پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت رومشگان)

سلمان سوری[1*]، سیامک بهاروند[2] و وهاب امیری[3]

۱- کارشناس ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران، Sa.so260@gmail.com

۲- استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

۳- دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی تهران

چکیده

آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تامین آب شیرین مورد نیاز انسان است. از آنجا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود است، آب‌های زیرزمینی به عنوان مناسب‌ترین منبع در دسترس، جهت تامین آب مورد نیاز این مناطق به حساب می‌آید. امروزه استفاده از سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تبدیل به یکی از ابزارهای قدرتمند و مقرون به صرفه جهت شناسایی و اکتشاف منابع آب زیرزمینی قابل دسترس شده است. این تحقیق با هدف مشخص کردن مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی در دشت رومشگان با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گردیده است. بدین منظور با توجه به اطلاعات و داده‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، ساختاری، توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای +ETM و بازدید میدانی، نقشه‌های لیتولوژی، ضخامت آبرفت، کاربری‌اراضی، طبقات ارتفاعی، شیب، تراکم آبراهه، تراکم گسل، دما و بارندگی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به روش فازی تهیه شده است. این نقشه‌ها با استفاده از مقایسه زوجی به روش سلسله مراتبی وزن‌دهی گردید. با اعمال وزن محاسبه شده هر معیار، نقشه عوامل با توجه به اهمیت آن در پتانسیل یابی آب زیرزمینی تهیه و سپس نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی با همپوشانی به روش سلسله مراتبی فازی تهیه گردیده است. نتایج به دست آمده از پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد به ترتیب ۷/۳۷، ۱۰/۱۲، ۲۲/۲۵، ۲۰/۴۶ و ۳۹/۷۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های با پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد.

واژگان کلیدی: دشت رومشگان، آب زیرزمینی، سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سلسله مراتبی فازی

مقدمه

کشور ایران سرزمینی است خشک و نیمه خشک با نزولات جوی بسیار اندک، به طوری که میانگین بارش سالیانه آن کمتر از یک سوم متوسط بارندگی سالیانه جهان است. این گستره بزرگ جغرافیایی با مشخصات هیدرولوژیکی خاص نظیر حجم نزولات جوی ۴۱۳، تبخیر و تعرق ۲۹۶، حجم آب قابل دسترس ۱۱۷ میلیارد، سرانه آب تجدید شونده ۱۹۰۰ و مصرف ۳/۴ میلیارد متر مکعب که حدود ۶۵ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد، با شرایطی سخت در زمینه تأمین آب روبرو است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰، علیزاده، ۱۳۸۹).

آب حاصله از بارندگی و ذوب برف‌ها بسته به نوع خاک، شیب و پوشش گیاهی هر منطقه به داخل خاک نفوذ کرده و به حرکت عمقی خود در داخل خاک ادامه می‌دهد تا به لایه‌های غیرقابل نفوذی برخورد کرده و متوقف گردد (محمودیان شوشتری، ۱۳۹۲). این لایه‌های غیرقابل نفوذ سرانجام با جلوگیری از نفوذ بیشتر آب، سفره

آبدار را تشکیل می‌دهند. در صورت حفر چاه در مکان‌های تصادفی و کنترل نشده برای تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت، سفره‌های آبدار از نظر کمی و کیفی تخریب خواهند شد (Joven et al., 2010).

پژوهشگران متعددی نشان دادند که تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به‌دست آمده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اکتشاف، توسعه و مدیریت منابع آب زیرزمینی مفید می‌باشد (Sener et al., 2005; Gintamo, 2015). سنجش از دور یکی از منابع اصلی جمع آوری اطلاعات در مورد عوارض سطحی مانند سنگ‌شناسی، عوارض ساختاری (گسل‌ها و شکستگی‌ها) و ... می‌باشد. این قبیل اطلاعات می‌تواند به سادگی بعنوان ورودی محیط ArcGIS برای یکپارچه‌سازی با دیگر انواع داده‌ها و آنالیز آن‌ها استفاده شوند (صابری و همکاران، ۱۳۹۱، Oh et al., 2011).

در این تحقیق به منظور تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی از روش تلفیقی سلسله مراتبی و فازی استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که قابلیت استفاده در تحلیل و پشتیبانی تصمیمات مختلف حتی در مواقعی که اهداف چندگانه و متناقض وجود دارد را دارا می‌باشد (Baharvand and Soori, 2016). اما علیرغم سادگی و کارایی بالا به جهت عدم در نظر گرفتن بی دقتی و عدم اطمینان ذاتی ادراکات تصمیم گیرندگان و انعکاس نظرات آنها به صورت یک عدد قطعی اغلب مورد انتقاد قرار گرفته است. به همین دلیل در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از مفاهیم اساسی نظریه مجموعه‌های فازی و به ویژه اعداد فازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی به فضای فازی توسعه داده شود.

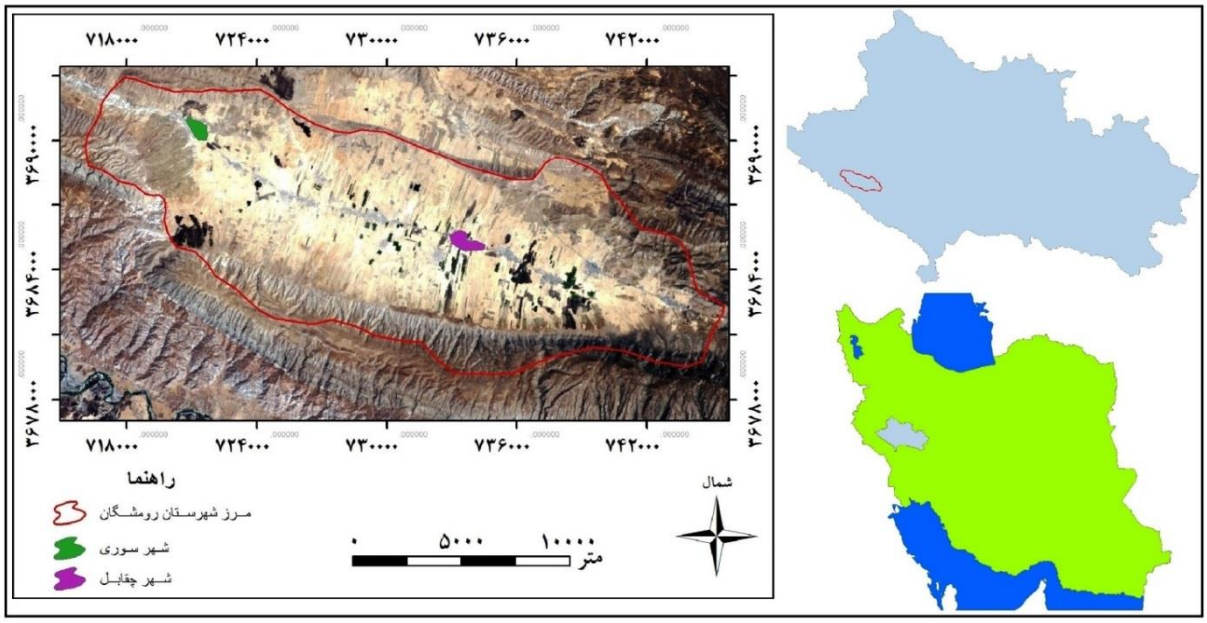
در سال‌های اخیر در زمینه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی مطالعاتی چند در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: سیف و کارگر (۱۳۹۰) به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز سیرجان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که پهنه پتانسیلی بالا برای استخراج منابع آب زیرزمینی بیشتر بر رسوبات درشت دانه دوران چهارم و مخروطه افکنه‌ها منطبق است، مفیدی‌فر و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش تصمیم‌گیری تحلیل سلسله‌مراتبی منابع آب زیرزمینی در حوضه یزد- اردکان را پتانسیل‌یابی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد حدود ۷۰ درصد از مساحت منطقه مطالعه شده دارای پتانسیل خوب و خیلی خوب از نظر آب زیرزمینی است، رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش تحلیل شبکه به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز منتهی به دشت تبریز پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش دو عامل زمین‌شناسی و بارش بیشترین نقش را در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی منطقه داشته و پهنه‌های با پتانسیل بالای آب زیرزمینی بر ارتفاعات پایین و رسوبات کواترنری منطبق می‌باشد، هیون جو و همکاران (۲۰۱۱) به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شهر پوهانگ کره با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند، نتایج به دست آمده نشان داد دقت نقشه حاصله بیش از ۷۷ درصد است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده لایه خاک بیشترین تاثیر و ارتفاع کمترین اثر بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه داشته است، ایتیشری و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای، آب زیرزمینی در منطقه یونائو کشور هندوستان را پتانسیل‌یابی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد حدود ۱۵ درصد از مساحت منطقه دارای پتانسیل خوب و خیلی خوب از نظر تامین آب زیرزمینی می‌باشد، با استفاده از سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه کومورو واقع در تیمور شرقی پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده دشت آبرفتی واقع در شمال غرب منطقه از پتانسیل بالایی برخوردار بوده است.

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت در سال‌های اخیر، کمبود آب و مشکلات ناشی از آن نظیر تأثیر منفی بر توسعه اقتصادی، اجتماعی، تأمین غذا و حفظ محیط‌زیست باید از هم‌اکنون به مطالعه و پی‌جویی منابع جدید و مطمئن آب پرداخت، لذا این تحقیق با هدف پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده شهرستان رومشگان واقع در جنوب غربی استان لرستان صورت گرفته است.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی منطقه

دشت رومشگان در فاصله ۴۰ کیلومتری شهر کوهدشت و ۲۰ کیلومتری شهر پلدختر در جنوب غرب استان لرستان واقع شده است (شکل ۱). این دشت دارای آب و هوایی معتدل و نیمه خشک با بیشترین دما در حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان، و کمترین دما در حدود ۷ درجه زیر صفر در فصل زمستان و مقدار باران سالانه به طور متوسط ۳۹۵ میلی‌متر می‌باشد. طول منطقه نزدیک به ۲۴ کیلومتر و متوسط عرض آن ۶ کیلومتر است. رومشگان دشتی است مسطح که با سازندهای چین‌خورده زاگرس با سن سنوزوییک احاطه شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده

منابع آب زیرزمینی به صورت مستقیم و غیرمستقیم از نزولات آسمانی و جریان‌های سطحی پایدار تغذیه می‌شوند. بنابراین در این پژوهش جهت پی‌جویی مناطق آبی با پتانسیل‌های مختلف از معیارهای زمین‌شناسی (لیتولوژی و تراکم گسل)، ژئومورفولوژی (طبقات ارتفاعی و شیب)، اقلیمی (بارش و دما)، هیدرولوژیکی (ضخامت آبرفت و تراکم شبکه زهکشی) و کاربری اراضی استفاده شده است.

لیتولوژی: نوع سنگ و خصوصیات وابسته به آن نظیر بافت و درجه خلوص سنگ‌ها نقش مهمی در تخلخل، نفوذپذیری اولیه و تمرکز جریان آب زیرزمینی در داخل سنگ‌ها ایفا می‌کند. در این تحقیق نقشه لیتولوژی منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه، ترکیب باندی ۵۳۱ تصاویر سنجنده +ETM و مطالعات میدانی تهیه شده است.

گسل‌ها: گسل‌ها به دلیل ایجاد فضاهایی در سازندها و واحدهای زمین‌شناسی جهت عبور آب و حرکت به

سمت نقاط پایین‌تر در درون زمین، نقاط ضعف در نظر گرفته می‌شوند. در این تحقیق به منظور تهیه لایه گسل‌های منطقه از نقشه زمین‌شناسی منطقه و اعمال فیلتر جهت دار بر باند ۷ سنجنده +ETM در جهات شمال–جنوب، شمال شرق–جنوب غرب، شرق–غرب و شمال غرب–جنوب شرق استفاده شده است.

شیب: شیب نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی مانند سیل‌خیزی، نفوذپذیری، تشکیل خاک داشته و در تعیین پتانسیل آبهای زیرزمینی دارای اهمیت بالایی می‌باشد. مناطقی که دارای شیب پایینی هستند آب را برای مدت طولانی حفظ می‌کنند که این امر باعث نفوذ و تغذیه بیشتر آب می‌شود (صابری و همکاران، ۱۳۹۱). به منظور تهیه نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاعی که از خطوط تراز نقشه توپوگرافی منطقه در محیط نرم‌افزار ArcMap تهیه گردید استفاده شده است.

آبراهه: به منظور تهیه نقشه حریم فاصله از آبراهه، شبکه آبراهه‌ها از روی نقشه توپوگرافی مشخص و در محیط نرم‌افزار ArcMap رقومی گردیده است.

ارتفاع: ارتفاع یکی از فاکتورهای توپوگرافی است که نقش مهمی در میزان رواناب و میزان نفوذپذیری آب در لایه‌های زمین دارد. نقشه طبقات ارتفاعی خود از کلاس‌بندی نقشه DEM منطقه تهیه می‌شود.

دما و بارش: به منظور تهیه لایه‌های دما و بارش از اطلاعات داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های سینوپتیک (رومشگان، کوهدشت و پلدختر) و کلیماتولوژی منطقه برای یک دوره ۱۶ ساله (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶) استفاده شده است. به منظور تعمیم داده‌های نقطه‌ای ایستگاه‌ها به داده‌های پهنه‌ای با استفاده از روش‌های درون‌یابی جبری و مدل LPI (Local Polynomial Interpolation) به دلیل دقت بیشتر و خطای کمتر نسبت به دیگر روش‌های درون‌یابی (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵)، داده‌های مختص به دما و بارش درون‌یابی و به نقشه تبدیل شده‌اند.

ضخامت آبرفت: از دیگر عوامل مهم برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، عمق تا سطح ایستابی می‌باشد. زیرا این عمق در انتقال املاح آب نفوذی، نگهداری آب در بخش غیر اشباع و تاثیر بر نرخ نفوذ آب موثر می‌باشد (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۳). در این تحقیق نقشه ضخامت آبرفت با استفاده از درون‌یابی بین ضخامت‌های به دست آمده از ۳۱ سونداژ ژئوالکتریکی در سطح منطقه تهیه شده است.

کاربری اراضی: در این تحقیق نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده +ETM و تفسیر شاخص NDVI استخراج و با عملیات میدانی تکمیل شده است.

پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی

به طور کلی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شهرستان رومشگان با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- ساختن پایگاه داده های فضایی و به بیانی ورود و سازماندهی داده های فضایی مربوط به لایه های مختلف مورد استفاده برای پتانسیل‌یابی و ساماندهی آنها در قالب مدل های رستری و برداری.

۲- مرحله پردازش داده ها که شامل طبقه بندی داده ها و استخراج نقشه های مشتق شده از لایه های مختلف است.

۳- تعیین درجه عضویت فازی بر اساس توابع عضویت و تهیه نقشه فازی هر یک از عوامل (استانداردسازی لایه‌ها)

۴- اولویت‌بندی عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی و تعیین وزن آنها با استفاده از روش سلسله مراتبی

۵- تهیه نقشه‌های سلسله مراتبی فازی هر یک از عوامل، همپوشانی نقشه‌ها و در نهایت تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی

استانداردسازی لایه‌ها: تئوری فازی شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه های فازی یا توابع عضویت استفاده می کند. به بیان لطفی زاده برای مشخص شدن اعضاء یک مجموعه می‌بایست تابع عضویت تعریف شود (تاناکا، ۱۳۸۸). یکی از اساسی‌ترین

مباحث در تئوری فازی بحث تابع عضویت و چگونگی تعریف آن است. اساس اختلاف روش‌های فازی با روش‌های دیگر، در تعریف تابع عضویت است. در تعریف تابع عضویت می‌توان گفت که درجه تعلق عناصر مجموعه مرجع به زیر مجموعه‌های آن است و به صورت $\mu c(X)$ نمایش داده می‌شود. برای به دست آوردن تابع عضویت هیچ الگوریتم مشخصی وجود ندارد بلکه تجربه، نوآوری و حتی اعمال نظر شخصی در شکل‌گیری و تعریف تابع عضویت می‌تواند مؤثر باشد. در این تحقیق با استفاده از توابع عضویت خطی Ms larg و Ms small و همچنین تابع عضویت Userdefined نقشه‌های هر یک از عوامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در محدوده شهرستان رومشگان به نقشه های فازی تبدیل شده اند.

اولویت بندی عوامل و وزن‌دهی آنها با استفاده از روش سلسله مراتبی: در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که یکی از مدل‌های چند معیاره تصمیم‌گیری است، برای اولویت بندی عوامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استفاده شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد (قدسی پور، ۱۳۸۴، نسرین‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳، Saaty, 1994). در تحلیل سلسله مراتبی روش کار بدین صورت است که ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی (نظر کارشناسی) بر مبنای مقایسات زوجی استفاده می‌شود، به طوری که تصمیم گیرنده ارجحیت یک عامل را نسبت به علل دیگر به صورت جدول (۱) در نظر گرفته و این قضاوت‌ها را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می‌نماید. سپس نتایج این مقایسات، برای محاسبه شاخص ناسازگاری به نرم افزار Expert Choice وارد می‌شود. اگر شاخص محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد نتایج قابل قبول بوده و در غیر این صورت باید دوباره در وزن‌دهی تجدید نظر شود.

جدول ۱- طبقه‌بندی ارجحیت مقادیر وزن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی (Saaty, 1980, 1990)

توصیف زبانی ارجحیت طبقات	مقدار عددی ترجیحات
کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب تر	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
اولویت بین فواصل	۲، ۴، ۶ و ۸

بحث و نتایج

به منظور تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب در محدوده مورد مطالعه ابتدا نقشه عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی تهیه و کلاس‌بندی شد (اشکال ۲ تا ۱۰). بررسی نتایج به دست آمده از نقشه‌ها و کلاس‌های آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

پراکندگی تشکیلات زمین شناسی در محدوده مورد مطالعه (شکل ۲) نشان می‌دهد که بخش زیادی از این محدوده توسط رسوبات آبرفتی عهد حاضر پوشیده است که این می‌تواند موجب ایجاد پتانسیل بالای ذخیره آب شود. علاوه بر این، وجود برخی از سازندهای آهکی در این منطقه که دارای توان بالای انحلال می‌باشد شرایط را برای ایجاد و توسعه کارست فراهم می‌کند. به این ترتیب می‌توان انتظار داشت که از لحاظ زمین‌شناسی بجز

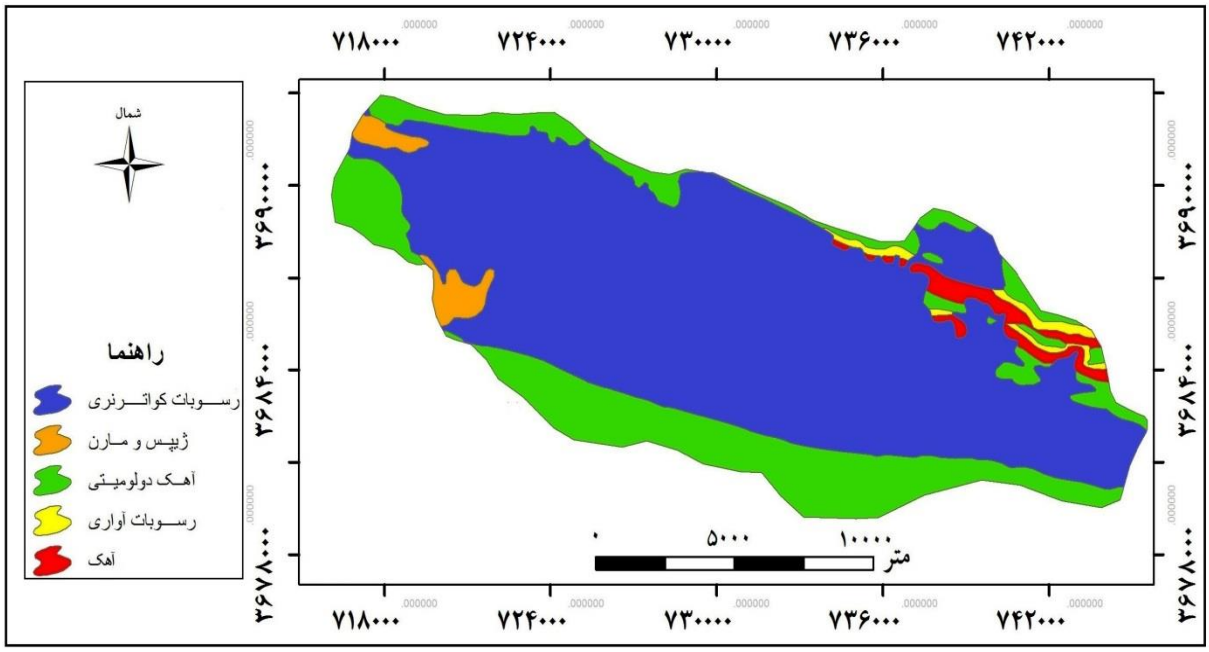
قسمت‌هایی از غرب و شمال غرب منطقه که از مارن تشکیل شده است، تقریباً در سایر مناطق پتانسیل بالای ذخیره و انتقال آب زیرزمینی وجود داشته باشد.

بطور کلی در طبقات مختلف شیب (شکل ۳)، آب زیرزمینی تمایل دارد در مناطقی با کمترین شیب توپوگرافی و به تبع آن شیب هیدرولیکی تجمع یابد. به این ترتیب امکان اکتشاف آب در مناطقی با شیب کمتر بسیار بیشتر از مناطقی با شیب توپوگرافی زیاد می‌باشد. البته باید خاطر نشان کرد در بسیاری از مناطق با شیب تند نیز امکان ردیابی مجراهای کارستی و گسلی عبور آب زیرزمینی نیز وجود دارد که در این موارد نیز سطح اساس نهایی آب زیرزمینی مناطقی با شیب توپوگرافی کم در پایین دست می‌باشد. با این تفاسیر، مناطق مستعد اکتشاف آب می‌تواند دارای شیب ۰-۵ درجه باشد که عمدتاً در مناطق آبرفتی واقع شده‌اند.

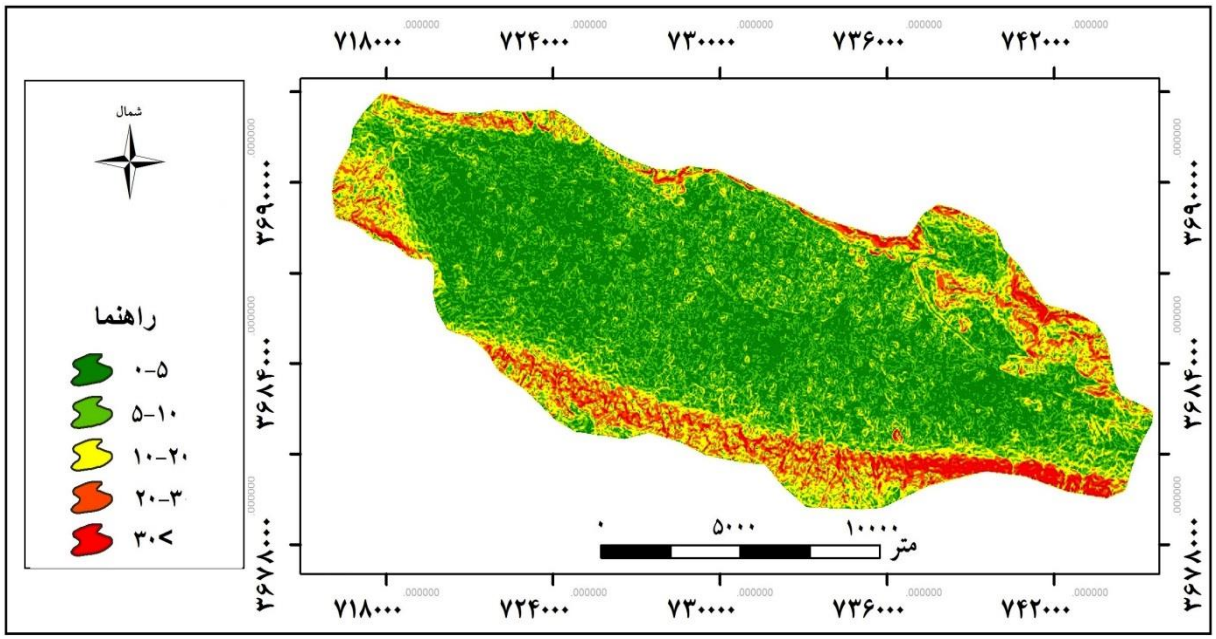
عوامل ساختمانی و تکتونیکی نظیر گسل‌ها و شکستگی‌ها به عنوان نقاط ضعف واحدهای زمین‌شناسی به شمار رفته و راهی برای عبور آسان آب و محلی برای تجمع آب به صورت مخازن زیرزمینی می‌باشند. بررسی تراکم گسل‌های موجود در محدوده مورد مطالعه نشان از سه منطقه با بیشترین تراکم می‌باشد (شکل ۴).

شکل (۵) به وضوح نشان می‌دهد که تمامی جریانات سطحی (شبکه آبراهه) موجود در این محدوده به بخش‌های آبرفتی که دارای کمترین ارتفاع می‌باشد منتهی می‌شود. به همین دلیل، باید انتظار داشت که وجود شبکه متراکم زهکشی در این مناطق نیز عاملی جهت تغذیه ساختارهای رسوبی موجود در این مناطق و به دنبال آن بالا بردن ذخیره آبی آن‌ها شود.

بررسی نقشه ارتفاعی محدوده مورد مطالعه (شکل ۶) نشان می‌دهد که کمترین ارتفاعات در نوار مرکزی (دشت‌های آبرفتی) واقع شده است و با توجه به ارتباط بین حرکت آب زیرزمینی از ارتفاعات مجاور به مناطق پست‌تر و تجمع در این نواحی، انتظار می‌رود بیشترین احتمال اکتشاف آب زیرزمینی در این مناطق وجود داشته باشد. البته در این زمینه باید سایر عوامل تأثیرگذار را که پیش از این به آنها پرداخته شد نیز مد نظر قرار داد.

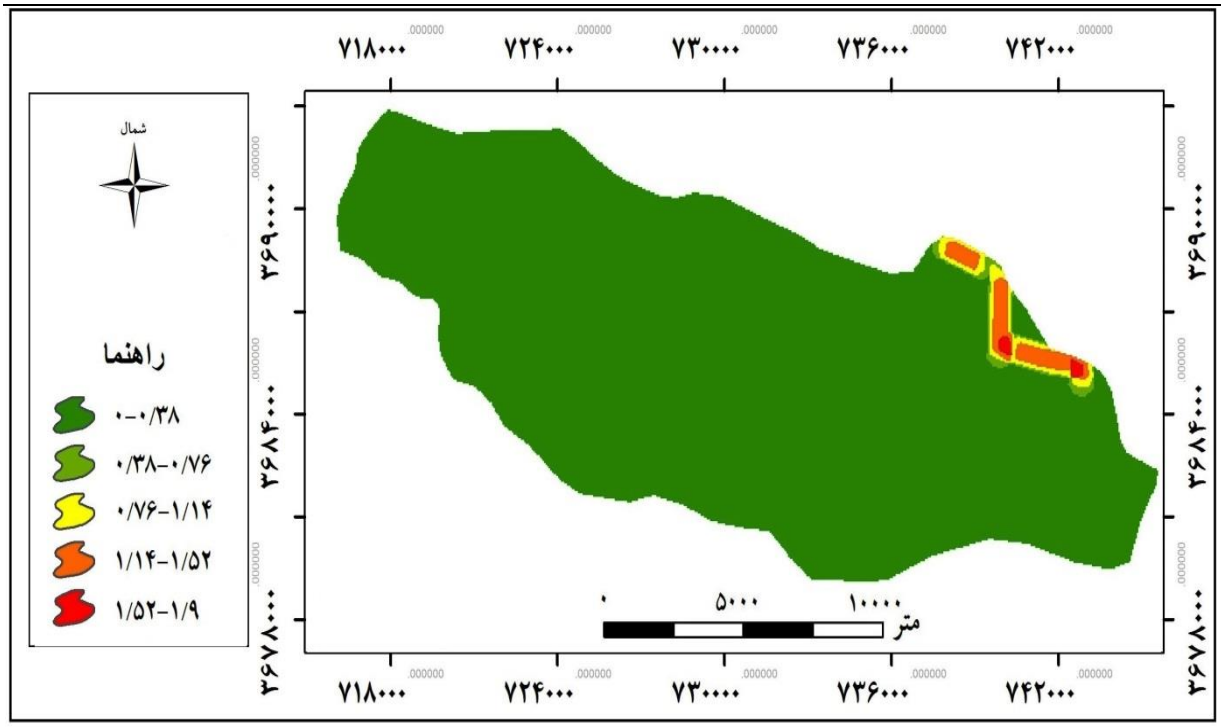


شکل ۲- نقشه لیتولوژی دشت رومشگان

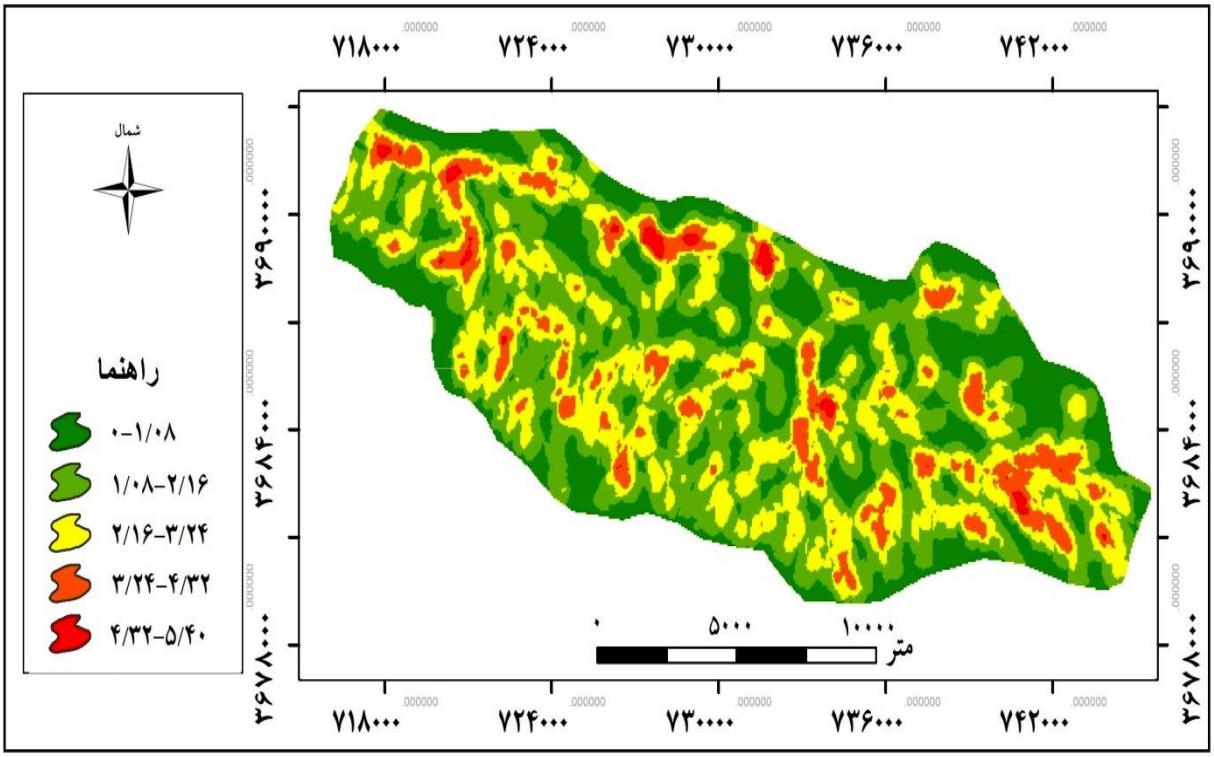


شکل ۳- نقشه شیب دشت رومشگان

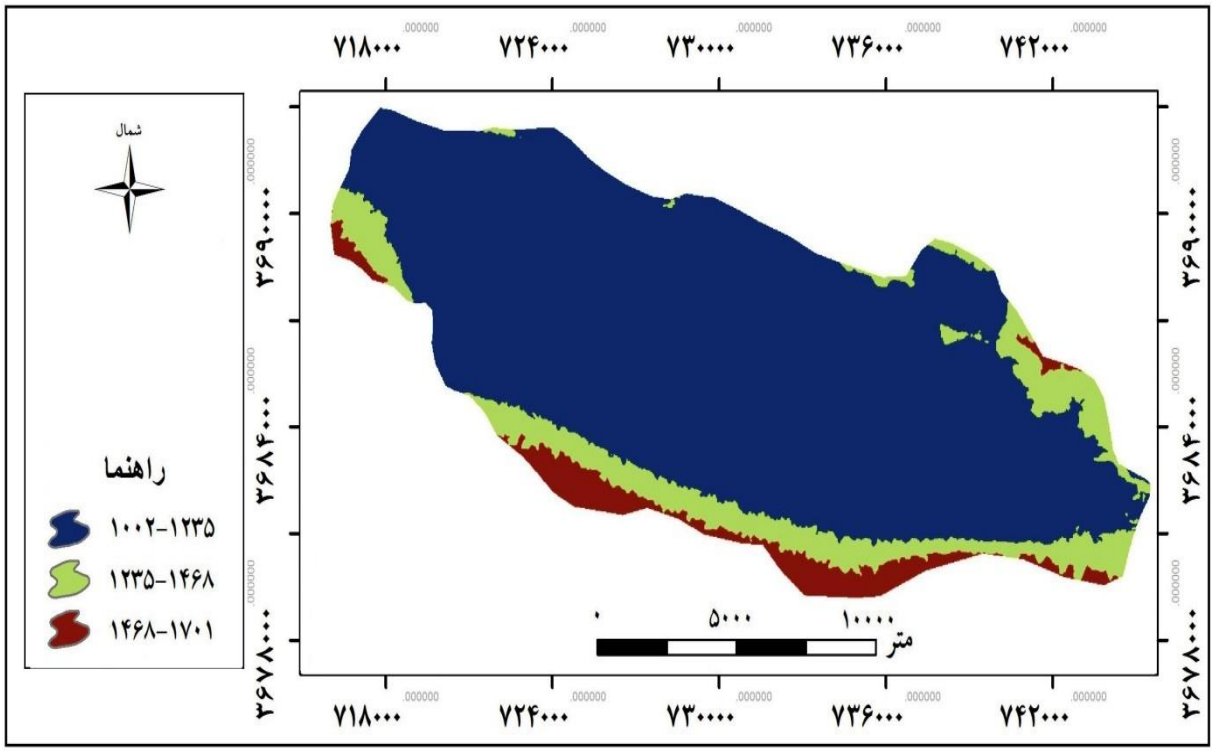
همانطوریکه در شکل (۷) نمایش داده شده است، اصولاً بارندگی در ارتفاعات بالاتر (در این محدوده، مناطق جنوب، شمال شرق و جنوب غربی)، بیشتر می‌باشد. در مناطق پرباران در صورت مساعد بودن سایر متغیرها، نفوذ باران به لایه‌های زیرین بیشتر بوده و قابلیت تشکیل لایه‌های آبدار بیشتر می‌باشد. در شکل (۸) نیز به دلیل تبخیر کمتر، در دماهای پایینتر شرایط از نظر دمایی برای تشکیل آبخوان مناسب‌تر است. بررسی شکل (۹) نشان می‌دهد که قسمت‌هایی از مرکز و جنوب شرق منطقه از پتانسیل تامین آب بیشتری برخوردار است، زیرا هرچه ضخامت آبرفت بیشتر باشد میزان ذخیره آب زیرزمینی در آن نیز زیادتر خواهد بود. بررسی نقشه کاربری اراضی نیز نشان می‌دهد که با مشاهده پدیده‌های سطحی و تا حدودی تاثیرگذاری انسان بر روی پدیده‌های طبیعی مانند نفوذ آب به درون زمین از طریق کشاورزی و آبیاری زمین، می‌توان به شرایط زیرسطحی وجود آب در لایه‌های زیرین پی برد (شکل ۱۰).



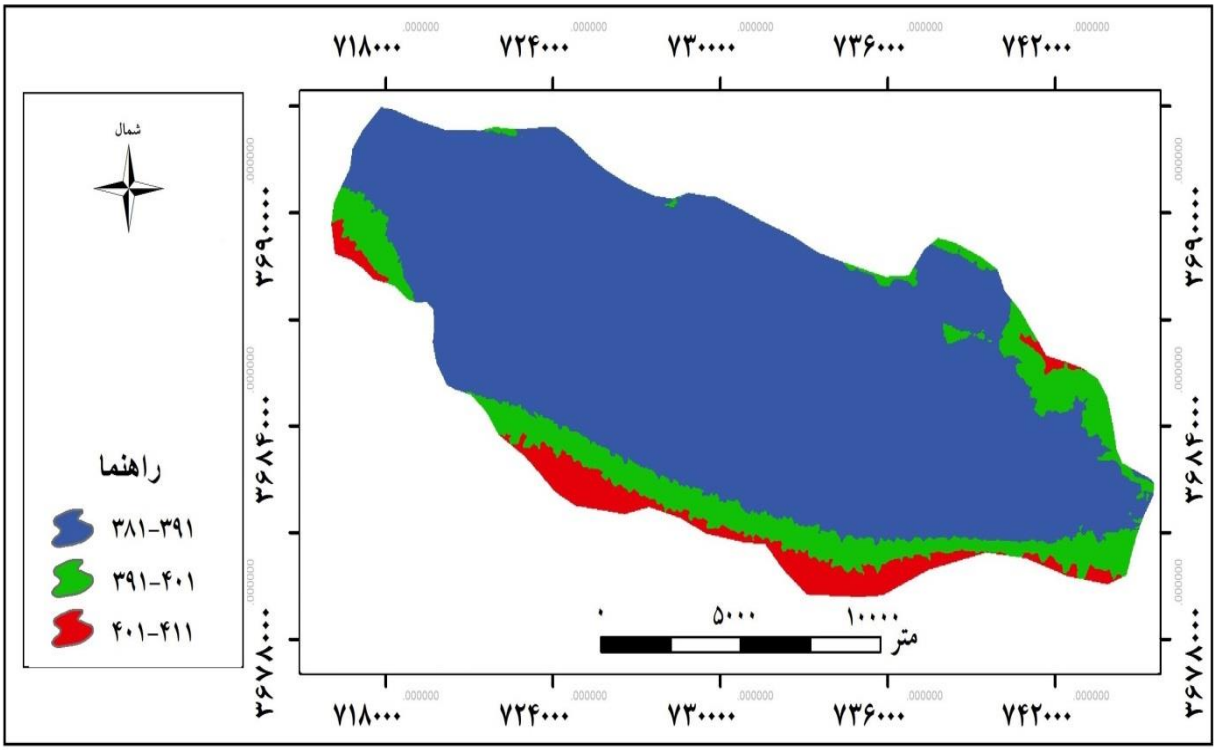
شکل ۴- نقشه تراکم گسل‌های محدوده دشت رومشگان



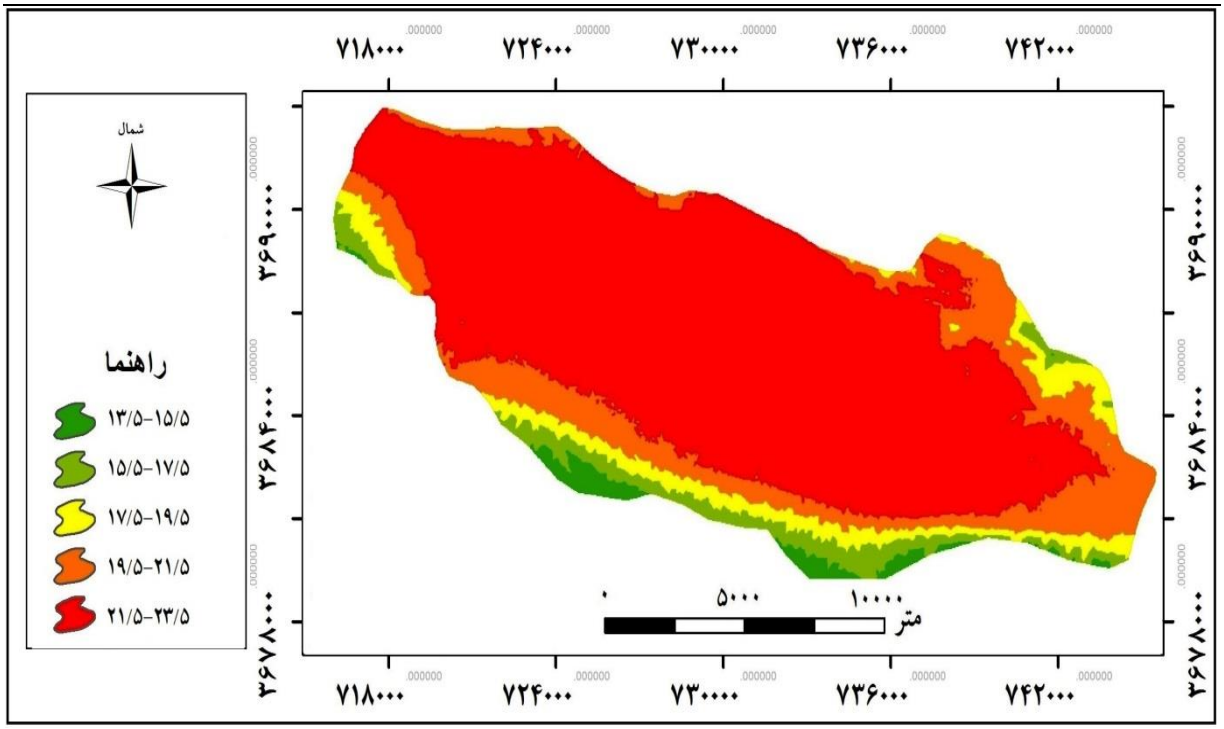
شکل ۵- نقشه تراکم شبکه آبراهه محدوده دشت رومشگان



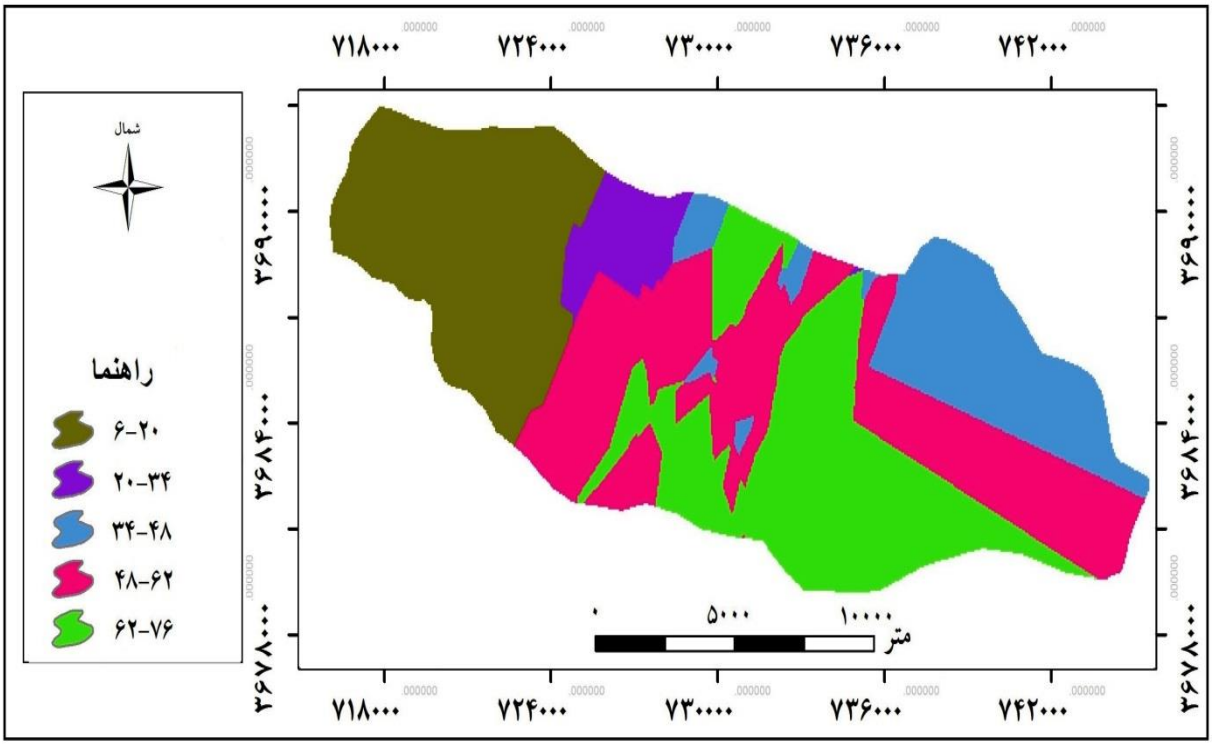
شکل ۶- نقشه طبقات ارتفاعی محدوده دشت رومشگان



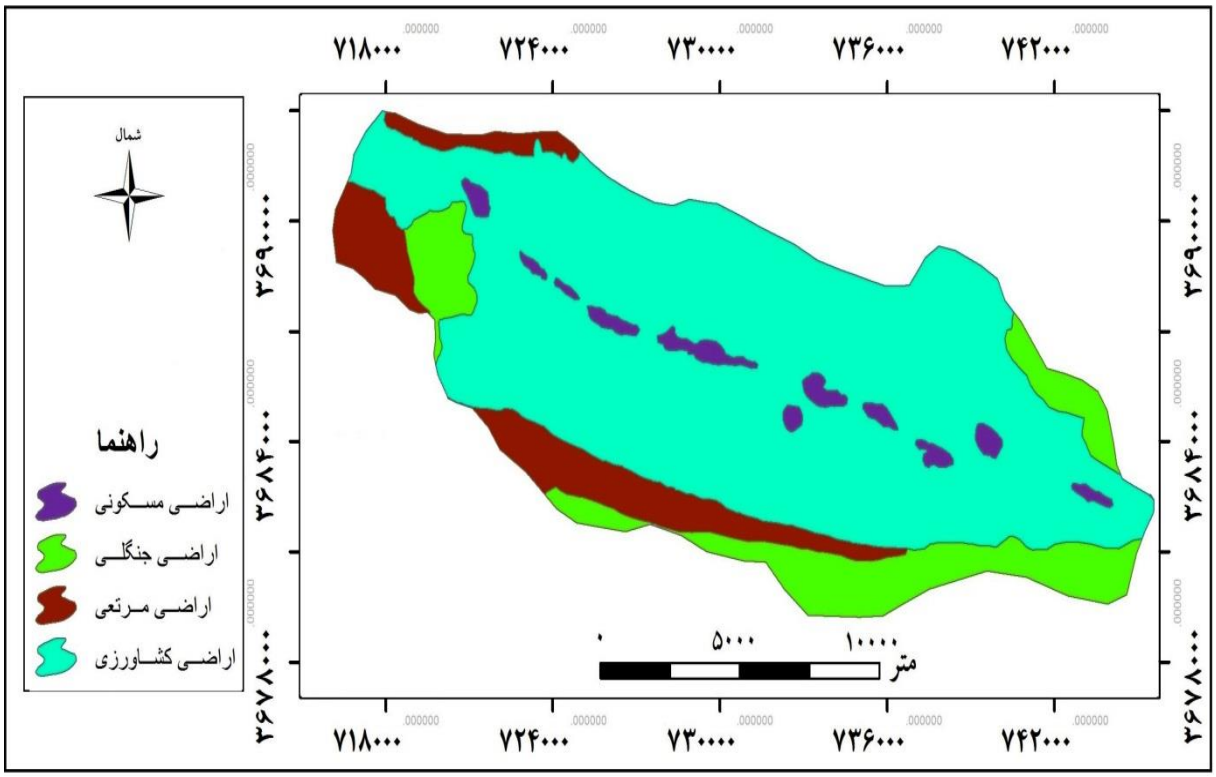
شکل ۷- نقشه هم‌باران محدوده دشت رومشگان



شکل ۸- نقشه هم‌دمای محدوده دشت رومشگان



شکل ۹- نقشه ضخامت آبرفت محدوده دشت رومشگان



شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی محدوده دشت رومشگان

در این تحقیق به منظور فازی‌سازی نقشه هر یک از عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، از توابع عضویت فازی استفاده شده است (جدول ۲). پس از تهیه نقشه فازی عوامل، با مقایسه زوجی (بر اساس جدول ۱) عوامل دو به دو با هم مقایسه و نتایج به دست آمده به منظور محاسبه اوزان هر یک از فاکتورهای استفاده شده به نرم‌افزار Expert Choice انتقال داده شد. نتایج به دست آمده از محاسبه ضریب ناسازگاری نشان داد که مقایسات به درستی انجام شده است (جدول ۳).

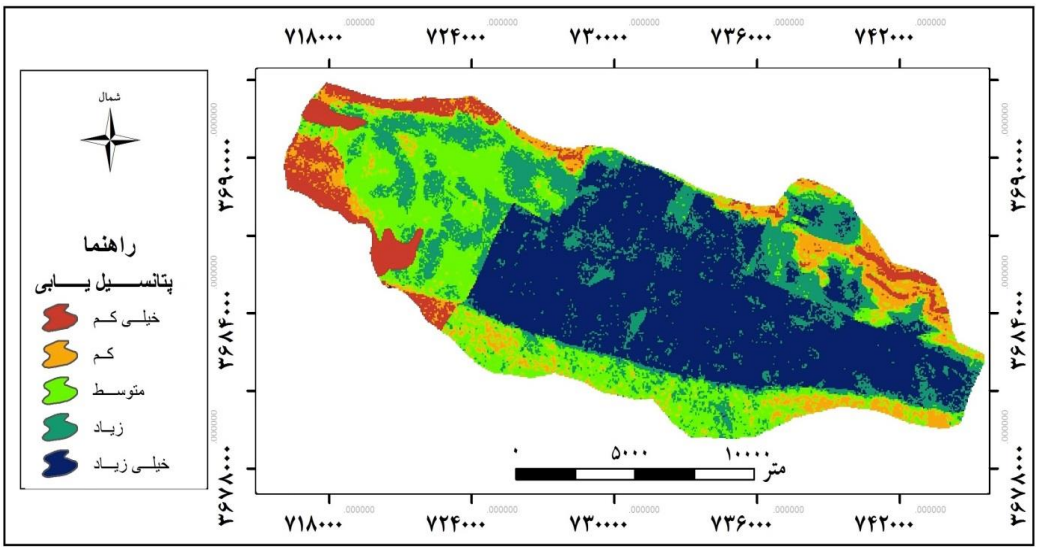
جدول ۲- توابع عضویت استفاده شده در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی محدوده دشت رومشگان

متغیر	بیشترین درجه عضویت	کمترین درجه عضویت	تابع استفاده شده
لیتولوژی	رسوبات کواترنری	ژیپس و مارن	Userdefined
شیب	۰-۵	بیشتر از ۳۰ درجه	Ms small
تراکم گسل	۱/۰۳-۱/۲۹	۱/۵۲-۱/۹۰	Ms larg
تراکم آبراهه	۴/۳۲-۵/۴۰	۰-۱/۰۸	Ms larg
ارتفاع	۱۰۰۲-۱۲۳۵	۱۴۶۸-۱۷۰۱	Ms small
بارندگی	۴۰۱-۴۱۱	۳۸۱-۳۹۱	Ms larg
دما	۱۳/۵-۱۵/۵	۲۱/۵-۲۳/۵	Ms small
ضخامت آبرفت	۶۲-۷۶	۶-۲۰	Ms larg
کاربری اراضی	اراضی کشاورزی	اراضی مسکونی	Userdefined

جدول ۳- وزن‌دهی عوامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت رومشگان

	لیتولوژی	ضخامت آبرفت	شیب	تراکم آبراهه	بارندگی	ارتفاع	تراکم گسل	کاربری اراضی	دما	وزن	ضریب ناسازگاری
لیتولوژی	۱	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۶	۷	۰/۲۸۰	
ضخامت آبرفت		۱	۲	۳	۳	۴	۵	۶	۶	۰/۲۱۵	۰/۰۴
شیب			۱	۲	۳	۳	۴	۵	۵	۰/۱۵۴	
تراکم آبراهه				۱	۲	۳	۳	۴	۴	۰/۱۱۱	
بارندگی					۱	۲	۳	۴	۴	۰/۰۸۴	
ارتفاع						۱	۲	۳	۳	۰/۰۶۰	
تراکم گسل							۱	۲	۳	۰/۰۴۳	
کاربری اراضی								۱	۲	۰/۰۳۰	
دما									۱	۰/۰۲۴	

به منظور تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به روش تلفیقی سلسله مراتبی و فازی، نقشه‌های فازی هر یک از عوامل در اوزان به دست آمده برای آن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی ضرب و نقشه تمام عوامل همپوشانی داده شدند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که به ترتیب ۷/۳۷، ۱۰/۱۲، ۲۲/۲۵، ۲۰/۴۶ و ۳۹/۷۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های پتانسیلی، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت رومشگان

نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر با افزایش جمعیت، نیاز به آب سالم و قابل شرب روند صعودی داشته و منابع آب سطحی نیز با مسئله آلودگی و تغییرات حجمی روبرو هستند. در نتیجه، نگاه برنامه‌ریزان به سوی منابع آب زیرزمینی سوق یافته است که منابع حیاتی آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. در مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی که هدف این تحقیق می‌باشد، عوامل و متغیرهایی دخالت دارند که این متغیرها به نسبت تاثیر در پی‌جویی و پتانسیل‌یابی منابع آب دارای اولویت‌های وزنی متفاوتی می‌باشند. در این تحقیق به ترتیب اولویت وزنی از عوامل لیتولوژی، ضخامت آبرفت، شیب، تراکم آبراهه، بارندگی، ارتفاع، تراکم گسل، کاربری اراضی و دما استفاده شده است. نتایج به دست آمده از تحلیل و بررسی نقشه هر یک از این عوامل نشان می‌دهد:

در نقشه لیتولوژی، به آبرفت‌ها، آهک‌های توده‌ای (به علت کارستی شدن) بیشترین وزن و به مارن‌ها به علت دانه‌ریز بودن و تراکم بالا کمترین وزن تعلق گرفته است.

در نقشه ضخامت آبرفت، به دلیل ارتباط مستقیم بین قابلیت ذخیره آب زیرزمینی و ضخامت آبرفت، به آبرفت‌های با ضخامت بالا بیشترین وزن تعلق گرفته است. در نقشه عامل شیب، به شیب‌های پایین به علت حفظ طولانی مدت آب بیشترین وزن و با افزایش شیب مقدار وزن کاهش می‌یابد. در نقشه تراکم گسل‌ها به دلیل ایجاد درز و شکاف در واحدهای سنگی و هدایت آب به لایه‌های زمین و در نقشه تراکم آبراهه‌ها به دلیل هدایت حجم بیشتر آب به لایه‌های زمین، به مناطق پر تراکم‌تر وزن بیشتری تعلق می‌گیرد. در نقشه طبقات ارتفاعی به دلیل نفوذ حجم بیشتر آب به لایه‌های زمین به طبقات با ارتفاع کمتر وزن بیشتری تعلق می‌گیرد. در نقشه بارندگی به علت افزایش تامین آب برای ذخیره، به طبقات با بارندگی بیشتر و در نقشه دما به علت تبخیر کمتر به طبقات با دمای کمتر، بیشترین وزن تعلق گرفته است. در نقشه کاربری اراضی به دلیل فراهم شدن شرایط مطلوب برای نفوذ آب به اعماق بیشتر به اراضی کشاورزی بیشترین وزن و به اراضی مسکونی کمترین وزن تعلق گرفته است. در این تحقیق به منظور پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی از روش تلفیقی سلسله مراتبی و فازی استفاده شده است تا علاوه بر استفاده از قضاوت کارشناسی در روش سلسله مراتبی با توسعه دادن فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به سمت فضای فازی، عدم در نظر گرفتن بی دقتی و عدم اطمینان ذاتی ادراکات تصمیم گیرندگان و انعکاس نظرات آنها به صورت یک عدد قطعی برطرف گردد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که به ترتیب ۷/۳۷، ۱۰/۱۲، ۲۲/۲۵، ۲۰/۴۶ و ۳۹/۷۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌هایی با پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که مناطق با پتانسیل بالا مناسب‌ترین مناطق برای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی می‌باشند. بر این اساس همانطوریکه انتظار می‌رفت، بیشترین پتانسیل تشکیل منابع آب زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی محدوده مورد مطالعه وجود دارد و مناطق متشکل از تشکیلات زمین شناسی سخت با شیب توپوگرافی بالا کمترین پتانسیل را دارا می‌باشند.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت مالی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد خرم‌آباد و در قالب طرح پژوهشی به انجام رسیده است. به موجب همکاری صمیمانه مسئولین مربوطه، نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به ایشان ابراز می‌دارند.

منابع

-**تاناکا، ک.، (۱۳۸۸)**، "مقدمه ای بر منطق فازی برای کاربردهای عملی آن"، ترجمه وحیدیان کامیاد، ع.، طارقیان، ح. ر.، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، چاپ چهارم، ۲۱۶ص.

-**رحیمی، د.، موسوی، س.ح.، (۱۳۹۰)**، "پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شاهرود-بسطام)"، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۷، شماره ۴۴، ص ۱۳۹-۱۵۹.

-**رضایی‌مقدم، م.ح.، رحیم‌پور، ت.، نخستین‌روحی، م.، (۱۳۹۵)**، "پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز)"، نشریه اکوهیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۳، ص ۳۷۹-۳۸۹.

-**سیف، ع.، کارگر، ا.، (۱۳۹۰)**، "پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی، مطالعه موردی: حوضه آبریز سیرجان"، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۲، ص ۷۵-۹۰.

-**صابری، ع.، رنگزن، ک.، مهجوری، ر.، کشاورزی، م.ر.، (۱۳۹۱)**، "پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با تلفیق سنجش از دور و GIS به روش تحلیل سلسله مراتبی در تاقدیس کمستان استان خوزستان"، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۶، ص ۱۱- ۲۰.

-**علیزاده، ا.، (۱۳۸۹)**، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، چاپ سی و یکم، ۹۴۶ص.

-**قدسی پور، ح.، (۱۳۸۴)**، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز نشر، ۲۲۴ ص.

-**گودرزی، ل.، آخوندعلی، ع.م.، زارعی، ز.، (۱۳۹۳)**، "تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت اشترینان)"، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۴۷-۶۰.

-**محمودیان شوشتری، م.، (۱۳۹۲)**، "هیدرولیک آبهای زیرزمینی"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ دوم، ۵۷۴ ص.

-**مفیدیفر، م.، المدرسی، س.ع.، اصلاح، م.، ملک زاده بافقی، ش.، (۱۳۹۳)**، "پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری تحلیل سلسه مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه دشت یزد اردکان)"، همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ص ۱۰۱-۱۱۰.

-**نسرین‌نژاد، ن.، رنگزن، ک.، کلانتری، ن.، صابری، ع.، (۱۳۹۳)**، "پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)"، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۱۵-۳۴.

-**Baharvand, S., Soori, S., (2016),** "Landslide Hazard Zonation Using AHP Model (A case study: Ayvashan dam watershed, Lorestan)" , Journal of Geotechnical Geology, 12(1): 29-37.

-**Domingos, P., Sangam, S., Mukand, S., Sarawut, N., (2017),** "Delineation of groundwater potential zones in the Comoro watershed, Timor Leste using GIS, remote sensing and analytic hierarchy process (AHP) technique", Applied Water Science, 7(1): 503-519.

-**Etishree, A., Rajat, A., Garg, R.D., Garg, P.K., (2013),** "Delineation of groundwater potential zone: An AHP/ANP approach", Journal of Earth System Science,122(3): 887-898.

-**Gintamo, T.T., (2015),** "Ground Water Potential Evaluation Based on Integrated GIS and Remote Sensing Techniques, in Bilate River Catchment: South Rift Valley of Ethiopia", ASRJETS, 10(1): 85-120.

-**Hyun-Joo, O., Yong-Sung, K., Jong-Kuk, C., Eungyu, P., Saro, L., (2011),** "GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea", Journal of Hydrology, 399 (3-4), 158-172.

-**Joven, P.A., Yamaguchi, S., Takada, J., (2010),** "Use of GIS for Groundwater Development Potential: Characterization of Agusan del Norte, Philippines, Tokyo Institute of Technology", JASID 11th Spring Conference.

-**Magesh, N.S., Chandrasekar, N., Soundranayagam, J.P., (2012),** "Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques", Geoscience Frontiers, 3(2): 189-196.

-**Oh, H.J., Kim, Y.S., Choi, J.K., Park, E., Lee, S., (2011),** "GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea", Journal of Hydrology, 399:158-172.

-Saaty, T.L., (1980), "The analytic hierarchy process", McGraw-Hill, New York. 287p.

-**Saaty, T.L., (1990),** "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process", European Journal of Operational Research, 48: 9-26.

-**Saaty, T.L., (1994),** "How to make a decision: the analytic hierarchy process", Interfaces, 24(6): 19-43.

-**Sener, E., Davraz, A., Ozcelik, M., (2005),** "An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations (a case study in Burdur, Turkey)" , Hydrogeology Journal, 13: 826-834.

Delineation of groundwater potential using AHPFuzzy (A Case Study: Romeshgan plain)

Salman Soori [*1], Siamak Baharvand [2] & Vahab Amiri[3]

1- M.Sc, Young Researchers and Elite club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran (Sa.so260@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Geology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran,
3- Ph.D, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University of Tehran

Abstract

Groundwater is one of the most important of water sources for human life. Because of limitation of surface water sources of several regions of Iran, groundwater can be considered as the most appropriate sources for supplying these regions. Currently, Remote Sensing and GIS are considered as one of the most powerful and affordable tools for exploration of groundwater. Talents of this study are identification of high potential regions of the Romeshgan plain using by AHPFuzzy, Remote Sensing techniques and GIS. Based The lithological, thick alluvium, landuse, elevation, slope, drainage density, fault density, temperature and rainfall layers were prepared using Fuzzy method in GIS environment and based on geological, hydrological, structural, topographical data, satellite images ETM+ and field visit. These maps were weighted using pair comparison in AHP method. The maps of mentioned factors were prepared by applying weights to each criterion and according to their importance in delineation of groundwater potential. Finally, the final maps were provided using the AHP-Fuzzy overlapping approach. Results indicate that about 7.37, 10.12, 22.25, 20.46 and 39.79 percent of study area fall in the areas with very low, low, medium, high, very high for Delineation of groundwater potential.

Keywords: Romeshgan plain, Groundwater, Remote Sensing, GIS, AHPFuzzy