اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص ۳۸۹-۳۷۹

پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز)

محمدحسین رضایی مقدم[1*]، توحید رحیم‌پور[2]، مهسا نخستین روحی[2]

۱. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

۲. کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۸/۲۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۰۹/۲۹)

چکیده

حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز جزء زیرحوضه‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه محسوب می‌شود که در استان آذربایجان شرقی و شمال غرب ایران واقع شده است. مساحت این حوضه‌ها ۵۳۹۷ کیلومترمربع و کشاورزی یکی از منابع اصلی درآمد مردم است که به منابع آب زیرزمینی و سطحی وابسته است. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز از نظر پتانسیل منابع آب زیرزمینی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی است. برای نیل به این هدف از روش تحلیل شبکه‌ای و روابط بین معیارهای اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، توپولوژی و زیست‌محیطی استفاده شد. وزن معیارها با استفاده از روش تحلیل شبکه محاسبه شد: زمین‌شناسی (۰/۲٦۷)، بارش (۰/۲۰۸)، تراکم آبراهه (۰/۱۳۰)، پوشش گیاهی (۰/۱۱۹)، فاصله از آبراهه (۰/۰۷٦)، تراکم گسل (۰/۰٥٤)، شیب (۰/۰٤۲)، فاصله از گسل (۰/۰۳٤)، طبقات ارتفاعی (۰/۰۲۸)، جهت شیب (۰/۰۱۹) و دما (۰/۰۱۸). در نهایت، ۵ طبقه با پتانسیل بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم در منطقه شناسایی شد. نتایج تحقیق نشان داد مناطق با پهنه‌های پتانسیل زیاد و بسیار زیاد بیشتر منطبق بر ارتفاعات پایین و رسوبات آبرفتی درشت‌دانهٔ دوران چهارم و مخروط‌افکنه‌هاست. مناطق با پهنه‌های پتانسیل کم و بسیار کم نیز به‌ترتیب منطبق بر بیشترین ارتفاعات (به‌دلیل شیب تند) و مناطق دارای جنس مارنی و شیلی (به‌علت نفوذپذیری خیلی کم و تبخیر زیاد) است.

کلیدواژگان: آب زیرزمینی، پتانسیل‌یابی، حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل شبکه‌ای.

* نویسندهٔ مسئول

Email: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

افزایش بی‌رویهٔ جمعیت، محدودیت منابع آب‌های سطحی و بهره‌برداری بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی سبب واردشدن خسارت‌های جبران‌ناپذیری به منابع طبیعی کشور در سال‌های گذشته شده است. آب‌های زیرزمینی در کشور به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت، اهمیت زیادی دارند. آب زیرزمینی از یک‌سو به‌دلیل شیرین‌بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بیشتر یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و از سوی دیگر با تأثیر بر توان اکولوژیک سرزمین پدیده‌ای مهم و مؤثر در توسعهٔ اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به‌حساب می‌آید [۱]. آب‌های زیرزمینی فقط حدود ۴ درصد از مجموعه آب‌هایی را تشکیل می‌دهند که فعالانه در سیکل هیدرولوژی دخالت دارند. با وجود این، حدود ۵۰ درصد جمعیت دنیا از نظر آب شرب به همین آب‌های زیرزمینی متکی‌اند. این رقم در ایران به‌مراتب بیشتر از ۵۰ درصد است و می‌توان گفت بیشتر شهرها و روستاهای کشور آب مورد نیاز شرب و کشاورزی خود را از منابع زیرزمینی تأمین می‌کنند [۲].

کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانهٔ حدود ۲۵۰ میلی‌متر از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود [۳]. این گسترهٔ بزرگ جغرافیایی با مشخصات هیدرولوژیکی خاص نظیر حجم نزولات ۴۱۳، تبخیر و تعرق ۲۹۶ و حجم آب قابل دسترس ۱۱۷ میلیارد مترمکعب، سرانهٔ آب تجدیدشونده ۱۹۰۰ و مصرف ۳/۴ میلیارد مترمکعب که حدود ۶۵ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود، با شرایط سختی در زمینهٔ تأمین آب روبه‌روست [۲]. با توجه به این ارقام بازنگری در مدیریت و استراتژی منابع آب در برنامه‌های توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی کشور امری اجتناب‌ناپذیر و جدی است [۴].

روش‌های سنتی و دستی که در جهت شناخت پتانسیل آب‌های زیرزمینی به‌کار گرفته می‌شوند، اغلب به صرف وقت و هزینه و نیروی انسانی زیادی نیاز دارند و به‌دلیل رقومی‌نبودن اطلاعات، تهیهٔ بانک قابل به‌هنگام‌شدن مقدور نیست که در این راستا مدل‌های تصمیم‌گیری به‌کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌توانند به‌عنوان نوعی تکنیک سریع و مدرن استفاده شوند [۵]. از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری می‌توان به فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[1] و فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)[2] اشاره کرد [۶].

بررسی مبانی نظری و پیشینهٔ موضوع تحقیق نشان می‌دهد دربارهٔ پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی پژوهش‌های فراوانی انجام شده است؛ اما این مطالعات از نظر روش‌شناسی و فرایند انجام کار با هم متفاوت بوده‌اند که به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود. رحیمی [۴] در تحقیقی به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد از مجموع ۱۲۳۰۲ هکتار از مساحت منطقه حدود ۵۹۰۰ هکتار دارای پتانسیل زیاد برای برداشت و تغذیهٔ مصنوعی و مناسب برای حفر چاه است. سیف و کارگر [۷] منابع آب زیرزمینی را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضهٔ آبریز سیرجان پتانسیل‌یابی کردند. نتایج نشان داد پهنهٔ پتانسیل زیاد بیشتر منطبق بر رسوبات آبرفتی درشت‌دانهٔ دوران چهارم و مخروط‌افکنه‌هاست. یوسفی سنگانی و همکارانش [۸] در تحقیقی پتانسیل آب زیرزمینی با روش تلفیق فازی و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در شمال خاوری رشته‌کوه‌های هزارمسجد استان خراسان رضوی را ارزیابی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد استفاده از توابع عضویت فازی در استانداردسازی نقشه‌ها، نسبت به سایر روش‌ها نتایج قابل اطمینان‌تری ارائه می‌کند. مفیدی‌فر و همکارانش [۹] با استفاده از مدل تصمیم‌گیری تحلیل سلسله‌مراتبی منابع آب زیرزمینی در حوضهٔ یزد-اردکان را پتانسیل‌یابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد حدود ۷۰ درصد از مساحت منطقهٔ مطالعه‌شده دارای پتانسیل زیاد و خوب از نظر آب زیرزمینی است. ایشان به‌منظور بررسی دقت مدل استفاده‌شده در تحقیق، محدوده‌های استخراج‌شده را با موقعیت مکانی منابع آب زیرزمینی موجود مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که روش تحلیل سلسله‌مراتبی با دقت ۶۱/۶ درصد منابع آب زیرزمینی موجود را شناسایی کرده است. ایتیشری و همکارانش [۶] در تحقیقی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای، آب زیرزمینی در منطقهٔ یونائو در کشور هند را پتانسیل‌یابی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد حدود ۱۵

1. Analytical Hierarchy Process
2. Analytic Network Process

Archive of SID

www.SID.ir

درصد از مساحت منطقه پتانسیل خوب و خیلی خوب از نظر آب زیرزمینی دارد. ارزیابی نقشهٔ به‌دست‌آمده از فرایند تحلیل شبکه‌ای با چاه‌های موجود در منطقه نشان داد این مدل دقت قابل قبولی داشته است.

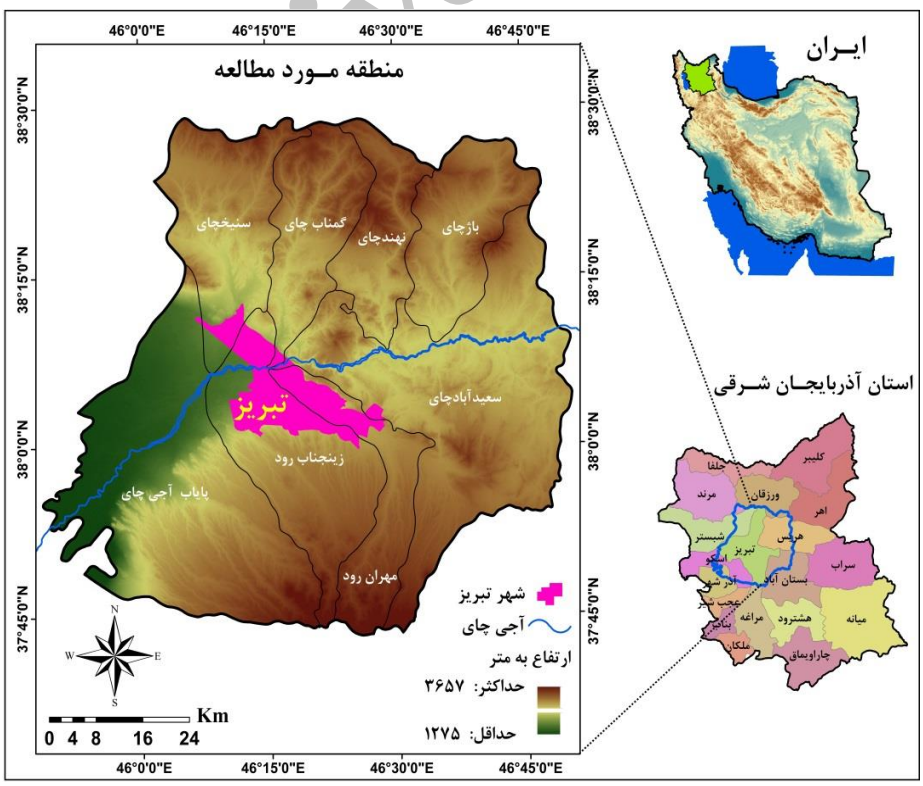
حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز با توجه به قرارگیری روستاها و شهرهای زیاد در داخل آن از جمله کلان‌شهر تبریز و ضرورت تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی منطقه، الگویی مناسب برای پژوهش حاضر شد. بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر، شناسایی و تعیین بهترین مناطق آبی برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی در حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق در مدیریت منابع آبی منطقه اهمیت شایان توجهی خواهد داشت.

منطقهٔ مطالعه‌شده

حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز با وسعتی حدود ۵۳۹۷ کیلومترمربع جزء زیرحوضه‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه محسوب می‌شوند که در استان آذربایجان شرقی قرار گرفته‌اند. منطقهٔ مطالعه‌شده از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۲۲-′۴۸-°۴۵ تا ″۳۸-′۵۰-°۴۶ طول شرقی و ″۱۸-′۴۳-°۳۷ تا″۱۸-′۲۹-°۳۸ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). منطقهٔ مطالعه‌شده اقلیم نیمه‌خشک دارد و میانگین بارش سالانهٔ آن ۳۰۰ میلی‌متر در سال و بیشترین بارش مختص‌به ماه‌های اسفند و اردیبهشت است [۱۰]. بیشترین ارتفاع منطقه ۳۶۵۷ متر در ارتفاعات کوه سهند و کمترین ارتفاع در بستر رودخانهٔ آجی‌چای برابر ۱۲۷۵ متر از سطح دریاست.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با توجه به هدف آن، یعنی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، تلاش شده است تا عوامل مؤثر بر نفوذپذیری خاک و تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی بررسی شود. به همین‌منظور نخست با بررسی منابع داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق، عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شناسایی شد. بنابراین، در پژوهش حاضر ۱۱ متغیر از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شامل لایه‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، شیب به درصد، جهت شیب،

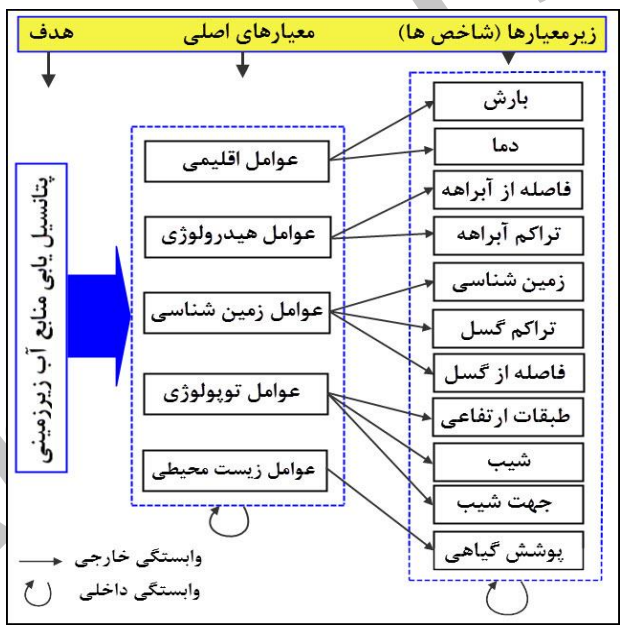


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعه‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

بارش، دما، ارتفاع، فاصله از گسل، تراکم گسل، فاصله از آبراهه و تراکم آبراهه با توجه به استفاده از تجربیات کارشناسان و پژوهشگران در بررسی‌های صورت‌گرفته، در منطقهٔ مطالعه‌شده استفاده شده است. برای پی‌جویی مناطق آبی با پتانسیل‌های مختلف از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ توسعه یافته است. در این مدل معیارها به‌عنوان عناصر داخل دسته‌هایی به نام خوشه قرار می‌گیرند. این مدل شبکه‌ای از ارتباطات بین عناصر خوشه‌های مختلف (وابستگی خارجی) و نیز ارتباطات بین عناصر داخل یک خوشه (ارتباطات داخلی) است. در حقیقت، مدل ANP روابط متقابل بین مؤلفه‌ها را نیز نشان می‌دهد [۱۱ و ۱۲]. مدل ANP به‌جای سلسله‌مراتب از ساختار شبکه‌ای بهره می‌برد و علاوه بر داشتن کلیهٔ ویژگی‌های مدل AHP شامل سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان، انجام مقایسه‌های زوجی و بررسی سازگاری در قضاوت‌ها قادر به برقراری ارتباطات متقابل و دوسویه و وابستگی‌های داخلی علاوه بر روابط سلسله‌مراتبی در شبکه است [۱۳]. فرایند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان در ۴ مرحله اجرا کرد. گام نخست، تعیین مسئلهٔ تصمیم‌گیری و ارائهٔ آن در یک مدل شبکه‌ای است. در این مرحله، پس از تعیین مسئلهٔ تصمیم‌گیری و عوامل مؤثر بر آن باید یک مدل شبکه‌ای تشکیل شود (شکل ۲). این مدل شامل مسئلهٔ تصمیم‌گیری، خوشه‌ها، عناصر و وابستگی‌های داخلی و خارجی بین آنهاست. برای تهیهٔ این ساختار شبکه‌ای روش‌های مختلفی از جمله روش توفان فکری، روش دلفی، روش گروه اسمی و یا روش‌های ریاضی نظیر DEMATEL وجود دارد. در این شبکه، وابستگی‌های خارجی به‌صورت پیکان و وابستگی‌های داخلی به‌صورت کمان نشان داده می‌شود [۱۴].



شکل ۲. مدل شبکه‌ای برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی

جدول ۱. مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی برای مقایسهٔ زوجی [۱۲]

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر (Extremely preferred)	۹
اهمیت خیلی قوی (Very strongly preferred)	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی (Strongly preferred)	۵
کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر (Moderately preferred)	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان (Equally preferred)	۱
اولویت بین فواصل	۸ – ۶ – ۴ - ۲

www.SID.ir

گام دوم، تشکیل ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی و استخراج بردارهای اولویت است. در این مرحله عناصر تصمیم در هر یک از خوشه‌ها، براساس میزان اهمیتشان در ارتباط با معیارهای کنترلی دوبه‌دو مقایسه می‌شوند [۱۴]. همانند مدل AHP برای بیان ارجحیت در ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی از اعداد ۱ تا ۹ و معکوس آنها استفاده می‌شود (جدول ۱). به‌طور نمونه عدد a_{ij} نشان‌دهندهٔ ارجحیت مؤلفهٔ سطر i به مؤلفهٔ ستون j است ($a_{ij}=w_i/w_j$). عدد ۱ بدین‌معناست که دو مؤلفه اهمیت برابر دارند و عدد معکوس ($1/a_{ij}$) نشانگر اهمیت زیاد مؤلفهٔ ستون j نسبت به مؤلفهٔ سطر i است [۱۲].

پس از نوشتن ارجحیت‌ها در ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی، بردار اهمیت داخلی که بیانگر اهمیت نسبی عناصر یا خوشه‌هاست، با استفاده از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$AW=\lambda_{max}W \qquad (۱)$$

که در آن A؛ ماتریس مقایسهٔ دودویی معیارها، W؛ بردار ویژه (ضریب اهمیت) و λ_{max}؛ بزرگ‌ترین مقدار ویژهٔ عددی است. تعیین صحت ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی با محاسبهٔ نسبت سازگاری (CR) انجام می‌شود.

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \qquad (۲)$$

که در آن CI؛ شاخص سازگاری و n؛ تعداد مؤلفه‌های مقایسه‌شده در ماتریس است.

$$CR=\frac{CI}{RI} \qquad (۳)$$

که در آن CR؛ نسبت پایندگی و RI؛ بیانگر شاخص تصادفی است که به تعداد عناصر مقایسه‌شده بستگی دارد. مقایسهٔ دو به دو زمانی قابل قبول و دارای پایندگی خواهد بود که نسبت پایندگی کمتر از ۰/۱ به‌دست آید [۱۲، ۱۵ و ۱۶].

گام سوم، تشکیل سوپرماتریس است. یک سوپرماتریس روابط موجود در ساختار شبکه‌ای و نیز وزن‌های نسبی محاسبه‌شده در مرحلهٔ دوم را ارائه می‌دهد. درواقع، از اجتماع کلیهٔ بردارهای اولویت محاسبه‌شده برای تک‌تک ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی در یک ماتریس، سوپرماتریس به‌دست می‌آید [۱۷]. در فرایند تحلیل شبکه‌ای سه نوع سوپرماتریس ساخته می‌شود:

سوپرماتریس اولیه (ناموزون): از واردکردن همهٔ بردارهای ویژهٔ به‌دست‌آمده از ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی به ماتریس اولیه، سوپرماتریس ناموزون به‌دست می‌آید [۱۷].

سوپرماتریس موزون: از ضرب ارزش‌های موجود در سوپرماتریس ناموزون در وزن هر خوشه، سوپرماتریس موزون به‌دست می‌آید. سپس این سوپرماتریس نرمالیزه و از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود [۱۷ و ۱۸].

سوپرماتریس حد: اگر همهٔ عناصر سوپرماتریس موزون تا جایی به توان برسد که همگرایی حاصل شود و به‌بیان دیگر ارزش‌های کلیهٔ ستون‌های ماتریس یکسان شوند، آن‌گاه سوپرماتریس حد تشکیل می‌شود که هر ستون آن نشان‌دهندهٔ بردار اولویت کلی است (رابطهٔ ۴) [۱۷].

$$\lim_{k\to\infty} w^{k} \qquad (۴)$$

گام چهارم: محاسبهٔ وزن نهایی معیارهاست. این گام آخرین مرحله در مدل ANP است که در آن با تشکیل سوپرماتریس حد بردار، وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها به‌دست می‌آید [۱۷].

تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی

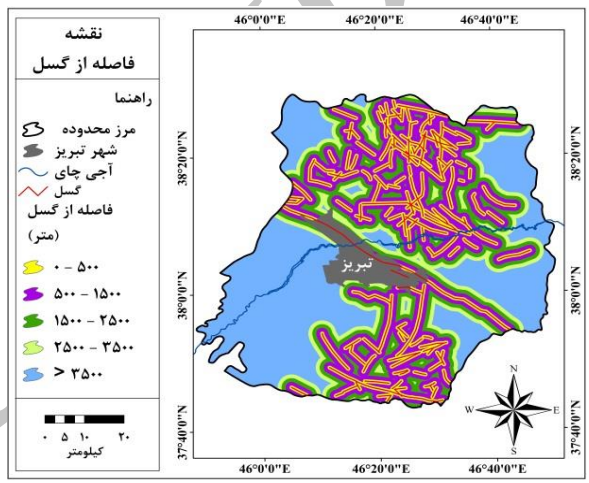
در راستای اهداف پژوهش، نقشهٔ پوشش گیاهی محدودهٔ مطالعه‌شده از باندهای مرئی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجندهٔ OLI مختص‌به سال ۲۰۱۵ (دو تصویر لندست با گذر و ردیف‌های ۳۴ـ ۱۶۸ و ۳۳ـ ۱۶۸ برای پوشش کامل منطقه با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) در محیط نرم‌افزار ENVI استخراج و به فرمت Shape file در محیط نرم‌افزار ArcGIS ذخیره شد. وجود پوشش گیاهی در هر منطقه سرعت جریان‌های سطحی را کاهش می‌دهد و سبب نفوذ بیشتر آب به داخل خاک و در نتیجه موجب افزایش میزان آب‌های زیرزمینی می‌شود [۱۹]. به‌منظور تهیهٔ نقشه‌ها و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM)[1] با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد و هریک از نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. طبقات ارتفاع، شیب و جهت شیب از فاکتورهای مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی هستند که نقش مهمی در ضریب رواناب و نفوذپذیری دارند. این فاکتورها در گرادیان هیدرولیکی و جهت حرکت آب زیرزمینی و محل تشکیل آبخوان نقش مؤثری دارند [۴]. برای تهیهٔ لایه‌های دما و بارش از اطلاعات داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های سینوپتیک (تبریز، سهند، ورزقان، اهر، بستان‌آباد) و کلیماتولوژی منطقه برای یک دورهٔ ۱۰ ساله از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ استفاده شد. به‌منظور تعمیم

1. Digital Elevation Model

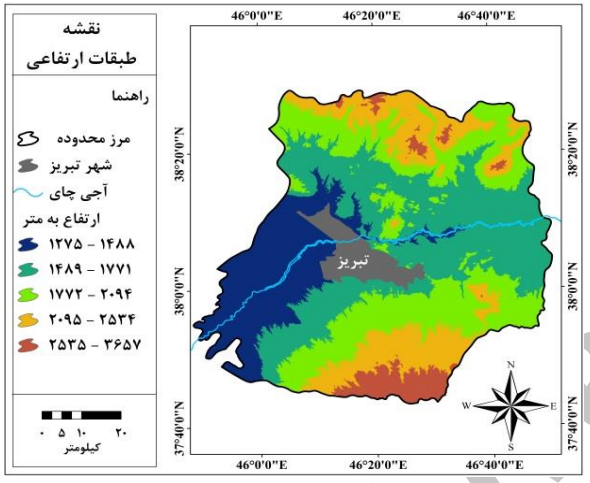
Archive of SID

www.SID.ir

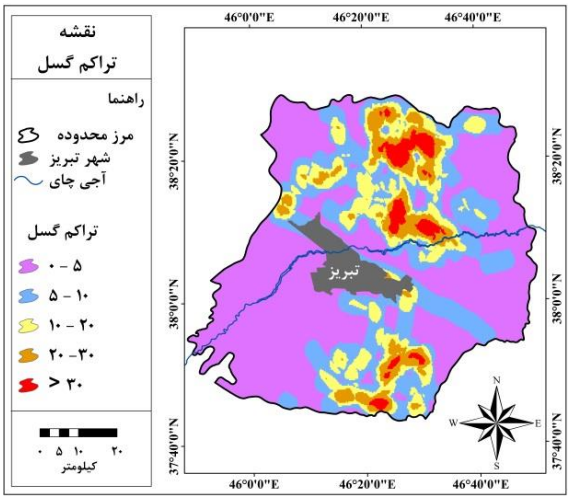
داده‌های نقطه‌ای ایستگاه‌ها به داده‌های پهنه‌ای با استفاده از روش‌های درون‌یابی جبری و مدل LPI [1] به‌دلیل دقت بیشتر و خطای کمتر نسبت به دیگر روش‌های درون‌یابی، داده‌های مختص‌به دما و بارش درون‌یابی و به نقشه تبدیل شدند. برای تهیهٔ نقشهٔ آبراهه‌های منطقه نیز از نقشهٔ توپوگرافی منطقه استفاده شد. نقش عوامل هیدرولوژی به‌همراه پارامترهای اقلیمی شبیه بارش، مشخصات شبکهٔ زهکشی مانند تراکم شبکهٔ آبراهه به‌صورت غیرمستقیم نشان‌دهندهٔ میزان نفوذپذیری است به‌گونه‌ای که زیادبودن تراکم آبراهه نشان‌دهندهٔ کاهش نفوذ و کم‌بودن آن به‌شرط مهیابودن شرایط زمین‌شناسی، خاک و پوشش گیاهی نشان‌دهندهٔ زیادبودن آن است [۴]. نقشه‌های زمین‌شناسی و گسل منطقه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. افزایش تراکم در زه و گسل‌ها به‌طور کلی اهمیت زیادی در نفوذ و انتقال آب زیرزمینی دارد و به این‌ترتیب برای استخراج، حفاظت آب و پراکندگی مواد آلاینده مهم است [۲۰]. لایه‌های استفاده‌شده در این تحقیق در شکل‌های ۳ تا ۱۳ آورده شده است.



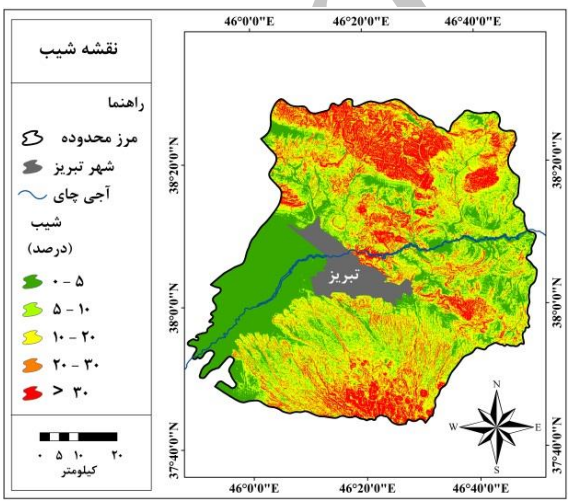
شکل ۳. نقشهٔ فاصله از گسل



شکل ۴. نقشهٔ طبقات ارتفاعی



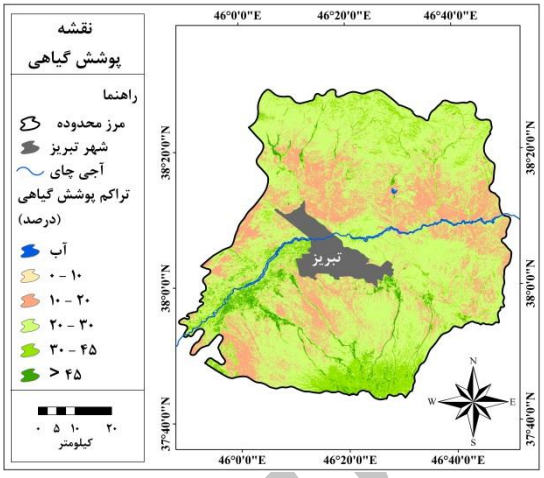
شکل ۵. نقشهٔ تراکم گسل



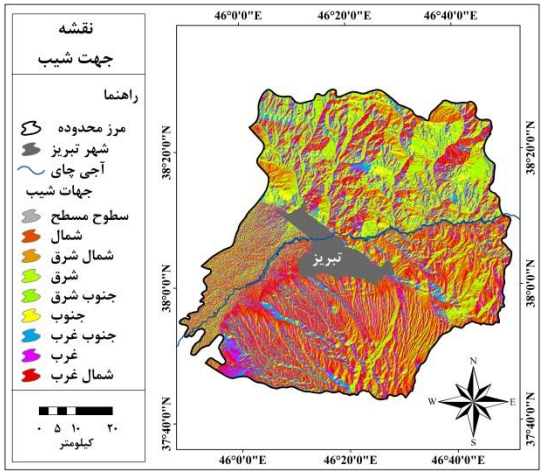
شکل ۶. نقشهٔ شیب

1. Local Polynomial Interpolation

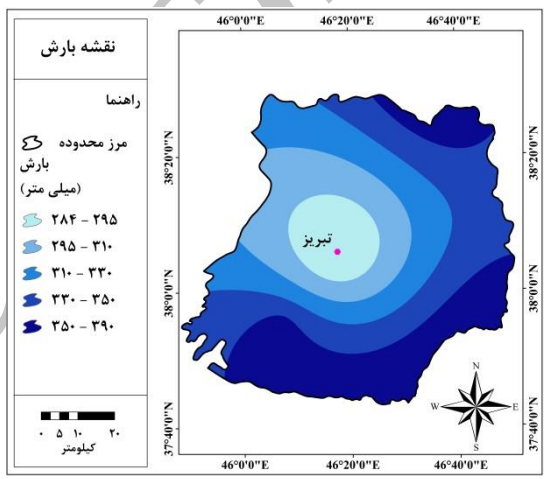
www.SID.ir



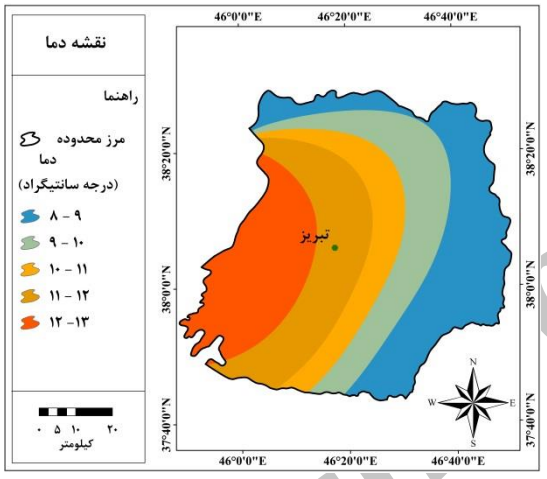
شکل ۷. نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی



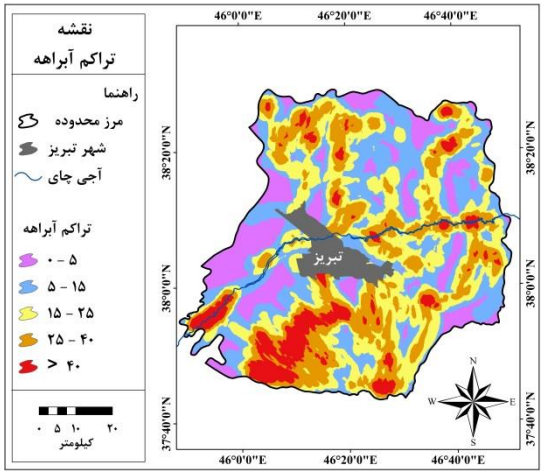
شکل ۸. نقشهٔ جهت شیب



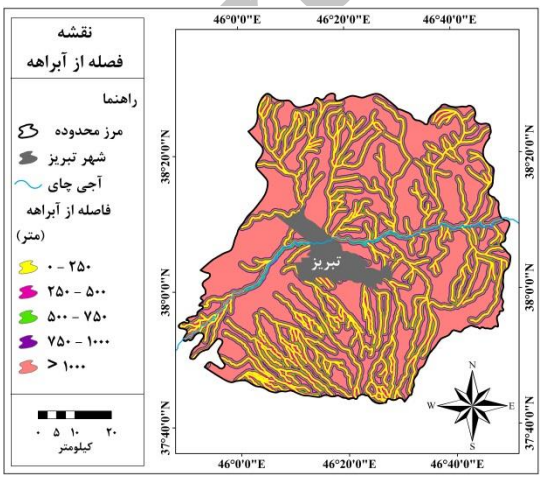
شکل ۹. نقشهٔ بارش



شکل ۱۰. نقشهٔ دما

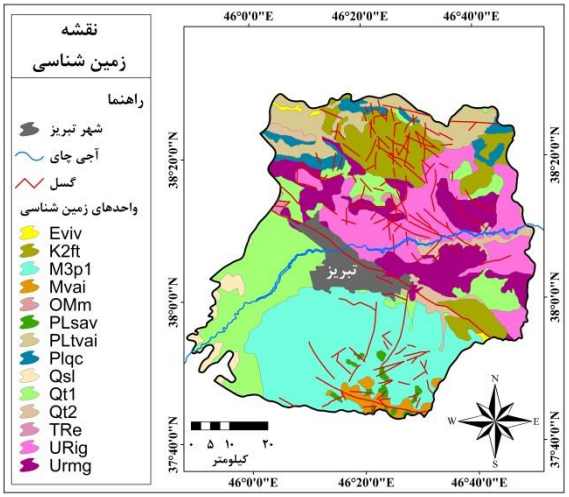


شکل ۱۱. نقشهٔ تراکم آبراهه



شکل ۱۲. نقشهٔ فاصله از آبراهه

www.SID.ir



شکل ۱۳. نقشهٔ زمین‌شناسی

جدول ۲. ماتریس دوبه‌دو، وزن معیارها و نسبت سازگاری

معیارها	زمین‌شناسی	بارش	تراکم آبراهه	پوشش گیاهی	فاصله از آبراهه	تراکم گسل	شیب	فاصله از گسل	طبقات ارتفاعی	جهت شیب	دما	وزن نهایی
زمین‌شناسی	۱	۲	۳	۳	۴	۷	۵	۷	۷	۹	۹	۰/۲۶۷
بارش	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۵	۵	۷	۶	۷	۷	۰/۲۰۸
تراکم آبراهه	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۵	۴	۷	۵	۰/۱۳۰
پوشش گیاهی	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۳	۳	۳	۵	۵	۶	۵	۰/۱۱۹
فاصله از آبراهه	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱	۲	۳	۳	۳	۴	۵	۰/۰۷۶
تراکم گسل	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۳	۴	۳	۰/۰۵۴
شیب	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۲	۲	۳	۰/۰۴۲
فاصله از گسل	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۳	۳	۰/۰۳۴
طبقات ارتفاعی	۱/۷	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۳	۲	۰/۰۲۸
جهت شیب	۱/۹	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱	۲	۰/۰۱۹
دما	۱/۹	۱/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۰/۰۱۸

نرخ سازگاری: ۰/۰۴

نتایج و بحث

در فرایند تحلیل شبکه‌ای، لایه‌ای که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد، بیشترین وزن را به خود می‌گیرد. چون هدف این تحقیق پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز است، پارامترهای تأثیرگذار در نفوذپذیری خاک و تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین عوامل برای نیل به هدف نهایی در نظر گرفته شوند. بنابراین، برای لایه‌های زمین‌شناسی، بارش، تراکم آبراهه و پوشش گیاهی با توجه به اهمیت آنها در نفوذپذیری خاک و تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی، بیشترین وزن در نظر گرفته شد. وزن‌دهی سایر عوامل نسبت به کاهش تأثیرشان در نفوذپذیری کمتر می‌شود. ماتریس دوبه‌دو، وزن نهایی و نرخ سازگاری معیارهای مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود نرخ سازگاری برابر ۰/۰۴ محاسبه شده است که صحت مقایسه‌های زوجی و تعیین وزن نهایی را تأیید می‌کند.

پس از مشخص‌شدن عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع

Archive of SID

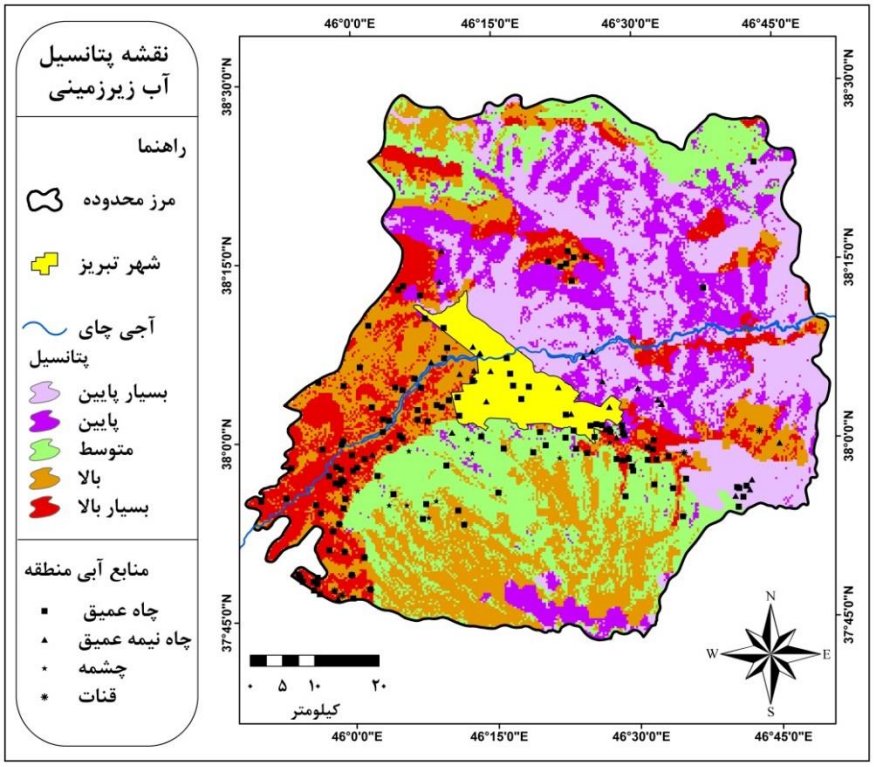
www.SID.ir

آب زیرزمینی حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز و وزن‌دهی به هریک از معیارها و زیرمعیارها و محاسبهٔ وزن نسبی آنها براساس روش تحلیل شبکه‌ای، درنهایت در محیط نرم‌افزار ArcGIS لایهٔ رستری هریک از عوامل بر بردار وزنشان ضرب شد و نقشهٔ پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی منطقهٔ مطالعه‌شده از طریق حاصل جمع لایه‌های نهایی عوامل اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، توپولوژی و زیست‌محیطی تهیه شد (شکل ۱۴). طبق نقشهٔ نهایی، ۲۰۴۷/۱۱ کیلومترمربع از مساحت منطقه پتانسیل زیاد و بسیار زیاد، ۲۲۵۲/۲۹ کیلومترمربع پتانسیل کم و بسیار کم و ۱۰۹۶/۰۶ کیلومترمربع پتانسیل متوسط دارند. مناطق با پتانسیل زیاد بیشتر منطبق بر ارتفاعات پایین به‌علت شیب کمتر نسبت به ارتفاعات، تراس‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌ها است که در این مناطق امکان نفوذ بیشتر آب‌های سطحی فراهم است. مناطق با پتانسیل کم وضعیت متناقضی نسبت به مناطق پتانسیلی زیاد دارند به‌طوری که این مناطق با اینکه در بیشتر مواقع دارای حداکثر بارش در ارتفاعات هستند اما پتانسیل آب زیرزمینی این مناطق کم است. این به‌دلیل قرارگرفتن مناطق یادشده در بیشترین ارتفاعات و نفوذ کم آب‌های سطحی به‌دلیل مواد نفوذناپذیر، بیشترین شیب و خروج آب نفوذی است.

همان طور که در نقشه‌های تهیه‌شده دیده می‌شود، رودخانهٔ اصلی منطقه، آجی‌چای است که به طرف دریاچهٔ ارومیه جریان دارد. همچنین در محدودهٔ دشت تبریز دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار توسط اصغری‌مقدم شناسایی شده است. در شرق، شمال شرق و جنوب شرقی دشت، آبخوان‌های آزاد گسترش یافته است و در قسمت‌های غربی دشت وجود دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار بدیهی به‌نظر می‌رسد [۲۱].

براساس عوامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در قالب لایه‌های اطلاعاتی، منطقهٔ مطالعه‌شده از نظر پتانسیل منابع آب زیرزمینی به پنج طبقه از پتانسیل بسیار زیاد تا پتانسیل بسیار کم تقسیم شد. مساحت هریک از طبقات پنج‌گانه در جدول ۳ ارائه شده است.

به‌منظور برآورد دقت مدل، از نقشهٔ منابع آب موجود در منطقه (تعداد ۳۴۲ مورد) شامل موقعیت چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات موجود در منطقه استفاده شد که از ادارهٔ آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی تهیه شده است. نتایج ارزیابی دقت در جدول ۴ آورده شده است.



شکل ۱۴. نقشهٔ نهایی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به‌روش فرایند تحلیل شبکه‌ای

www.SID.ir

جدول ۳. مساحت پهنه‌های پتانسیلی منابع آب زیرزمینی به کیلومترمربع

پهنه‌بندی حوضه از نظر پتانسیل	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
پتانسیل بسیار کم	۱۳۶۲/۷۲	۲۵/۲۴
پتانسیل کم	۸۸۹/۵۷	۱۶/۴۸
پتانسیل متوسط	۱۰۹۶/۰۶	۲۰/۳۱
پتانسیل زیاد	۱۳۱۹/۰۷	۲۴/۴۴
پتانسیل بسیار زیاد	۷۲۸/۰۴	۱۳/۴۹

جدول ۴. نتایج بررسی دقت پتانسیل‌یابی

پهنه‌های نقشهٔ پتانسیل‌یابی	تحلیل شبکه‌ای	
	تعداد منابع آبی	درصد منابع آبی
پتانسیل بسیار کم	۳۳	۹/۶۴
پتانسیل کم	۳۵	۱۰/۲۳
پتانسیل متوسط	۶۲	۱۸/۱۲
پتانسیل زیاد	۹۵	۲۷/۸
پتانسیل بسیار زیاد	۱۱۷	۳۴/۲۱
جمع	۳۴۲	۱۰۰

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 روبه‌رو هستند. درنتیجه، نگاه برنامه‌ریزان به‌سوی منابع آب زیرزمینی سوق یافته است که منابع حیاتی آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. در این پژوهش سعی شده است مهم‌ترین عوامل مؤثر بر نفوذپذیری و تغذیهٔ سفره‌های زیرزمینی، مد نظر قرار گرفته شود. نتیجه به‌صورت معرفی مهم‌ترین عوامل با نام معیارها و زیرمعیارها در ساختار تحلیل شبکه‌ای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه‌های آبریز منتهی به دشت تبریز ارائه شده است. نتایج تحقیق نشان داد پهنه‌های با پتانسیل زیاد و بسیار زیاد بیشتر منطبق بر ارتفاعات پایین به‌علت شیب کمتر، تراس‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌هاست. پهنه‌های با پتانسیل کم و بسیار کم یکی منطبق بر بیشترین ارتفاعات به‌دلیل شیب زیاد و دیگری منطبق بر مناطق دارای جنس مارنی و شیلی به‌علت نفوذپذیری خیلی کم و تبخیر زیاد است. با بررسی طبقات نقشهٔ مدل می‌توان نتیجه گرفت که نقشهٔ پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تهیه‌شده به‌روش تحلیل شبکه‌ای هماهنگی و تشابه زیادی با منابع آب موجود دارد به‌طوری‌که حدود ۳۸ درصد از مساحت منطقهٔ مطالعه‌شده دارای پتانسیل زیاد و بسیار زیاد از نظر آب زیرزمینی تشخیص داده شد که در این مساحت بیش از ۶۰ درصد منابع آبی وجود دارد. نتایج بیانگر تأثیر مثبت روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در پیش‌بینی مناطق با احتمال وجود آب زیرزمینی است. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر با نتایج پژوهشگرانی همچون فرجی سبکبار و همکارانش [۲۲] در دشت گربایگان فسا، ایتیشری و همکارانش [۶] در منطقهٔ یونائو در کشور هند مطابقت دارد. ایشان روش فرایند تحلیل شبکه‌ای را روش مناسبی برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی پیشنهاد کرده بودند که نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نیز بیانگر تأیید نتایج محققان یادشده است. بنابراین، می‌توان گفت که تلفیق فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل ANP می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب برای تهیهٔ نقشهٔ پتانسیل منابع آب زیرزمینی در منطقهٔ مطالعاتی استفاده شود.

منابع

[1]. MadankJHA, Kamii YK, Chikamori K. Cost-Effective Approaches for Sustainable Groundwater Management in Alluvial Aquifer System Ms. Water Resources Management. 2009; 23(2): 219-233.

Archive of SID

www.SID.ir

[2]. Alizadeh A, Principles of applied Hydrology. 29nd edition. Mashhad. Imam Reza University Press; 2009. (In Persian)

[3]. Masoodian SA, Kaviani MR. Climatology of Iran. 1nd edition. Isfahan. Isfahan University Press; 2007. (In Persian)

[4]. Rahimi D.Potential ground water resources, (Case study: Shahrekord plain). Geography and Environmental Planning Journal. 2012; 22(4): 127-142. (In Persian)

[5]. Bashaghreh A. Evaluation of exploitable Potential from groundwater using GIS and Remote Sensing (case study: Mehran plain). M.A. thesis. Faculty of Humanities. TarbiatModares University. 1998. (In Persian)

[6]. Etishree A, Rajat A, Garg RD, Garg PK. Delineation of groundwater potential zone: An AHP/ANP approach. Journal of Earth System Science. 2013; 122(3): 887-898.

[7]. Safe A, Kargar A. Potential Detection of the Groundwater Resources Using Analytic Hierarchy Process and GIS, (Case Study: Sirjan basin). Physical Geography Journal. 2011; 4(12): 75-90. (In Persian)

[8]. YousefiSangani K, Mohammadzadeh H, Akbari M. An Evaluation of Groundwater Potential Zones Using Combined Fuzzy-AHP Method and GIS/RS Technologies: A Case Study of NE Hezarmasjed Mountain, Khorasan Razavi Province. International Bulletin of Water Resources & Development. 2014; 2(4): 127-141. (In Persian)

[9]. Mofidifar M, Almodaresi SA, Eslah M, MalekzadehBafghi SH. Potential Detection of the Groundwater Resources Using Analytic Hierarchy Process in GIS, (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). First National Conference on Application of advanced spatial analysis models (Remote Sensing and GIS) in land use planning. Iran. Yazd. 2015; 1-10. (In Persian)

[10]. Feizizadeh B, Haslauer E. GIS-based procedures of hydropower potential for Tabriz basin, Iran. Conference Paper in: Car, A., Jekel, T., Strobl, J. (Eds.): GI Forum 2012, Salzburg. Wichmann-Verlag: Heidelberg. 2012; 495-502.

[11]. Saaty TL, Vargas LG. Decision Making with the Analytic Network Process. New York. Springer Science; 2006. 363 p.

[12]. Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. New York. McGraw Hill; 1980. 287 p.

[13].Garcia MM, Javier FO, Jeronimo AB, Pablo AB, Rocio PB. Farmland appraisal based on the Analytic Network Process. Journal of Global Optimization. 2008; 42: 143-155.

[14]. Zebardast E. The Application of Analytic Network Process (ANP) in Urban and Regional Planning. Honar-Ha-Ye-Ziba Journal. 2010; 42: 79-90. (In Persian)

[15]. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York. J. Wiley & Sons; 1999. 408 p.

[16]. Neaupane KM, Piantanakulchai M. Analytic Network Process model for landslide hazard zonation. Engineering Geology. 2006; 85: 281–294.

[17]. Lami IM, Abastante F. Decision making for urban solid waste treatment in the context of territorial conflict: Can the Analytic Network Process help?. Land Use Policy. 2014; 41: 11-20.

[18]. Saaty TL. Fundamentals of the Analytic Network Process. Proceedings of International Symposium on Analytical Hierarchy Process. Kobe. Japan. 1999. August 12-14.

[19]. Saberi A, Rangzan K, Mahjouri R, Keshavarz MR. Potential Detection of the Groundwater Resources by combining remote sensing and GIS in the Analytic Hierarchy Process (AHP) in the Kamestan anticline, Khuzestan province. Advanced Applied Geology Journal. 2013; 2(6): 11-20. (In Persian)

[20]. Prasad RK, Mondal NC, Banerjee P, Nandakumar MV, Singh VS. Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS. Environ Geol. 2008; 55: 467–475.

[21]. AsghariMoghaddam A. The hydrogeology of the Tabriz area, Iran. Ph.D. thesis.Departmentof Geological Sciences. University College London. England. 1991.

[22]. FarajiSabokbar HA, Nasiri H, Hamze M, Talebi S, Rafiei Y. Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pairwisecomparisonmethods in GIS environment, (case study: Garbaygan Plain of Fasa). Geography and Environmental Planning Journal. 2012; 22(4): 143-166.(In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir