

مقایسه مدل‌های تصمیم‌گیری تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی در پتانسیل‌یابی

منابع آب زیرزمینی حوضه دشت یزد - اردکان در محیط GIS

مهدی مفیدفر: کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران*

مهدی اصلاح: کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

علی حسن آبادی: کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۳/۱۲ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۷، صص ۱۵۶-۱۴۷

چکیده

محدودیت منابع آب و توزیع فصلی نامناسب بارندگی در کشور نشان می‌دهد که ابتدا باید ظرفیت منابع آب‌های موجود سطحی و زیرزمینی را به خوبی شناسایی و مطالعه کرد تا برنامه‌ریزی جامعی برای بهره‌برداری صحیح از آن‌ها صورت گیرد. علاوه بر لزوم اشاعه رویه‌های مرسوم و مطلوب در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید مانند مدل‌سازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و پردازش داده‌های ماهواره‌های با توجه به خصوصیاتمانند سرعت و دقت بالا و دید وسیع و یکپارچه، می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب در اکتشاف منابع آبی با توجه به هزینه‌های بالای روش‌های سنتی مطرح گردد. در این پژوهش ابتدا عوامل طبیعی مؤثر در ایجاد مکان‌های احتمالی ذخایر آب زیرزمینی تعیین شد. سپس این عوامل در قالب فنون تصمیم‌گیری چند معیاره، تحلیل سلسله‌مراتبی، و تاپسیس، و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌سازی شدند. همچنین به‌منظور بررسی دقت این مدل‌ها، زون‌های با پتانسیل آب زیرزمینی که از هر مدل استخراج شده با موقعیت مکانی منابع آب زیرزمینی موجود مقایسه و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که روش تحلیل سلسله‌مراتبی با دقت ۶۱/۶ درصد، نسبت به روش تاپسیس منابع آب زیرزمینی موجود را بهتر شناسایی کرده است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، تحلیل سلسله‌مراتبی، تاپسیس، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پتانسیل‌یابی

۱- مقدمه

است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). متوسط بارندگی سالیانه استان یزد طی دوره آماری بالغ ۱۰۰ میلی‌متر یعنی ۲/۵ برابر کمتر از میزان متوسط کشوری و ۸ برابر کمتر از متوسط جهانی هست. مجموع متوسط حجم جریان‌ات سطحی قابل اندازه‌گیری استان در طی دوره آماری حدود ۸۳/۴۱ میلیون مترمکعب در سال هست که بسیار ناچیز و در حدود ۱٪ درصد کل جریان‌ات سطحی کشور می‌باشد (شرکت مطالعات و

منابع آب زیرزمینی به دلیل ضریب اطمینان بالاتر و نوسانات کمتر به‌عنوان یک گزینه مطمئن از دیرباز مورد استفاده انسان بوده و در طی دهه‌های اخیر در اثر برداشت بیشتر از تغذیه با کاهش کمی و کیفی روبرو شده است. مدیریت و جلوگیری از تشدید این مشکلات از طریق اکتشاف و بهره‌برداری متناسب با پتانسیل آن یکی از استراتژی‌های منتخب در این زمینه

پژوهش‌های اقتصاد دانش‌بنیان، ۱۳۹۱). اصولاً روش‌های سنتی و دستی که در جهت شناخت پتانسیل آب‌های زیرزمینی به کار گرفته می‌شود، غالباً نیازمند صرف وقت و هزینه و نیروی انسانی زیادی می‌باشد و به دلیل رقومی نبودن اطلاعات تهیه بانک قابل به هنگام شدن مقدر نیست که در این راستا مدل‌های تصمیم‌گیری به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور می‌تواند به‌عنوان یک تکنیک سریع و مدرن مورد استفاده قرار گیرد (باشقره، ۱۳۷۷). مطالعات زیادی در زمینه پتانسیل‌یابی و مکان‌یابی منابع آب زیرزمینی به کمک مدل‌های تصمیم‌گیری و سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب روشی است که با استفاده از مدل‌سازی سلسله‌مراتبی در سیستم GIS در آبخوان دشت درگز در شمال شرق استان خراسان انجام شده است و در نهایت با تلفیق و هم‌پوشانی لایه‌های هیدروشمیایی و اعمال وزن‌های نهایی و ترجیحات از مقایسه زوجی در روش AHP، نقشه پتانسیل کیفی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تهیه شد (نخعی و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهشی دیگر سیف و همکارش (۱۳۹۰) از روش تحلیل سلسله‌مراتبی جهت استخراج مناطق احتمالی وجود آب زیرزمینی در پلایای سیرجان در استان کرمان استفاده نمودند. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی توسط صابری و همکاران (۱۳۹۱) نیز با استفاده از تلفیق سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کمک مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در تاق‌دیس کمستان استان خوزستان انجام شد. آن‌ها به کمک لایه‌های

مؤثر زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، شکستگی‌ها، پوشش‌زمین، شیب و بارش، نقشه پتانسیل آب زیرزمینی نواحی مختلف را تهیه کردند. رضانی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دو روش وزن‌دهی تجمعی ساده و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در دشت شمیل و آشکارا در استان هرمزگان، مورد استفاده قرار دادند. نتیجه مطالعه و بررسی دیگری در زمینه شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی در شناسایی منابع آب زیرزمینی نشان داد دشت سیلابی در امتداد رودخانه اهر چای از نظر آب زیرزمینی غنی می‌باشد (جوانی و همکاران، ۱۳۸۸). در پژوهش دیگری که آگاروال و همکاران (۲۰۱۳) انجام دادند، فرآیند شبکه‌تحلیلی^۱ (ANP) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای تعیین وزن لایه‌های مختلف و کلاس‌های آن را برای شناسایی منطقه پتانسیل آب‌های زیرزمینی استفاده شد. استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پژوهشی بود که به‌صورت جامع برای اکتشاف و ارزیابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی در مناطق نیمه‌خشک و به‌طور خاص در هند مرور شد (جاسمین و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین در مطالعه‌ای که میچوال و همکاران (۲۰۱۱) انجام دادند، یک روش استاندارد برای ترسیم مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی

1 Analytical Network Process

آب زیرزمینی موجود (چاه و چشمه و قنات) ارزیابی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

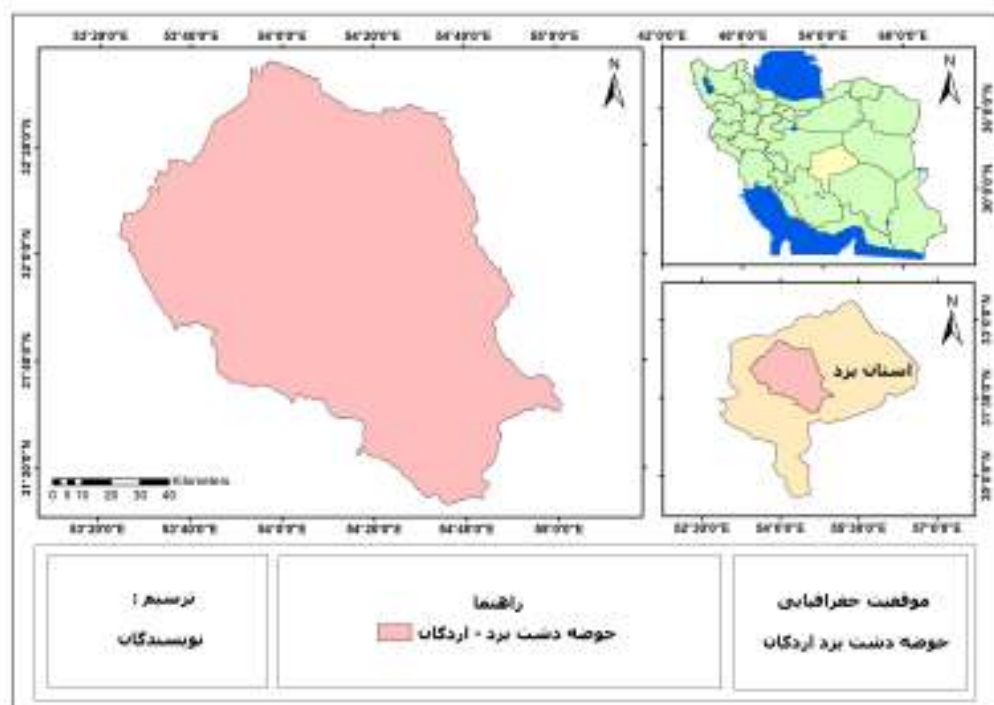
۲-۱- موقعیت جغرافیایی

دشت یزد - اردکان با مساحت ۸۰۵۰ کیلومتر بین طول‌های ۵۳ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و بین عرض‌های ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۵ دقیقه در مرکز استان یزد قرار دارد (شکل (۱)). از سمت شمال به کویر سیاه کوه از سمت شرق به زیر حوضه خرائق و از سمت جنوب به ارتفاعات شیرکوه و از غرب به زیر حوضه طاقستان و ندوشن محدود می‌شود. بلندترین نقطه حوضه، قله شیرکوه با ۴۰۷۵ متر و گودترین نقطه دارای ۹۷۰ متر هست ارتفاع متوسط حوضه ۱۵۶۵ متر از سطح دریا هست. ورودی آب‌های زیرزمینی به آن در بخش جنوبی دشت در ارتفاعات شیرکوه واقع است و خروجی دشت در قسمت شمالی در ابتدای حوضه سیاه کوه قرار دارد. جهت عمومی آب زیرزمینی از جنوب به سمت شمال است.

با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد شد. پس‌از آن وزن اختصاص داده‌شده به لایه‌های موضوعی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش بردار نرمال شد. برای شناسایی مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی در شبه‌جزیره سینا در مصر هشت لایه موضوعی شامل بارش، تغذیه خالص آب‌های زیرزمینی، سنگ‌شناسی یا نفوذ، تراکم گسل، شیب، تراکم زهکشی، عمق آب زیرزمینی و کیفیت آب در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی ایجاد و با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها با پتانسیل آب زیرزمینی وزن اختصاص داده شد. در نهایت نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی شامل پنج کلاس از خیلی زیاد به خیلی کم تولید شد. اعتبار این مدل با مقایسه نتایج با نقشه آبخوان منتشر مصر مورد آزمایش قرار گرفت (الوا و همکاران، ۲۰۱۱). در پژوهشی که در جنوب شرق نیجریه که با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجش‌ازدور انجام شد، تلاپی و همکاران (۲۰۱۱) از نقشه‌های موضوعی زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خطواره‌ها، شیب، آبراهه و تراکم آن در زون بندی و مکان‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده کردند. هدف از پژوهش حاضر این است که با استفاده از دو مدل تصمیم‌گیری AHP^۱ و TOPSIS^۲ و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مکان‌های احتمالی وجود ذخایر آب زیرزمینی تعیین و سپس عملکرد هریک از این مدل‌ها را در برآورد این ذخایر با مقایسه با منابع

^۱ Analytical Hierarchy process

^۲ Technique For Order Preferences By Similarity To Ideal



شکل (۱): موقعیت حوضه دشت یزد - اردکان در کشور و استان یزد

۲-۲- معیارهای مورداستفاده

مهم‌ترین معیارهایی که می‌تواند در ایجاد و توسعه و حرکت آب‌های زیرزمینی در موقعیت‌های مختلف نقش داشته باشد عبارت‌اند از: زمین‌ریخت‌شناسی^۱، زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، توپوگرافی، اقلیمی و کاربری اراضی.

در مبحث زمین‌ریخت‌شناسی مهم‌ترین معیار مؤثر بر ایجاد و یا تغییر در منابع آب به سه گروه مناطق پست، اراضی تپه‌ماهوری و مناطق کوهستانی تقسیم شدند.

معیارهای زمین‌شناسی مؤثر بر منابع آب به دو گروه لیتولوژی و تکتونیک تقسیم شد. در گروه لیتولوژی، با توجه به هدف پژوهش مهم‌ترین سازندها و تشکیلات

زمین‌شناسی تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت منابع آبی به چهار گروه سازندهای درشت‌دانه، سازندهای متوسط دانه، سازندهای ریزدانه و سازندهای آذرین تفکیک گردید. در گروه تکتونیک با توجه به اینکه وجود گسل و شکستگی‌ها و درز و شکاف در لایه‌های زمین شرایط را برای نفوذ آب و تشکیل منابع آب زیرزمینی فراهم می‌سازد، اقدام به استخراج خطواره‌ها^۲ شامل انواع شکستگی و درز و شکاف از نقشه‌های زمین‌شناسی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید (فاطمی و همکاران، ۱۳۸۵). به‌منظور کمی

² Lineament

¹ Geomorphology

بیشتر آب به داخل زمین می‌گردد. لذا نقش پوشش زمین بر روی منابع آب زیرزمینی، بسیار برجسته است. در حوضه مورد مطالعه انواع پوشش اراضی بایر، اراضی صخره‌ای، اراضی کشاورزی، باغ، جنگل‌کاری، درخت‌زار، شوره‌زار، مرتع و مناطق شهری وجود دارد.

وجود منابع آب زیرزمینی به عنوان یک داده جهت ارزیابی نتایج مدل‌سازی استفاده شد که شامل موقعیت چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات موجود در حوضه است. به منظور ارزیابی نهایی مدل‌ها ۱۰ درصد از منابع آب زیرزمینی به صورت آماری و تصادفی تفکیک گردید و به عنوان داده زمینی در بررسی دقت و صحت نتایج مورد استفاده قرار گرفت. در شکل (۲) نقشه معیارهای فوق آورده شده است.

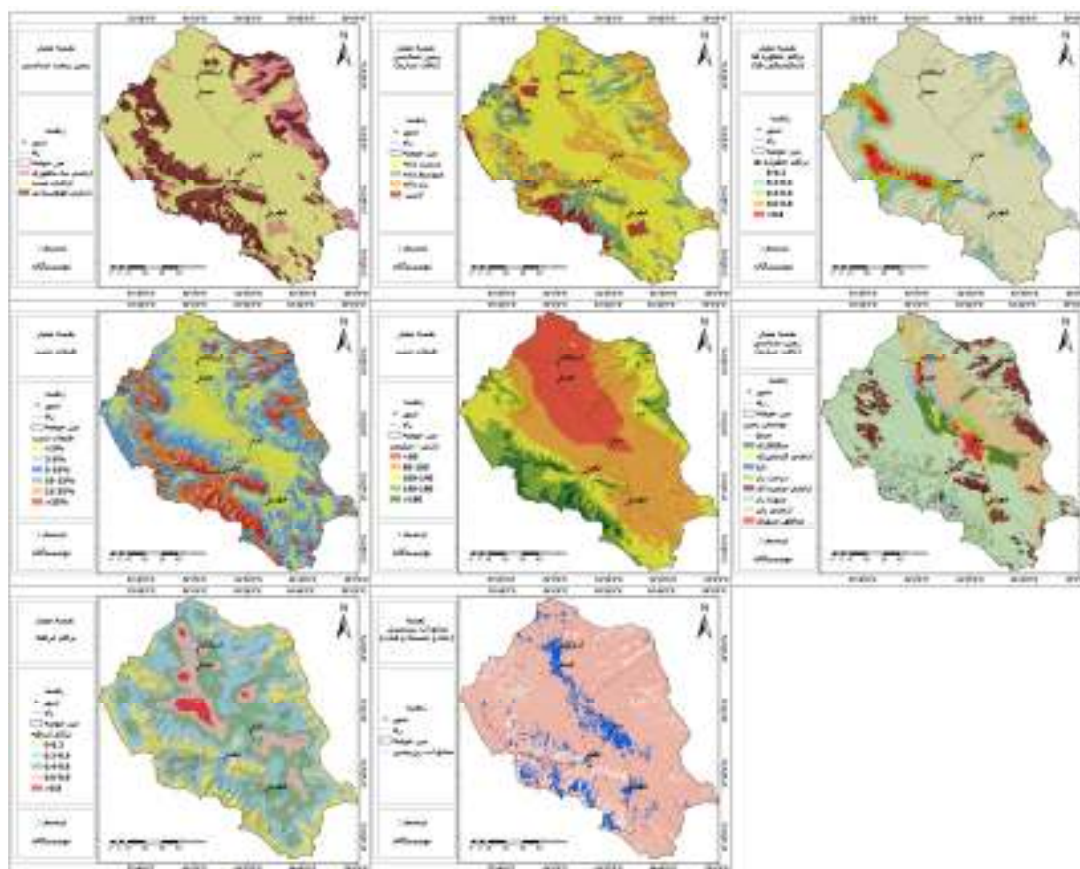
کردن این پارامتر از نسبت تراکم خط^۱ استفاده و نقشه تراکم خطواره‌ها تولید شد.

مهم‌ترین معیار هیدرولوژیکی مرتبط با کمیت و کیفیت آب زیرزمینی شبکه آبراهه حوضه تعیین و به منظور استفاده از این معیار و کمی کردن آن از نقشه تراکم آبراهه استفاده گردید. از نظر توپوگرافی مهم‌ترین معیار تأثیرگذار بر منابع آب زیرزمینی شیب بود که نقش مهمی در نفوذ یا ایجاد رواناب ناشی از بارش را دارد که بر این اساس از نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه بهره گرفته شد و نقشه طبقات شیب تولید گردید.

معیار اقلیمی مؤثر بر منابع آب زیرزمینی بارش بود که به منظور تهیه نقشه‌های بارش، آمار بلندمدت ایستگاه‌های هواشناسی حوضه به کار گرفته شد. برای برآورد بارندگی ماهانه و سالانه حوضه از روابط رگرسیونی بین بارندگی و ارتفاع بهره‌برداری شد. این رابطه به قرار زیر است:

$$p=0.0923*h-53.809 \quad (1)$$

که در آن: P میزان بارندگی و h ارتفاع به متر هست. از طرف دیگر وجود پوشش‌های مختلف بر سطح زمین در هر منطقه باعث تغییر سرعت جریان سطحی و تغییر در میزان نفوذ آب به داخل خاک می‌گردد. در نتیجه تأثیر فراوانی بر کاهش یا افزایش سیلاب و میزان آب‌های زیرزمینی دارد. به عنوان مثال مناطق با پوشش گیاهی خوب نظیر جنگل‌ها سرعت جریان آب و در نتیجه سطح رواناب را کاهش داده و سبب نفوذ



شکل (۲): نقشه معیارهای مورد استفاده در مدل‌سازی و پتانسیل یابی

منظور از وزن دهی به معیارها^۱ (صفت یا هدف)، بیان اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است. روش‌های وزن دهی به معیارها براساس قضاوت‌های تصمیم‌گیران صورت می‌گیرد. مقدار وزن به دامنه مقادیر معیار، یعنی تفاوت بین مقدار ماکزیمم و مینیمم برای هر معیار بستگی دارد. با افزایش یا کاهش این دامنه، وزن هر معیار می‌تواند به‌طور دلخواه کوچک و یا بزرگ شود. وزن بزرگ‌تر نشانگر اهمیت بیشتر معیار است. وزن‌ها معمولاً به‌گونه‌ای که مجموعه‌شان برابر یک شود، نرمال می‌شوند (فتح‌الله زاده و همکاران،

۳-۲- پردازش داده‌ها با مدل تصمیم‌گیری تحلیل

سلسله مراتبی

روش فرآیند سلسله‌مراتبی تحلیلی (AHP) که توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه گردیده بر مبنای سه اصل می‌باشد: تجزیه، قضاوت تطبیقی و سنتز اولویت‌ها. با معلوم بودن اصول، روش AHP شامل مراحل اصلی زیر است:

الف - تهیه ماتریس مقایسه در هر سطح سلسله‌مراتب که از بالا آغاز شده و به پایین ادامه می‌یابد، ب - محاسبه وزن‌های هر عنصر سلسله‌مراتب، ج - تخمین نسبت توافق

^۱ Criterion Weighting

۱۳۹۲). نتیجه، تولید وزن‌های نهایی هر معیار و زیر معیار هست که به تفکیک در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): وزن دهی هفت معیار اصلی پژوهش

| معیار | بارش | زمین‌شناسی | شیب | پوشش زمین | تراکم آبراهه | تراکم خطواره | ژئومورفولوژی | AHP | وزن به روش |
|--------------|------|------------|-----|-----------|--------------|--------------|--------------|-------|------------|
| بارش | ۱ | ۳ | ۳ | ۴ | ۵ | ۵ | ۶ | ۰/۳۴۹ | |
| زمین‌شناسی | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۰/۲۱۵ | |
| شیب | | | ۱ | ۳ | ۵ | ۶ | ۷ | ۰/۱۹۳ | |
| پوشش زمین | | | | ۱ | ۳ | ۵ | ۶ | ۰/۱۱۳ | |
| تراکم آبراهه | | | | | ۱ | ۳ | ۵ | ۰/۰۶۶ | |
| تراکم خطواره | | | | | | ۱ | ۳ | ۰/۰۳۹ | |
| ژئومورفولوژی | | | | | | | ۱ | ۰/۰۲۵ | |

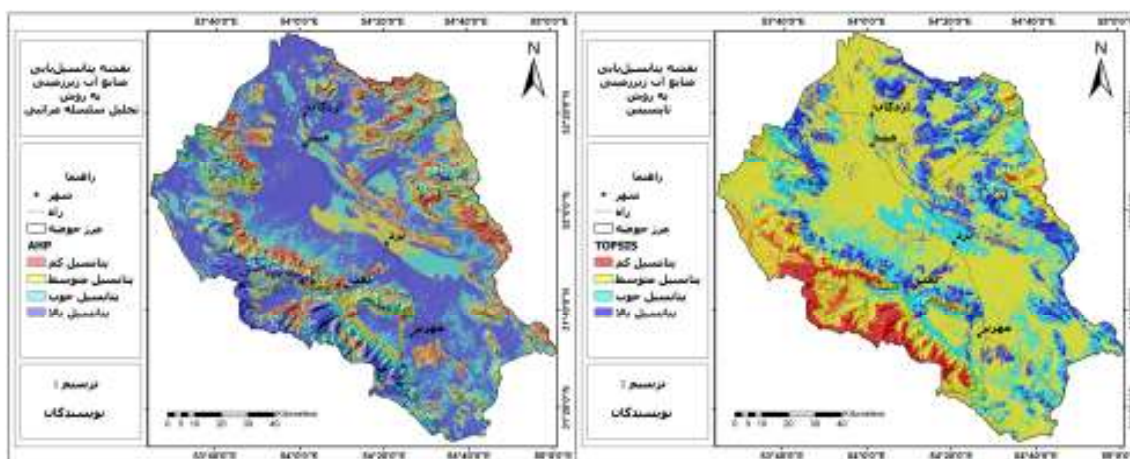
مرحله پنجم: محاسبه اندازه جدائی (فاصله) گزینه i ام با ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی. مرحله ششم: محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه‌حل ایده‌آل. مرحله هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها.

۳- نتایج و بحث

در روش تحلیل سلسله مراتبی بعد از مشخص شدن وزن‌ها برای تولید نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب تمام اوزان زیر معیارها در آن‌ها تأثیر داده و نقشه وزن‌دار هر یک از معیارها تولید شد. در نهایت با توجه به وزن هر معیار اصلی نقشه نهایی پتانسیل منابع آبی محاسبه گردید که در چهار کلاس پتانسیل کم، پتانسیل متوسط، پتانسیل خوب و پتانسیل بالا طبقه‌بندی شد. از طرف دیگر به منظور اجرای الگوریتم روش تاپسیس و تولید نقشه پتانسیل‌یابی با توجه به حجم بالای نقشه‌های رستری تولیدشده و نیز عدم وجود نرم‌افزار لازم، از کد نویسی در نرم‌افزار Matlab استفاده گردید. در این برنامه هفت معیار به صورت فایل با فرمت TIF فراخوانی شده و نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تولید شد. (شکل (۳))

۲-۴- پردازش داده‌ها با مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس

واژه تاپسیس در فارسی به «تکنیکی برای مرتب کردن ترجیحات با عنایت به شباهتشان به راه‌حل ایده‌آل» برگردانده شده است. یون و هوانگ در سال ۱۹۸۱ تکنیکی برای برترین پیشنهاد از راه مشابه راه‌حل ایده‌آل ارائه دادند. این الگوریتم، یک روش تصمیم‌سازی بسیار تکنیکی و قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده‌آل می‌باشد. گزینه انتخاب شده از این روش باید دارای کوتاه‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت و از طرف دیگر دارای بیشترین فاصله از ایده‌آل منفی باشد. این روش در ۷ مرحله انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از: مرحله اول: تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس گزینه‌ها و شاخص‌ها. مرحله دوم: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده. مرحله سوم: ایجاد ماتریس بی‌مقیاس وزین. مرحله چهارم: مشخص نمودن راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی.



شکل (۳): نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس
مجموع نتایج پتانسیل‌یابی با دو مدل فوق در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۲): نتایج حاصل از پتانسیل‌یابی هر دو روش

| طبقات نقشه پتانسیل‌یابی | تحلیل سلسله مراتبی | | تاپسیس | |
|--------------------------------|--------------------|------------|---------------|------------|
| | مساحت (هکتار) | درصد مساحت | مساحت (هکتار) | درصد مساحت |
| پتانسیل کم | ۱۲۹۷۱۷ | ۱۰/۴ | ۷۸۸۸۵ | ۶/۳ |
| پتانسیل متوسط | ۲۵۰۰۲۷ | ۲۰/۱ | ۷۱۳۳۷۳ | ۵۷/۲ |
| پتانسیل خوب | ۳۲۶۰۰۰ | ۲۶/۲ | ۲۸۰۷۸۴ | ۲۲/۵ |
| پتانسیل بالا | ۵۳۹۶۲۸ | ۴۳/۳ | ۱۷۳۷۴۹ | ۱۳/۹ |
| جمع دو کلاس پتانسیل خوب و بالا | - | ۶۹/۵ | - | ۳۶/۴ |

نتایج حاصل از ارزیابی دقت در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳): نتایج حاصل از بررسی دقت پتانسیل‌یابی در هر دو روش

| طبقات نقشه پتانسیل‌یابی | تحلیل سلسله مراتبی | | تاپسیس | |
|--------------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| | تعداد منبع آبی | درصد منبع آبی | تعداد منبع آبی | درصد منبع آبی |
| پتانسیل کم | ۲۱ | ۴ | ۳۷ | ۷ |
| پتانسیل متوسط | ۱۸۲ | ۳۴/۴ | ۳۵۷ | ۶۷/۵ |
| پتانسیل خوب | ۸۵ | ۱۶/۱ | ۱۲۶ | ۲۳/۸ |
| پتانسیل بالا | ۲۴۱ | ۴۵/۶ | ۹ | ۱/۷ |
| جمع دو کلاس پتانسیل خوب و بالا | - | ۶۱/۶ | - | ۲۵/۵ |

۴- نتیجه گیری

با ۳۶/۴ درصد مناطق با پتانسیل خوب و بالا از نظر منابع آب زیرزمینی را تفکیک نموده‌اند. از این منظر روش تحلیل سلسله‌مراتبی کارایی بیشتری در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دارد. این نتیجه با

بررسی نتایج حاصل از اعمال دو نوع مدل فوق بر روی معیارهای منتخب، مشاهده می‌شود که به ترتیب روش تحلیل سلسله‌مراتبی با ۶۹/۵ درصد و تاپسیس

ارشد، منوچهر فرج زاده اصل، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

جووانی، ولی، جباری، ایرج، ۱۳۸۸، شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی در شناسایی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اهر)، مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۲۵، آذربایجان شرقی- اهر، ص ۵۱-۷۱

رحیمی، داریوش، ۱۳۹۰، پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت شهرکرد)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴۴، اصفهان، صفحات ۱۲۷-۱۴۲.

رضانی مهریان، مجید، ملک‌محمدی، بهرام، جعفری، حمیدرضا، رفیعی، یوسف، ۱۳۹۰، مکان‌یابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان هرمزگان، دشت شمیل و آشکارا)، مجله علوم و مهندسی آب‌بخیزداری ایران، شماره ۱۴، تهران، صفحات ۱-۱۰

سیف، عبدالله، کارگر، ابوذر، ۱۳۹۰، پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبریز سیرجان)، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۲، تهران، صفحات ۷۵-۹۰.

شرکت مطالعات و پژوهش‌های اقتصاد دانش‌بنیان، ۱۳۹۱، تحلیلی بر اوضاع اقتصادی اجتماعی و فرهنگی استان یزد طی سال‌های ۹۰-۸۷، دفتر برنامه‌ریزی و بودجه استانداری یزد.

صابری، عظیم، رنگزن، کاظم، مهجوری، رضا، کشاورزی، محمدرضا، ۱۳۹۱، پتانسیل‌یابی منابع

نتایجی که نخعی و همکاران (۱۳۹۱) و رضانی مهریان و همکاران (۱۳۹۰) به دست آورده‌اند هم‌خوانی دارد. به منظور برآورد دقت مدل‌های مورد استفاده از منابع آب موجود در منطقه به تعداد ۵۲۹ مورد استفاده شد. این منابع آبی حدود ۱۰٪ از کل منابع آب موجود در حوزه را تشکیل می‌دهد که در محاسبات و مدل‌سازی مورد استفاده قرار نگرفته است. با بررسی طبقات در دو مدل مورد استفاده می‌توان چنین نتیجه گرفت که نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تهیه شده به روش تحلیل سلسله‌مراتبی بیشترین هماهنگی و تشابه را با منابع آبی موجود دارد به طوری که نزدیک به ۷۰ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آب زیرزمینی تشخیص داده شد که در این مساحت بیش از ۶۰ درصد منابع آبی وجود دارد. این الگو با نتایج صابری و همکاران (۱۳۹۰) در منطقه خوزستان مشابهت دارد. نتایج حاکی از تأثیر مثبت فنون تصمیم‌گیری چند معیاره بر پیش‌بینی مناطق با احتمال وجود آب زیرزمینی است. همچنین این پژوهش نشان داد مدل‌سازی از جمله روش‌های ارزشمند برای تعیین وضعیت احتمالی تغییرات مکانی است. با توجه به اینکه این روش در تعیین پتانسیل یک حوضه از نظر منابع آب زیرزمینی جزء فناوری‌های نوین محسوب می‌گردد، می‌تواند راهبردی مناسب در ارتقاء شیوه‌های سنتی و کاهش هزینه‌های مترتب بر آن باشد.

منابع

باشقره، عبدل احد، ۱۳۷۷، ارزیابی پتانسیل قابل بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت مهران به کمک GIS و سنجش‌ازدور، پایان‌نامه کارشناسی

- Elewa, Hossam H. et al.(2011). The sustainable development and management of groundwater resource requires precise quantitative assessment based on scientific principle and modern techniques, *Hydrogeology Journal*, No. 19, 613–628
- Jasmin, Ismail. et al,(2011). Satellite-based remote sensing and geographic information systems and their application in the assessment of groundwater potential, with particular reference to India, *Hydrogeology Journal*, No.19, 729–740
- Machiwal, Deepesh. et al, (2011). Assessment of Groundwater Potential in a Semi-Arid Region of India Using Remote Sensing, GIS and MCDM Techniques, *Water Resour Manage*, No. 25, 1359–1386.
- Talabi, Abel O., Tijani, Moshood N., (2011). Integrated remote sensing and GIS approach to groundwater potential assessment in the basement terrain of Ekiti area southwestern Nigeria, *Materials and Geoenvironment*, No. 3, 303–328
- آب زیرزمینی با تلفیق سنجش‌ازدور و GIS به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تاق‌دیس کمستان استان خوزستان، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۶، اهواز، صفحات ۱۱–۲۰
- فاطمی، سید باقر، رضایی، یوسف، ۱۳۸۵، مبانی سنجش‌ازدور، انتشارات آزاده، تهران.
- فتح‌الله زاده، سینا، مهدی زاده، رسول، ۱۳۹۲، مروری بر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، دومین همایش ملی علوم مدیریت نوین، استان گلستان-گرگان.
- نخعی، محمد، ودیعتی، میثم، ۱۳۹۱، ارزیابی کیفیت آب شرب شدت درگز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش آب ایران، شماره ۱۱، شهرکرد، صفحات ۱۱۵ – ۱۲۱.
- Agarwal, Etishree. et al,(203). Delineation of groundwater potential zone:An AHP/ANP approach, *Earth Syst. Sci*, No. 3, 887–898