



تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت اشترینان)

لیلا گودرزی^{۱*}، علی محمد آخوندعلی^۲، حیدر زارعی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. استاد دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. استادیار دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۴ آبان ۱۳۹۱

پذیرش: ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۲

دسترسی اینترنتی: ۵ شهریور ۱۳۹۲

واژه‌های کلیدی:

آب‌های زیرزمینی

تغذیه مصنوعی

تحلیل سلسله مراتبی

همپوشانی وزنی

منطق بولین

دشت اشترینان

چکیده

یکی از روش‌های مدیریت منابع آب که در سال‌های اخیر کاربرد وسیعی یافته است، استفاده از روش تغذیه مصنوعی می‌باشد. این مطالعه با هدف تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان دشت اشترینان واقع در شهرستان بروجرد صورت گرفته است. معیارهای لازم و تأثیرگذار در انتخاب مکان مناسب تغذیه مصنوعی عبارتند از: زمین‌شناسی، شیب، ضخامت بخش غیراشباع، کیفیت آب زیرزمینی، گرادیان هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره، فاصله از منابع آب سطحی و کاربری اراضی. در ابتدا اقدام به تهیه لایه رستری هر یک از این معیارها و تعیین وزن معیارها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش مقایسه‌های زوجی گردید. نقشه‌های تهیه شده با استفاده از روش هم‌پوشانی تلفیق گردید. سپس مناطق نامناسب از نظر نزدیکی به چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها، با استفاده از مدل منطق بولین حذف و نقشه پتانسیل تغذیه مصنوعی برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نقشه پتانسیل تغذیه مصنوعی نشان داد که ۱۷ درصد از مساحت منطقه دارای شرایط کاملاً مناسب، ۲۱ درصد دارای شرایط مناسب، ۳۱ درصد دارای شرایط متوسط، ۱۸ درصد دارای شرایط نامناسب و ۱۳ درصد دارای شرایط کاملاً نامناسب برای تغذیه مصنوعی می‌باشد که با بازدید میدانی چهار مکان برای تغذیه مصنوعی دشت اشترینان مشخص گردید.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: goodarzi.1988@gmail.com

رحیم‌زاده و همکاران (۳)، به تعیین مناسب‌ترین موقعیت پخش سیلاب دشت سریشه پرداختند و نشان دادند که روش سلسله مراتبی موقعیت بهتری را مشخص می‌کند. کریمی و همکاران (۹)، جهت شناسایی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت داراب پس از تهیه لایه‌های رستری معیارهای مؤثر، نسبت به رتبه‌بندی هر معیار به روش تحلیل سلسله مراتبی و تعیین وزن معیارها با استفاده از روش مقایسه دوتایی اقدام کردند. در نهایت با استفاده از روش هم‌پوشانی وزنی لایه‌های رستری، نقشه نهایی بهترین مکان برای تغذیه مصنوعی را تهیه کردند. ناصری و همکاران (۱۱) به منظور انتخاب مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در دشت چاه دراز از تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) و سیستم اطلاعات جغرافیایی، در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) استفاده کردند و با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، محدوده‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی را انتخاب کردند. بالاچاندار و همکاران (۱۳) به منظور مکان‌یابی تغذیه مصنوعی در حوزه‌ی سیواگانگا در هند، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی تراکم زهکشی، تراکم خطواره، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی در محیط GIS مکان‌های مناسب را در سه کلاس خیلی مناسب، متوسط و نامناسب طبقه‌بندی کردند. چاودهاری و همکاران (۱۵) جهت تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در بنگال غربی در هند با استفاده از GIS، از فاکتورهای ژئومورفولوژی، ژئولوژی، تراکم زهکشی، شیب و قابلیت انتقال آبخوان استفاده کردند و با تلفیق این لایه‌ها منطقه مورد مطالعه را از نظر پتانسیل تغذیه مصنوعی، به سه کلاس مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم کردند. کومار و کومار (۱۶)، برای تهیه نقشه تغذیه مصنوعی در حوزه‌ی سانجای هند، نقشه‌های موضوعی مختلف مانند ژئومورفولوژی، خطواره، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و تراکم زهکشی را تهیه کردند و سپس با توجه به اهمیت هر لایه در ذخیره‌سازی و انتقال آب‌های زیرزمینی، به هرکدام از لایه‌های فوق یک وزن اختصاص دادند و در نهایت با ضرب هر لایه در وزنش نقشه تغذیه مصنوعی منطقه مورد مطالعه را تهیه کردند. از دیگر تحقیقات انجام شده در زمینه تغذیه مصنوعی می‌توان به لیو و همکاران (۱۸) در چین، ناگاراگان و همکاران (۱۹) در هند،

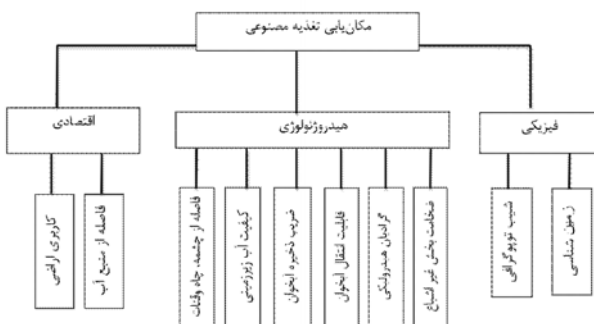
در چند دهه اخیر با افزایش رشد جمعیت و به دنبال آن افزایش نیاز آبی کشور، تعادل منابع آبی در معرض تهدید قرار گرفته است. برداشت بی‌رویه‌ی آب از سفره‌های آبدار در برخی مناطق موجب افت شدید سطح ایستابی و کاهش منابع آب زیرزمینی شده است. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه‌ها و قنات‌ها، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را به دنبال دارد. در این راستا می‌بایست با اعمال مدیریتی صحیح و اجرای برنامه‌های اصولی از افت سطح آب زیرزمینی جلوگیری کرده و در صورت امکان تعادل بهم خورده‌ی آبخوان را احیا نمود. عمل تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی آبخوان‌ها، با توجه به قابلیت‌های زیاد و هزینه نسبتاً کمی که در مقایسه با سایر روش‌های توسعه بهره برداری از منابع آب در بردارد، می‌تواند نقش بسزایی در توسعه‌ی منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، نظیر کشور ما داشته باشد.

روش‌های گوناگونی برای تغذیه مصنوعی توسعه یافته است که انتخاب یک روش ویژه بر پایه شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کیفیت آب تغذیه‌ای و کاربرد نهایی آب می‌باشد. در شرایط ویژه، ارزش زمین، کیفیت آب زیرزمینی و یا حتی آب و هوا می‌توانند پارامترهای مهمی در گزینش روش تغذیه مصنوعی باشند (۲۳). باید توجه داشت که روش‌های مختلف مکانیابی به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد. بدون استفاده از یک سیستم توانمند که توانایی استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مؤثر و تجزیه و تحلیل آن‌ها را داشته باشد، امکان حل این معضل امکان‌پذیر نخواهد بود (۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل توانایی مدیریت حجم عظیمی از داده‌ها، در این خصوص مناسب می‌باشد (۲۱). استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی با در نظر گرفتن تمامی پارامترها به طور هم‌زمان سبب صرفه جویی در زمان و هزینه مالی می‌گردد (۱۷ و ۲۴). به دلیل وجود عوامل متعدد در عملیات مکان‌یابی تغذیه مصنوعی نیاز به استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره احساس می‌شود. تحقیقات متنوعی در زمینه مکان‌یابی تغذیه مصنوعی صورت گرفته است.

نشان داده است که سطح آب زیرزمینی در این محدوده طی سال آبی ۷۷-۷۶ تا ۸۸-۸۷ حدود ۷ متر افت داشته است (۶).

روش تحقیق

معیارهای لازم و تأثیرگذار در انتخاب مکان مناسب تغذیه مصنوعی؛ زمین شناسی، شیب، ضخامت بخش غیراشباع، کیفیت آب زیرزمینی، گرادیان هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره، فاصله از منابع آب سطحی، کاربری اراضی، فاصله از قنات، فاصله از چشمه و فاصله از چاه تعیین گردید (۱۴). سپس بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاری و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، معیارهای لازم و تأثیرگذار، به اجزاء کوچک‌تر و سطوح مختلف تقسیم گردید (شکل ۲). در تصمیم‌گیری چند معیاری، هدف در بالاترین سطح، و در سطوح میانی معیارهای اصلی و فرعی، و در پایین‌ترین سطح نیز، گزینه‌ها (شاخص‌ها) قرار گرفتند.



شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی AHP برای تغذیه مصنوعی

طبقه‌بندی و امتیازدهی این لایه بر اساس تحقیقات چاودهداری و همکاران (۱۵) و کومار و همکاران (۱۶) انجام گرفت. شیب از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) دشت اشترینان تهیه گردید. شیب‌های بالا به علت ایجاد فرسایش و همچنین شیب‌های خیلی پایین به علت اینکه مانع جریان آب می‌شوند مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی نیستند. طبقه‌بندی لایه شیب بر اساس مطالعه طرفی و همکاران (۷) و چاودهداری و همکاران (۱۵) انجام گرفت.

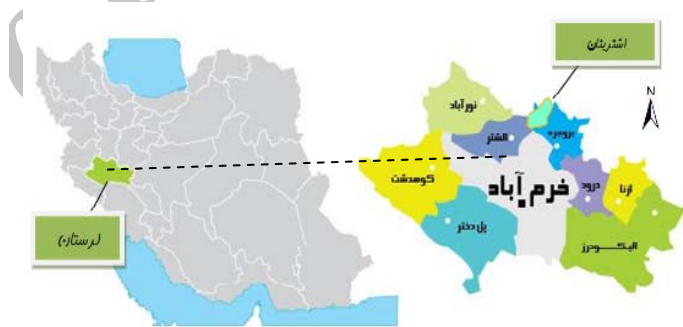
شبان و همکاران (۲۲) در لبنان و یه و همکاران (۲۵) در تایوان، اشاره کرد.

در این تحقیق با توجه به روند نزولی تراز سطح آب زیرزمینی دشت اشترینان، به انتخاب مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان این دشت با در نظر گرفتن کلیه معیارها و تعیین وزن آن‌ها در محیط Expert choice و استفاده از تلفیق دو روش بولین و تحلیل سلسله مراتبی جهت مکانیابی استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه اشترینان یکی از بخش‌های شهرستان بروجرد واقع در استان لرستان می‌باشد که با وسعت ۲۱۰ کیلومترمربع، بین طول‌های ۲۷' ۴۸° تا ۵۰' ۴۸° شرقی و عرض‌های ۵۲' ۳۳° تا ۸' ۳۴° شمالی واقع شده است (شکل ۱). مطالعات انجام شده



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

لایه‌های مورد استفاده

زمین شناسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و هیدرودینامیکی هر مخزن آب زیرزمینی در ارتباط تنگاتنگ با سازندهای آن منطقه از لحاظ چینه شناسی، لیتولوژی، وضعیت تکنوتیکی، ژئومورفولوژی و به طور کلی زمین شناسی آن منطقه می‌باشد. بنابراین با توجه به نقش زمین شناسی در منابع آب، انجام مطالعات زمین‌شناسی در امکان‌سنجی محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد (۱۰). در این تحقیق از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده گردید.

داده‌های پیرومتری موجود در منطقه ترسیم و سپس با استفاده از Surface Analyze در نرم افزار GIS، این لایه تهیه گردید. امتیازدهی این لایه بر اساس تحقیقات سپند و همکاران (۵) صورت گرفته است.

قابلیت انتقال آبخوان توانایی انتقال آب در آبرفت، یکی از ضرایب هیدرودینامیکی است که نشان دهنده حرکت آب در محیط متخلخل است. هر چه میزان انتقال پذیری بیشتر باشد برای تغذیه مصنوعی مناسب تر است. **ضریب ذخیره ضریب** ذخیره حجم آبی است که در اثر پایین یا بالا رفتن سطح فشار به اندازه یک واحد از هر واحد سطح آکifer خارج شده و یا به ذخیره آن افزوده می شود. بنابراین زیاد بودن این پارامتر به معنای توان ذخیره‌ای بیشتر آبخوان است (۵). قابلیت انتقال بر اساس تحقیقات کریمی و همکاران (۹) طبقه بندی گردید.

کاربری اراضی شامل استفاده از اراضی به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. اگرچه کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژی حوزه‌های مشرف به دشت مؤثر است، اما در این تحقیق به عنوان یکی از پارامترهای اقتصادی مؤثر در مکان‌یابی به کار برده شده است. در این تحقیق نقشه این سه معیار، از نقشه تهیه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان استفاده گردید.

فاصله از منبع آب سطحی در مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبراهه‌هایی با حجم رواناب کافی مورد توجه قرار می‌گیرند. علاوه بر این، ابنیه تغذیه مصنوعی باید در نواحی ساخته شود که در فاصله مناسب از آبراهه‌هایی با رواناب کافی قرار گرفته باشند. با زیاد بودن فاصله نواحی شناسایی شده جهت اجرای طرح تغذیه مصنوعی از رودخانه، هزینه اجرای طرح بالا رفته و عملاً توجیه اقتصادی خود را از دست می‌دهد و اگر این فاصله کم باشد ممکن است رودخانه به حالت زهکش درآمده و بخشی از آب تزریقی به درون زمین را زهکشی نماید. از این رو در منطقه مورد مطالعه نقشه شبکه آبراهه در محیط نرم افزار GIS تهیه و آبراهه‌های رده ۳ و بیشتر انتخاب گردید. نواحی که در فاصله ۴۰۰-۶۰۰ متری این آبراهه‌ها واقع شده‌اند بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. امتیازدهی این لایه بر اساس تحقیقات انجام شده توسط سپند و همکاران (۵) صورت گرفته است.

لایه ضخامت بخش غیر اشباع از دیگر عوامل مؤثر برای اجرای تغذیه مصنوعی، عمق تا سطح ایستابی می‌باشد. زیرا این عمق در انتقال املاح آب نفوذی، نگهداری آب در بخش غیر اشباع، تأثیر بر زمان رسیدن آب به منطقه اشباع و تأثیر بر نرخ نفوذ آب، مؤثر می‌باشد. کم بودن ضخامت بخش غیر اشباع به دلیل تبخیر شدن آب تزریقی و یا مشکل ماندابی و زیاد بودن آن به علت طولانی شدن مسیر آب و نگهداشت مقدار قابل توجهی از آب تزریقی، برای تغذیه مصنوعی نامناسب است (۵). لایه عمق آب زیرزمینی به کمک اطلاعات چاه‌های پیرومتری تهیه و سپس رده بندی شده است. بر این اساس، عمق آب زیرزمینی به چهار رده تقسیم شده است. مناطقی که عمق آب زیرزمینی در آن‌ها بین ۷ تا ۱۵ متر بود، دارای بیشترین ارجحیت می‌باشند. طبقه بندی لایه ضخامت بخش غیر اشباع بر اساس تحقیقات طرفی و همکاران (۷) و کلانتری و جلالوند (۱۰) صورت گرفت.

کیفیت آب زیرزمینی جهت حفظ منابع آب زیرزمینی، مکان تغذیه مصنوعی نباید در آبخوان‌های با کیفیت نامناسب قرار گیرد. جهت بررسی کیفیت آب از میزان هدایت الکتریکی (EC) استفاده شده است. هرچه میزان EC آب کم باشد، نشان دهنده وجود املاح کم در آب و کیفیت مطلوب آب است. برای تهیه این لایه از هدایت الکتریکی چشمه‌ها، چاه‌ها و قنات‌های موجود در منطقه استفاده شد. کیفیت آب زیرزمینی بر اساس تحقیقات سپند و همکاران (۵) به چهار کلاس تقسیم گردید. **گرادیان هیدرولیکی** از جمله پارامترهای مؤثر هیدروژئولوژیکی در پروژه‌های تغذیه مصنوعی، میزان گرادیان هیدرولیک منطقه می‌باشد. زمانی که جریان آب زیرزمینی افقی باشد، شیب سطح ایستابی در آبخوان‌های آزاد و شیب سطح پیرومتریک در آبخوان‌های تحت فشار نمایانگر گرادیان هیدرولیک می‌باشد. در پروژه‌های تغذیه مصنوعی میزان ماندگاری آب تزریق شده اهمیت خاصی دارد و اجرای این گونه طرح‌ها زمانی توجیه اقتصادی پیدا می‌کند که آب تزریقی در آبخوان باقی بماند. اگر در منطقه میزان گرادیان هیدرولیک کم باشد، بیشتر آب تزریقی از طریق نقاط خروجی تخلیه می‌شود و عملاً فرایند تغذیه مصنوعی با مشکل مواجه می‌شود. به منظور تهیه این لایه، نقشه سطح ایستابی با استفاده از

تلفیق قضاوت‌ها انجام و اولویت هر معیار تعیین گردید. در این تحقیق اوزان هر معیار و گزینه به روش ساعتی (۲۰) مشخص گردید. در این روش، ابتدا ماتریس حاصل از مقایسه‌ها به بی بعد گردید. یعنی آنکه مقادیر هر ستون را جداگانه جمع نموده و سپس هر عنصر ماتریس بر حاصل جمع ستون مربوطه، تقسیم شد. در مرحله بعد، آرایه‌های هر سطر ماتریس با هم جمع و بر تعداد آرایه‌های سطر تقسیم گردید. پاسخ به دست آمده یک ماتریس ستونی است که آرایه‌های آن، وزن معیارهای مقایسه شده می‌باشد (۱). جهت جلوگیری از اعمال سلیقه و قضاوت‌های تصادفی از شاخص نرخ ناسازگاری استفاده گردید (۱۲). برای اینکه نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی قابل قبول باشد باید نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد (۸). مقایسه دودویی و تعیین وزن نهایی برای هر یک از معیارها و گزینه‌ها و محاسبه نرخ ناسازگاری در محیط نرم افزار Expert choice انجام گرفت. در این تحقیق، معیارهای فاصله از چشمه، فاصله از قنات و فاصله از چاه به عنوان معیارهای حذفی در نظر گرفته شدند.

فاصله از قنات از آنجا که وجود قنات در نزدیکی مکان تغذیه مصنوعی، ممکن است باعث فرار آب تزریقی و تخلیه آن شود، برای قنات‌های موجود در منطقه یک حریم ۵۰۰ متری در نظر گرفته شد. **فاصله از چشمه** به دلیل مشابه با آنچه برای قنات ذکر شد، برای چشمه‌های موجود در منطقه یک حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد. **فاصله از چاه** اگر ابنیه تغذیه مصنوعی در نزدیکی چاه‌های موجود در منطقه ساخته شوند، ممکن است بار فشاری اعمال شده به چاه‌ها، باعث تخریب آن‌ها شود. در این تحقیق برای کلیه چاه‌های پیرومتری و بهره برداری در منطقه مورد مطالعه یک حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای هر فاکتور مؤثر در تغذیه مصنوعی یک وزن در نظر می‌گیرد، در این تحقیق وزن هر معیار اصلی و فرعی و نیز وزن گزینه‌های فرعی با توجه به اهمیت آن و براساس اطلاعات کتابخانه‌ای (۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و ۱۵) و با استفاده از روش مقایسه دوتایی که در جدول ۱ نشان داده شده است، تعیین گردید. در مرحله بعد در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

جدول ۱. درجه اهمیت در مقایسه دو دوتایی در روش AHP (۱۲)

| اهمیت مطلق | اهمیت بسیار قوی | اهمیت قوی | اهمیت متوسط | اهمیت برابر | درجه اهمیت در مقایسه دودویی |
|------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|
| ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | مقدار عددی |

از این مرحله با استفاده از مدل منطق بولین در لایه‌های فاصله از چشمه، فاصله از چاه و فاصله از قنات ضرب شد. بدیهی است، مجموعه سلول‌هایی که دارای بیشترین ارزش باشند به عنوان مناسب‌ترین مکان برای پخش سیلاب انتخاب شدند.

تعیین محل مناسب

ابتدا ماتریس اوزان در سطوح مختلف سلسله مراتب در یکدیگر ضرب گردید و مطلوبیت گزینه‌ها از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$S.I = W_n \times W_{n-1} \times \dots \times W_2 \times 1$$

که در این رابطه؛ S.I شاخص تناسب، W_n ماتریس اوزان در سطح n، W_{n-1} ماتریس اوزان در سطح n-1 و W_2 ماتریس اوزان در سطح ۲ می‌باشد. بر این اساس، لایه‌های اطلاعاتی، توسط تابع Raster Calculator در محیط GIS تلفیق شدند. در این مرحله، با رابطه ۱ شاخص تناسب، اوزان محاسبه شده در هر سطح سلسله مراتب در لایه رستری مربوطه ضرب گردیده و سپس این لایه‌ها با یکدیگر تلفیق گردید. سپس نتیجه حاصل

نتایج و بحث

نتایج ماتریس زوجی و درجه اهمیت (وزن) معیار زمین شناسی در جدول ۲ ارائه شده است. واحدهای کوآترنری دشت اشترینان (Q_{p1} و Q_{t1} ، Q_{t2}) به دلیل نفوذپذیری بالا به ترتیب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و واحدهای با نفوذپذیری کمتر وزن کمتری را به خود اختصاص دادند.

در جدول ۳ نتایج طبقات شیب و وزن‌دهی این معیار در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۲. ماتریس مقایسه زوجی، درجه اهمیت و نرخ ناسازگاری معیار زمین شناسی

| درجه اهمیت | g, sch, h, cf, sl | Sn-ph | Qpl | Qt ₁ | Qt ₂ | زمین شناسی |
|------------|-------------------|-------|-----|-----------------|-----------------|-------------------|
| ۰/۵۱۳ | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | Qt ₂ |
| ۰/۲۶۱ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | | Qt ₁ |
| ۰/۱۲۹ | ۵ | ۳ | ۱ | | | Qpl |
| ۰/۰۶۳ | ۳ | ۱ | | | | Sn-ph |
| ۰/۰۳۳ | ۱ | | | | | g, sch, h, cf, sl |

C.R = ۰/۰۵

^۱تراس‌های کوتاه و جوان، ^۲تراس‌های بلند و قدیمی، ^۳کنگلوмера، ^۴ماسه سنگ دگرگون شده و فیلیت، ^۵اسلیت، ^۶کفهرسی، ^۷هورنفلس، ^۸شیت لکه‌دار، ^۹گرانیت.

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی، درجه اهمیت و نرخ ناسازگاری رده‌های معیار شیب

| درجه اهمیت | >۱۰ | ۵-۱۰ | ۱-۵ | <۱ | شیب توپوگرافی (%) |
|------------|-----|------|-----|----|-------------------|
| ۰/۰۶۷ | ۱ | ۱/۳ | ۱/۹ | ۱ | <۱ |
| ۰/۶۸۹ | ۹ | ۵ | ۱ | | ۱-۵ |
| ۰/۱۷۸ | ۳ | ۱ | | | ۵-۱۰ |
| ۰/۰۶۷ | ۱ | | | | >۱۰ |

C.R = ۰/۰۱

به دلیل تبخیر شدن آب تزریقی و یا مشکل ماندابی و مناطق با عمق آب زیرزمینی بیش از ۲۵ متر به علت طولانی شدن مسیر آب و نگهداشت مقدار قابل توجهی از آب تزریقی وزن کمتری به خود اختصاص دادند.

در جدول ۴، نتایج طبقه‌بندی و وزن‌دهی ضخامت بخش غیر اشباع ارائه شده است. براین اساس مناطقی که عمق آب زیرزمینی در آن‌ها بین ۷ تا ۱۵ متر باشد دارای بیشترین ارجحیت می‌باشند. مناطق با عمق آب زیرزمینی کمتر از ۷ متر

جدول ۴. ماتریس مقایسه زوجی، درجه اهمیت و نرخ ناسازگاری رده‌های ضخامت بخش غیر اشباع

| درجه اهمیت | >۲۵ | ۱۵-۲۵ | ۷-۱۵ | <۷ | ضخامت بخش غیر اشباع (متر) |
|------------|-----|-------|------|----|---------------------------|
| ۰/۰۶ | ۱ | ۱/۵ | ۱/۹ | ۱ | <۷ |
| ۰/۶۱۶ | ۹ | ۳ | ۱ | | ۷-۱۵ |
| ۰/۲۶۵ | ۵ | ۱ | | | ۱۵-۲۵ |
| ۰/۰۶ | ۱ | | | | >۲۵ |

C.R = ۰/۰۱

نتایج هدایت الکتریکی در جدول ۶ آورده شده است مناطقی که قابلیت انتقال بالاتری دارند درجه اهمیت (وزن) بیشتری اختصاص داده شده است.

نتیجه ماتریس مقایسه زوجی و وزن رده‌های هدایت الکتریکی در جدول ۵ ارائه شده است بر این اساس به کلاس‌های با کیفیت بهتر امتیاز بیشتری اختصاص داده شد.

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی، درجه اهمیت و نرخ ناسازگاری رده‌های هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)

| هدایت الکتریکی | <400 | 400-520 | 500-620 | >620 | درجه اهمیت |
|----------------|------|---------|---------|------|------------|
| <400 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0/467 |
| 400-520 | | 1 | 2 | 3 | 0/277 |
| 500-620 | | | 1 | 2 | 0/16 |
| >620 | | | | 1 | 0/095 |
| C.R = 0/01 | | | | | |

جدول ۶. ماتریس مقایسه زوجی، وزن و نرخ ناسازگاری قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)

| قابلیت انتقال | <250 | 250-500 | 500-750 | >750 | درجه اهمیت |
|---------------|------|---------|---------|------|------------|
| <250 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 0/057 |
| 250-500 | | 1 | 1/3 | 1/5 | 0/122 |
| 500-750 | | | 1 | 1/2 | 0/298 |
| >750 | | | | 1 | 0/523 |
| C.R = 0/03 | | | | | |

داده شد. نتیجه وزن و نرخ ناسازگاری آبدهی ویژه در در جدول ۸ نشان می‌دهد که مناطقی با ضریب ذخیره بالا وزن بیشتری دارند.

نتایج گرادیان هیدرولیکی در جدول ۷ نشان می‌دهد که گرادیان هیدرولیکی در منطقه بالا است، به طوری که پایین‌ترین رده نیز نمی‌تواند مانعی در مقابل تغذیه مصنوعی باشد. از این رو به رده‌های پایین‌تر امتیاز بیشتری اختصاص

جدول ۷. ماتریس مقایسه زوجی، وزن و نرخ ناسازگاری گرادیان هیدرولیکی (متر مربع بر روز)

| گرادیان هیدرولیکی | <2 | 2-6 | 6-10 | >10 | درجه اهمیت |
|-------------------|----|-----|------|-----|------------|
| <2 | 1 | 3 | 5 | 7 | 0/587 |
| 2-6 | | 1 | 2 | 3 | 0/218 |
| 6-10 | | | 1 | 2 | 0/123 |
| >10 | | | | 1 | 0/072 |
| C.R = 0/01 | | | | | |

جدول ۸. ماتریس مقایسه زوجی، وزن و نرخ ناسازگاری آبدهی ویژه

| آبدهی ویژه | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۸۵ | ۰/۱۰۹ | ۰/۳۱۷ | درجه اهمیت |
|------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| ۰/۰۶۵ | ۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۹ | ۰/۰۵۳ |
| ۰/۰۸۵ | | ۱ | ۱/۳ | ۱/۷ | ۰/۰۹۱ |
| ۰/۱۰۹ | | | ۱ | ۱/۳ | ۰/۲۴۵ |
| ۰/۳۱۷ | | | | ۱ | ۰/۶۱۱ |
| C.R = ۰/۰۱ | | | | | |

دیمزارهای پراکنده، کشت دیم و کشت آبی با توجه به مسائل اقتصادی به ترتیب در اولویت‌های بعد قرار گرفتند.

نتایج ارائه شده در جدول ۹ نشان می‌دهد که مناطق مسکونی به دلیل هزینه بالا و محدودیت در اجرای طرح تغذیه مصنوعی کم‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند و

جدول ۹. ماتریس مقایسه زوجی، وزن و نرخ ناسازگاری کاربری اراضی

| کاربری اراضی | دیمزار پراکنده | کشت دیم | کشت آبی | مسکونی | درجه اهمیت |
|----------------|----------------|---------|---------|--------|------------|
| دیمزار پراکنده | ۱ | ۲ | ۳ | ۹ | ۰/۴۹۱ |
| کشت دیم | | ۱ | ۲ | ۷ | ۰/۲۹۳ |
| کشت آبی | | | ۱ | ۵ | ۰/۱۷۳ |
| مسکونی | | | | ۱ | ۰/۰۴۳ |
| C.R = ۰/۰۲ | | | | | |

و بیشتر انتخاب گردید. نتایج ارائه شده در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که مناطقی با فاصله مناسب از این آبراهه‌ها وزن بیشتری دارند.

از آنجا که در مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبراهه‌های با حجم رواناب بالاتر مورد توجه قرار می‌گیرند، در این پژوهش نقشه شبکه آبراهه در محیط نرم افزار GIS تهیه و آبراهه‌های رده سه

جدول ۱۰. ماتریس مقایسه زوجی فاصله از منبع آب سطحی (متر)

| فاصله از منبع آب سطحی | <۲۰۰ | ۲۰۰-۴۰۰ | ۴۰۰-۶۰۰ | ۶۰۰-۸۰۰ | >۸۰۰ | درجه اهمیت |
|-----------------------|------|---------|---------|---------|------|------------|
| <۲۰۰ | ۱ | ۱/۳ | ۱/۹ | ۱/۷ | ۱/۲ | ۰/۰۴۱ |
| ۲۰۰-۴۰۰ | | ۱ | ۱/۵ | ۱/۳ | ۳ | ۰/۱۲۲ |
| ۴۰۰-۶۰۰ | | | ۱ | ۲ | ۷ | ۰/۴۸۵ |
| ۶۰۰-۸۰۰ | | | | ۱ | ۵ | ۰/۲۹۲ |
| >۸۰۰ | | | | | ۱ | ۰/۰۶۱ |
| C.R = ۰/۰۲ | | | | | | |

مورد مطالعه عموماً مناسب هستند، نسبت به معیارهای اقتصادی وزن کمتری به خود اختصاص داده‌اند. از نظر شیب حدود ۶۰ درصد منطقه در محدوده شیب ۱-۵ درصد و ۲۷ درصد آن در محدوده شیب ۵-۱۰ درصد قرار دارد. بالحاظ معیار زمین شناسی بخش اعظم منطقه از پادگانه‌های آبرفتی جدید و قدیمی که از نظر تغذیه مصنوعی مناسب هستند، پوشیده شده است.

معیارهای فاصله از چاه، چشمه و قنات به صورت حذفی در نظر گرفته شده‌اند و وزن‌دهی آن‌ها براساس منطق بولین تعیین گردید. نتایج وزن‌دهی این سه معیار در جدول ۱۱ آورده شده است. به مناطقی که درون حریم واقع شده‌اند وزن صفر و این مناطق از محدوده‌های جواب حذف گردید. در جدول ۱۲ وزن‌های معیارهای اصلی و زیر معیارها آورده شده است. معیارهای فیزیکی به دلیل آنکه در منطقه

جدول ۱۱. طبقه‌بندی و وزن سه لایه فاصله از چشمه، چاه و قنات (متر)

| فاصله از چشمه | رده | < ۲۰۰ | > ۲۰۰ |
|--|-----|-------|-------|
| فاصله از چشمه | رده | < ۲۰۰ | > ۲۰۰ |
| وزن | | ۰ | ۱ |
| به صورت معیار حذفی در نظر گرفته شده است. | | | |
| فاصله از چاه | رده | < ۲۰۰ | > ۲۰۰ |
| وزن | | ۰ | ۱ |
| به صورت معیار حذفی در نظر گرفته شده است | | | |
| فاصله از قنات | رده | < ۵۰۰ | > ۵۰۰ |
| وزن | | ۰ | ۱ |
| به صورت معیار حذفی در نظر گرفته شده است | | | |

جدول ۱۲. وزن‌های مربوط به سه معیار اصلی (فیزیکی، هیدروژئولوژی و اقتصادی)

| فیزیکی | هیدروژئولوژی | اقتصادی |
|--------|--------------|---------|
| ۰/۱۱۷ | ۰/۶۸۳ | ۰/۲ |

پنج کلاس کاملاً نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و کاملاً مناسب تقسیم گردید (شکل ۵). کلاس کاملاً نامناسب مناطقی هستند که در حریم چاه، چشمه و قنات واقع شده‌اند. به طور کلی می‌توان گفت مناطقی که در کلاس‌های مناسب و کاملاً مناسب قرار دارند جهت انتخاب مکان‌های مورد نظر مناسب هستند. از آنجایی که محل تغذیه مصنوعی باید در بالادست جریان آب زیرزمینی انتخاب شود که آب تزریقی بلافاصله بعد از نفوذ به آب زیرزمینی از دسترس خارج نشود و با توجه به اهمیت وجود آبراهه در نزدیکی محل تغذیه مصنوعی، چند مکان جهت تغذیه مصنوعی انتخاب گردید.

بدون شک عملیاتی را نمی‌توان یافت که از دقت و صحت کامل برخوردار باشد. برخی خطاها سیستماتیک می‌باشند و کاربر نقشی در ایجاد آن‌ها ایفا نخواهد کرد. لیکن برخی خطاها

نتایج ارائه شده در جدول ۱۳ نشان می‌دهد که در مقایسه معیارهای اقتصادی، زیر معیار فاصله از منبع آب سطحی نسبت به کاربری اراضی وزن بیشتری به خود اختصاص داده است، به این دلیل که در تهیه لایه فاصله از منبع آب، آبراهه‌های رده ۳ و بالاتر از آن انتخاب شده است، بنابراین، این لایه می‌تواند بیانگر حجم رواناب نیز باشد و به دلیل اهمیت وجود آب در منطقه به این معیار وزن بیشتری داده شده است.

به دلیل اینکه در منطقه مورد مطالعه، مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی مناسب می‌باشد، در بین زیر معیارهای هیدروژئولوژی، کیفیت آب زیرزمینی، کمترین وزن را به خود اختصاص داده است.

در شکل ۲ تا ۴ لایه‌های اطلاعاتی که در محیط ArcGIS® 9.3 تهیه شده‌اند، آورده شده است. بعد از تلفیق لایه‌ها، منطقه مورد مطالعه از نظر پتانسیل تغذیه مصنوعی به

دارای شرایط نامناسب و ۱۳ درصد دارای شرایط کاملاً نامناسب برای تغذیه مصنوعی می‌باشد.

مناطق مناسب عمدتاً در قسمت‌های میانی دشت قرار گرفته‌اند. در نهایت سه مکان برای مکانیابی تغذیه مصنوعی انتخاب شد. جمع‌بندی کلیه فاکتورهای مؤثر در مکانیابی و بررسی صحت نتایج حاصل از کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی توسط بازدیدهای میدانی، کارایی روش مورد استفاده در این پژوهش را نشان داد.

در تحقیق حاضر از پارامترهایی استفاده گردید که داده‌های خام مورد نیاز این پارامترها مهیا بود. با توجه به دخیل بودن پارامترهای متعدد در مکان‌یابی، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی در این زمینه از پارامترهایی همچون لیتولوژی بخش غیر اشباع، فاصله از جاده نیز استفاده گردد. همچنین در صورت امکان از نقشه‌های مقیاس بزرگ در مراحل ارزیابی استفاده شود تا با اطمینان بیشتری بتوان به نتایج تکیه کرد.

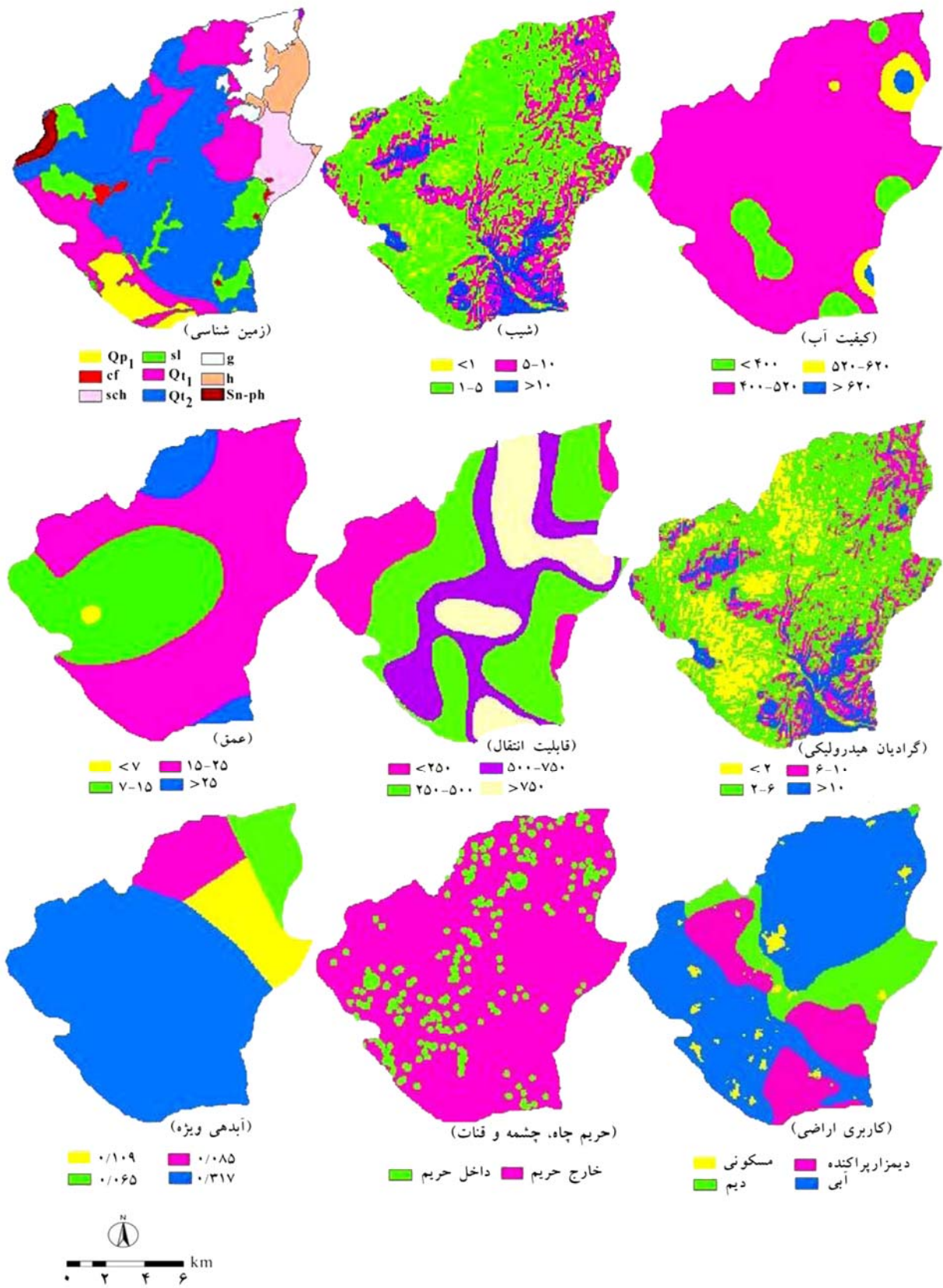
نظیر انتخاب وزن‌ها با دقت بیشتر از سوی کاربر تا حدی قابل رفع می‌باشد (۲). لذا بازدیدهای میدانی کامل‌کننده ارزیابی شاخص‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده و تکیه به نتایج سامانه اطلاعات جغرافیایی به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده نتایج نهایی باشد.

با توجه به این مسئله که مکان‌های انتخابی باید در فاصله مناسبی از جاده و خطوط انتقال نیرو باشند از مکان‌های انتخابی بازدید به عمل آمد. بعد از بازدیدهای صحرائی، برخی مکان‌ها حذف و سایر مکان‌ها برای تغذیه مصنوعی مناسب تشخیص داده شدند. شکل ۵ موقعیت سایت‌های پیشنهادی جهت اجرای تغذیه مصنوعی را نشان می‌دهد.

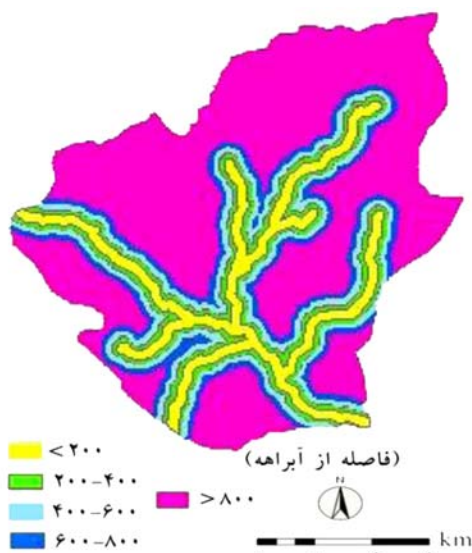
پس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، منطقه مورد مطالعه به پنج کلاس تقسیم شد. مطابق این نقشه ۱۷ درصد از مساحت منطقه دارای شرایط کاملاً مناسب، ۲۱ درصد دارای شرایط مناسب، ۳۱ درصد دارای شرایط متوسط، ۱۸ درصد

جدول ۱۳. وزن‌های زیر معیارهای اصلی در مکان‌یابی محل پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی

| اقتصادی | | هیدروژئولوژی | | | | | | | فیزیکی | | |
|--------------|------------------|----------------|---------------|--------------|----------|----------|---------------|-------------------|-----------------|------------|---------------|
| کاربری اراضی | فاصله از منبع آب | فاصله از قنوات | فاصله از چشمه | فاصله از چاه | کیفیت آب | ضرب ضریب | قابلیت انتقال | گرادیان هیدرولیکی | ضخامت غیر اشباع | زمین شناسی | شیب توپوگرافی |
| ۰/۳۳۳ | ۰/۶۶۷ | معیار حذفی | معیار حذفی | معیار حذفی | ۰/۰۳۲ | ۰/۲۵۳ | ۰/۱۴۹ | ۰/۱۴۹ | ۰/۴۱۶ | ۰/۵ | ۰/۵ |

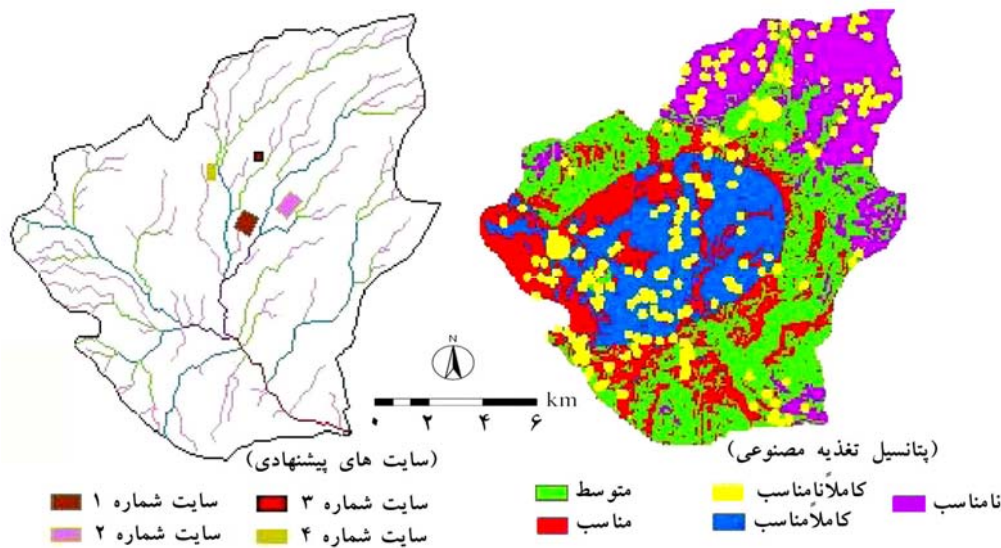


شکل ۳. نقشه لایه‌های اطلاعاتی کیفیت آب، شیب، زمین شناسی، گادیان هیدرولیکی، قابلیت انتقال، عمق، کاربری اراضی، حریم چاه - چشمه و قنات، و آبدهی ویژه



شکل ۴. نقشه لایه اطلاعاتی فاصله از منبع آب سطحی

شکل ۴. نقشه لایه اطلاعاتی فاصله از منبع آب سطحی



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد و سایت‌های در نظر گرفته شده برای تغذیه مصنوعی

منابع مورد استفاده

۳. رحیم زاده، ز.، ح. کاردان مقدم، م. دهقانی، و ر. هاشمی. ۱۳۹۰. ارزیابی روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی بهینه تغذیه مصنوعی با استفاده از RS و GIS. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۱۴-۲۴.
۴. سالاری، م. ۱۳۹۰. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران- محیط

۱. آذر، ع و ع، رجب پور. ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری کاربردی، انتشارات نگاه دانش. ۱۸۶ صفحه.
۲. چیت سازان، م.، ف. دهقانی، ف. راست منش و ی. میرزایی. ۱۳۹۲. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از فن‌آوری‌های اطلاعات مکانی و منطق فازی - تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: رامهرمز). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۱): ۳۹-۵۷.

- تناسب توسعه فیزیکی اراضی شهری (مطالعه موردی: شمال شهر کرج)، فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. ۲(۲): ۱-۱۵.
13. Balachandar D, Alaguraja P, Sundaraj P, Rutharvelmurthy K. 2010. Application of Remote Sensing and GIS for artificial recharge zone in Sivaganga District, Tamilnadu, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences* 1 (1):84-97.
 14. Brema J, Arulraj G. 2012. Identification of sites suitable for artificial recharging and groundwater flow modeling in Noyyal River basin, Tamilnadu, India. *OIDA International Journal of Sustainable Development* 3 (8):45-58
 15. Chowdhury A, Jha MK, Chowdary V. 2010. Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS, GIS and MCDM techniques. *Environmental Earth Sciences* 59 (6):1209-1222
 16. Kumar B, Kumar U. 2011. Ground water recharge zonation mapping and modeling using Geomatics techniques. *International Journal Of Environmental Sciences* 1 (7): 1677-1688.
 17. Leblanc M, Leduc C, Razack M, Lemoalle J, Dagonne D, Mofor L. 2003. Applications of remote sensing and GIS for groundwater modelling of large semiarid areas: example of the Lake Chad Basin, Africa. *IAHS PUBLICATION*:186-194.
 18. Liu B, Shu L, Iro Ong'Or BT, Sun Q. 2007. Evaluation method for artificial recharge potential in a cone of depression in Jining City, China. *IAHS-AISH publication*:424-430
 19. Nagarajan M, Singh S. 2009. Assessment of groundwater potential zones using GIS technique. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 37 (1):69-77.
 20. Saaty TL. 2002. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, 145: 85-91.
 21. Şener B, Süzen ML, Doyuran V. 2006. Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology* 49 (3):376-388.
 22. Shaban A, Khawlie M, Abdallah C. 2006. Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon. *Hydrogeology Journal* 14 (4):433-443
- زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز. صفحه ۲۰ تا ۳۵.
۵. سپند، س. ۱۳۸۶. امکان سنجی طرح تغذیه مصنوعی در محدوده لالی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز. صفحه ۱۱۵ تا ۱۴۵
 ۶. شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان. ۱۳۸۹. گزارش آب زیرزمینی محدوده اشترینان. جلد پنجم. ۸۵ صفحه.
 ۷. طرفی، ح. ۱۳۸۷. امکان سنجی تغذیه مصنوعی دشت خران با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز. صفحه ۱۱۵ تا ۱۲۰.
 ۸. قنبری، ف.، م. پناهنده، ب. ارسطو و ا. قویدل. ۱۳۸۸. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند شهر سمنان. *مجله سلامت و محیط*. ۲(۴): ۲۸۳-۲۷۶
 ۹. کریمی، ث. م، زارع، م. ر. کریمی و ز. بهرامی. ۱۳۹۰. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی. اولین همایش ملی زمین شناسی ایران، ۴ و ۵ خردادماه ۱۳۹۰. ۴۵-۵۳.
 ۱۰. کلاتری، ن. ا. و ع. جلالوند. ۱۳۸۸. تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی سفره آبدار کوشک در شمال شوشتر با استفاده از روش‌های معمول و GIS. *مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز*، شماره ۲۲، قسمت ب، صفحه ۵۶ تا ۷۲.
 ۱۱. ناصری، ح. ر.، م. ج. عزیزخانی و س. مکنونی گیلانی. ۱۳۸۸. تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: دشت چاه دراز- سیرجان). *فصلنامه زمین شناسی ایران*، ۳(۱۰): ۹۷-۱۰۵.
 ۱۲. ولیخانی، ن. ا. ح. چرخابی، م. خیرخواه زرکش و م. ج. سلطانی. ۱۳۹۰. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM در پهنه‌بندی درجه

23. Todd DK, Mays LW. 2005. Groundwater Hydrology. 3 Edition, John Wiley and Sons publishers, 636 pp.
24. Tweed SO, Leblanc M, Webb JA, Lubczynski MW. 2007. Remote sensing and GIS for mapping groundwater recharge and discharge areas in salinity prone catchments, southeastern Australia. Hydrogeology Journal 15 (1):75-96.
25. 24. Yeh H-F, Lee C-H, Hsu K-C, Chang P-H. 2009. GIS for the assessment of the groundwater recharge potential zone. Environmental geology 58 (1):185-195.

Archive of SID



Identification of sites suitable for artificial recharging using GIS and AHP techniques (Case study: Oshtorinan Plain)

L. Goodarzi^{1*}, A. M. Akhondali², H. Zarei³

1. MSc. Student, College of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

2. Prof. College of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

3. Assis. Prof. College of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 November 2012

Accepted 4 May 2013

Available online 27 August 2013

Keywords:

Groundwater

Artificial recharge

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Weighted overlay analysis

Boolean logic

Oshtorinan Plain

ABSTRACT

One of the water management methods that had wide application in recent years is the artificial recharge. The aim of this study is to determine the suitable sites for artificial recharge in Oshtorinan plain located in Boroujerd City. The effective factors of artificial recharge were identified includes: geology, slope, the thickness of the unsaturated zones, groundwater quality, aquifer transmissivity, hydraulic gradient, storage coefficient, distance from surface water sources, and land use. In first, raster maps for different layers were prepared and arranged using the paired comparison method and Analytic Hierarchy Process (AHP). Raster layers were integrated using the Weighted Index Overlay Method. Unsuitable areas according to the proximity to wells, springs and Qantas were eliminated by using the Boolean model, and the artificial recharge map was prepared. Three sites were determined for artificial recharge in Oshtorinan Plain. The potential artificial recharge map shown, 17% of the region area had quite suitable, 21% was suitable, 31% was moderately suitable, 18% was unsuitable and 13% was perfect unsuitable for artificial recharge. Finally, through field visiting four sites were determined for artificial recharge in Oshtorinan Plain.

* Corresponding author e-mail address: goodarzi.1988@gmail.com