر نیاز روزافزون به آب و کاهش ذخایر آبرفتی موجب توجه بیش‌تر کارشناسان به بهره‌برداری از منابع آب موجود در سازندهای سخت و آهکی شده است. این آبخوان‌ها با منابع با کیفیت مناسب، می‌توانند نقش مهمی را در تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی ایفا کنند. طبق برآوردی که صورت گرفته است، در حدود ۲۵ درصد جمعیت دنیا از منابع آب سازند سخت و کارستی بهره‌مند می‌شوند (Milanovich, 1988: 17 [4]). ماسه‌سنگ‌ها، سنگ‌های آهکی و دولومیتی، روانه‌های بازالتی و سنگ‌های درز و شکافدار آذرین درونی و دگرگونی مثال‌هایی از انواع واحدهای سنگی هستند که به‌عنوان آبخوان شناخته می‌شوند. برجسته‌ترین ویژگی هیدروژئولوژیکی این نوع آبخوان‌ها، تغییرات زیاد در خصوصیات هیدرودینامیکی آن‌ها می‌باشد. علت این موضوع این است که سیستم شکستگی و شکاف‌ها، مسیرهای هیدرولیکی را در توده سنگ ایجاد می‌کنند. جهت مطالعه آب زیرزمینی در سازندهای سخت، چشمه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند و به عقیده کرسیک و استوانویچ [5] (Kresic, 2010: 567) مستقیماً خصوصیات درونی آبخوان را منعکس می‌سازند. آبخوان‌های سازند سخت و واحدهای کارستی، به علت دارا بودن مقادیر کم املاح، کیفیت مطلوبی جهت مصارف مختلف دارند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات مختلف، به دلیل وجود عدم قطعیت و اعمال نظرات کارشناسی در روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره بهتر است که به‌طور همزمان از چند روش استفاده گردد و نتایج حاصل باهم مقایسه شوند تا روش و مدل بهینه معرفی گردد. از طرف دیگر محققان امروزه به دنبال مدل‌های چند معیاره (MCDM) برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده‌اند. در این تصمیم‌گیری‌ها به‌جای یک معیار برای سنجش از چند معیار استفاده می‌گردد. تصمیم‌گیری چند معیاره یک چارچوب نویدبخش برای ارزیابی مسائل چندبعدی، متناقض و ناسازگار است. این روش به مجموعه‌ای از تکنیک‌های تصمیم‌گیری که دربرگیرنده مجموعه عوامل کمی و کیفی است، اطلاق می‌شود. روش تصمیم‌گیری چند معیاره پتانسیل زیادی را به‌منظور کاهش دادن هزینه و زمان و بالا بردن دقت در تصمیم‌گیری‌ها، دارا می‌باشد و می‌تواند چارچوب مناسبی را برای حل مسائل مختلف فراهم بیاورد. در این روش هر گزینه با چند شاخص

4- Milanovic
5- Kresic and Stevanivic

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

ارزیابی می‌شود و انتخاب گزینه از طریق سطح مورد نظر برای معیارها و یا از طریق مقایسه معیارها و گزینه‌ها صورت می‌گیرد. در این روش‌ها شاخص‌های کیفی به اعداد کمی تبدیل می‌شوند و با مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر بر اساس اهمیت گزینه‌ها اولویت‌بندی می‌شوند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۶] (AHP) که اولین بار در سال (۱۹۸۰) توسط صائتی[۷] ابداع گردید (Saaty, 2012: 175). هنگامی‌که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌رو است می‌تواند استفاده گردد (Bertolini, 2006: 424). معیارهای مطرح شده می‌توانند کمّی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. روش وزن‌دهی تجمعی ساده[۸] (SAW) یکی دیگر از بهترین و مورد استفاده‌ترین روش‌های مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[۹] (MADM) می‌باشد. در این روش امتیاز هر گزینه از طریق تجمیع ارزش‌های آن گزینه در معیارهای مختلف با احتساب وزن هر معیار به‌دست می‌آید به طوری که وزن‌های نسبی به‌صورت مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده داده می‌شود. در سال‌های اخیر ترکیبی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فازی که در ادبیات تخصصی به فازی-تحلیل سلسله مراتبی[۱۰] (F_AHP) معرف می‌باشد مورد توجه قرارگرفته است. در این روش، قضاوت‌های منطقی‌تری در رابطه با اولویت‌بندی معیارها و وزن‌دهی آن‌ها صورت می‌پذیرد. در حالت فازی معمولاً تصمیم‌گیران قضاوت‌های راحت‌تری را با بیان قضاوت‌های بازه‌ای به‌جای بیان قضاوت‌های ثابت به سبب ماهیت فرآیند دودویی فازی انجام می‌دهند (Dadashpour, 2014: 73). بر اساس نظریه فازی عضویت اعضا در مجموعه به‌طور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه عضویت از صفر تا یک می‌باشد. به همین دلیل عددهای داده شده نه صفر است نه یک، یعنی در واقع در منطق فازی قطعیت موجود در منطق بولین (یا صفر یا یک) وجود ندارد و هر لایه در مقیاس بین صفر و یک درجه‌بندی می‌شود (Shamsi, 2015: 105).

پیشینه پژوهش

در چند سال اخیر مطالعاتی بر روی سازندهای سخت و آهکی صورت گرفته و از روش‌های مختلفی نیز برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در این سازندها انجام داده‌اند که از آن جمله می‌توان به Zeinolabedini (2015: 40) اشاره کرد در این پژوهش از کاربرد GIS برای تعیین مناطقی با پتانسیل آب زیرزمینی بالا در شهرستان بافت استفاده گردید. برای رسیدن به این هدف، پارامترهایی مانند بارش، شیب، گسل، پوشش گیاهی، پوشش زمین و سنگ‌شناسی استفاده شد. بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با توجه به تأثیر هر یک از پارامترها در پتانسیل‌یابی وزن‌های مختلف اعمال شد. پس از توسعه و وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی در GIS، نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی به‌وسیله مدل ذکر شده محاسبه شد. به‌وسیله مدل توسعه داده شده، چهار منطقه دارای پتانسیل بالا، متوسط، کم و بدون پتانسیل شناسایی شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ۰/۷۱ از مناطق دارای پتانسیل بالا، ۴۱/۲۳٪ با پتانسیل

6- Analytical Hierarchy process
7- Saaty
8- Simple Additive Weighting method
9- Multi Attribute Decision Making
10- Fuzzy-Analytical Hierarchy process

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

متوسط و ٤٥/٦٣٪ دارای پتانسیل کم می‌باشند. علاوه بر این، ۱۲/۳۸٪ از منطقه بدون پتانسیل بود. نتایج به‌دست آمده می‌تواند در برنامه‌های مدیریت منابع آب سطحی و جلوگیری از بهره‌برداری بیش‌ازحد از آن مفید باشد. Hatefi (2016: 6) در مقاله خود تحت عنوان پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی به روش سلسله مراتبی (AHP)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) از واحدهای سنگ‌شناسی، خطواره‌ها، شیب، توپوگرافی، تراکم زهکشی، پوشش گیاهی و خطوط هم‌باران برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه مهدی‌شهر استفاده گردید و پس از وزن‌دهی در کلاس های مختلف از طریق تحلیل سلسله مراتبی، حوضه مهدی‌شهر از نظر نواحی بالقوه آب‌های زیرزمینی تقسیم‌بندی گردید. نتایج نشان داد که از بین ۷ معیار مورد بررسی توسط نظرات خبرگان و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، معیار زمین‌شناسی و خطواره به‌ترتیب با اهمیت نسبی ۰/۳۳ و ۰/۲۲ دارای بیش‌ترین اهمیت نسبی و ارجحیت بالا جهت پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در منطقه می‌باشد. تراکم زیاد خطواره‌ها در سازندهای ماسه‌سنگی شمشک و باروت و همچنین آهک‌های ضخیم لایه سازندهای تیز کوه، لار و زیارت، مناطق خوب و بالقوه آب‌های زیرزمینی را تشکیل داده‌اند. Mohamad zadeh (2015: 149) بر اساس روش مقایسات زوجی بر مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با روش میانگین‌گیری وزنی درجه‌ای[11] (OWA) جهت پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در سازند سخت حوضه صائین در استان اردبیل، به این نتیجه رسیده‌اند که واحدهای الیوین بازالتی و آندزیت‌های پیروکسن‌دار و کنگلومرای نئوژن به‌عنوان مناطق با پتانسیل بسیار زیاد شناخته شده و موقعیت چشمه‌ها و روند گسل‌ها و شکستگی‌ها و گسترش آن‌ها در واحدهای سازند سخت شرایط مناسبی را جهت انتقال آب زیرزمینی به خارج حوضه فراهم آورده است. همچنین نتایج صحت سنجی نیز نشان‌دهنده قابل قبول بودن روش OWA در پتانسیل‌یابی منابع آب سازند سخت نسبت به روش AHP است. Shamsi (2015: 105) با استفاده از سه روش F-AHP, OWA و WLC[12] در پتانسیل‌یابی منابع آب حوضه آبریز قلعه چای (آذربایجان‌شرقی) با اطلاعات به‌دست آمده از مطالعات میدانی و موقعیت چشمه‌ها مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر نفوذ آب در سازندهای سخت را سنگ‌شناسی، فرسایش‌پذیری و تراکم خطواره معرفی نمود. Prasad (2008: 3) با استفاده از روش تلفیقی RS و GIS پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در سازندهای سخت ناحیه نالگوندا[13] در هند را انجام دادند. در این تحقیق لایه‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، شیب، تراکم آبراهه و خطواره‌ها با استفاده از داده‌های RS در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و اطلاعات توپوگرافی تهیه شده‌اند. همچنین از داده‌های ٤٣٨ حلقه چاه حفر شده در منطقه، جهت ارزیابی صحت نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی استفاده کردند و درنتیجه زون‌های مناسب در منطقه را ارزیابی کرده و مدیریت منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در سازندهای سخت را توصیف کردند. Preeja (2011: 2) پریجا[14] با استفاده از تلفیق تکنیک‌های RS و GIS مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی را در حوضه آبریز کرالا در هند شناسایی کردند. جهت این کار لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خطواره‌ها، شیب، کاربری اراضی و پوشش گیاهی را با استفاده از داده‌های ETM+ لندست و نقشه ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی در محیط

11- Ordered Weighted Average
12- Weighted Linear Combination
13- Nalgonda
14- Preeja et al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

Arc GIS تهیه کردند. نقشه تلفیق حاصل از این لایه‌ها، بر اساس پراکندگی پتانسیل آب زیرزمینی، به ٤ گروه پتانسیل ضعیف، متوسط، خوب و پتانسیل خیلی‌خوب شناسایی و مشخص شدند. واحدهای هیدروژئومورفولوژی از قبیل دره‌های انباشته و دشت آبرفتی دارای پتانسیل مناسب جهت اکتشاف آب زیرزمینی، با تراکم خطواره‌ها که مناسب جهت استخراج آب زیرزمینی هستند، منطبق می‌باشند.

مواد و روش‌ها

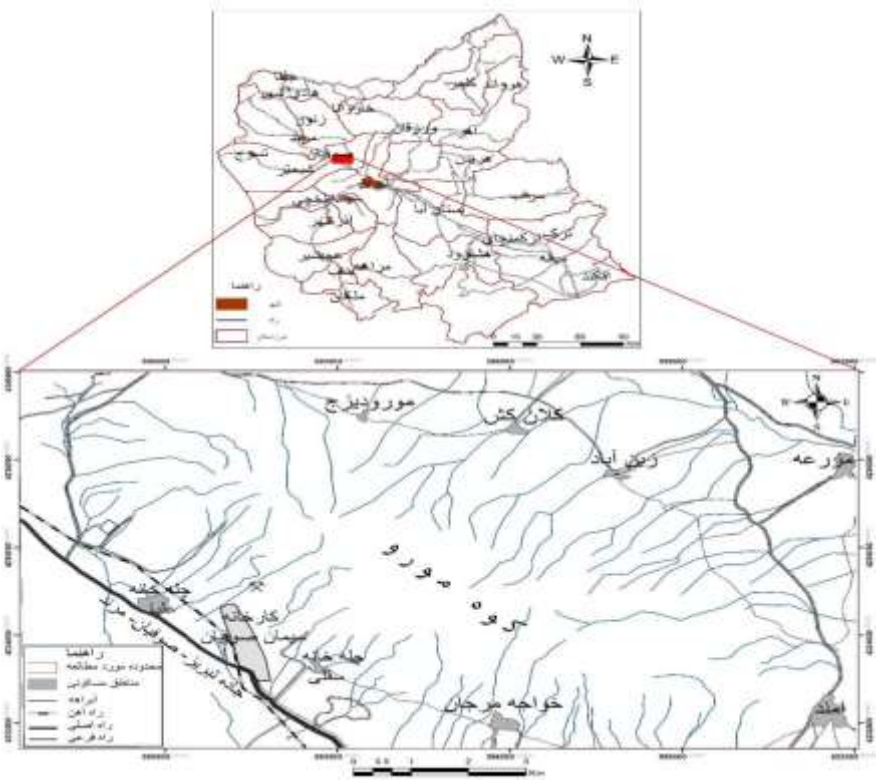
به‌منظور تامین بخشی از آب شرب روستاهای منطقه و نیز اکتشاف منابع استراتژیک آب زیرزمینی، محدوده کوه مورو موردمطالعه قرار گرفت. در مقاله حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در کوه مورو با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) و سنجش‌ازدور (RS) و استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و وزن دهی تجمعی ساده (SAW) و همچنین ترکیب سیستم فازی با فرآیند فازی-تحلیل سلسله مراتبی (FAHP)، مناطق بر اساس پتانسیل آب زیرزمینی در واحدهای کارستی و سازند سخت شناسایی و پهنه‌بندی گردید و در نهایت نتایج حاصل از سه روش به‌منظور سنجش دقت آن‌ها مقایسه شد. هدف پی‌جویی منابع آب جدید در منطقه کوه مورو برای استفاده در مصارف شرب روستاهای منطقه بوده است.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی کوه مورو با وسعتی بیش از ۱۹۰۰۰ هکتار (۱۸۰ کیلومتر مربع) با روند تقریبی شرقی-غربی در سمت شمال‌غربی شهر تبریز و شمال‌شرقی دریاچه ارومیه قرار دارد و یکی از حوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد (شکل ۱). طبق طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای آب‌وهوای نیمه مرطوب و سرد و میانگین بارش سالانه آن طبق داده‌های سینوپتیک صوفیان و تبریز (سال‌های بین ۷۹-۹۲) معادل ۳۰٤ میلی‌متر در سال بوده و میانگین میزان سالانه تبخیر ۲٤٤/۵ می‌باشد. بیشینه و کمینه (منتهی به دشت) ارتفاع در کوه مورو به‌ترتیب ۲۲۰۰ و ۱۳۰۰ متر از سطح دریا است.

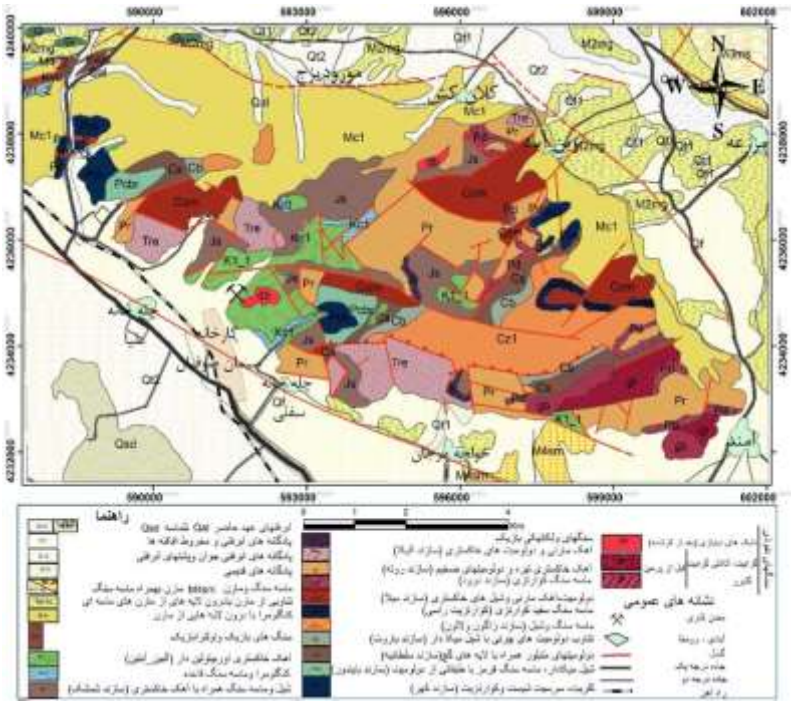
کوه مورو طبق تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵) در زون البرز-آذربایجان و در بخش ماکو-تبریز قرار می‌گیرد. از لحاظ لیتولوژی کوه مورو بیش‌تر از سنگ‌های آذرین وسنگ‌های آهکی و ماسه‌سنگ تشکیل یافته است. آهک‌هایی که بیش‌تر حائز اهمیت می‌باشند آهک‌های دوران کرتاسه (k1-1) هست که ضخامت و گسترش آن‌ها در منطقه زیاد بوده و از لحاظ کارست‌زایی نیز مهم می‌باشند. از لحاظ ساختاری این منطقه کاملاً تکتونیزه شده که بر اثر حرکت دو گسل شمالی و جنوبی (گسل تبریز) کوه مورو باعث بالاآمدگی این منطقه شده و باعث ایجاد گسل‌های پرمانند و شکستگی در منطقه گردیده است (شکل ۲).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (کوه مورو)

Figure 1: location of the studied area (Morow Mountain)



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

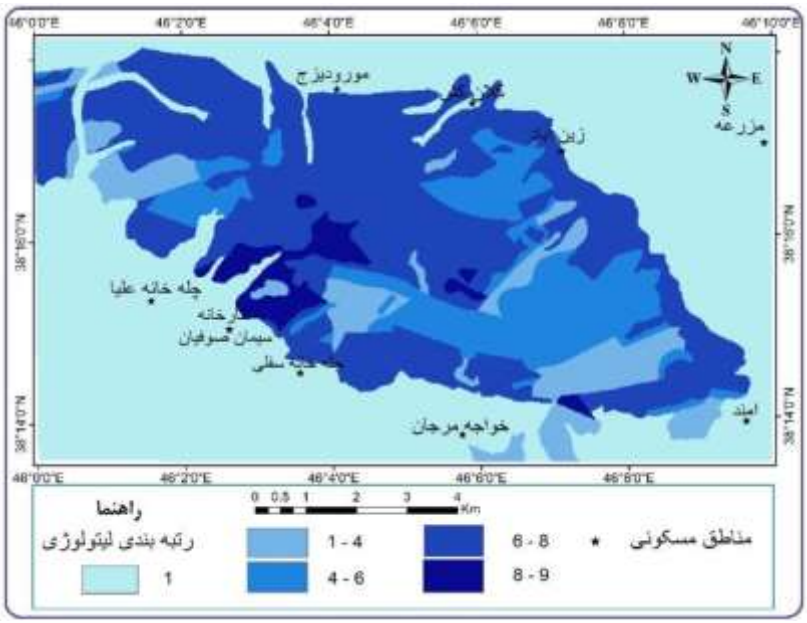
Figure 2: Geological map of the studied area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- لایه‌های اطلاعاتی

به‌منظور تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی از هشت لایه اطلاعاتی مختلف استفاده گردید که در نهایت از هم‌پوشانی این هشت لایه نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی تهیه گردید.

لایه لیتولوژی: جهت تهیه لایه لیتولوژی از نقشه زمین‌شناسی تبریز که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده است استفاده گردید. بر اساس اهمیت سازندها و سنگ‌ها در تشکیل منابع آب زیرزمینی وزن‌های مناسب برای هر لایه اعمال و در محیط نرم‌افزاری GIS فازی گردید و بدین‌صورت نقشه لیتولوژی محدوده تهیه شد. سازندهای سخت نفوذپذیر مثل سنگ‌های آهکی، ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها بیش ترین وزن، سنگ‌های آذرین در رتبه بعدی و کم‌ترین وزن نیز به مارن و رسوبات آبرفتی عهد حاضر که جزء سازند سخت نمی‌باشند، اختصاص یافت (شکل ۳).



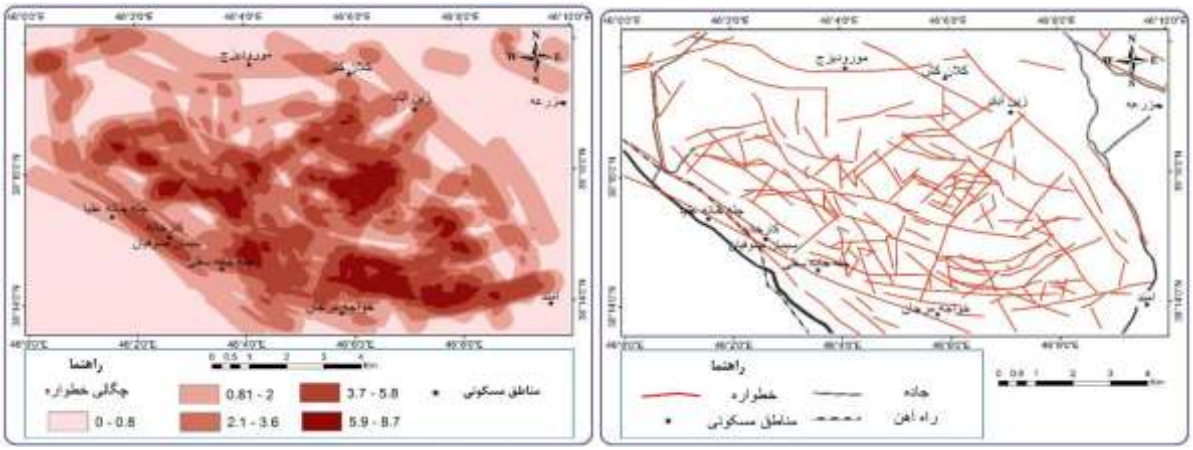
شکل ۳: نقشه رتبه‌بندی واحدهای زمین‌شناسی

Figure 3: Rating map of the geological units

لایه تراکم شکستگی: با اعمال فیلترهای جهتی بر روی تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ در نرم‌افزار ENVI و سپس انتقال آن به محیط GIS، لایه خطواره تهیه شد و سپس با بررسی بصری لایه خطواره و حذف خطواره‌های مشکوک مانند جاده‌ها، شبکه زهکشی و... لایه شکستگی‌های منطقه استخراج گردید. این شکستگی‌ها با گسل‌های موجود بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی مقایسه و در مواردی ترکیب گردید. سپس با استفاده از تابع چگالی[15] نقشه تراکم شکستگی تهیه‌شده که پس از طبقه‌بندی، بیش‌ترین امتیاز به طبقه‌ای با تراکم بیش‌تر و کم‌ترین امتیاز با طبقه‌ای با تراکم کم‌تر اختصاص یافت (شکل ٤).

15- Line Density

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

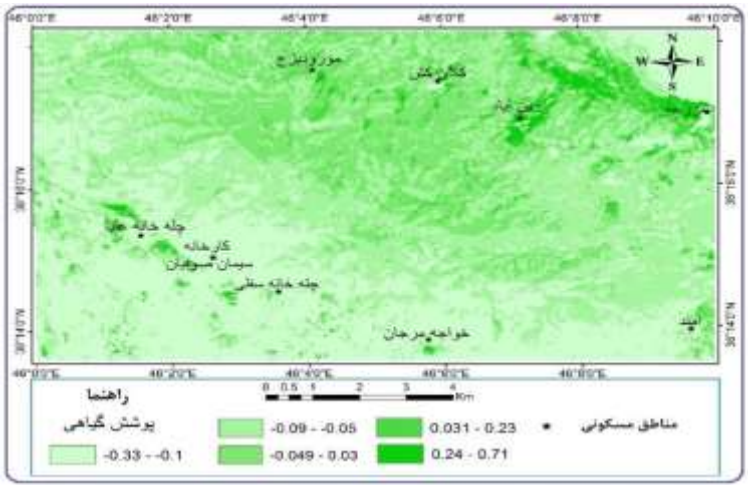


شکل ٤: نقشه خطواره‌ها و تراکم خطواره‌های منطقه مورد مطالعه

Figure 4: Linements and their density at the studied area

لایه تراکم پوشش گیاهی[۱۶]: جهت تهیه این لایه از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده NDVI استفاده شد رابطه (۱). مقادیر شاخص پوشش گیاهی بر اساس جذب اشعه توسط کلروفیل در منطقه طیفی قرمز (RED) و بازتاب آن در طیف مادون‌قرمز نزدیک (NIR) متفاوت است. به همین دلیل از دو باند ۵ و ٤ تصاویر لندست ۸ در نرم‌افزار ENVI استفاده گردید (شکل ۵).

$$NDVI=((NIR-RED)/(NIR+RED)) \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۵: نقشه پوشش گیاهی منطقه تهیه شده به روش NDVI

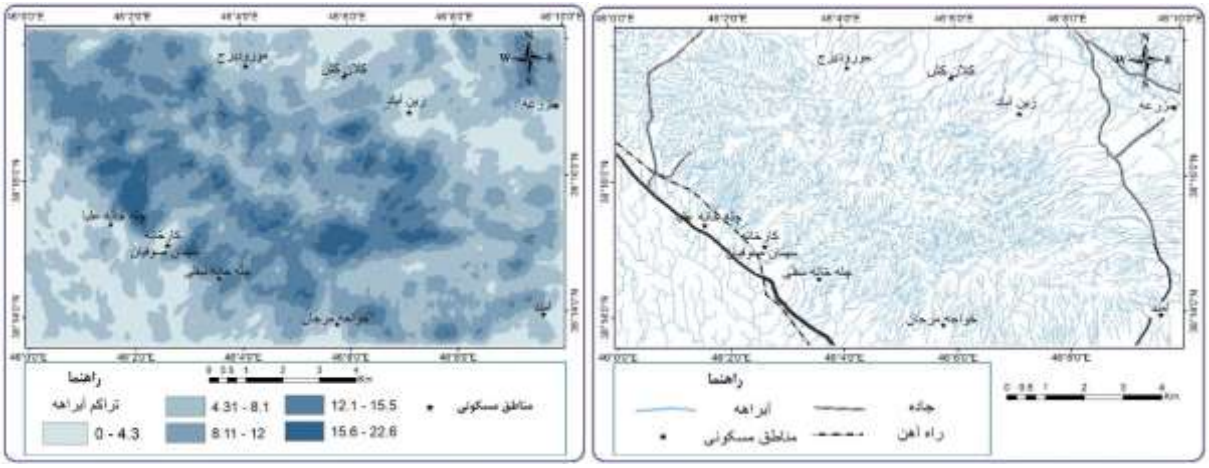
Figure 5: Vegetation Cover Density map of the area prepared by the NDVI method

لایه تراکم آبراهه: جهت تهیه لایه تراکم آبراهه‌ها ابتدا از نقشه DGN و DEM منطقه، آبراهه‌ها استخراج گردید و سپس وارد محیط GIS شده و لایه رستری آن تهیه شد و با اعمال تابع تحلیلی تراکم[۱۷] نقشه تراکم آبراهه‌ها تهیه گردید. از

18- Vegetation Cover Density
17- Line Density

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

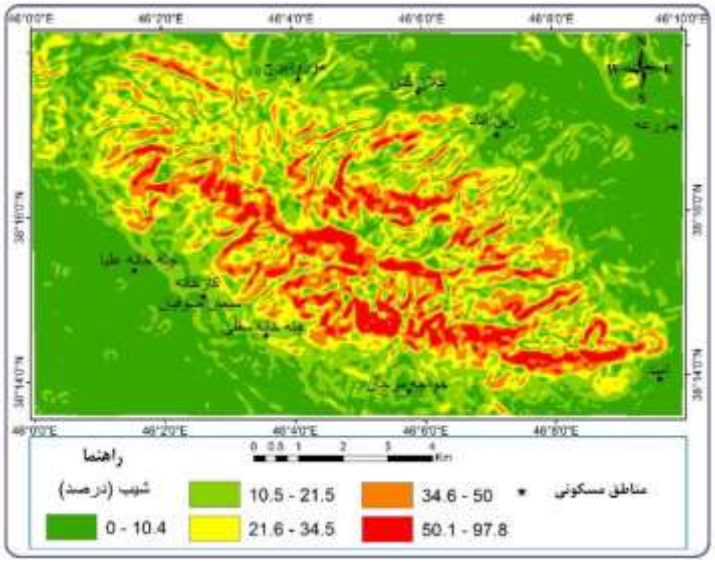
آنجایی‌که میزان تراکم آبراهه‌ها با میزان تغذیه آب زیرزمینی رابطه معکوس دارد، لذا در امتیازبندی این پارامتر، مناطقی که دارای تراکم کم‌تری هستند از ارزش بالاتری برخوردار می‌باشند (شکل ٦).



شکل ٦: نقشه آبراهه‌ها و تراکم آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه

Figure 6: Streams and their density at the studied areas

لایه شیب: میزان شیب هم در میزان رواناب حاصله از بارش و هم در میزان نفوذپذیری نقش مؤثری دارد (Ford, 2007: 573)[18]. افزایش شیب زمین باعث افزایش سرعت رواناب سطحی و کاهش میزان آب نفوذی به زمین می‌شود، بنابراین به‌عنوان یک پارامتر منفی برای تغذیه در نظر گرفته می‌شود. برای تهیه این لایه از نقشه DEM ۳۰ متری محدوده مورد مطالعه و با استفاده از تابع تحلیل‌گر مکانی و ابزار Slope شیب منطقه به‌دست آمد (شکل ۷).



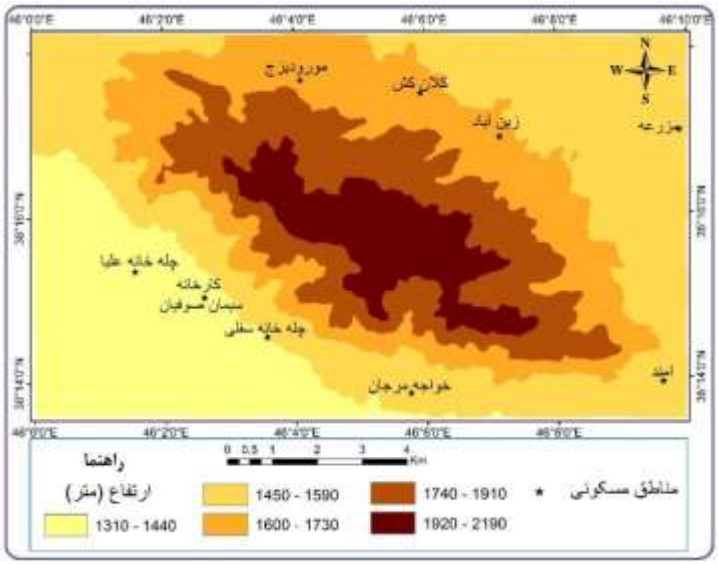
شکل ۷: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

Figure 7: Slope map of the studied area

18- Ford

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

لایه ارتفاع: ازآنجا که از تأثیر ارتفاع بر منابع آب زیرزمینی می‌توان به نوع بارش و میزان بارش در ارتفاعات بیش تر اشاره کرد که در ارتفاعات بارش بیش تر به‌صورت برف است و میزان تبخیر و تعرق کم‌تر بوده و ذوب تدریجی برف در فصل‌های گرم سال موجب تقویت آب‌های زیرزمینی می‌گردد. از طرف دیگر با افزایش ارتفاع مساحت حوضه آبگیر آبخوان کاهش خواهد یافت، یعنی با افزایش ارتفاع مساحتی از زمین که بارش را دریافت می‌کند، کاهش خواهد یافت؛ بنابراین از پارامتر ارتفاع به‌صورت دو تأثیر متضاد بر منابع آب زیرزمینی در این تحقیق استفاده شده است. برای تهیه لایه ارتفاع از نقشه DEM سی متری محدوده مورد مطالعه استفاده گردید (شکل ۸).



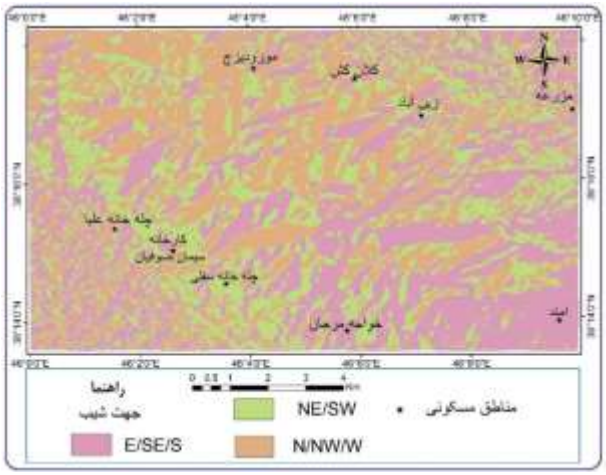
شکل ۸: نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

Figure 8: Digital elevetion model of the studied area

- جهت شیب

جهت شیب از نظر تأثیر آن در برخی فرآیندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برف‌ها و تنوع پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق در تشکیل منابع آب زیرزمینی نقش دارند. مناطقی که بیش‌تر در معرض مستقیم نور خورشید قرار بگیرند، تبخیر در آن‌ها زیاد و ذوب برف‌ها سریع اتفاق خواهد افتاد. جهت شیب همچنین از نظر قرار گرفتن در جهت توده‌های باران‌زا و دریافت بارش بیش‌تر در تشکیل منابع آب زیرزمینی نقش دارند. در اقلیم شمال‌غرب ایران توده‌های هوایی که باعث بارش‌های این منطقه می‌شوند توده‌های هوای مدیترانه‌ای هستند که از غرب وارد منطقه می‌شوند و توده‌هایی که از شمال و از سیبری به منطقه می‌رسند؛ بنابراین دامنه‌های غربی و شمالی به دلیل قرار گرفتن در جهت توده‌های باران‌زا و دریافت بارش بیش‌تر و تبخیر کم‌تر امتیاز بیش‌تر و طبقات جنوبی به دلیل عکس این قضیه، امتیاز کم‌تری به خود اختصاص دادند (Shamsi, 2015: 71). این لایه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی در محیط GIS و با اعمال الگوریتم Aspect تهیه گردید (شکل ۹).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

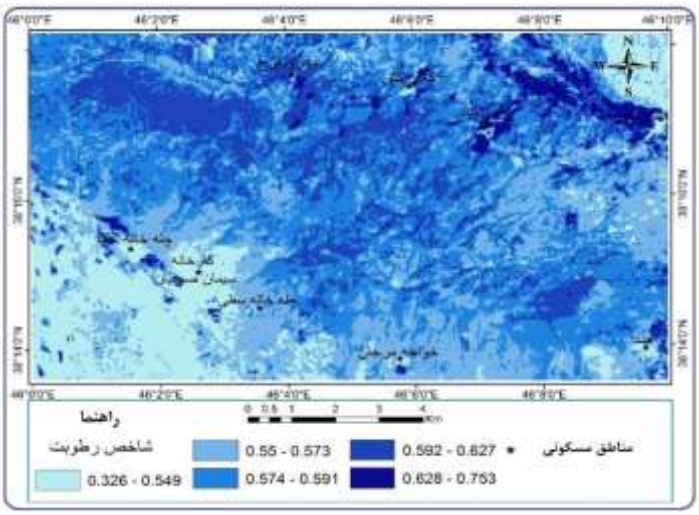


شکل ۹: نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه

Figure 9: Aspect map of the studied area

لایه شاخص رطوبت اختلاف نرمال[۱۹] (NDMI): میزان رطوبت خاک که با تکنیک‌های جدید بر روی عکس‌های ماهواره‌ای قابل تشخیص می‌باشد می‌تواند نشانه‌ای از وجود منابع آب زیرزمینی در منطقه باشد. برای تهیه این لایه بعد از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریک روی تصویر لندست ۸ با استفاده از دو باند ۵ و ۷ رابطه (۲) در نرم‌افزار ENVI و ابزار Band Math لایه اولیه استخراج و سپس با انتقال به محیط GIS به لایه رستری تبدیل و رتبه‌بندی شد (شکل ۱۰).

$$NDMI=((NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)) \quad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۱۰: نقشه شاخص رطوبت (NDMI) منطقه مورد مطالعه

Figure 10: Normalized difference moisture index layer map of the studied area

19- Normalized difference moisture index layer

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- روش رتبه‌بندی تجمعی ساده (SAW)

در این روش به معیارها و گزینه‌ها بر اساس تجربیات فرد یا گروه امتیاز و ارزش تعلق می‌گیرد که ضرایب متغیر نامیده می‌شود و نقشه هر یک از معیارها بر اساس آن ارزش‌ها در GIS طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱). در روش SAW معیارهای ارزیابی باید از همدیگر مستقل باشند و هیچ همبستگی بین معیارها وجود نداشته باشد در غیر این صورت ممکن است به نتایج اشتباه انجامد. اولین مرحله‌ی وزن‌دهی به روش SAW تعریف وزن معیارهاست.

جدول ۱- رتبه‌بندی معیارها بر اساس روش SAW

Table 1: Ranking of the criteria by SAW method

معیار	طبقات	رتبه اولیه (SAW)			
لیتولوژی	رسوبات و آبرفت های عهد حاضر	۱		۵۰-۹۷/۸	۱
	دایک های دیابازی و ماسه سنگ مارنی	۳	ارتفاع با مساحت	۱۳۱۰-۱٤٤۰	۹
	سنگ های ولکانیکی	٤		۱٤٤۰-۱۵۹۰	۸
	ماسه سنگ کوارتزی با دولومیت های شیل دار	۵		۱۵۹۰-۱۷۳۰	٦
	آهک دولومیت و شیل دار سازند میلا	٦		۱۷۳۰-۱۹۱۰	٤
	ماسه سنگ با آهک دولومیتی	۷		۱۹۱۰-۲۱۹۰	۲
	دولومیت همراه با کنگلومرا و ماسه سنگ	۸	پوشش گیاهی	-۰/۳۳- -۰/۱	۱
	آهک کرتاسه	۹		-۰/۱- -۰/۰۵	۳
ارتفاع با بارش	۱۳۱۰-۱٤٤۰	۲		-۰/۰۵-۰/۰۳	۵
	۱٤٤۰-۱۵۹۰	٤		۰/۰۳-۰/۲۳	۷
	۱۵۹۰-۱۷۳۰	۵		۰/۲۳-۰/۷۱	۸
	۱۷۳۰-۱۹۱۰	۷	رطوبت سطحی	۰/۳۲٦-۰/۵٤۹	۱
	۱۹۱۰-۲۱۹۰	۸		۰/۵٤۹-۰/۵۷۳	۲
جهت شیب	N/NW/W	۹		۰/۵۷۳-۰/۵۹۱	۵
	NE/SW	۵		۰/۵۹۱-۰/٦۲۷	۷
	E/SE/S	۲		۰/٦۲۷-۰/۷۵۳	۹
لایه آبراهه	۰-٤/۳	۸	چگالی خطواره	۰-۱/۵	۱
	٤/۳-۸/۱	۷		۱/۵-۲/۷	۳
	۸/۱-۱۲	۵		۲/۷-٤/۵	۵
	۱۲-۱۵/۵	۳		٤/۵-٦/۳	۸
	۱۵/۵-۲۲/٦	۱		٦/۳-۸/۷	۹
شیب	۰-۱۰/٤	۹			
	۱۰/٤-۲۱/۵	۸			
	۲۱/۵-۳٤/۵	۵			
	۳٤/۵-۵۰				۳

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- رتبه‌بندی به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عوامل به‌صورت زوجی با یکدیگر مقایسه شده و بالاترین اولویت به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که حداکثر تأثیر را در تعیین هدف دارد (Rahimi, 2014: 148). در اولویت‌بندی معیارها از قضاوت‌های شفاهی که به‌صورت مقایسه‌ای بین فاکتورها صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود (جدول ۲).

یکی از مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کنترل سازگاری سیستم است. اگر مقادیر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری ماتریس تصمیم‌گیری قابل‌قبول است و اگر بیش‌تر از ۰/۱ باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند (Dey & Ramcharan, 2000: 88). CR از تقسیم شاخص سازگاری Consistency Index; CI بر میانگین شاخص سازگاری (RI) محاسبه می‌شود رابطه (۳). مقدار RI نیز توسط وارگاس و صائتی (۱۹۹۱)[۲۰] برای ماتریس‌های در ابعاد مختلف آماده شده است رابطه (٤) (Ghodsipour, 2009: 72).

$$CI=((\lambda max-n)/(n-1)) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$CR=((CI)/(RI)) \quad \text{رابطه (٤)}$$

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی و رتبه‌بندی معیارها در مدل AHP جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی سازند سخت کوه مورو

Table 2- Pair comparison matrix and ranking of the criteria in AHP model for determine of groundwater potential resources in Morow Mountain

شیب	۰-۱۰	۱۰-۲۱	۲۱-۳٤	۳٤-۵۰	۵۰-۹۷	رتبه استاندارد شده (AHP)
۰-۱۰	۱	۲	۵	۷	۹	۰/٤٦۵٦
۱۰-۲۱	۱/۲	۱	٤	٦	۸	۰/۳۱۸۸
۲۱-۳٤	۱/۵	۱/٤	۱	۳	۵	۰/۱۲۲٤
۳٤-۵۰	۱/۷	۱/٦	۱/۳	۱	۳	۰/۰٦۰۹
۵۰-۹۷	۱/۹	۱/۸	۱/۵	۱/۳	۱	۰/۰۳۲۳

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۵

جهت شیب	N/NW/W	NE/SW	E/SE/S	رتبه استاندارد شده (AHP)
N/NW/W	۱	۵	۸	۰/۷۳۳٤
NE/SW	۱/۵	۱	٤	۰/۱۹۹۱
E/SE/S	۱/۸	۱/٤	۱	۰/۰٦۷۵

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۸

22- Vargas and Saaty (1991)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

ارتفاع با مساحت	۱۳۱۰-۱۴۴۰	۱۴۴۰-۱۵۹۰	۱۵۹۰-۱۷۳۰	۱۷۳۰-۱۹۱۰	۱۹۱۰-۲۱۹۰	رتبه استاندارد شده (AHP)
۱۳۱۰-۱۴۴۰	۱	۲	۴	۶	۸	۰/۴۲۹۵
۱۴۴۰-۱۵۹۰	۱/۲	۱	۴	۶	۸	۰/۳۲۸۵
۱۵۹۰-۱۷۳۰	۱/۴	۱/۴	۱	۴	۶	۰/۱۴۵۶
۱۷۳۰-۱۹۱۰	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱	۴	۰/۰۶۵۵
۱۹۱۰-۲۱۹۰	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱	۰/۰۳۰۹

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۸

ارتفاع با بارش	۱۳۱۰-۱۴۴۰	۱۴۴۰-۱۵۹۰	۱۵۹۰-۱۷۳۰	۱۷۳۰-۱۹۱۰	۱۹۱۰-۲۱۹۰	رتبه استاندارد شده (AHP)
۱۳۱۰-۱۴۴۰	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۰/۰۳۹۹
۱۴۴۰-۱۵۹۰	۳	۱	۱/۲	۱/۴	۱/۵	۰/۰۸۳۲
۱۵۹۰-۱۷۳۰	۵	۲	۱	۱/۳	۱/۵	۰/۱۳۱۹
۱۷۳۰-۱۹۱۰	۶	۴	۳	۱	۱/۲	۰/۲۸۵۶
۱۹۱۰-۲۱۹۰	۷	۵	۵	۲	۱	۰/۴۵۹۴

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۴

لیتولوژی	رسوبات و آبرفت های عهد حاضر	دایک های دیابازی و ماسه سنگ مارنی	سنگ های ولکانیکی	ماسه سنگ کوارتزی با دولومیت های شیل دار	آهک دولومیت و شیل دار سازند میلا	ماسه سنگ با آهک دولومیتی	دولومیت همراه با کنگلومرا و ماسه سنگ	آهک کرتاسه	رتبه استاندارد شده (AHP)
رسوبات و آبرفت های عهد حاضر	۱	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۰/۰۱۹۶
دایک های دیابازی و ماسه سنگ مارنی	۳	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۰/۰۳۴۲
سنگ های ولکانیکی	۴	۲	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۰/۰۴۸۹
ماسه سنگ کوارتزی با دولومیت های شیل دار	۵	۳	۲	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۰/۰۷۱۹
اهک دولومیت و شیل دار سازند میلا	۶	۴	۳	۲	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۰/۱۰۶۶
ماسه سنگ با آهک دولومیتی	۷	۵	۴	۳	۲	۱	۱/۲	۱/۳	۰/۱۵۷۶
دولومیت همراه با کنگلومرا و ماسه سنگ	۸	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۱/۲	۰/۲۳۰۶
آهک کرتاسه	۹	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰/۲۳۰۷

نرخ ناسازگاری=۰/۰۳

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

پوشش گیاهی (NDVI)	-۰/۱ -- -۰/۳۳	-۰/۱ - -۰/۰۵	-۰/۰۵ -۰/۰۳	-۰/۰۳-۰/۲۳	۰/۲۳-۰/۷۱	رتبه استاندارد شده (AHP)
-۰/۱ -- -۰/۳۳	۱	۱/۳	۱/٦	۱/۸	۱/۹	۰/۰۳۱۲
-۰/۱ - -۰/۰۵	۳	۱	۱/٤	۱/٦	۱/۷	۰/۰۵۷۹
-۰/۰۵ -۰/۰۳	٦	٤	۱	۱/۳	۱/۵	۰/۱٤۳۸
۰/۰۳-۰/۲۳	۸	٦	۳	۱	۱/۲	۰/۲۹۷۰
۰/۲۳-۰/۷۱	۹	۷	۵	۲	۱	۰/٤۷۰۱

نرخ ناسازگاری= ۰/۰٦

چگالی خطواره	۰ -۰/۸	۰/۸ -۲	۲ -۳/٦	۳/٦ -۵/۸	۵/۸ -۸/۷	رتبه استاندارد شده (AHP)
۰ -۰/۸	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۸	۱/۹	۰/۰۳۲۳
۰/۸ -۲	۳	۱	۱/۳	۱/٦	۱/۷	۰/۰٦۰۹
۲ -۳/٦	۵	۳	۱	۱/٤	۱/۵	۰/۱۲۲٤
۳/٦ -۵/۸	۸	٦	٤	۱	۱/۲	۰/۳۱۸۸
۵/۸ -۸/۷	۹	۷	۵	۲	۱	۰/٤٦۵٦

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۵

چگالی آبراهه	۰ -٤/۳	٤/۳ -۸/۱	۸/۱ -۱۲	۱۲ -۱۵/۵	۱۵/۵ -۲۲/٦	رتبه استاندارد شده (AHP)
۰ -٤/۳	۱	۲	٤	٦	۸	۰/٤٤۹۹
٤/۳ -۸/۱	۱/۲	۱	۳	۵	۷	۰/۳۰۰۵
۸/۱ -۱۲	۱/٤	۱/۳	۱	۳	۵	۰/۱٤۳۹
۱۲ -۱۵/۵	۱/٦	۱/۵	۱/۳	۱	۳	۰/۰٦۹٦
۱۵/۵ -۲۲/٦	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱	۰/۰۳٦۱

نرخ ناسازگاری= ۰/۰٤

رطوبت سطحی خاک (NDMI)	۰/۳۲٦ -۰/۵٤۹	۰/۵٤۹ -۰/۵۷۳	۰/۵۷۳ -۰/۵۹۱	۰/۵۹۱ -۰/٦۲۷	۰/٦۲۷ -۰/۷۵۳	رتبه استاندارد شده (AHP)
۰/۳۲٦ -۰/۵٤۹	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۰/۰۳۵۳
۰/۵٤۹ -۰/۵۷۳	۳	۱	۱/٤	۱/٦	۱/۷	۰/۰٦۰۹
۰/۵۷۳ -۰/۵۹۱	۵	٤	۱	۱/۳	۱/٤	۰/۱٤۹۵
۰/۵۹۱ -۰/٦۲۷	۷	٦	۳	۱	۱/۲	۰/۳۰۳۳
۰/٦۲۷ -۰/۷۵۳	۸	۷	٤	۲	۱	۰/٤۵۱۰

نرخ ناسازگاری= ۰/۰۵

بعد از این‌که وزن هرکدام از معیارها با استفاده از روش AHP تعیین شد، در محیط نرم‌افزار Arc GIS اقدام به تهیه نقشه هدف به روش فازی-تحلیل سلسله مراتبی گردید. برای این کار ابتدا تمامی نقشه‌ها توسط تابع عضویت فازی[۲۱] در محیط نرم‌افزار GIS تبدیل به فازی شدند و سپس با وزن‌های به‌دست آمده از مرحله قبل، همپوشانی شدند.

23- Fuzzy Membership

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

یافته‌ها و بحث

- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه پهنه‌بندی

پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر و رتبه‌بندی و وزن‌دهی آن‌ها با توجه به این‌که میزان تأثیر هر یک از معیارها در امر پتانسیل یابی یکسان نبوده و اهمیت متفاوت دارند، لذا یکی از مراحل مهم پیش از تلفیق نقشه‌های معیار، تعیین اهمیت نسبی هر یک از پارامترها و اختصاص وزن به هرکدام از آن‌ها می‌باشد. بدین منظور از روش وزن‌دهی ساده SAW و روش وزن‌دهی بر اساس مقایسه زوجی معیارها در قالب روش AHP استفاده شده است (جداول ۳ و ٤). وزن نهایی از طریق ضرب لایه‌های معیار و زیرمعیارها در وزنشان و حاصل جمع نهایی آن‌ها صورت گرفت. پس از تهیه و ساماندهی لایه‌ها، نیاز به انتخاب روش مناسب مدل‌سازی جهت تلفیق و تهیه نقشه نهایی می‌باشد. برای ترکیب لایه‌های فوق و جهت اطمینان از جواب نهایی، لایه هدف به سه روش SAW، AHP و FAHP با استفاده از تابع Raster Ralculator تهیه شد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳). لایه لیتولوژی با توجه به اهمیت زیاد آن در پتانسیل‌یابی، بیش‌ترین وزن را به‌خود اختصاص می‌دهد که نرخ سازگاری برای وزن‌دهی به روش AHP، ۰/۰۵ محاسبه شده که صحت مقایسه زوجی و صحت وزن‌های تعیین شده را تأیید می‌کند.

جدول ۳- وزن دهی معیارها بر اساس روش SAW

Table 3- Weighting of the criteria by SAW method

لایه لیتولوژی	تراکم خطواره	پوشش گیاهی	تراکم آبراهه	لایه شیب	ارتفاع با مساحت	ارتفاع با بارش	جهت شیب	رطوبت	وزن لایه‌ها
۹	۷	٦	٥	٤	٤	۳	۲	۲	SAW

جدول ٤- وزن دهی معیارها بر اساس روش مقایسه دوتایی (AHP)

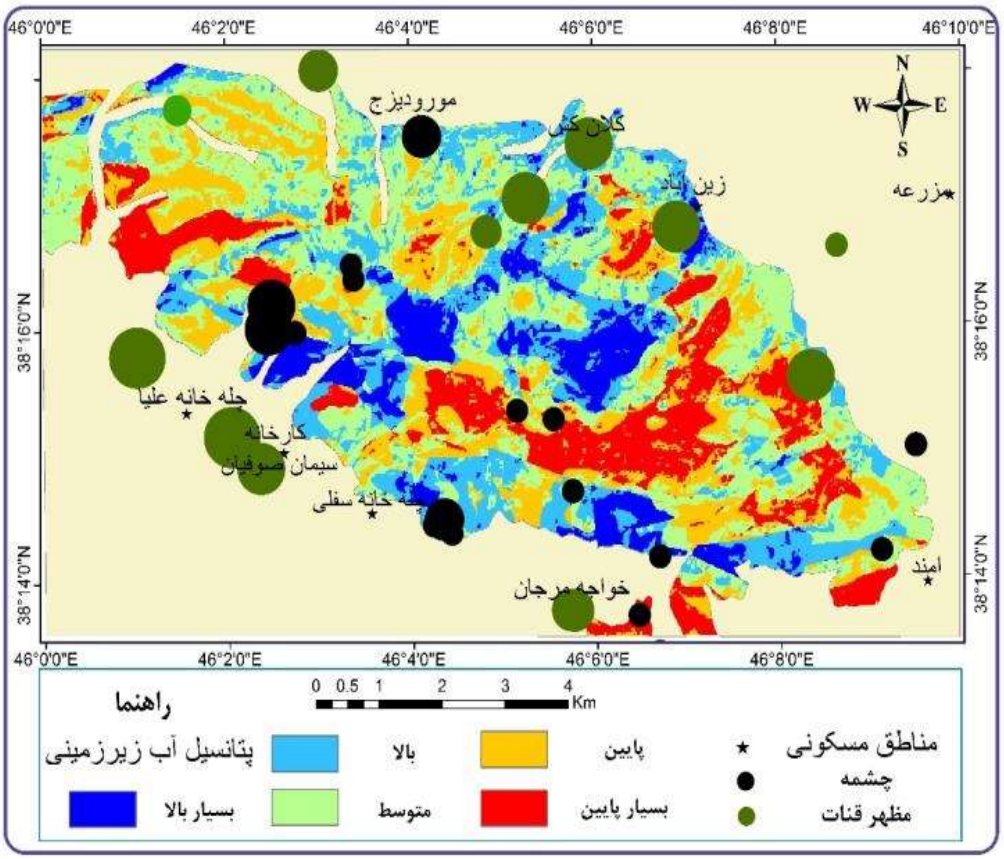
Table 4- Weighting criteria by AHP method

معیارها	لیتولوژی	چگالی خطواره	پوشش گیاهی (NDVI)	تراکم آبراهه	لایه شیب	لایه ارتفاع با مساحت	لایه ارتفاع با بارش	جهت شیب	لایه رطوبت (NDMI)	بردار وزن AHP
لیتولوژی	۱	۲	٤	٥	٦	٦	۷	۸	۸	۰/۳۳۳٥
چگالی خطواره	۱/۲	۱	۲	۳	٥	٥	٦	۷	۷	۰/۲۲۲٥
پوشش گیاهی (NDVI)	۱/٤	۱/۲	۱	۲	۳	۳	٤	٦	٦	۰/۱۳۸۱
تراکم آبراهه	۱/٥	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۳	٥	٥	۰/۰۹۳٤
لایه شیب	۱/٦	۱/٥	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	٤	٥	۰/۰۷۱۹
لایه ارتفاع با مساحت	۱/٦	۱/٥	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	٤	٥	۰/۰٥۷۹
لایه ارتفاع با بارش	۱/۷	۱/٦	۱/٤	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۳	٤	۰/۰٤۰٦
جهت شیب	۱/۸	۱/۷	۱/٦	۱/٥	۱/٤	۱/٤	۱/۳	۱	۲	۰/۰۲۳۲
لایه رطوبت (NDMI)	۱/۸	۱/۷	۱/٦	۱/٥	۱/٥	۱/٥	۱/٤	۱/۲	۱	۰/۰۱۹

نرخ سازگاری= ۰/۰٥

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

نقشه‌های نهایی حاصل از مدل‌های تلفیقی مختلف را می‌توان از لحاظ تفکیک‌پذیری ظاهری، انطباق با چاه‌های اکتشافی و یا بهره‌برداری، موقعیت و دبی چشمه‌ها و قنوات و یا با مطالعات ژئوالکتریک مورد ارزیابی قرار داد تا بتوان صحت مدل را ارزیابی کرد. از این‌رو جهت ارزیابی این مدل‌ها، انتخاب مدل بهینه و در نهایت معرفی ناحیه مناسب برای اکتشاف اولیه‌ی آب زیرزمینی، از موقعیت و دبی چشمه و قنات‌های موجود استفاده گردید. به این ترتیب که چشمه‌ها، محل تخلیه منابع آب زیرزمینی هستند و موقعیت آن‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای آب زیرزمینی در محدوده حوضه آبگیر چشمه است. با بررسی نقشه‌های پتانسیل منابع آب زیرزمینی حاصل از سه روش مشخص شد که چشمه‌ها و قنات‌ها همخوانی خوبی با هر سه مدل مذکور نشان می‌دهند. بررسی مساحت مناطق مختلف که در نقشه‌های پهنه‌بندی پتانسیل‌های متفاوتی برای آن‌ها در نظر گرفته شده است نشان می‌دهد (جدول ٦) که نتایج دو مدل F-AHP و SAW هم‌خوانی بیش‌تری با هم داشته ولی نتیجه روش AHP متفاوت است؛ بنابراین بخش شمالی کوه مورو منابع غنی‌تری از آب زیرزمینی را نشان می‌دهد که نتیجه آن را می‌توان در ظهور چشمه‌های پر آب در این بخش از منطقه مشاهده کرد.

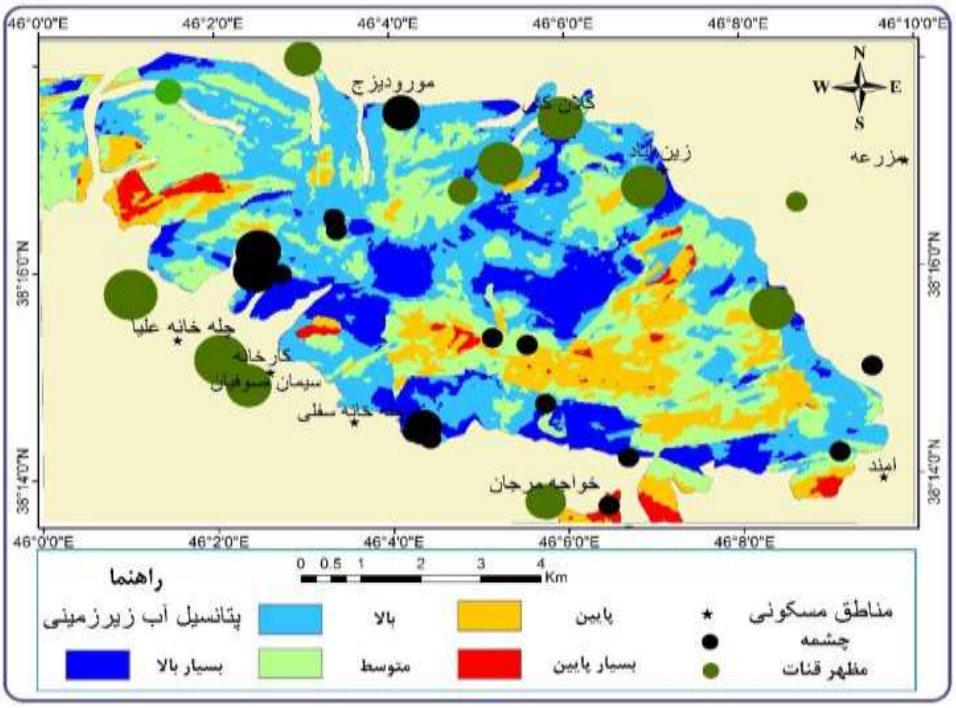


شکل ۱۱: نقشه نهایی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در محدوده کوه مورو به روش AHP

Figure 11 : Potential of groundwater zoning map in Morow Mountain by AHP method

(اندازه دایره‌ها تابعی از میزان دبی می‌باشد)

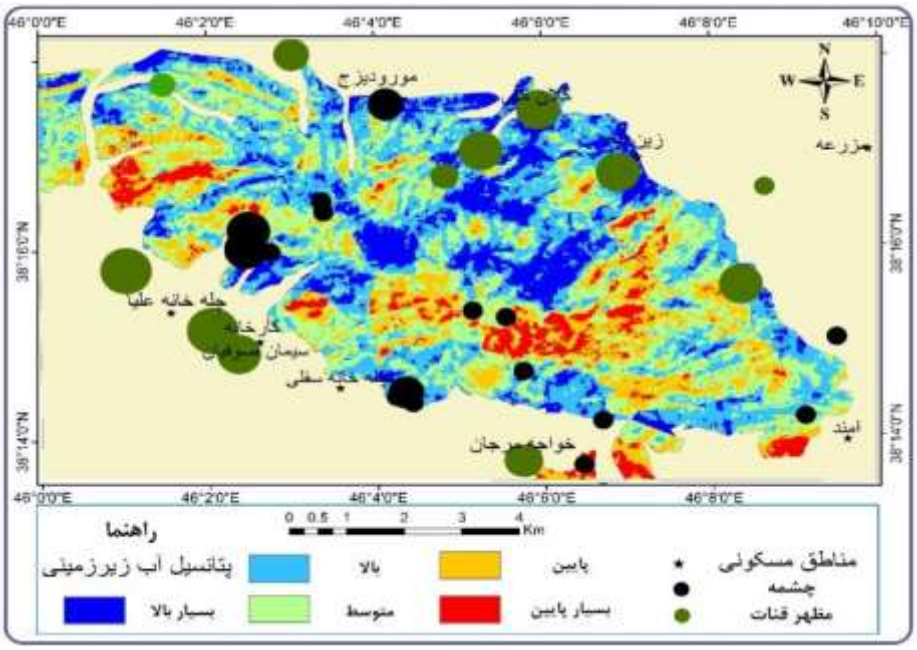
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



شکل ۱۲: نقشه نهایی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در محدوده کوه مورو به روش F-AHP

Figure 12: Potential of groundwater zoning map in Morow Mountain by F-AHP method

(اندازه دایره‌ها تابعی از میزان دبی می‌باشد)



شکل ۱۳: نقشه نهایی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در محدوده کوه مورو به روش SAW

Figure 13: Potential of groundwater zoning map in Morow Mountain by SAW method

(اندازه دایره‌ها تابعی از میزان دبی می‌باشد)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ۵- درصد مساحت مناطق مختلف پتانسیل آب زیرزمینی در سه مدل هم‌پوشانی

Table 5- Percentage of groundwater potential areas in three overlapping models

پتانسیل آب زیرزمینی / روش	بسیار بالا	بالا	متوسط	پایین	بسیار پایین
مدل ساده SAW	۱۵/۲۹٪	۳۰/۸۵٪	۳۰/۵۸٪	۱۷/٤۷٪	۵/۷۳٪
مدل AHP	۹/۹٪	۲۰/۳۹٪	۳۲/۹٦٪	۲۱/۸۸٪	۱٤/۸۵٪
مدل F-AHP	۱٦/٦۲٪	۳٦/۵٤٪	۳۰/۵۳٪	۱۳/۵۵٪	۲/۷۳٪

نتیجه‌گیری

داده‌های مربوط به لیتولوژی بخش‌های مختلف منطقه و تراکم آبراهه‌ها، خطواره‌ها، شیب، جهت شیب، ارتفاع با دو فاکتور بارش و مساحت و همچنین پوشش گیاهی و شاخص رطوبت به‌عنوان عوامل طبیعی تأثیرگذار بر نفوذ آب به درون زمین در محیط نرم‌افزاری ENVI و GIS به‌صورت لایه‌های مختلف اطلاعاتی تبدیل شده و نقشه نهایی به سه روش AHP، SAW و F-AHP وزن‌دهی و هم‌پوشانی شد و نقشه پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی تهیه گردید. نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که نقاط دارای تراکم شکستگی زیاد از پتانسیل بالایی جهت پیدایش آب زیرزمینی برخوردار هستند. همچنین واحدهای کنگلومرایی و ماسه‌سنگی (Mc-1) و واحدهای آهکی (K1-1، Tre) و دولومیتی (Pr) بیش‌ترین پتانسیل آب زیرزمینی منطقه را دارند. مقایسه نتایج سه مدل وزن‌دهی به‌کار گرفته‌شده در این موضوع تأیید می‌کند که استفاده از توابع فازی در استانداردسازی نقشه‌ها، نسبت به سایر روش‌ها نتایج قابل اطمینان‌تری را ارائه می‌کند. همچنین جهت ارزیابی صحت مدل‌های به کار گرفته شده از موقعیت چشمه‌های موجود و قنات‌ها در منطقه مطالعاتی استفاده گردید و با همپوشانی آن بر روی نقشه‌های پتانسیل به‌دست آمده مشخص گردید که مدل F-AHP و SAW نتایج مشابهی را ارائه می‌دهد. بر اساس نقشه خروجی حاصل از این دو مدل از مجموع کل مساحت محدوده مطالعاتی در حدود ٤۸ درصد دارای مناطق با پتانسیل آبی خیلی زیاد و زیاد می‌باشد؛ که با توجه به مساحت منطقه ٦۵۰۰ هکتار را شامل می‌شود که نشان‌دهنده وجود منابع قابل توجهی از آب زیرزمینی در کوه مورو بوده و با اعمال مدیریت صحیح می‌توان از آن برای تأمین آب شرب روستاهای منطقه استفاده نمود.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

References

- Asghari Moghaddam, A., (2010), "***Principles of ground water recognition***", Tabriz University Press. [In Persian].
- Bertolini, M., Braglia, M., (2006), "Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract", ***International Journal of Project Management***, 24: 422-430.
- Dadashpour, H., (2014), **"**Locating temporary accommodation sites using the Fuzzy analytical hierarchy process (FAHP)" , ***Journal of Geographical Space***, 46: 90-67. [In Persian].
- Darvishzadeh, A., (1991), **"*Geology of Iran***", *Tehran Amir Kabir Publicatio*n. [In Persian].
- Dey, P. K., (2000), "Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in barbados", ***Journal of Environmental Management***, 88: 1384-1395.
- Ford, D., (2007), "***Karst hydology and geomorphology*** ", University of Auckland: New Zealand.
- Ghodsipour, H., (2009), "***Analytical hierarchy process***", Tehran Amir Kabir University of Technology Publishing. [In Persian].
- Hatefi Ardakani, A., (2016), "Groundwater potentiality through analytic hierarchy process (AHP) using remote sensing and geographic information system", ***Geopersia***, 6 (1): 75-88.
- Kresic, N., Stevanovic, Z., (2010), "***Groundwater hydrology of springs, elsevier inc***", *Oxford*.
- Milanovich, P., (1988), "***Karst hydrogeology***", Translated by Aghasi, A.V., Tehran: Publication of the National Water Engineering Standards Project. [In Persian].
- Mohamad zadeh, T., (2015), "Determination of hard rock groundwater potential in the Saein basin using GIS method", Thesis Master, University of Tabriz, Department of Earth Sciences. [In Persian].
- Prasad, R., (2008), "Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS", ***Environmental Geology***, 89: 467-475.
- Preeja, K., (2011), "Identification of a tropical river basin (Kerala, India) using remote sensing & GIS techniques", ***J, Indian Society of Remote Sensing***, 17: 83-94.
- Rahimi, D., (2014), "Potential of groundwater resources using AHP model and GIS technique, case study: Shahrood-Bastam plain", ***Journal of Geographical Space***, 44: 159-139. [In Persian].
- Saaty, T. L., (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", ***International journal of services sciences***, 38: 83-98.
- Saaty, TL., (2012), "***Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process***", Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Shamsi, S., (2015), "Groundwater potential evaluation in hard formation based on GIS techniques. Case study: Ghala chay basin", Thesis of Master, Department of Geography University of Tabriz. [In Persian].
- Zayyari, K., (2014), "Locating suitable areas of urban green space using a combination of AHP and fuzzy in GIS environment", ***Journal of Geographical Space***, 43: 38-19. [In Persian].
- Zeinolabedini, M., (2015), "Groundwater potential assessment using geographic information systems and AHP method", ***International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences***, 40 (7): 506-518.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]