Archive of SID

مجله علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال پنجم- شماره ۱۴- بهار ۱۳۹۰ Vol. 5, No. 14, Spring 2011

مکانیابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان هرمزگان، دشت شمیل و آشکارا)

مجیدرمضانی مهریان[۱]، بهرام ملک محمدی[۲]، حمیدرضا جعفری[۳] و یوسف رفیعی[۴]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۱/۱۵

چکیده

تقاضای سیری ناپذیر مصرف آب در ایران منجر به کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی با سرعتی بیش از استانداردهای جهانی شده است. از آنجا که در اکثر نقاط کشور بارش‌ها اغلب ناچیز و گاه به صورت سیلاب‌های مخرب ظاهر می‌شوند، می‌توان از عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به عنوان یک راهکار مناسب جهت استفاده بهینه از سیلاب‌ها و پایداری سفره‌های آب زیرزمینی استفاده کرد. در انجام عملیات تغذیه مصنوعی، انتخاب معیارها و روش مناسب برای تعیین مکان‌های برتر دارای اهمیت بالایی می‌باشد. در این مقاله در دیدگاه نوینی، دو روش وزن‌دهی تجمعی ساده و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با بکارگیری فن بردار ویژه در محیط GIS، برای مکانیابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته است. با انتخاب دشت شمیل و آشکارا به عنوان مطالعه موردی، معیارهای شیب، هدایت الکتریکی آب، عمق آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی، توانمندی سیل‌خیزی و کاربری زمین جهت انتخاب محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در نظر گرفته شد. در این راستا لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر کدام از این معیارها تهیه و در محیط GIS طبقه‌بندی، وزن‌دهی و با استفاده از دو روش وزن‌دهی تجمعی ساده و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با بکارگیری فن بردار ویژه تلفیق شدند. نتایج هر کدام از روش‌ها در نقشه محدودیت ضرب و نقشه توانمندی تغذیه مصنوعی بدست آمد که در چهار طبقه به طور کامل نامناسب، نامناسب، تا حدودی مناسب و مناسب طبقه‌بندی شد. مقایسه نتایج حاصل از دو روش نشان می‌دهد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در کنار فن بردار ویژه نتایج با اعتبار بیشتری را ارایه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: مکانیابی، تغذیه مصنوعی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی و بردار ویژه

مقدمه

انجام عملیات تغذیه مصنوعی در جهت حفظ و پایداری سفره‌های آب‌های زیرزمینی دارای اهمیت بالایی است. با انجام عملیات تغذیه مصنوعی می‌توان آب اضافی را برای مصارف آینده ذخیره کرد و کیفیت آب را بهبود بخشد. انجام این عملیات در آبخوان‌های ساحلی که از لحاظ هیدرولیکی به دریا وصل هستند مانع نفوذ آب شور می‌شود [۱۱]. جهت اجتناب از کاهش بیش از حد آب‌های زیرزمینی که به طور معمول در مناطق خشک و مناطق شهری رخ می‌دهد تغذیه مصنوعی از مهمترین اقدامات ممکن است [۱۲]. با مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی، سرعت و دقت در کارهای مطالعاتی و اجرایی افزایش یافته و از طرف دیگر نیز از صرف هزینه‌های اضافی خودداری خواهد شد.

راملینگام و سانتاکومار[۹] با استفاده از فن های GIS و سنجش از دور به بررسی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در ایالتی در هند پرداختند. لایه‌های اطلاعاتی مانند ژیومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، شیب، کاربری زمین، شدت رواناب، عمق آب‌های زیرزمینی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. تلفیق داده‌ها در محیط GIS انجام شد و آنها به این نتیجه رسیدند که پهنه‌بندی ایجاد شده توسط GIS بیش از ۹۰٪ قابل قبول بوده است. قیومیان و همکارانش [۴] در مطالعه‌ای با عنوان استفاده از روش‌های GIS برای تعیین محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در آبخوان ساحلی جنوب ایران با استفاده از روی هم‌گذاری لایه‌های شیب، نرخ نفوذپذیری، عمق آب‌های زیرزمینی، کیفیت رسوبات آبرفتی و کاربری زمین محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی یک آبخوان ساحلی در حوزه آبریز گاوبندی در جنوب ایران را مشخص کردند. در پژوهشی که توسط حکمت

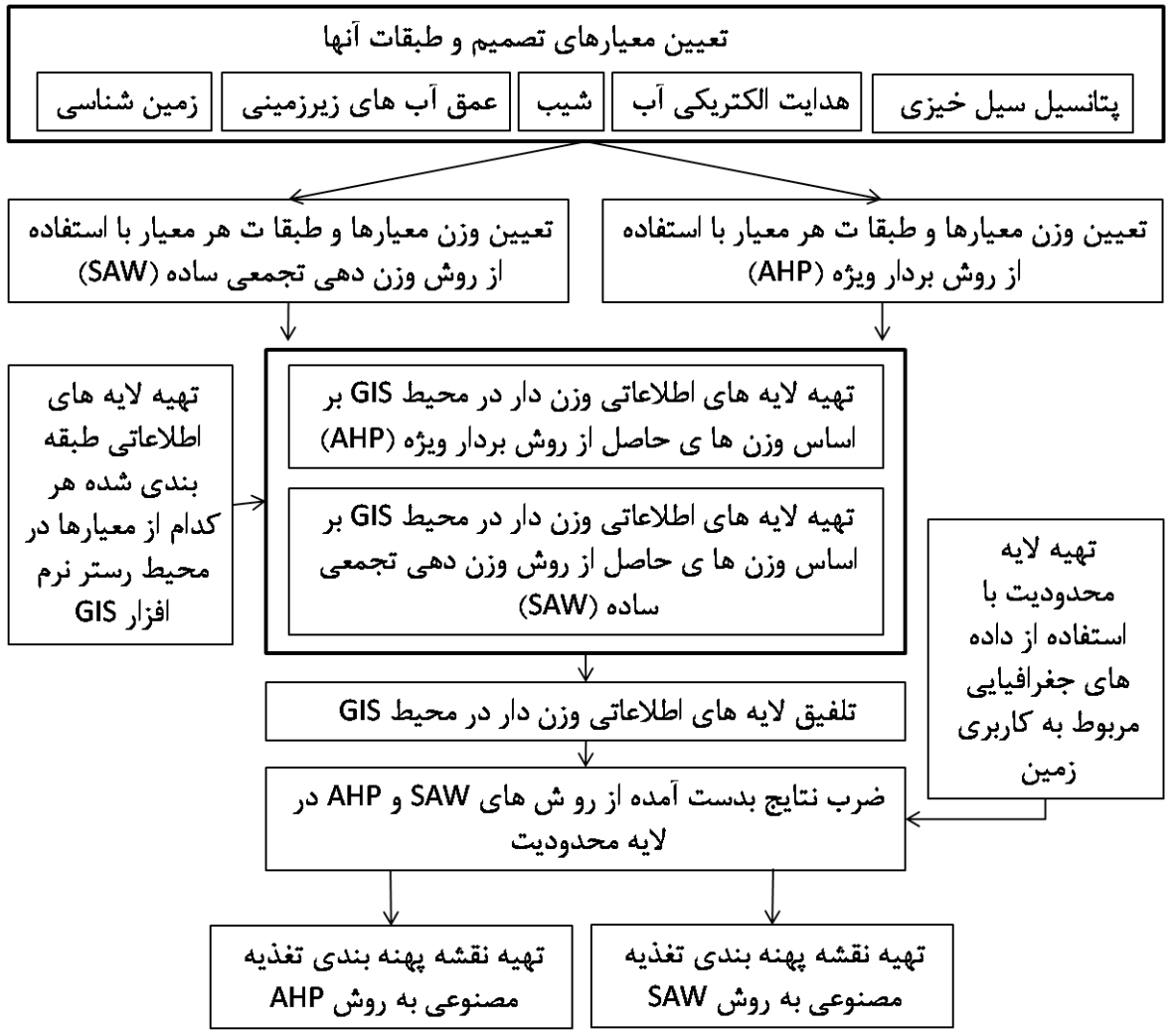
۱- نویسنده مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران majidmehrian@ut.ac.ir
۲- استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- دانشیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران

www.SID.ir

Archive of SID

پور و همکارانش [۱] انجام شد مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در دشت ورامین از طریق طبقه‌بندی و تلفیق لایه‌ها در محیط GIS و تصمیم‌گیری به کمک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری انتخاب شد. جهت نشان دادن توانایی فن‌های GIS در پهنه‌بندی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی مناطق خشک، چنینی و همکارانش[۲] در حوزه ماکناسی تونس مرکزی پهنه‌بندی توانمندی تغذیه مصنوعی را با تحلیل داده‌های بارندگی، شدت رواناب حوزه، زمین‌شناسی سطحی و شرایط آبخوان انجام دادند. در پژوهش مذکور لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش تجمعی وزنی جهت پهنه‌بندی نهایی تلفیق شدند. نتایج نشان داد که GIS به طور موثری توانایی پهنه‌بندی تغذیه مصنوعی آبخوان را دارد.

در مطالعه سرگانکار و همکارانش [۱۱] ارزیابی آب‌شناختی آبخیز بر پایه GIS جهت تعیین محل‌های مناسب انجام عملیات تغذیه مصنوعی انجام شد. در این مطالعات مدلسازی بارش- رواناب، کاربری زمین، خاک و توپوگرافی یک زیر حوزه رودخانه کنهان در ناحیه ناگپور ایالت ماهاراشترای هند در محیط GIS انجام شد. پنج مکان بالقوه با حداکثر میزان رواناب با استفاده از روش منطقی برآورد رواناب تشخیص داده شد. از آنجا که توانمندی تغذیه آب‌های زیرزمینی همچنین به ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژیومورفولوژی زمین وابسته است، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] با قضاوت کارشناسانه جهت طبقه‌بندی این پنج محل انتخاب شده، بکار گرفته شد. معیارهای مورد بررسی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شامل عوارض زمین شناختی تخلخل، عمق خاک و عوارض ژیومورفولوژیکی میزان رواناب، شیب، شکل زمین،کاربری، پوشش زمین و نوسانات سطح آب زیرزمینی بودند. در پژوهشی قیومیان و همکارانش [۳] جهت مشخص کردن محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی حوزه میمه شهرستان اصفهان معیارهای شیب، نرخ نفوذپذیری، ضخامت رسوبات، و کیفیت آب را مورد



شکل ۱ چارچوب اجرایی تحقیق

1. Analytic Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی قرار دادند. تحلیل داده‌ها با بکارگیری یک سامانه پشتیبان تصمیم گیری در محیط GIS انجام شد. در نهایت لایه مطلوبیت به ۴ طبقه خیلی مناسب، مناسب، تا حدودی مناسب و نامناسب تقسیم شد.

بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، به علت وجود مشخصه‌های متعدد مؤثر در مکانیابی و نیاز به بررسی توأم معیارهای ارزیابی شده و تغییرات مداوم آنها استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و استفاده داده‌های مکانی، امری اجتناب‌ناپذیر است[۱]. فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره زمانی که تصمیم‌گیرنده با مقدار زیادی از داده‌های پیچیده روبه رو است بکار می‌رود. در این فرآیند مؤلفه‌های تصمیم به بخش‌های کوچکتر تقسیم، سپس هر بخش به طور جداگانه تحلیل و در نهایت از ترکیب این بخش‌ها بطور منطقی تصمیم نهایی اخذ می‌شود. بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره یک ابزار قوی جهت حل مسیله انتخاب محل انجام عملیات تغذیه مصنوعی فراهم می‌کند. سامانه اطلاعات جغرافیایی قابلیت تحلیل و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره، اولویت‌بندی مناسبی از محل‌های تغذیه مصنوعی بالقوه را بر اساس مجموعه‌ای از معیارها فراهم می‌کند.

یکی از مسایل مهم در تصمیم‌گیری چندمعیاره، تعیین اهمیت یا وزن نسبی معیارها است. به طور کلی می‌توان رهیافت‌های تعیین وزن را در دو گروه عینی[۱] و ذهنی[۲] طبقه‌بندی کرد. در رهیافت ذهنی تصمیم‌گیر، وزن‌ها را براساس اطلاعات ترجیحی گزینه‌ها تعیین می‌کند که شامل روش بردار ویژه[۳]، روش حداقل مربعات وزنی[۴] و روش دلفی است. رهیافت های عینی وزن‌ها را بر اساس اطلاعات عینی (به عنوان مثال ماتریس تصمیم) تعیین می‌کنند که شامل تجزیه و تحلیل عناصر اصلی[۵]، روش آنتروپی و مدل برنامه‌نویسی چند هدفه[۶] هستند [۶]. وزن‌های تعیین شده توسط رهیافت‌های ذهنی قضاوت‌های ذهنی یا درک مستقیم تصمیم‌گیر را منعکس می‌کنند، به همین دلیل نتایج تحت تاثیر دانش و یا تجربه تصمیم‌گیر قرار می‌گیرد. رهیافت‌های عینی وزن‌ها را اغلب از طریق روش‌های ریاضی تعیین می‌کنند، اما این رهیافت‌ها قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیر را نادیده می‌گیرند [۸].

در این مقاله، علاوه بر روش وزن‌دهی ساده[۷] از روش بردار ویژه جهت تعیین وزن‌های معیارهای مکانیابی محل تغذیه مصنوعی استفاده شده است. لایه‌های اطلاعاتی برای هر کدام از معیارها در محیط رستری نرم‌افزار GIS با اندازه پیکسل ۱۰×۱۰ متر تهیه و طبقه‌بندی شده و بعد از تعیین وزن‌ها بر اساس قضاوت‌های کارشناسانه و اختصاص آنها به نقشه‌ها، تلفیق لایه‌ها انجام شده است. هدف اصلی این مقاله تدارک یک روش نوین دربرگیرنده فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای مکانیابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. جهت مکانیابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی معیارهای شیب، هدایت الکتریکی، عمق آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی و توانمندی سیلخیزی مورد بررسی قرار گرفتند. این لایه‌های اطلاعاتی هر کدام دارای چند طبقه‌اند که وزن هر طبقه بوسیله دو روش وزن‌دهی ساده و روش بردار ویژه اتخاذ شده و در نهایت تلفیق لایه‌ها با توجه به وزن هرلایه صورت گرفته است. نتایج هر روش در لایه محدودیت ضرب و در نهایت دو نقشه پهنه‌بندی به عنوان خروجی بدست آمده است (شکل ۱).

معرفی منطقه مورد مطالعه

در انجام این پژوهش، دشت شمیل و آشکارا به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. این دشت با وسعت ۱۱۰۶ کیلومتر مربع از لحاظ جغرافیایی در محدوده ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی در شمال شرقی استان هرمزگان و نزدیکی مرز استان کرمان در محدوده ساختاری زاگرس چین خورده واقع شده است (شکل ۲). گسل معروف زندان به فاصله نزدیکی از شرق منطقه می‌گذرد. میانگین سالانه بارندگی در محدوده این دشت کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر و میزان بالقوه تبخیر به طور میانگین ۲۶۴۰ میلی‌متر در سال است. در سال‌های اخیر به دلیل توسعه زیاد کشاورزی و خشکسالی‌های درازمدت در این منطقه حجم ذخیره سفره آب زیرزمینی به شدت کاهش یافته است.

مواد و روش‌ها

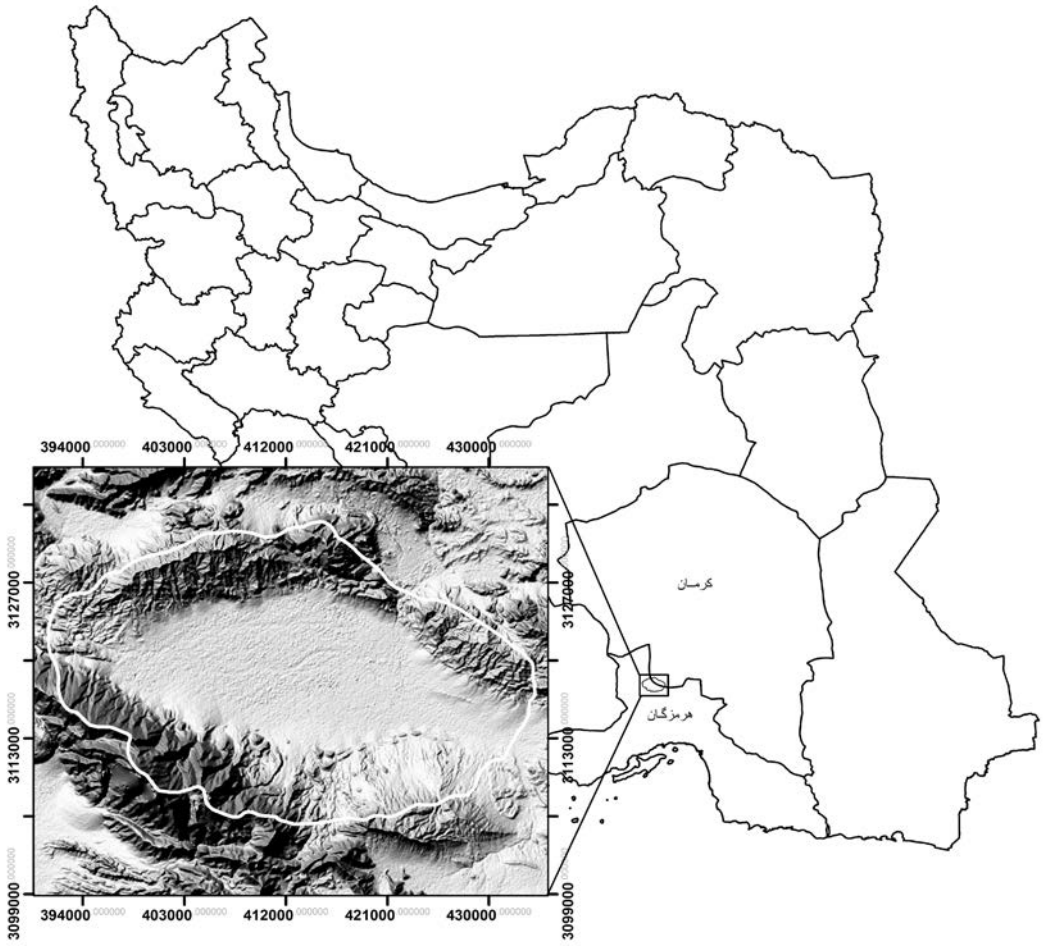
در این پژوهش جهت انتخاب محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی معیارهای شیب، هدایت الکتریکی آب، عمق آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی، توانمندی سیل‌خیزی در نظر گرفته شد. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر کدام از معیارها، تهیه و در محیط GIS طبقه‌بندی، و با استفاده از دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و وزن‌دهی تجمعی ساده تلفیق شدند. نتایج هر کدام از روش‌ها در نقشه محدودیت ضرب و نقشه توانمندی تغذیه مصنوعی بدست آمده است. مقادیر لایه اطلاعاتی خروجی بر اساس امتیاز مربوطه در چهار طبقه به طور کامل نامناسب (امتیاز صفر)، نامناسب (۰/۳۳-۰)، تا حدودی مناسب (۰/۶۵-۰/۳۳) و مناسب (۱- ۰/۶۵) طبقه‌بندی شد. لازم به توضیح است که نقشه محدودیت از روی نقشه کاربری زمین بدست آمد به این صورت که تنها مناطق بایر در دشت شمیل و آشکارا توانمندی انجام عملیات تغذیه مصنوعی را دارا می‌باشند و مابقی کاربری‌ها حذف می‌شوند.

هر کدام از معیارها به نحوی بر توانمندی هر نقطه برای تغذیه

1- Objective Approaches
2- Subjective Approaches
3- Eigenvector Method
4- Weighted Least Square Method
5- Principal Component Analysis
6- Multiple Objective Programming Model
7- Simple Additive Weighted

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مصنوعی تاثیر می‌گذارد:

• شیب عامل تاثیر گذار در سرعت رواناب بوده و باعث افزایش میزان فرسایش نیز می‌شود، بنابراین می‌توان گفت مناطق با شیب کم برای تغذیه مصنوعی مناسب‌ترند.

• توجه به میزان آلودگی آب و پیشگیری از ورود آن به سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر معیارهای مهم در تغذیه مصنوعی آبخوان است، بر این اساس بهتر آن است که منابع آب زیرزمینی در محل تغذیه مصنوعی از کیفیت بالایی برخوردار باشند. از آنجا که هدایت الکتریکی نمایانگر میزان املاح در آب است می‌توان از آن به عنوان نمایانه کیفی آب استفاده کرد.

• عمق سطح آب زیرزمینی نشان‌دهنده ضخامت لایه خشک است، هر چه این لایه دارای ضخامت کمتری باشد توانمندی تغذیه کاهش می‌یابد.

• سرعت نفوذ آب به درون زمین وابسته به میزان نفوذپذیری ذاتی سازندهای زمین‌شناسی است. یک آبخوان آبدار در یک سازند دارای شرایط ویژه، شکل می‌گیرد.

• توانمندی سیلخیزی وابسته به میزان بارندگی و مورفولوژی زمین است و می‌تواند به عنوان یک معیار مهم در مکانیابی برای تغذیه مصنوعی باشد چرا که نزدیکی آب سطحی به محل تغذیه منجر به کاهش هزینه می‌شود.

نقشه‌های عمق و هدایت الکتریکی آب با استفاده از داده‌های برداشت شده از چاه‌های مشاهده‌ای و نمونه‌برداری و چشمه‌های دشت شمیل و آشکارا (شکل ۳) تهیه و هر کدام به چهار طبقه تقسیم شدند (جدول۱) [۹]. در این دشت در مجموع ۲۸ چاه نمونه‌برداری، ۱۸ چشمه و ۳۲ چاه نمونه‌برداری وجود دارد نقشه عمق آب‌های زیرزمینی با استفاده از میانگین ۱۰ ساله داده‌های نوسان سطح آب مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای و تعمیم این داده‌ها به کل دشت با در نظر گرفتن عمق صفر در محل چشمه‌ها بدست آمد. نقشه هدایت الکتریکی با استفاده از میانگین داده‌های برداشت شده از چاه‌های نمونه‌برداری دشت شمیل و آشکارا و تعمیم آن به کل دشت تهیه شد. نقشه شیب (شکل ۴) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع تهیه و به چهار محدوده طبقه‌بندی گردید (جدول ۱)[۳]. ۴۹ درصد از مساحت دشت دارای شیب بالای ۸ درصد است که نواحی اطراف دشت را شامل می شود و ۳۳ درصد آن را نواحی با شیب کمتر از

www.SID.ir

Archive of SID

۴ درصد تشکیل می‌دهند که به طور تقریب در مرکز دشت قرار دارند. جهت تهیه نقشه کاربری زمین (شکل ۵) از نقشه‌های کاربری زمین منتشر شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع استفاده شد. شکل (۶) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد، از لحاظ چینه‌شناسی این دشت دربرگیرنده سازندهای سخت شامل سازندهای هرمز، گروه بنگستان (کژدمی و سروک)، رازک، پابده گورپی، میشان، جهرم، بختیاری، آسماری، گوری، آغاجاری و سازندهای نرم یا رسوبات آبرفتی است. جهت اعمال معیار توانمندی سیلخیزی از نقشه تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع استفاده شد (شکل ۷).

روش وزن دهی تجمعی ساده (SAW)

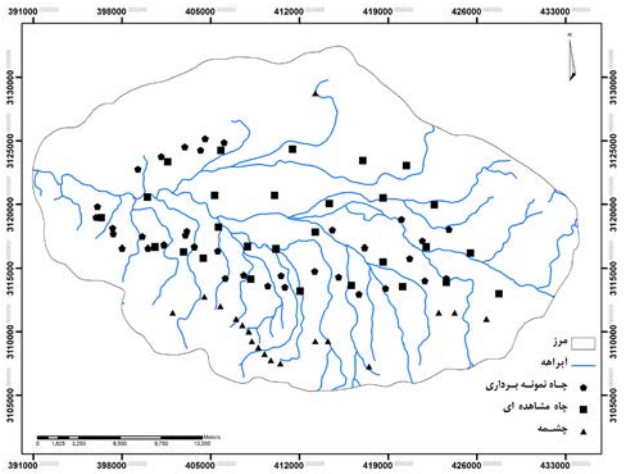
این روش ساده‌ترین و پر کاربردترین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این روش امتیاز هر گزینه از طریق تجمیع ارزش‌های آن گزینه در معیارهای مختلف با احتساب وزن هر معیار بدست می‌آید به طوری که وزن‌های نسبی بصورت مستقیم توسط تصمیم گیرنده داده می‌شود[۱۱]. اولین مرحله روش وزن‌دهی تجمعی ساده بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی تعریف وزن معیارهاست [۱۵]. مجموع وزن معیارها باید یک باشد، از این رو مطابق معادله ۱، هر وزن بر

$$w'_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \quad (۱)$$

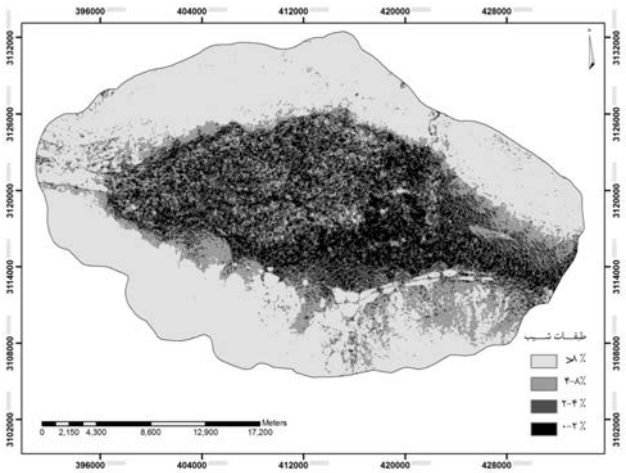
$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^{max}} \quad (۲)$$

$$A_i = \sum W'_j * a'_{ij} \quad (۳)$$

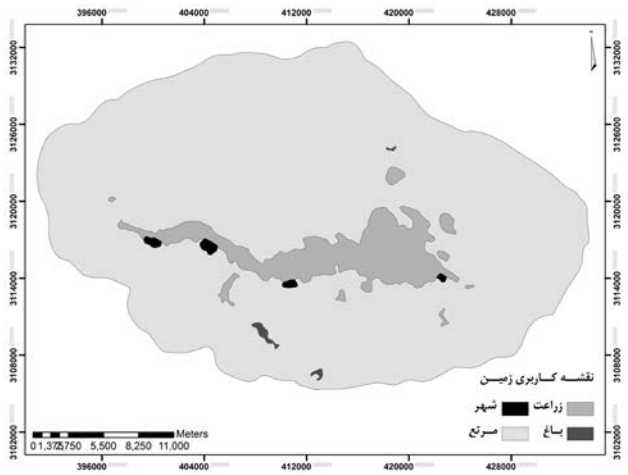
مجموع وزن‌ها تقسیم می‌شود تا وزن نرمال شده بدست آید [۸]. در این معادله W'_j وزن نرمال شده‌ی معیار jام، n تعداد معیارها و W_j وزن اولیه هستند. مرحله بعدی وزن دهی به طبقات مختلف هر معیار است که به طور مستقیم بر اساس قضاوت‌های کارشناسانه تصمیم‌گیر انجام می‌شود. از آنجا که وزن نهایی هر گزینه از مجموع وزن‌های آن گزینه در معیارهای مختلف بدست می‌آید، وزن طبقات مختلف در هر کدام از معیارها باید بی‌مقیاس باشد. روش‌های متفاوتی برای استانداردسازی وزن‌ها وجود دارد، در این مقاله از



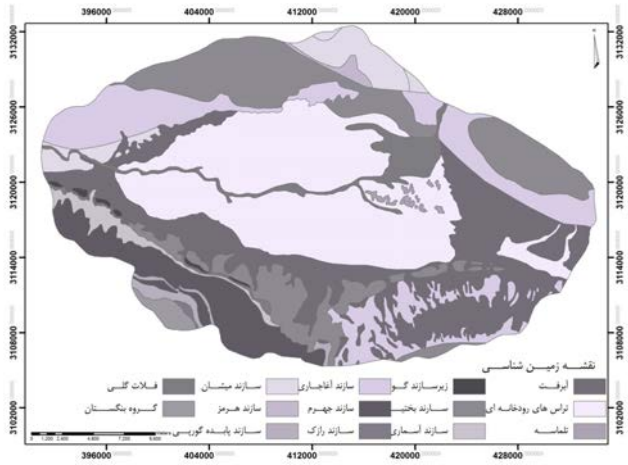
شکل ۳- چاه‌های نمونه برداری، مشاهده‌ای و چشمه‌های دشت شمیل و آشکارا



شکل ۴- نقشه شیب



شکل ۵- نقشه کاربری زمین



شکل ۶- نقشه زمین‌شناسی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- وزن‌دهی ساده طبقات معیارها و مساحت آنها در محدوده مورد مطالعه

معیار (j)	طبقات (i)	مساحت (km2)	مساحت (درصد)	وزن اولیه a_{ij}	وزن استاندارد شده a'_{ij}
عمق سطح آب (m)	۰-۱۰	۲۳۵/۰۲	۲۹	۱	۰/۱۲
	۱۰-۲۰	۳۶۲/۵۳	۴۴	۳	۰/۳۷
	۲۰-۳۰	۱۸۱	۲۲	۵	۰/۶۲
	>۳۰	۴۲/۴	۵	۸	۱
طبقات هدایت الکتریکی (µmhos/cm)	۰-۱۰۰۰	۰/۷۸	۰/۰۱	۹	۱
	۱۰۰۰-۲۲۵۰	۱۱۷/۲۵	۱۴	۶	۰/۶۶
	۲۲۵۰-۴۰۰۰	۶۷۱/۲۸	۸۲	۲	۰/۲۲
	>۴۰۰۰	۳۱/۶	۴	۱	۰/۱۱
زمین شناسی	آسماری	۱۲/۴۸	۱/۵	۷	۱
	جهرم	۵۶/۲۱	۶/۸	۷	۱
	زیرسازند گوری	۲/۵	۰/۳	۴	۰/۵۷
	میشان	۳۳/۹۸	۴/۱	۲	۰/۲۸
	بنگستان	۶/۵۷	۰/۸	۴	۰/۵۷
	تلماسه	۲/۹۲	۰/۳۵	۲	۰/۲۸
	آبرفت	۱۷۴/۹۱	۲۱/۳	۷	۱
	فلات گلی	۲۶/۲۴	۳/۲	۴	۰/۵۷
	هرمز	۴/۰۳	۰/۵	۲	۰/۲۸
	پابده گورپی	۷/۵۶	۱	۴	۰/۵۷
	تراس های رودخانه‌ای	۲۲۶/۲۴	۲۷/۵	۴	۰/۵۷
	آغاجاری	۱۱۴/۱۲	۱۴	۲	۰/۲۸
	بختیاری	۱۴۹/۱۳	۱۸/۱	۴	۰/۵۷
	رازک	۳/۹	۰/۵	۲	۰/۲۸
شیب (٪)	۰-۲	۹۴/۶۸	۱۱	۱۰	۱
	۲-۴	۱۸۴/۶۱	۲۲	۸	۰/۸
	۴-۸	۱۴۴	۱۷	۶	۰/۶
	>۸	۴۰۱/۶	۴۹	۲	۰/۲
پتانسیل سیل	کم	۱۳۷/۲۶	۱۷	۲	۰/۲
	متوسط	۴۳۷/۷۳	۵۳	۶	۰/۶
	زیاد	۲۴۹/۸۸	۳۰	۱۰	۱

www.SID.ir

معادله ۲ استفاده شده است که در آن a'_{ij} وزن استاندارد شده طبقه iام از معیار jام و a_{ij} وزن اولیه طبقه iام از معیار jام است. مرحله نهایی در روش وزن‌دهی تجمعی ساده تلفیق داده است که امتیاز نهایی هر گزینه مطابق معادله ۳ از حاصل جمع وزن‌های آن گزینه در معیارهای مختلف به نسبت وزن هر معیار بدست می‌آید [۸]. در این معادله A_i وزن نهایی هر گزینه، W'_j وزن نرمال شده‌ی معیار jام و a'_{ij} وزن استاندارد شده طبقه iام از معیار jام است.

جدول (۲) وزن‌های اولیه معیارها نسبت به یکدیگر را بر اساس نظر کارشناسی و مقادیر نرمال شده آنها را نشان می‌دهد. از آنجا که نفوذپذیری ذاتی و میزان تخلخل و در نتیجه مطلوبیت یک آبخوان تا حد زیادی وابسته به نوع سازند تشکیل دهنده آن است، معیار زمین‌شناسی دارای بالاترین وزن می باشد. وزن‌های طبقات هر کدام از معیارها در جدول (۱) نشان داده شده است. به دلیل این که مقیاس این امتیازها متفاوتند، آنها باید به یک واحد بی بعد استاندارد شوند، بدین منظور از معادله ۲ جهت استانداردسازی ارزش‌های نسبی گزینه‌ها نسبت به هر معیار استفاده شد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، یک مسیله تصمیم پیچیده برای تشکیل سلسله مراتب تصمیم به موارد ساده تر تجزیه می‌شود. بالاترین سطح اهداف در این پژوهش انتخاب مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی است. در سطح میانی معیارها و در پایین‌ترین سطح گزینه‌ها قرار دارند. بعد از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها نسبت به سلسله مراتب بالاتر به روش بردار ویژه انجام شده است. در این روش اگر ماتریس مقایسات زوجی را A (معادله ۴) در نظر بگیریم و دترمینان ماتریس $(A-\lambda I)$ (معادله ۵) را برابر صفر قرار دهیم (که در آن λ مجهول و I ماتریس یکه $n\times n$ است) مقادیر ویژه ماتریس A بدست می آید. و اگر بزرگترین مقدار ویژه A (λ_{max}) را در ماتریس $(A-\lambda I)*(w_1,w_2,\ldots,w_n)^T$ به جای λ قرار دهیم و حاصل را مساوی صفر فرض کنیم با حل معادله ایجاد شده بردار ویژه ماترس A که همان وزن های نسبی $(w_1,w_2,\ldots,w_n)$ است بدست خواهد آمد [۱۰]. با استفاده از این روش ناسازگاری ماتریس در وزن‌ها اعمال و نتایج به واقعیت نزدیکتر می شود.

Archive of SID

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & .. & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & .. & a_{2n} \\ . & . & .. & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & .. & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$(A-\lambda I)=\begin{bmatrix} 1-\lambda & a_{12} & .. & a_{1n} \\ a_{21} & 1-\lambda & .. & a_{2n} \\ . & . & .. & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & .. & 1-\lambda \end{bmatrix} \quad (۵)$$

در این مقاله ماتریس مقایسات زوجی معیارها و طبقات معیارها بر اساس نظر کارشناسی و با توجه به درجه اهمیت یا ارجحیت هر سطح نسبت به سطح بالاتر تعیین شد. جدول (۳) ماتریس مقایسات زوجی معیارها را نشان می‌دهد که ارزش ویژه ماکزیمم (λ_{max}) در این ماتریس برابر ۲۱,۵ بدست آمده است، بر اساس این میزان ارزش ویژه معیارهای زمین شناسی و شیب بالاترین ارزش را دارا می‌باشند. جهت نرمال کردن این وزن ها از معادله ۱ استفاده شد.

مقایسات زوجی مطلوبیت سازندهای زمین شناسی تشکیل دهنده دشت شمیل و آشکارا جهت اجرای عملیات پخش سیلاب بر اساس نظر کارشناسی انجام شد (جدول ۴). جدول‌های ۵، ۶ و ۷ به ترتیب ماتریس مقایسه‌های زوجی و محاسبات بردار ویژه مربوط به طبقات لایه‌های شیب، عمق سطح آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی را نشان می‌دهد. جهت استانداردسازی وزن‌های مربوط به طبقات هر لایه از معادله ۲ استفاده شده است.

جدول ۲- وزن دهی ساده معیارها

معیارها (j)	وزن نسبی W_j	وزن نرمال شده W'_j
زمین شناسی	۷	۰/۲۶
توانمندی سیلخیزی	۵	۰/۱۹
هدایت الکتریکی	۴	۰/۱۵
شیب	۶	۰/۲۲
عمق سطح آب	۵	۰/۱۹

جدول ۳- وزن‌دهی معیارها با فن بردار ویژه

نرخ ناسازگاری	مقدار ویژه (λ_{max})	وزن نرمال شده(W'_j)	بردار ویژه (W_j)	ماتریس مقایسات زوجی (A)					معیارها
۰/۰۵	۵/۲۱	۰/۲۳	۰/۴۹	۱	۰/۵	۲	۲	۱	شیب
		۰/۱۹	۰/۴۲	۱	۱	۲	۱	۰/۵	عمق سطح آب
		۰/۱۳	۰/۲۷	۱	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵	هدایت الکتریکی
		۰/۲۶	۰/۵۶	۱	۱	۲	۱	۲	زمین شناسی
		۰/۱۹	۰/۴۱	۱	۱	۱	۱	۱	توانمندی سیلخیزی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- وزن‌دهی سازندهای زمین‌شناسی با فن بردار ویژه

سازندهای زمین شناسی	ماتریس مقایسات زوجی (A)															بردار ویژه (a_{i1})	وزن استاندارد شده (a'_{i1})	مقدار ویژه (λ_{max})	نرخ ناسازگاری
آبرفت	۱	۵	۶	۳	۴	۰/۳۳	۷	۰/۵	۷	۷	۸	۳	۵	۲		۰/۴	۰/۶۱	۱۴/۷۹	۰/۰۴
تراس های رودخانه‌ای	۰/۲	۱	۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۴	۲	۰/۱۶	۳	۲	۳	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵		۰/۰۸	۰/۱۳		
تلماسه	۰/۱۶	/۰۵	۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۱۴	۲	۰/۱۶	۳	۲	۴	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵		۰/۰۷	۰/۱۲		
زیرسازند گوری	۰/۳۳	۳	۴	۱	۲	۰/۲	۴	۰/۲۵	۴	۴	۵	۱	۳	۰/۵		۰/۱۹	۰/۰۳		
بختیاری	۰/۲۵	۳	۳	۰/۵	۱	۰/۲۵	۳	۰/۲۵	۳	۳	۴	۱	۲	۰/۵		۰/۱۵	۰/۲۳		
آسماری	۳	۷	۷	۵	۴	۱	۸	۲	۸	۷	۹	۵	۶	۴		۰/۶۵	۱		
آغاجاری	۰/۱۴	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۱۲	۱	۰/۲	۲	۱	۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۲,۰		۰/۰۵	۰/۰۹		
جهرم	۲	۶	۶	۴	۴	۰/۵	۵	۱	۷	۶	۸	۳	۵	۳		۰/۴۷	۰/۷۳		
رازک	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۵	۰/۱۴	۱	۰/۵	۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۵		۰/۰۴	۰/۰۷		
میشان	۰/۱۴	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۱۴	۱	۰/۱۶	۲	۱	۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۵		۰/۰۵	۰/۰۹		
هرمز	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۲	۰/۳۳	۰/۲		۰/۰۳	۰/۰۵		
فلات گلی	۰/۳۳	۲	۲	۱	۱	۰/۲	۳	۰/۳۳	۴	۴	۵	۱	۳	۰/۵		۰/۱۶	۰/۲۵		
پاپده گورپی	۰/۲	۲	۲	۰/۳۳	۰/۵	۰/۱۶	۳	۰/۲	۳	۳	۳	۰/۳۳	۱	۰/۳۳		۰/۰۱	۰/۱۶		
بنگستان	۰/۵	۴	۴	۲	۲	۰/۲۵	۵	۰/۳۳	۴	۴	۵	۲	۳	۱		۰/۱۴	۰/۳۸		

نتایج و بحث

در این مقاله، پهنه‌بندی توانمندی دشت شمیل و آشکارا جهت انجام عملیات تغذیه مصنوعی با بکارگیری دو روش وزن‌دهی ساده و بردار ویژه انجام شد. از آنجا که از میان کاربری‌های موجود تنها کاربری مرتع برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی مناسب است [۹]، بر این اساس لایه رستری محدودیت با کد یک و صفر به ترتیب برای کاربری مرتع و غیر مرتع تهیه و با ضرب این لایه در نتایج نهایی به نقاطی از دشت که کاربری غیر مرتع داشتند امتیاز صفر اختصاص داده شد.

شکل (۸) نقشه پهنه‌بندی توانمندی تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی

جدول ۵- وزن دهی طبقات شیب با فن بردار ویژه

طبقات شیب	ماتریس مقایسات زوجی (A)				بردار ویژه (a_{ij})	وزن استاندارد(a'_{ij})	مقدار ویژه (λ_{max})	نرخ ناسازگاری
۰-۲ ٪	۱	۳	۵	۸	۰/۸۹	۱	۴/۱۴	۰/۰۶
۲-۴ ٪	۰/۳۳	۱	۳	۵	۰/۴	۰/۴۵		
۴-۸ ٪	۰/۲	۰/۳۳	۱	۴	۰/۱۹	۰/۲۲		
>۸ ٪	۰/۱۲	۰/۲	۰/۲۵	۱	۰/۰۷	۰/۰۹		

جدول ۶- وزن‌دهی طبقات عمق سطح آب با فن بردار ویژه

طبقات عمق سطح آب (m)	ماتریس مقایسات زوجی (A)				بردار ویژه (a_{ij})	وزن استاندارد(a'_{ij})	مقدار ویژه (λ_{max})	نرخ ناسازگاری
۰-۱۰	۱	۰/۵	۲	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۴/۱	۰/۰۴
۱۰-۲۰	۲	۱	۰/۳۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۶		
۲۰-۳۰	۰/۵	۳	۱	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۴		
>۳۰	۸	۵	۴	۱	۰/۹۱	۱		

www.SID.ir

Archive of SID

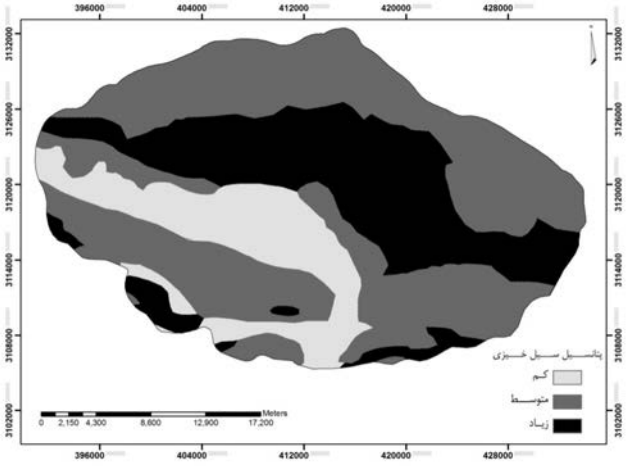
به روش وزن دهی تجمعی ساده را نشان می‌دهد در این نقشه سطح دشت به چهار طبقه به طور کامل نامناسب، نامناسب، تا حدودی مناسب و مناسب تقسیم شده است. نتایج آماری این نقشه در جدول (۸) نشان داده شده است. بر اساس نتیجه حاصل از روش وزن دهی تجمعی ساده ۱۲ درصد از سطح دشت در طبقه مناسب قرار می‌گیرد، در حالی که در روش بردار ویژه این رقم به ۲ درصد می‌رسد (شکل ۹) (جدول ۹).

با تطبیق نتایج با ویژگی‌های دشت می‌توان گفت عامل محدود کننده در نواحی شمالی دشت علاوه بر شیب بالا وجود گنبد نمکی و در نتیجه هدایت الکتریکی بالا است. در نواحی جنوبی دشت نیز شیب بالا و عمق کم سطح آب زیرزمینی نسبت به بقیه نقاط عامل محدود کننده بوده است.

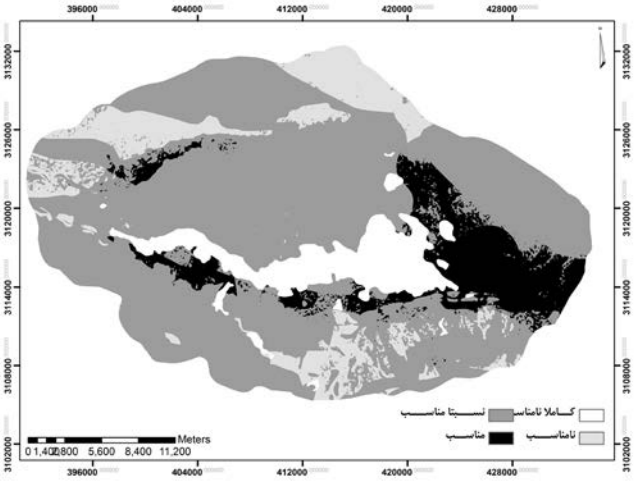
مقایسه نتایج حاصل از دو روش نشان می‌دهد که روش تحلیل سلسله مراتبی در کنار بردار ویژه نتایج دقیق‌تری را ارایه می‌دهد. نواحی پیشنهادی در طبقه مناسب در روش AHP بر روی رسوبات درشت دانه و مخروطه افکنه‌ای با نفوذپذیری بالا واقع شده که به طور تقریب فاقد شیب، دارای هدایت الکتریکی پایین‌تر از (µmoh.cm) ۱۰۰۰، توانمندی سیل‌خیزی بالا و ضخامت آبرفت بالای ۳۰ متر است، در حالیکه در روش SAW این ویژگی‌ها در تمام نقاط این طبقه وجود ندارد. بر این اساس می‌توان گفت نتایج حاصل از روشAHP دارای اعتبار بیشتری نسبت به روش وزن‌دهی تجمعی ساده است.

با توجه به وضعیت بحرانی و کاهش سطح آب در بسیاری از سفره‌های آب زیرزمینی کشور و نیاز به انجام عملیات تغذیه مصنوعی در آنها, انتخاب محل دقیق و مناسبی بر اساس کلیه معیارهای تأثیرگذار می‌تواند موفقیت عملیات تغذیه مصنوعی را به صورت قابل توجهی بهبود بخشد.

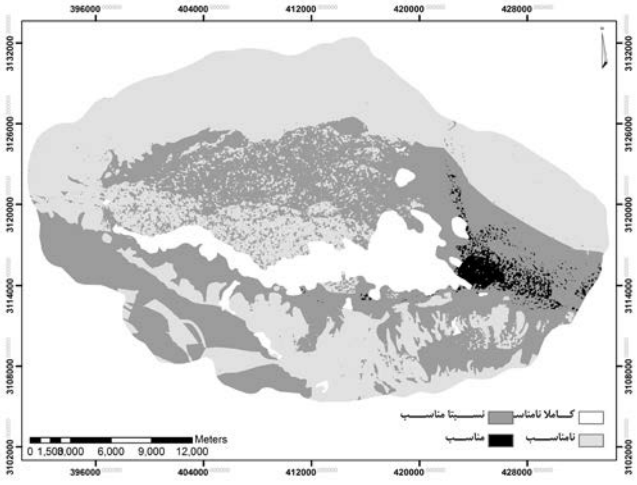
در این پژوهش شش معیار شیب، هدایت الکتریکی آب، عمق آب‌های زیرزمینی، زمین شناسی، توانمندی سیل خیزی و کاربری زمین به عنوان معیارهای مؤثر در انتخاب محل تغذیه مصنوعی آبخوان مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس قضاوت کارشناسی معیار زمین‌شناسی بالاترین درجه اهمیت و معیار هدایت الکتریکی کمترین درجه اهمیت را به خود اختصاص داد. در انجام مطالعات مشابه باید



شکل ۷- نقشه توانمندی سیلخیزی



شکل ۸- پهنه‌بندی توانمندی تغذیه مصنوعی به روش SAW



شکل ۹- پهنه‌بندی توانمندی تغذیه مصنوعی به روش AHP

جدول ۷- وزن دهی طبقات هدایت الکتریکی با فن بردار ویژه (AHP)

نرخ ناسازگاری	مقدار ویژه(λ_{max})	وزن استاندارد(a'_{ij})	بردار ویژه (a_{ij})	ماتریس مقایسات زوجی (A)				طبقات هدایت الکتریکی (µmhos/cm)
۰/۰۷	۴/۱۸	۱	۰/۸۸	۹	۶	۳	۱	۰- ۱۰۰۰
		۰/۵	۰/۴۴	۸	۴	۱	۰/۳۳	۱۰۰۰-۲۲۵۰
		۰/۱۷	۰/۱۵	۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۲۲۵۰-۴۰۰۰
		۰/۰۷	۰/۰۶	۱	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۱	>۴۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مساحت طبقات مطلوبیت به روش SAW

مساحت (درصد)	مساحت (km^2)	طبقات مطلوبیت به روش SAW
۹	۷۰/۸۵۸۱	به طور کامل نامناسب
۱۲	۱۰۳/۹۴۵۴	نامناسب
۶۶	۵۴۷/۸۴۴۸	تا حدودی مناسب
۱۲	۹۷/۶۴۲	مناسب

جدول ۹- مساحت طبقات مطلوبیت به روش AHP

مساحت (درصد)	مساحت (km^2)	طبقات مطلوبیت به روش AHP
۹	۷۰/۸۵	به طور کامل نامناسب
۴۹	۴۰۱/۴۱	نامناسب
۴۰	۳۳۴/۲۸	تا حدودی مناسب
۲	۱۳/۸۸	مناسب

با توجه به ویژگی‌های منطقه، درجه اهمیت مناسبی برای معیارهای مختلف انتخاب نمود. توصیه می‌شود در مطالعات آتی از روشهای تصمیم‌گیری گروهی برای انتخاب اهمیت معیارها استفاده شود.

بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری قدرتمند و مفید جهت طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل حجم وسیع داده‌ها در کنار فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند رویکرد مناسبی جهت پهنه‌بندی توانمندی بالقوه انجام عملیات تغذیه مصنوعی باشد. استفاده از روش AHP در وزن‌دهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از GIS، برای مکانیابی محل‌های تغذیه مصنوعی آبخوان، به عنوان رویکردی مناسب در اینگونه مطالعات پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- حکمت پور، م.، فیض‌نیا، س.، احمدی، ح. و خلیل پور، ا. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به کمک GIS و سامانه پشتیبانی تصمیم گیری. مجله محیط شناسی، شماره ۴۲، ۸-۱.

2- Chenini, I., Ben Mammou, A. and El May, M. 2009. Groundwater Recharge Zone Mapping Using GIS-Based Multi-criteria Analysis: A Case Study in Central Tunisia (Maknassy Basin). Water Resources Management 24: 921-939.

3- Ghayoumian, J., Ghermezcheshme, B., Feiznia, S. and Noroozi, A. 2005. Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran. Environmental Geology 47: 493-500.

4- Ghayoumian, J., Saravi, M.M., Feiznia, S., Nouri, B. and Malekian, A. 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. Journal of Asian Earth Sciences 30: 364-374.

5- Jacek, M. 1999. GIS and multicriteria decision analysis, 393 pp. John Wiley & Sons, Inc.

6- Mareschal, B. 1988. Weight stability intervals in multicriteria decision aid. European Journal of Operational Research 33: 54-64.

7- Marino, M.A. 1975. Artificial groundwater recharge II. Rectangular recharging area. Journal of Hydrology 26: 29-37.

8- Ma, J., Fan, Z.-P. and Huang, L.-H. 1999. A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights. European Journal of Operational Research 112: 397-404.

9- Ramalingam, M. and Santhakumar, A. 2002. Case study on artificial recharge using remote sensing and GIS. GIS devlopmennt. www. GISdevelopment .net (accessed on June 25).

10- Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology 15: 234-281.

11- Sargaonkar, A., Rathi, B. and Baile, A. 2010. Identifying potential sites for artificial groundwater recharge in sub-watershed of River Kanhan, India. Environmental Earth Sciences: 1-10.

12- Seiler, K.-P. and Gat, J.R. 2007. Groundwater Recharge From Run-off, Infiltration and Percolation, 244 pp. Springer.

13- Şener, B., Süzen, M. and Doyuran, V. 2006. Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental Geology 49: 376-388.

www.SID.ir