ارزیابی نقش شاخص‌های کمی و کیفی دشت و آبخوان در مکان‌یابی بهینه حوضچه‌های تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی دشت خانمیرزا، استان چهارمحال بختیاری)

فرشید کبودوند و سیدسجاد مهدی‌زاده [1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۵)

چکیده

دشت خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری یکی از دشت‌های حاصلخیز کشور است که در آن کشاورزی رونق بسیاری دارد. اما کمبود بارش طی سالیان اخیر و برداشت بی‌رویه از چاه‌های موجود در منطقه، باعث کاهش سطح آب در چاه‌های برداشتی و حتی پدیده فرونشست زمین شده است. ازسوی دیگر استفاده زیاد از کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتراته و کاهش حجم آب در آبخوان‌ها، باعث افزایش میزان املاح و مواد شیمیایی در آب زیرزمینی آن دشت شده است. بنابراین اهمیت ایجاد حوضچه‌های تغذیه مصنوعی به‌عنوان یکی از راهکارهای احیای آبخوان در این دشت بیش از پیش آشکار می‌شود. در این مطالعه، برای شناسایی مکان‌های مناسب ساخت حوضچه تغذیه، ۱۲ عامل تأثیرگذار در انتخاب محل احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی شناسایی و وزن آنها نسبت به یکدیگر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مشخص شده است. در ادامه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تمامی لایه‌های تولید شده روی هم قرار داده شده و مکان‌های مناسب و اولویت‌دار شناسایی شده‌اند. ویژگی مکان‌های بهینه شناسایی شده در این پژوهش در راستای استفاده از پساب کشاورزی است. مطابق با یافته‌های این تحقیق از میان تمامی عوامل، افت تراز آب زیرزمینی بیشترین وزن (۴۰ درصد) و شیب زمین با توجه به وجود شاخص نزدیکی به آبراهه‌های موجود به عنوان یک معیار مستقل کمترین وزن را به‌خود اختصاص داده و مکان‌هایی با وسعت حدود ۱۸ کیلومتر مربع واقع در نواحی شمالی و شمال غربی دشت خانمیرزا در اولویت احداث حوضچه تغذیه قرار خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: تراز آب زیرزمینی، روش AHP، مکانیابی، تکنیک GIS

۱. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: saj.mehdizadeh@iauctb.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

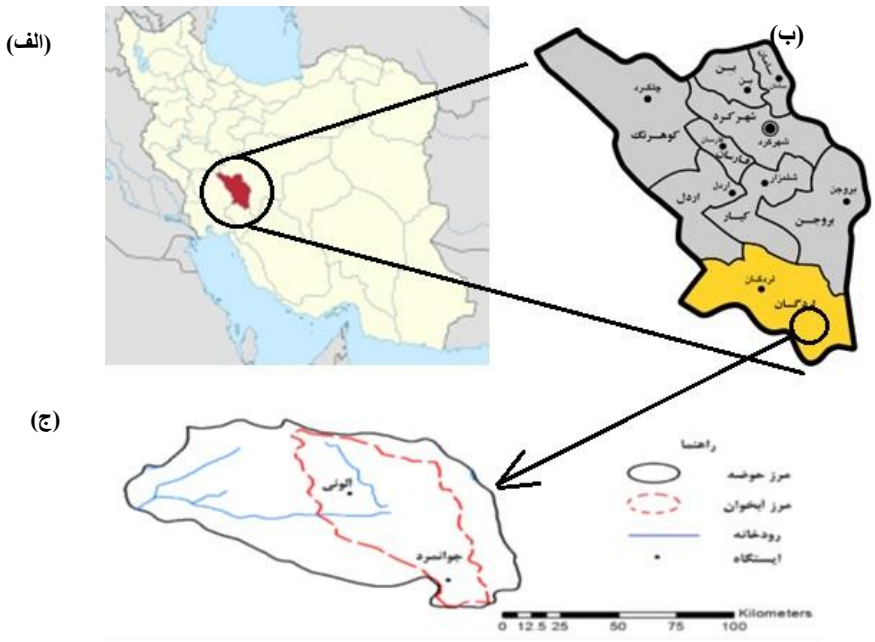
سفره‌های آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب است که توسط چاه، قنات و چشمه قابل برداشت است. تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی به‌صورت طبیعی از طریق نزولات جوی و نفوذ آب از بستر رودخانه‌ها انجام می‌شود. در شرایطی که میزان بهره‌برداری از آب زیرزمینی بیش از میزان ورودی آن باشد، افت تراز آب زیرزمینی رخ خواهد داد. اولین تأثیر این افت، افزایش هزینه پمپاژ و تأثیر آن بر بهره‌برداران است. تأثیر بعدی آن، کاهش ورود جریان آب زیرزمینی به رودخانه‌ها، چشمه‌ها و تالاب‌ها و تأثیر منفی آن بر اکوسیستم است. همچنین افت تراز آب زیرزمینی، سبب ناموازن شدن مقدار مواد شیمیایی و محلول در یک سفره با آبخوان‌های مجاورش می‌شود. درنهایت، یکی از مخرب‌ترین تأثیرهای افت سطح تراز آب زیرزمینی، پدیده فرونشست زمین‌های قرار گرفته روی آن سفره است.

استفاده از حوضچه‌های تغذیه مصنوعی به‌منظور افزایش سطح آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و بهترین روش‌ها برای مقابله با افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد است (۱۸). در این روش با حفر گودال، آب حاصل از نزولات جوی و رواناب‌ها جمع‌آوری و به داخل سفره آب زیرزمینی تزریق می‌شود. همچنین از آب ذخیره شده در این حوضچه‌ها به‌عنوان منابع آبیاری در بخش کشاورزی نیز می‌توان استفاده کرد (۱۲). این آب همچنین کمک بسیار زیادی برای تأمین آبشخور حیوانات موجود در دشت‌ها فراهم می‌کند.

در ارتباط با نحوه تغذیه مصنوعی به آبخوان مطالعات مختلفی صورت پذیرفته است. به‌طور مثال در مطالعات نوری و همکاران (۱۵)، برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در حوزه آبخیز گاوبندی در جنوب ایران از چهار فاکتور شامل: شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت استفاده شده است. در این تحقیق، مناطق مناسب با استفاده از روش منطق فازی تعیین شد که به‌طور عمده در مناطق مخروط افکنه‌ای قرار گرفته بودند. روش منطق فازی با درنظرگیری شش شاخص شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت قسمت غیراشباع آبرفت، کیفیت شیمیایی آب، کاربری اراضی و شبکه آبراهه در مطالعات مهدوی و همکاران (۱۴) برای تعیین حوضچه‌های تغذیه مصنوعی در حوضه آبریز دشت شهرکرد نیز استفاده شده است. در ادامه چنینی و همکاران (۵)، به مطالعه عوامل مؤثر در انتخاب مناطق مستعد تغذیه با استفاده از تجزیه و تحلیل چندمعیاره و با استفاده از GIS، در بخش مرکزی کشور تونس پرداختند. در آن تحقیق، با درنظر گرفتن ۱۱ عامل شامل توپوگرافی منطقه، شرایط مرزی آبخوان، هیدرولوژی سطحی، جریان آب زیرزمینی، دبی خروجی از چاه‌ها، زمین‌شناسی، سطح عمق آب چاه‌ها، مشخصات خاک، ضخامت آبرفت و سطح حوضه‌های آبریز با روش وزن‌دهی و رویهم‌گذاری لایه‌ها با استفاده از تکنیک GIS، مکان‌های مناسب برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در آن حوضه به دست آمد. نتایج آن مطالعه نشان داد که استفاده از روش تحلیل چندمعیاره مبتنی بر GIS، نتایج دقیق‌تری ارائه می‌کند. رحمان و همکاران (۱۶)، نیز با استفاده از هفت عامل کاربری اراضی، توپوگرافی، نوع خاک و نرخ نفوذ، ضخامت آبرفت، عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب و فاصله از محل‌های آلوده کننده آب زیرزمینی در منطقه آلگراوی، واقع در جنوب پرتغال، به پیدا کردن محل‌های مناسب با استفاده از روش AHP (Analytic Hierarchy Process)، پرداختند. آنها نشان دادند که از میان ۷ عامل یاد شده، ضخامت ناحیه غیراشباع و نرخ نفوذ آب در خاک (وابسته به هدایت هیدرولیکی) بیشترین تأثیر و تغییرات کیفیت آب کمترین وزن را خواهند داشت. در مطالعه الشبیب (۲)، نیز به تعیین مکان مناسب برای برداشت آب در حوضه ازراق، کشور اردن پرداخته شده است. معیار مقایسه و وزن‌دهی در آن مطالعه، بارندگی، شیب، چگالی زهکشی، شبکه آبراهه، زمین‌شناسی و جنس خاک بوده است. طبق نتایج به‌دست آمده، عامل بارندگی دارای بیشترین وزن و عامل زمین‌شناسی دارای کمترین وزن بوده است. گریوال و همکاران (۱۱)، نیز با استفاده از ۸ عامل، شامل: عمق آب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. الف) موقعیت استان چهارمحال بختیاری، ب) موقعیت شهرستان لردگان و ج) موقعیت دشت خانمیرزا

زیرزمینی، میزان بارندگی، زمین شناسی، نوع خاک، توپوگرافی، ضخامت آبرفت، هدایت هیدرولیکی و کاربری اراضی به ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی شهر ناگپور هند پرداخته‌اند. در آن پژوهش، آنها با مقایسه چندین روش وزن‌دهی به این نتیجه رسیده‌اند که روش فرایند تحلیل شبکه‌ای یا ANP (Analytic Network Process)، نتیجه بهتری در پی خواهد داشت. درنهایت، گندمکار و دانشور (۱۰)، با استفاده از ۳ عامل، شامل: جنس خاک، بافت خاک و پوشش گیاهی اقدام به مکان‌یابی نفوذپذیرترین اراضی برای توسعه طرح‌های تغذیه مصنوعی از روش همپوشانی نقشه‌ها در محیط GIS کرده‌اند. مروری بر نتایج مطالعات بیان شده نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات مدونی در زمینه مکان‌یابی بهینه محل تغذیه با درنظر گرفتن کلیه عوامل تأثیرگذار در داخل کشور با توجه به اهمیت روش AHP، صورت نپذیرفته است . از این‌رو در این پژوهش قصد داریم شاخص‌های تأثیرگذار بر انتخاب محل حوضچه تغذیه مصنوعی را توسعه داده و همچنین پتانسیل استفاده از زهاب کشاورزی با اولویت کاهش ورود نیترات را ارزیابی کنیم.

مواد و روش‌ها

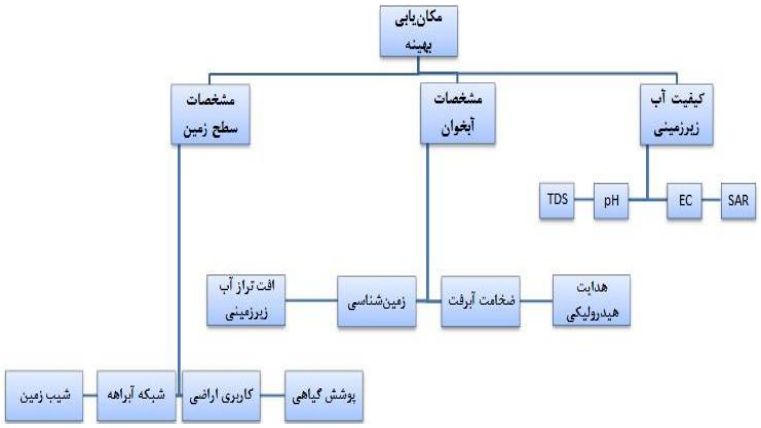
منطقه مورد مطالعه

دشت خانمیرزا با ارتفاع کمینه ۱۸۳۳ متر و متوسط بارندگی ۵۳۹ میلی‌متر در سال واقع در بخش خانمیرزای شهرستان لردگان و در جنوب غربی استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی آبخوان دشت خانمیرزا در محدوده طول‌های جغرافیایی ′۱۶ °۵۱ و ′۱۱ °۵۱ شرقی و عرض‌های ′۲۵ °۳۱ , ′۳۶ °۳۱ شمالی مطابق شکل (۱)، قرار دارد. دمای این منطقه از متوسط ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه تا متوسط ۳/۷ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه با متوسط میانگین دمای سالانه ۱۵/۲ درجه متغیر است. وسعت این دشت در حدود ۱۳۰ کیلومتر مربع است و براساس طبقه‌بندی اقلیمی در مناطق نیمه‌مرطوب تا مرطوب سرد قرار می‌گیرد. در تقسیمات زمین ساختار ایران، این دشت در لبه شمال خاوری منطقه زاگرس چین‌خورده و در مجاورت گسل پی‌سنگی دنا در انتهای جنوب باختری زون زاگرس مرتفع قرار دارد. پوشش گیاهی غالب منطقه نیز شامل زمین‌های کشاورزی بر پایه کشت آبی است. در دشت خانمیرزا اکثر چاه‌های کم عمق در سال‌های

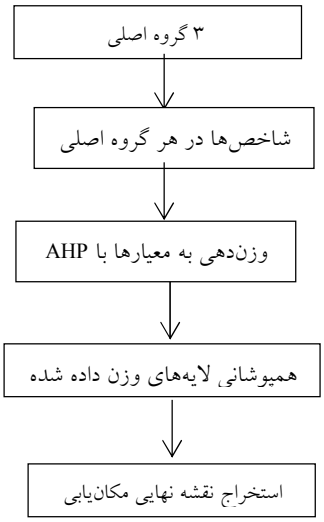
www.SID.ir

Archive of SID

(الف)



(ب)



شکل ۲. الف) گروه‌های اصلی و شاخص‌های لحاظ شده در این مطالعه و ب) روند نمای روش ارائه شده در استخراج مکان بهینه احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی

اخیر در فصول کشت، خشک یا کم آب شده‌اند که باعث ایجاد مشکل در آبرسانی به محصولات کشاورزی شده است. آمار برداشته شده از چاه‌های دشت خانمیرزا در طی چند سال گذشته، نشان‌دهنده تغییرات شدید در تعداد و نوع چاه‌ها است. به‌طوری که تعداد چاه‌ها در حال حاضر در حدود ۵ حلقه در هر کیلومتر مربع است (۶). همچنین تعداد چاه‌های عمیق افزایش یافته است که این موضوع بیانگر کاهش شدید سطح آب زیرزمینی است. وضعیت این منطقه به حدی به مرز بحران نزدیک شده که در سال ۱۳۸۲ به‌عنوان دشت ممنوعه اعلام شد.

عوامل مؤثر در مکان‌یابی حوضچه‌های تغذیه مصنوعی دشت خانمیرزا: نمای روش پژوهش حاضر و شاخص‌های کمی و کیفی لحاظ شده در شکل (۲) ارائه شده است. مطابق این شکل و در راستای اهداف این تحقیق، سه گروه اصلی در تعیین مکان بهینه احداث حوضچه تزریق تعریف شده‌اند. این سه گروه عبارتند از ۱- گروه مشخصات زمین که در آن عوامل جغرافیایی دشت قرار خواهند گرفت، ۲- گروه مشخصات آبخوان که در آن عوامل فیزیکی مربوط به آبخوان قرار داشته و ۳- گروه کیفیت آب زیرزمینی که در آن عوامل شیمیایی مربوط به آب زیرزمینی قرار دارند.

اطلاعات مربوط به مشخصات زمین

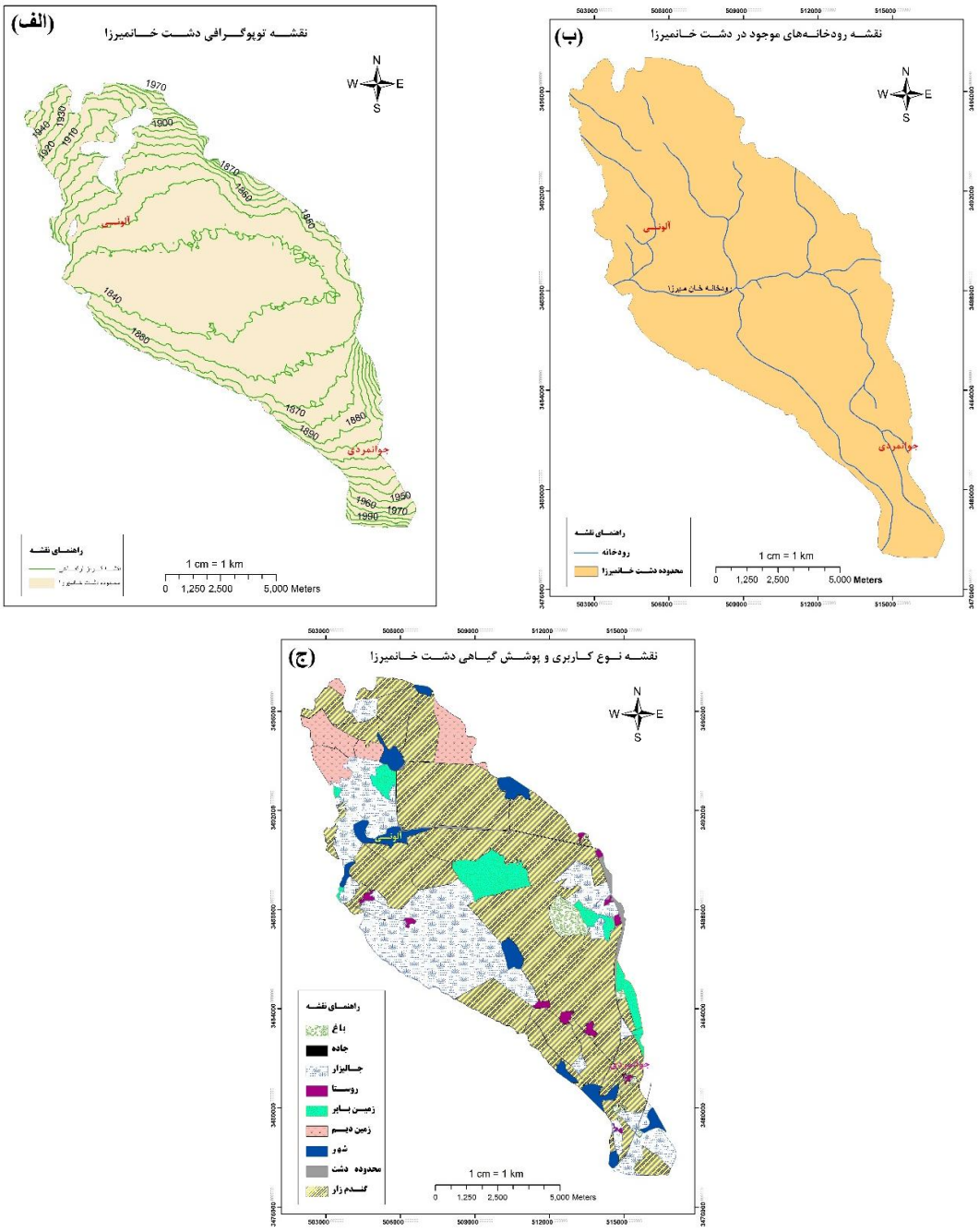
توپوگرافی: با استفاده از توپوگرافی می‌توان شیب منطقه را در نواحی مختلف مشخص کرد. هر چقدر شیب منطقه ملایم‌تر باشد، امکان تجمع آب ناشی از نزولات جوی و رواناب‌های سطحی بیشتر می‌شود (شکل ۳- الف).

موقعیت رودخانه‌ها: مسیررودخانه‌ها محل جمع شدن رواناب‌ها است. از آنجایی که بخشی از آب رودخانه از طریق بستر و کناره‌ها به زیرزمین نفوذ می‌کند، بنابراین نزدیکی به مسیر رودخانه‌ها می‌تواند کمک زیادی به تأمین آب حوضچه‌های تغذیه مصنوعی کند. بدین منظور از نقشه موقعیت رودخانه‌های دشت خانمیرزا استفاده شد تا محل‌های مناسب برای احداث حوضچه تغذیه مصنوعی شناسایی شود (شکل ۳- ب).

پوشش گیاهی و کاربری اراضی: هر چقدر میزان پوشش گیاهی در منطقه‌ای بیشتر باشد آب بیشتری در آنجا ذخیره می‌شود. همچنین وجود پوشش گیاهی باعث می‌شود که رواناب حاصل شده، فرصت نفوذ به لایه‌های زیرین را داشته

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳ . الف) نقشه توپوگرافی دشت خانمیرزا، ب) نقشه مسیر رودخانه‌ها و ج) نقشه نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی دشت خانمیرزا

باشد. البته در خصوص زمین‌های کشاورزی به‌علت آنکه از کودهای شیمیایی نیترات‌دار استفاده می‌شود، نزدیکی محل احداث به این مناطق مناسب نبوده و باعث آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی به نیترات خواهد شد. بدین منظور از نقشه تنوع پوشش‌های گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دشت خانمیرزا استفاده شد تا محل‌های مناسب برای احداث حوضچه تغذیه مصنوعی شناسایی شود (شکل (۳- ج). همچنین یکی از موضوعات مهم در تعیین هزینه احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی، کاربری زمین تخصیص یافته به این موضوع است. شهرها و روستاها به‌علت هزینه‌های بالای تملک محل مناسبی برای این موضوع نیستند. ولی در زمین‌هایی با موقعیت بدون کاربری و بایر هزینه‌های تملک کمتر خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات مربوط به مشخصات آبخوان

جنس خاک: اصولاً میزان نفوذ آب در خاک‌هایی با دانه‌بندی درشت، بیشتر از خاک‌هایی با دانه‌بندی ریز است. برای شناسایی نوع خاک می‌توان از ضریب هدایت هیدرولیکی (K:L/T)، استفاده کرد. مطابق اطلاعات دریافتی از سازمان مدیریت منابع آب ایران، با توجه به نتایج آزمایش پمپاژ، میزان ضخامت آبرفت (b:L)، و انتقال‌پذیری ($T:L^2/T$)، در نقاط مشخصی از این آبخوان مشخص بوده که با تقسیم آنها بر یکدیگر (T/b)، میزان K، محاسبه شده است. برای تعمیم مقادیر K، به‌دست آمده به کل سطح حوضه مورد مطالعه، از روش کریجینگ (Kriging)، استفاده شده است (شکل ۴- الف).

ضخامت آبرفت: رسوبات موجود در منطقه از بستر آبخوان تا سطح زمین ضخامت آبرفت را تشکیل می‌دهند که به دو بخش اشباع و غیراشباع تقسیم می‌شود. این ضخامت، نرخ تغذیه و مدت زمان تغذیه به آبخوان را کنترل می‌کند (۱). در بخش غیراشباع این ضخامت، آلاینده‌ها تا قبل از رسیدن به سطح ایستایی، فرصت جذب یا رقیق‌شدگی پیدا می‌کنند. با توجه به پیچیدگی‌های جریان و انتقال آلودگی در این محیط، عملاً نمی‌توان اثر این محیط را به‌درستی تعیین کرد (۳). در این پژوهش ضخامت آبرفت (b) موجود در نقاط مشخص، با روش کریجینگ به کل سطح دشت تعمیم داده شده است (شکل ۴- ب).

عمق آب زیرزمینی: در هنگام نفوذ آب از حوضچه‌های تغذیه مصنوعی به سفره‌های آب زیرزمینی، هر چقدر فاصله سطح عمق ایستایی پایین‌تر باشد امکان نفوذ مواد آلاینده به سفره آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. برای تهیه سطح عمق آب زیرزمینی از اطلاعات برداشت شده از چاه‌های منطقه استفاده شد و مطابق روش کریجینگ این اطلاعات به کل آبخوان تعمیم داده شده است (شکل ۴- ج).

زمین‌شناسی: مطالعه سازندهای زمین‌شناسی باعث تعیین میزان تخلخل و نفوذپذیری اولیه سنگ‌های بستر زمین شده که بر خواص فیزیکی و هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار است. به‌عنوان مثال وجود سازندهای گچی یا نمکی در بیشتر موارد موجب تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی و دور شدن آنها از وضعیت استاندارد می‌شود. بنابراین تعیین جنس زمین به منظور تعیین محل احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی اهمیت زیادی دارد. نوع سازند زمین‌شناسی دشت مورد مطالعه در شکل (۴- د)، نشان داده شده است.

اطلاعات مربوط به کیفیت آب زیرزمینی

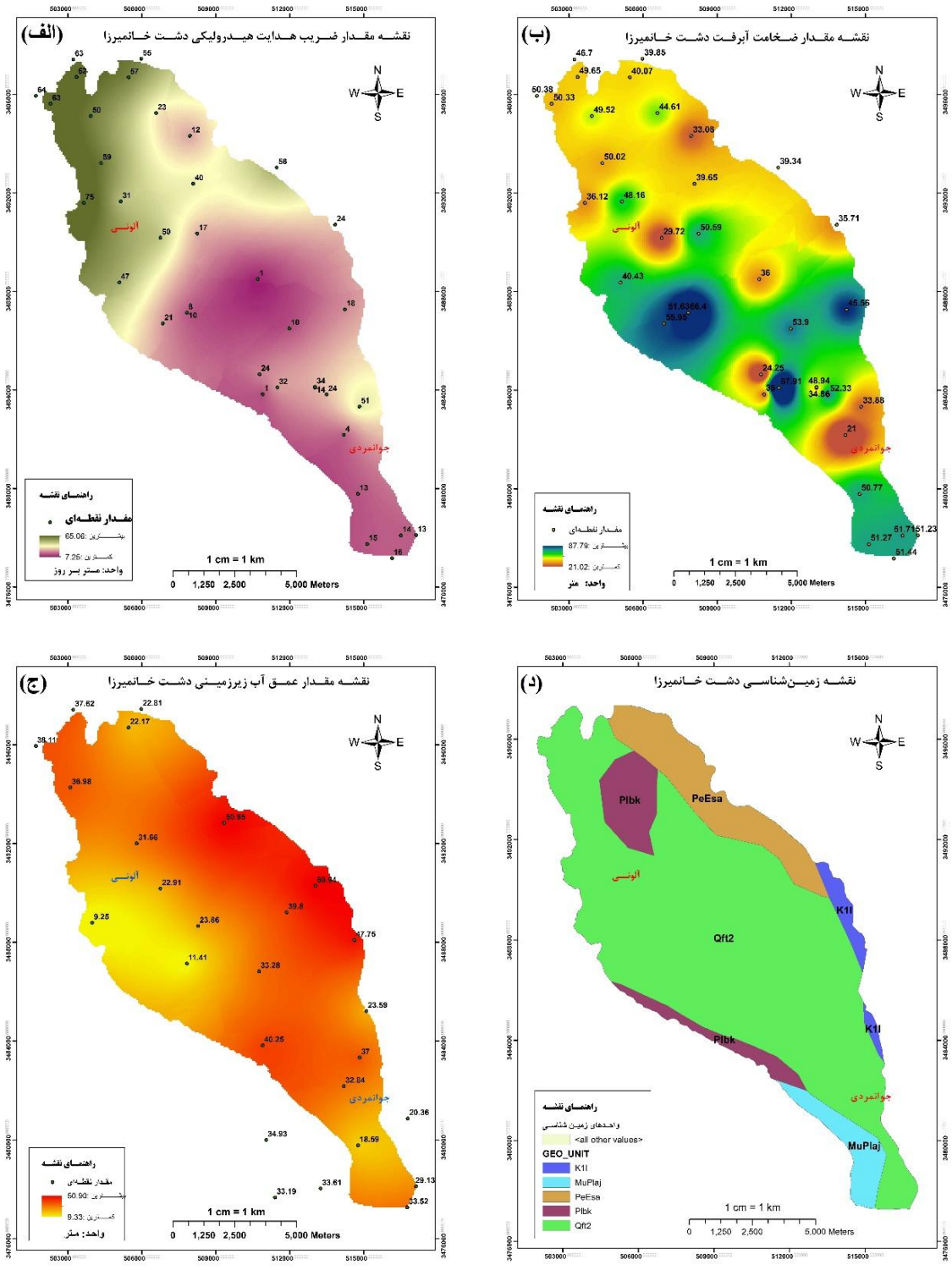
هدایت الکتریکی: مقدار هدایت الکتریکی (EC) بالا معمولاً به شوری بالا و محتوای کانی‌های محل برداشت نمونه مرتبط است (۱۳). نتیجه توزیع مقدار EC، در دشت مطالعاتی در شکل (۵- الف)، نشان داده شده است. گفتنی است که کلیه اطلاعات کیفیت آب زیرزمینی به‌همراه تراز آن از اطلاعات موجود ۳۵ حلقه چاه در سال آبی ۹۷-۹۶ استخراج شده است.

کل مواد جامد محلول در آب (TDS): منظور از این پارامتر مجموعه‌ای از نمک‌های معدنی و مقادیر کمی از مواد آلی است. TDS در تغییر کیفیت آب آشامیدنی همچون طعم، سختی و خورندگی نقش دارد. یون‌های اصلی که TDS، را تشکیل می‌دهد شامل کربنات کلراید، سولفات، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم است که توزیع آن در شکل (۵- ب)، نمایش داده شده است. بررسی بسیاری از پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که همبستگی مستقیم و خطی بین EC و TDS، برقرار است و تنها درنظرگیری یکی از این دو عامل به‌عنوان پارامتر تأثیرگذار کفایت می‌کند. در این پژوهش ما به منظور مقایسه با دیگر عوامل مؤثر، آنها را مستقل در وزن‌دهی لحاظ کردیم. با وجود این بدیهی است که در مقام مقایسه با یکدیگر، اثردهی یکسانی خواهند داشت.

pH آب: غلظت یون هیدروژن در آب که با pH، نمایش داده می‌شود، میزان اسیدی یا بازی بودن آب را مشخص می‌کند. این پارامتر عاملی است که بر کیفیت آب مورد استفاده تأثیر زیادی دارد و در صورت مناسب نبودن مقدار آن باعث پیامدهای بد بهداشتی و خورندگی سیستم‌های آبیاری می‌شود (شکل ۵- ج).

www.SID.ir

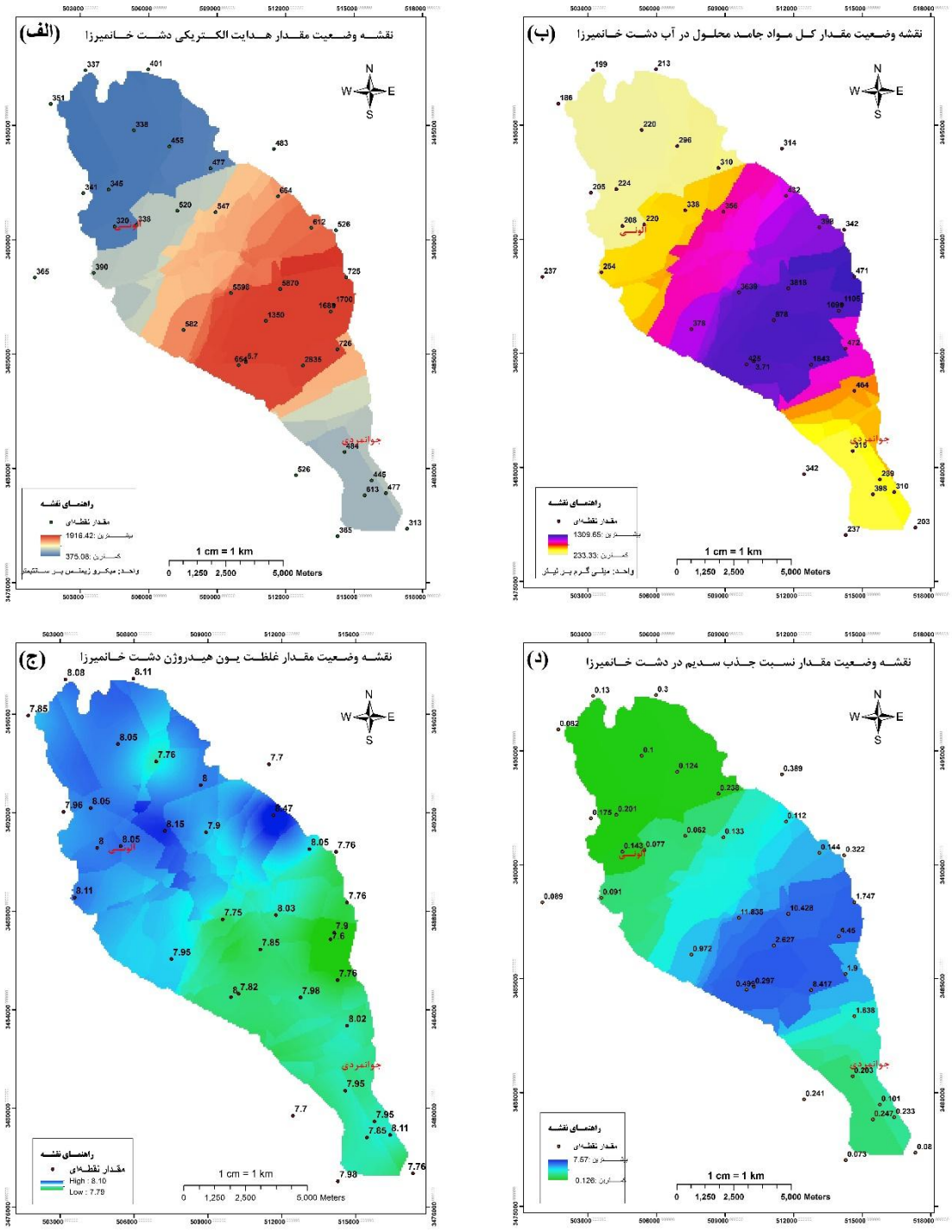
Archive of SID



شکل ۴. الف) توزیع هدایت هیدرولیکی، ب) مقدار ضخامت آبرفت، ج) وضعیت عمق آب زیرزمینی و د) زمین‌شناسی دشت خانمیرزا

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. الف) نقشه توزیع مقدار EC، ب) مقدار TDS، ج) pH و د) SAR در دشت خانمیرزا

نسبت جذب سدیم (SAR): خصوصیات فیزیکی خاک مانند ساختمان و پایداری خاکدانه به کاتیون‌های جذب شده سطح خاک بستگی دارد. کاتیون‌های دوظرفیتی باعث بهبود ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. اما کاتیون‌های یک ظرفیتی باعث پراکندگی ذرات خاک و از بین رفتن ساختمان خاک می‌شود. اگر حداقل ۱۰ درصد کاتیون‌های جذب شده، سدیم باشد، خاک ساختمان خود را از دست داده و نفوذ بر اثر پراکندگی ذرات خاک کاهش می‌یابد. با توجه به توضیحات فوق مشخص کردن تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت جذب سدیم (Sodium Absorption Ratio)، که به اختصار SAR، گفته می‌شود بسیار مهم است. رابطه (۱)، تعریف این پارامتر است که در آن Na، Ca و Mg، با واحد میلی اکی‌والان بر لیتر به‌ترتیب نشانگر یون سدیم، کلسیم و منیزیم است، مطابق رابطه زیر است (۷):

$$SAR = \frac{Na(meq/l)}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}\,(meq/l)} \qquad (۱)$$

به‌منظور استخراج این فاکتور، از اطلاعات به‌دست آمده از چاه‌های موجود با مشخص بودن مقادیر سدیم، کلسیم و منیزیم استفاده شده و سپس با استفاده از رابطه (۱)، توزیع آن مطابق با شکل (۵- د)، نشان داده شده است.

وزن‌دهی معیارها به‌روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

برای حل مسائل مهندسی درصورتی که عوامل تأثیرگذار زیاد باشند و یا دارای تأثیرهای مختلفی بر مسئله مورد نظر داشته باشند، انتخاب یک تصمیم منطقی، صحیح و به‌صرفه به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. بنابراین روش‌های مختلف تصمیم‌گیری از دهه‌های قبل تاکنون ابداع شده است. یکی از این روش‌ها، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM: Multiple Criteria Decision Making)، است. در این روش چندین معیار که گاه با هم متضاد هستند، در کنار یکدیگر وزن‌دهی خواهند شد. روش گفته شده به دو دسته کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM: Multiple Objective Decision Making)، و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM: Multiple Attribute Decision Making)، تقسیم می‌شود. یکی از زیر مجموعه‌های MADM، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، است. AHP، با فراهم آوردن یک ساختار برای سازمان‌دهی و ارزیابی اهمیت معیارهای متفاوت و ارجحیت گزینه‌ها برای تصمیم‌گیرندگان، فرایند تصمیم‌گیری را آسان می‌کند. AHP، شامل چهار مرحله ساختن مدل سلسله مراتبی، دادن قابلیت تصمیم‌گیری گروهی به مدل، مقایسه دو به‌دو معیارها و زیرمعیارها برای تعیین اهمیت آنها در تصمیم‌گیری و سنتز و تلفیق برای تعیین بهترین گزینه‌ها است. هریک از عوامل گفته شده در بخش قبلی به‌تنهایی روی مکان‌یابی حوضچه‌های تغذیه مصنوعی در دشت خانمیرزا تأثیر دارند. اما برای تعیین مکان‌های بهینه می‌بایست اثر همه عوامل را با هم درنظر گرفت. بنابراین لازم است که این عوامل را به‌صورت یک رابطه منطقی و مشخص دسته‌بندی کرد. در روش AHP، با ارائه پرسش‌نامه‌ای به افراد خبره از آنها خواسته شده که ابتدا به مقایسه دودویی اهمیت و اولویت هر گروه اصلی نسبت به دو گروه دیگر و در ادامه به مقایسه هر چهار عامل به‌عنوان زیر شاخه سه گروه اصلی بپردازند (شکل ۲). در این پرسشنامه از کارشناسان خواسته شده در هر جدول، عوامل دو به دو، مقایسه شده و عددی بین ۱ تا ۹ به ترتیب از ترجیح یکسان تا کاملاً ارجح به آنها اختصاص یابد.

نتایج و بحث

محاسبات وزن هر یک از عوامل با استفاده از روش AHP: با استفاده از پرسشنامه‌ها، نسبت اهمیت هر یک از معیارها با سایر معیارهای مرتبط، طبق دسته‌بندی صورت گرفته، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه متوسط‌گیری پرسشنامه‌ها، مطابق جدول‌های (۱) تا (۴)، به‌دست آمده است.

در اولویت‌بندی عناصر و فعالیت‌ها با توجه به معیارها، برای به‌دست آوردن نتایج معتبر، درجه خاصی از ناسازگاری لازم است تا احساس نشود این قضاوت‌ها به‌صورت تصادفی اعمال شده‌اند. AHP، ناسازگاری کلی قضاوت‌ها را به‌وسیله نرخ سازگاری (Consistency Rate)، محاسبه می‌کند. نرخ سازگاری محاسبه شده باید ۱۰ درصد یا کمتر باشد. اگر این نرخ از ۱۰ درصد بیشتر باشد، قضاوت‌ها ممکن است به‌صورت متضاد باشد و باید در آنها تجدید نظر کرد. نحوه انجام محاسبات نرخ ناسازگاری در بسیاری از مراجع از جمله آذر و رجب‌زاده (۴) بیان شده و در اینجا برای خلاصه‌نویسی از ذکر مجدد آن صرف‌نظر شده است. مقدار این نرخ برای گروه مشخصات زمین، گروه مشخصات آبخوان، گروه کیفیت آب زیرزمینی و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مقایسه معیارهای سطح یک

گروه‌های اصلی	مشخصات سطح زمین	مشخصات آبخوان	کیفیت آب زیرزمینی
مشخصات سطح زمین	۱	۰/۱۴۳	۰/۵۰
مشخصات آبخوان	۷	۱	۵
کیفیت آب زیرزمینی	۲	۰/۲۰	۱

جدول ۲. مقایسه عوامل در گروه مشخصات سطح زمین (معیار سطح ۲)

مشخصات سطح زمین	شیب زمین	شبکه آبراهه	کاربری اراضی	پوشش گیاهی
شیب زمین	۱	۰/۲۵	۰/۱۴۳	۰/۱۲۵
شبکه آبراهه	۴	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰
کاربری اراضی	۷	۳	۱	۰/۲۵
پوشش گیاهی	۸	۵	۴	۱

جدول ۳. مقایسه عوامل در گروه مشخصات آبخوان (معیار سطح ۲)

مشخصات آبخوان	سطح عمق آب زیرزمینی	زمین‌شناسی	ضخامت آبرفت	هدایت هیدرولیکی
سطح عمق آب زیرزمینی	۱	۷	۵	۳
زمین‌شناسی	۰/۱۴۳	۱	۰/۲۰	۰/۱۴۳
ضخامت آبرفت	۰/۲۰	۵	۱	۰/۳۳۳
هدایت هیدرولیکی	۰/۳۳۳	۷	۳	۱

جدول ۴. مقایسه عوامل در گروه کیفیت آب زیرزمینی (معیار سطح ۲)

کیفیت آب زیرزمینی	TDS	pH	EC	SAR
TDS	۱	۶	۱	۴
Ph	۰/۱۶۷	۱	۰/۲۰	۰/۵۰
EC	۱	۵	۱	۷
SAR	۰/۲۵	۲	۰/۱۴۳	۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. ضرایب نهایی هر یک از عوامل تأثیرگذار

نام عامل	وزن جز	وزن گروه مربوطه	وزن نهایی
شیب زمین	۰/۰۴۶	۰/۰۹۴	۰/۰۰۴
شبکه آبراهه	۰/۱۲۴		۰/۰۱۲
کاربری اراضی	۰/۲۵۴		۰/۰۲۴
پوشش گیاهی	۰/۵۷۶		۰/۰۵۴
عمق آب زیرزمینی	۰/۵۴۰	۰/۷۳۸	۰/۳۹۹
ساختار زمین‌شناسی	۰/۰۴۷		۰/۰۳۵
ضخامت آبرفت	۰/۱۳۸		۰/۱۰۲
هدایت هیدرولیکی	۰/۲۷۵		۰/۲۰۳
TDS	۰/۳۹۷	۰/۱۶۸	۰/۰۶۷
pH	۰/۰۶۶		۰/۰۱۱
EC	۰/۴۳۹		۰/۰۷۴
SAR	۰/۰۹۷		۰/۰۱۶

گروه معیارهای سطح یک به ترتیب برابر با ۸/۳، ۹/۱، ۳/۶ و ۱/۴ درصد به‌دست آمده است. بنابراین با توجه به سازگاری همه جدول‌ها، ضریب نهایی هر عامل در گروه مربوط به خودش در وزن معیارهای سطح یک را ضرب کرده تا وزن کلی هر عامل مطابق با جدول (۵)، به‌دست آید. مقایسه وزن تعیین شده در این پژوهش با سایر تحقیقات مرتبط (۲ و ۱۶) نشان می‌دهد که هر چند مطالعات پیشین شاخص‌های تأثیرگذار کمتری را بررسی کرده‌اند اما در آنها نیز ضخامت ناحیه غیراشباع (عمق آب زیرزمینی)، بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده است. همچنین قابل ذکر است که در اکثر مطالعات گذشته وزن شاخص شیب زمین از وزن به‌دست آمده در این تحقیق بیشتر لحاظ شده است. علت این امر در لحاظ کردن نزدیکی به رودخانه و آبراهه‌های موجود به‌عنوان یک شاخص مستقل دیده شده است.

سطح‌بندی مقادیر هریک از عوامل در دشت (اولویت مکانی): برای تعیین اولویت مکانی هر یک از ۱۲ عامل در سطح آبخوان، از شکل‌های (۳) تا (۵) استفاده شد. در این تحقیق، این عوامل مطابق جدول (۶) به پنج گروه تقسیم شده‌اند که عدد ۵ نمایانگر اولویت مکانی بالاتر نسبت به سایر نقاط است و به ترتیب با کاهش شماره گروه از میزان اولویت آن منطقه از دشت کاسته خواهد شد.

در جدول ۶ و در رتبه‌بندی مقادیر شیب، هر چقدر شیب منطقه‌ای از دشت کمتر باشد، امکان جمع شدن آب و نفوذ به لایه‌های زیرین مطلوب‌تر است. در رتبه‌بندی شبکه آبراهه، در فواصل خیلی نزدیک به رودخانه به علت وجود آلودگی‌های محیطی و خطرات ناشی از طغیان رودخانه‌ها، محل مناسبی برای احداث حوضچه مصنوعی تغذیه مصنوعی تشخیص داده نشده است، ولی نفوذ آب از زیر و کناره بستر رودخانه به درون زمین، باعث تغذیه آبخوان می‌شود. بنابراین با درنظر گرفتن حریم مناسب از بستر رودخانه، محل‌های مناسب قابل شناسایی است. برای رتبه‌بندی کاربری اراضی، هزینه تملک محل احداث حوضچه تغذیه مصنوعی به نوع کاربری مورد استفاده ارتباط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. دسته‌بندی عوامل تأثیرگذار در انتخاب مناسب‌ترین نقطه ایجاد حوضچه تغذیه مصنوعی

شماره عامل	عنوان عامل	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۵
۱	درصد شیب	>۵	۳-۵	۲-۳	۰-۲	۰
۲	فاصله از بستر رودخانه (متر)	۱۰۰< یا <۱۰۰۰	۷۵۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۷۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۰۰-۲۵۰
۳	کاربری اراضی	شهر	روستا	باغ و جالیز	گندم‌زار	زمین بایر
۴	پوشش گیاهی	مسکونی	گندم‌زار	جالیز	باغی	زمین بایر
۵	عمق آب زیرزمینی (متر)	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	> ۴۰
۶	نوع ساختار زمین‌شناسی	Plbk	Muplaj	K11	PeEsa	Qft2
۷	هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)	۰-۷/۵۰	۷/۵۰-۱۵	۱۵-۲۵	۲۵-۴۵	۴۵-۶۵
۸	ضخامت آبرفت (متر)	۰-۲۱	۲۱-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	>۸۰
۹	EC (میکرو زیمنس بر ثانیه)	>۱۰۰۰	۷۵۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۷۵۰	۳۷۵-۵۰۰	۰-۳۷۵
۱۰	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	>۹۰۰	۹۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۲۳۳	۲۳۳-۰
۱۱	pH	۸/۰۸-۸/۱۰	۸/۰۵-۸/۰۸	۸-۸/۰۵	۷/۸۰-۸	۰-۷/۸۰
۱۲	SAR	>۷	۶-۷	۳-۶	۲-۳	۰-۲

مستقیمی دارد. واضح است که در زمین‌های بایر این هزینه کمتر و در زمین‌های مسکونی، هزینه مربوطه بیشتر است. در رتبه‌بندی پوشش گیاهی، در گندم‌زارها از کود نیترات استفاده زیادی می‌شود. با توجه به رویکرد استفاده از پساب برای تغذیه حوضچه‌های مصنوعی از یک‌سو و خطر آلودگی حوضچه‌ها ناشی از ورود پساب حاوی نیترات از سویی دیگر، برای مناطق مسکونی و گندم‌زارها رتبه پایین‌تر و برای زمین‌های بایر رتبه بالاتری تخصیص داده شده است. برای رتبه‌بندی عمق آب زیرزمینی، یکی از اولویت‌های مهم احداث حوضچه تغذیه مصنوعی، کمک به بخش‌هایی از آبخوان است که سطح آب آنها به‌طور محسوسی پایین آمده است. همچنین به‌علت عمق زیاد، آلودگی‌ها در زمان نفوذ به پایین در طی مسیر جذب خاک شده و وارد آبخوان نمی‌شود. از این‌رو مناطقی از دشت که چاه‌هایی با عمق پایین‌تری در آنها قرار گرفته‌اند، رتبه بالاتری خواهند گرفت.

همچنین در رتبه‌بندی ساختار زمین‌شناسی، آبخوان‌هایی که در محل آبرفت‌های قدیمی هستند دارای کیفیت بهتری هستند. بنابراین محل حوضچه تغذیه مصنوعی اگر بر روی این آبخوان‌ها باشد رتبه بالاتری خواهد داشت. همچنین آب موجود در حوضچه‌های تغذیه مصنوعی پس از نفوذ به لایه‌های زیرین به آبخوان که دارای بستر سنگی نفوذ ناپذیری است، رسیده و متوقف می‌شود. درنتیجه خصوصیات شیمیایی این بستر بر کیفیت آب مورد استفاده از چاه‌های بهره‌برداری تأثیر دارد. در جدول (۶)، بابت معرفی هریک از ساختارهای زمین‌شناسی از حروف اختصاری استفاده شده‌است. به‌طور اختصار Plbk، یک سازند از نوع بختیاری است که ساختار لیتولوژی آن شامل، کنگلومرا و ماسه سنگ متناوب سخت شده بوده و میزان هوازدگی آن کم است. Muplaj، یک سازند از نوع آغاجاری است که ترکیبی از ماسه‌سنگ همراه با گچ، مارن و سیلتستون قهوه‌ای تا خاکستری است. K11، یک سازند از نوع تیزکوه است که ترکیبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و سنگ آهک ماسه‌ای زردرنگ در پایین و سنگ آهک‌های روشن‌رنگ، مایل به‌صورتی، ضخیم لایه و صخره‌ساز در بالا است. PeEsa، یک سازند از نوع ساچون است که این سازند به‌طور عمده شامل

www.SID.ir

Archive of SID

ژیپس، دولومیت، آهک‌های سیلتی و مارن است. درنهایت، Qft2، یک سازند ترکیبی از رسوبات آبرفتی نهشته‌ای و تراس‌های آبراهه‌ای مسطح است. این ساختار مربوط به دوران سنوزوئیک است و در دوره کواترنر به‌وجود آمده است.

در جدول (۶)، برای رتبه‌بندی هدایت هیدرولیکی، به این نکته توجه شده که آب جمع شده در حوضچه تغذیه مصنوعی برای نفوذ به آبخوان می‌بایست از خاک عبور کند. بنابراین هرچقدر خاک مناطقی از دشت درشت‌دانه‌تر باشد، سرعت انتقال آب بیشتر خواهد شد. همچنین در رتبه‌بندی ضخامت آبرفت، این موضوع لحاظ شده است که با افزایش ضخامت آبرفت، امکان جذب آلودگی‌ها و مواد شیمیایی توسط خاک بیشتر شده و آلودگی کمتری به آبخوان منتقل می‌شود. بنابراین هرچقدر ضخامت بیشتر باشد رتبه بالاتری به آن تعلق خواهد گرفت. برای رتبه‌بندی هدایت الکتریکی، میزان مجاز EC، در آب طبق استاندارد کیفیت آب‌های ایران برای مصرف شرب (حداکثر ۱۰۰۰)، کشاورزی (حداکثر ۳۰۰۰) و صنعتی (حداکثر ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) تعیین شده است (۸). همچنین در این رتبه‌بندی از نتایج مطالعه رجایی و همکاران استفاده شده است (۱۷). در رتبه‌بندی TDS، میزان مواد جامد محلول در آب آشامیدنی طبق استاندارد ایران حداکثر مطلوب ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر تا حداکثر مجاز ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر است (۹). همچنین مقادیر کمتر TDS، باعث افزایش کیفیت آب می‌شود. برای رتبه‌بندی pH، میزان آن در آب طبق استاندارد برای مصرف کشاورزی بین ۶/۵۰ تا ۸/۴۰ تعیین شده است. بر این اساس، مقدار pH، در کل دشت خانمیرزا در حد مجاز است. درنهایت برای رتبه بندی نسبت جذب سدیم، کاهش مقدار SAR، در خاک سبب کاهش میزان آلودگی آب خواهد شد، زیرا خاک مناسب قدرت جذب آلودگی زیادی دارد.

تعیین مکان‌های بهینه احداث حوضچه تغذیه مصنوعی: با مشخص شدن اثر هر یک از عوامل به‌تنهایی، محاسبه اثر کلیه عوامل با هم و به‌طور همزمان برای پیدا کردن مکان‌های بهینه احداث حوضچه تغذیه مصنوعی انجام شد. برای انجام محاسبات با استفاده از تکنیک GIS، ابتدا کلیه نقشه‌های رتبه‌بندی شده مطابق شکل (۶)، در نرم‌افزار فراخوان شد. در ادامه با استفاده از دستور مرتبط (Raster Calculator)، هر یک از عوامل در ضریب وزنی متعلق به خود مطابق جدول (۶)، ضرب و نتایج با یکدیگر جمع شده‌اند و درنهایت مکان‌های بهینه بر اساس جمع‌های به‌دست آمده تعیین شده است. نتیجه این موضوع در شکل (۷)، نمایش داده شده است.

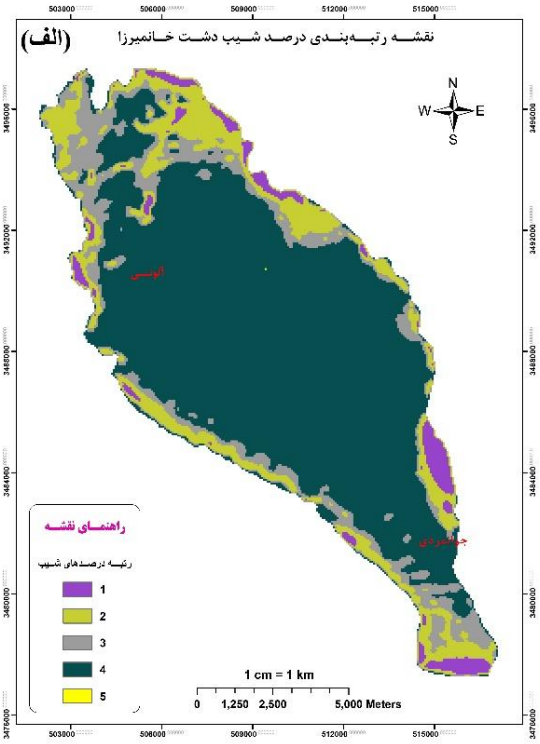
مطابق شکل (۷)، مکان‌هایی با رنگ تیره‌تر، دارای بیشترین امتیاز و درنتیجه بهترین مکان‌های احداث حوضچه تغذیه مصنوعی با رویکرد استفاده از پساب کشاورزی و درنظرگیری کلیه عوامل تأثیرگذار در دشت خانمیرزا است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، مناطق دارای امتیاز بالاتر در قسمت شمالی دشت خانمیرزا، قرار گرفته است. دلیل قرارگیری مکان‌های بهینه در نواحی ذکر شده به‌دلیل ضریب اهمیت بالاتر عواملی است که در قسمت‌های شمالی نقشه بیشترین تأثیر را دارند. مطابق جدول (۶)، مشخص است که افت تراز آب زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی و ضخامت آبرفت بیشترین تأثیر را در ارتباط با تعیین مکان تغذیه داشته و شیب زمین با توجه به درنظر گرفتن نزدیکی به بستر مسیل‌ها به‌عنوان یک شاخص مستقل، کمترین ضریب تأثیر را دارد. در جدول (۷)، ضمن ارائه خلاصه نتایج، مجموع مساحت هر گروه کیفی برای احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی نیز مشخص شده است. براین اساس بیشترین مساحت از دشت در گروه ۲ و کمترین مساحت دشت نیز در گروه ۱ قرار گرفته است.

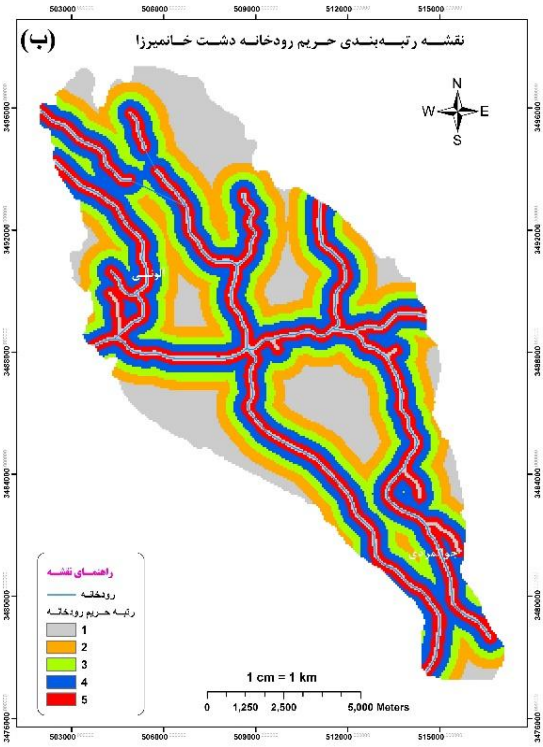
نتیجه‌گیری

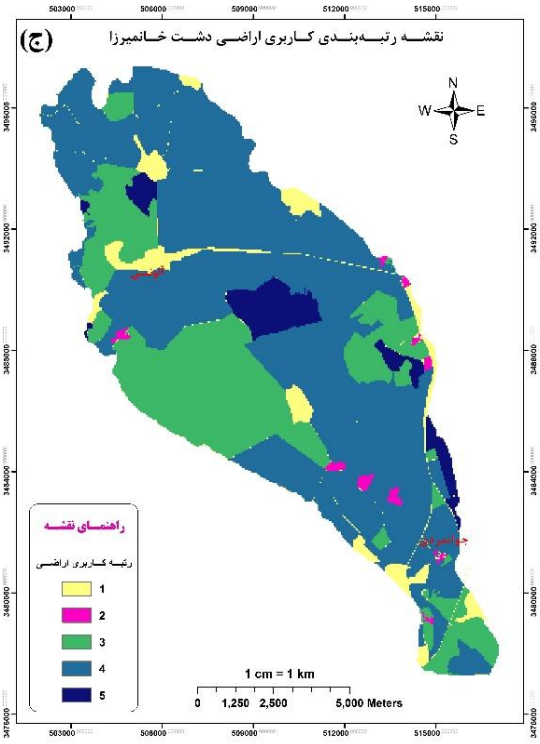
هدف اصلی در این پژوهش، تعیین بهترین نقطه برای احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی با تجمیع کلیه عوامل تأثیرگذار و

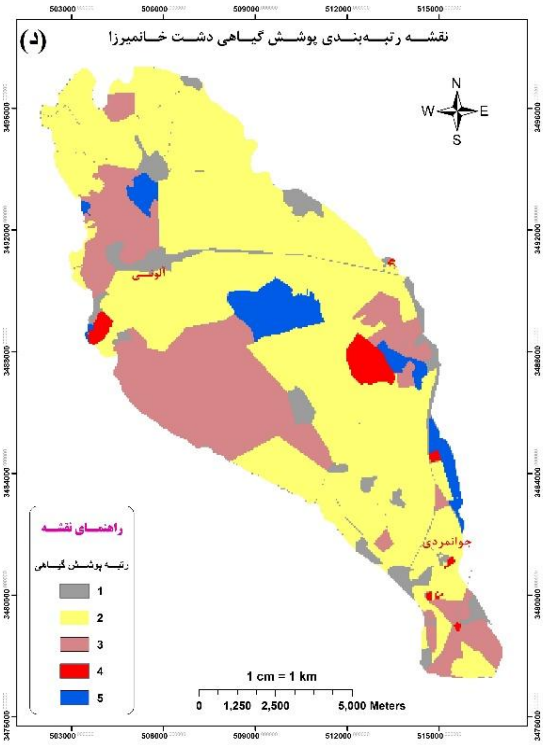
www.SID.ir

Archive of SID



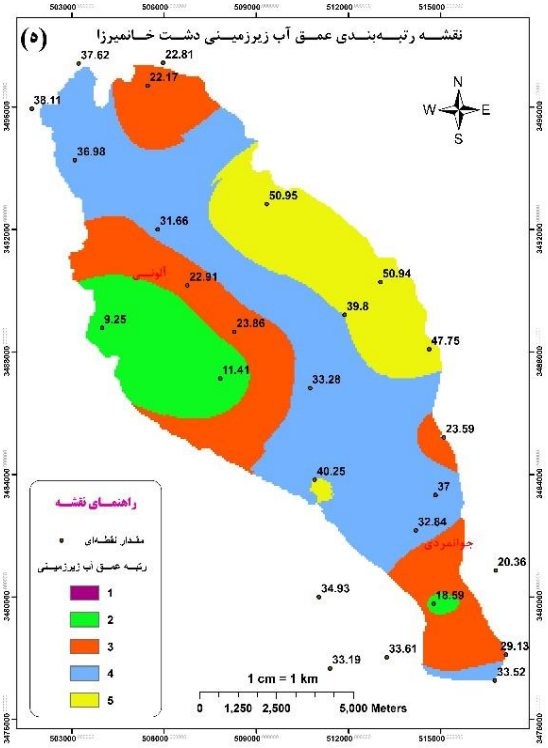


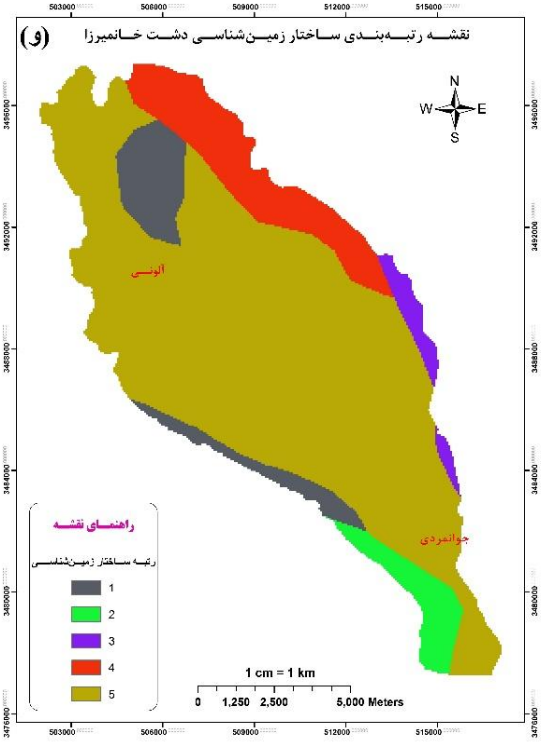


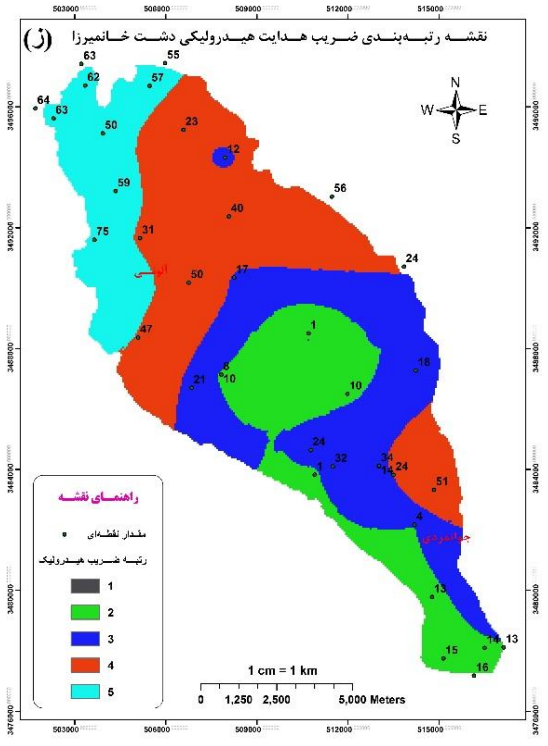


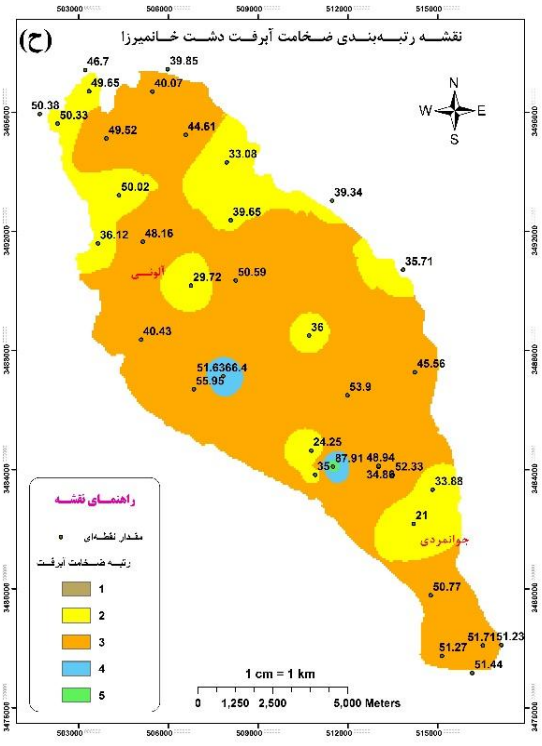
www.SID.ir

Archive of SID



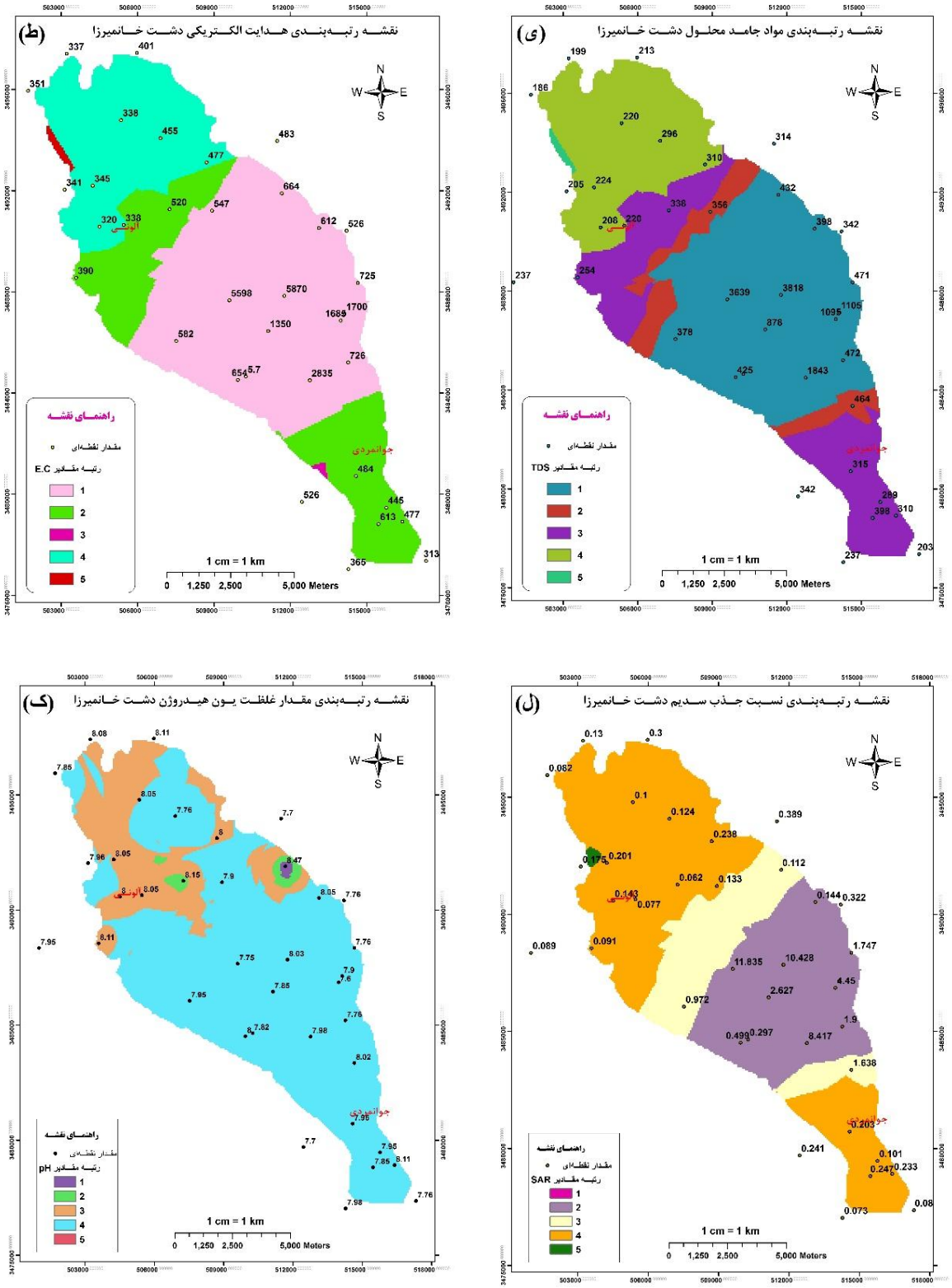






www.SID.ir

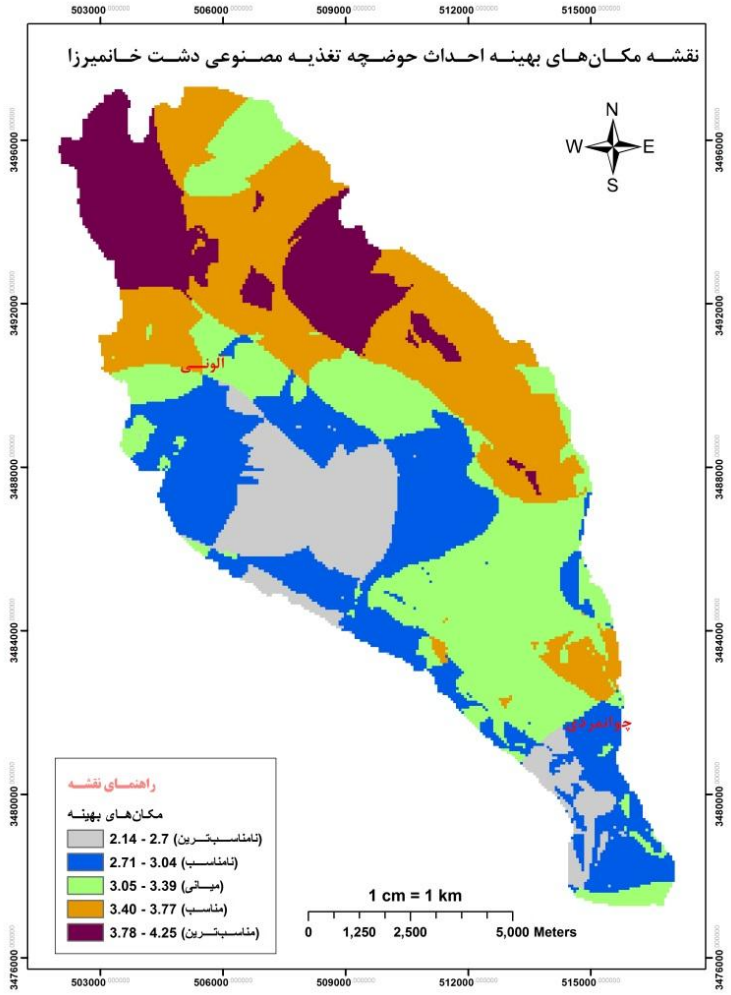
Archive of SID



شکل ۶. نقشه رتبه‌بندی: الف) درصد شیب، ب) حریم رودخانه، ج) کاربری اراضی، د) پوشش گیاهی، ه) عمق آب زیرزمینی، و) ساختار زمین‌شناسی، ز) ضریب هدایت هیدرولیکی، ح) ضخامت آبرفت، ط) مقدار EC، ی) مقدار TDS، ک) مقدار pH و ل) مقدار SAR در دشت خانمیرزا

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نقشه نهایی رتبه‌بندی مکان‌های احداث حوضچه تغذیه مصنوعی دشت خانمیرزا

جدول ۷. خلاصه نتایج ارزیابی دشت خانمیرزا برای احداث حوضچه‌های تغذیه مصنوعی

شماره گروه	۱	۲	۳	۴	۵
بازه اعداد	۲/۱۴ –۲/۷	۳/۰۴– ۲/۷۱	۳/۳۹ –۳/۰۵	۳/۷۷ –۳/۴۰	۴/۲۵ –۳/۷۸
توصیف کیفی	خیلی نامناسب	نامناسب	متوسط	مناسب	خیلی مناسب
مساحت هر رده (Km^2)	۰/۰۰۳	۴۵/۲۶۳	۳۵/۲۳۵	۳۳/۸۲۶	۱۸/۲۷۸
درصد مساحت	۰/۰۰۲	۳۴/۱	۲۶/۶	۲۵/۵	۱۳/۸

با رویکرد استفاده از پساب کشاورزی است. دشت خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری بدین منظور انتخاب شده است. در انتخاب عوامل مؤثر، امکان استفاده از بیشترین آب حاصل شده از رواناب‌ها بر کیفیت آب استخراجی مورد مصرف در کشاورزی بر اساس استانداردهای بهداشتی دیده شده است. زیرا آب جمع‌آوری شده در فرایند نفوذ به لایه‌های پایین و

www.SID.ir

Archive of SID

رسیدن به آبخوان، تحت تأثیر عوامل شیمیایی مختلف قرار می‌گیرد. از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برای تعیین وزن هر عامل نسبت به دیگر عوامل استفاده شده است. در ادامه با استفاده از تکنیک GIS، اولویت مکانی برای هر یک از پارامترها تعیین و درنهایت با تلفیق آنها با وزن‌دهی‌های انجام شده، مناسب‌ترین نقاط برای احداث حوضچه مشخص شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که دو عامل عمق آب زیرزمینی و هدایت هیدرولیکی خاک به‌ترتیب با ۴۰ و ۲۰ درصد بیشترین وزن را به‌خود اختصاص خواهند داد و عامل شیب زمین در صورت تفکیک آن از عامل نزدیکی به آبراهه‌ها در رتبه آخر قرار خواهد گرفت. از این‌رو نقش خصوصیات آبخوان بسیار پررنگ‌تر از دو گروه دیگر اصلی یعنی مشخصات سطح زمین و کیفیت شیمیایی آب‌زیرزمینی است. در این پژوهش همچنان نشان داده شده است که ۱۳/۸ درصد از مساحت دشت خانمیرزا که بیشتر در نواحی شمالی و شمال غربی قرار گرفته‌اند، بسیار مناسب برای ایجاد جوضچه‌های تغذیه مصنوعی هستند. در این پژوهش به برآورد حجم آب مورد نیاز برای تزریق به‌منظور برگشت آبخوان به حالت تعادل پرداخته نشده است. شبیه‌سازی ریاضی وضعیت آبخوان قبل و پس از انجام تغذیه مصنوعی به تکمیل این پژوهش کمک زیادی می‌کند و بایستی در آینده صورت پذیرد.

منابع مورد استفاده

1. Afroozi, M. and H. Mohammadzadeh. 2011. Assessment and vulnerability zoning of Farsan-Junqan aquifer pollution using DARSTIC index in GIS environment. In: 15th Symposium of Geological Society of Iran, Tehran. Iran, 14 December: 1-8. (In Farsi).
2. Al-shabeeb, A. R. 2016. The use of AHP with in GIS in selecting potential sites for water harvesting sites in the Azraq basin-Jordan. *Journal of Geographic Information System* (8): 73-88.
3. Amiri, F., M. Ashrafi Birgani and A. Ahadi. 2017. Study of the geostatic position of nitrate using GIS in groundwater of Golgir Plain located in east of Masjed Soleyman County. *Journal of Mineral Resources Engineering (JMRE)* 2(3): 53-66. (In Farsi).
4. Azar, A. and A. Rajabzadeh. 2017. Applied Decision Making Multi-Attribute Decision Making (MADM). Negahe Danesh Publication, Tehran.
5. Chenini, I., A. Ben Mammou and M. El May. 2010. Groundwater recharge zone mapping GIS-based multi-criteria analysis: A case study in central Tunisia (Maknassy Basin). *Journal of Water Resources Management* (24): 921-939.
6. Dadsetan, A. 2010. Critical condition of Khanmirza alluvial aquifer and groundwater management challenges. In: 1st Iranian National Conference on Applied Research in Water Resource, Kermanshah, Iran. 11 May: 1-10. (In Farsi).
7. Dehghani, F., R. Rahnamayi, M. J. Malakouti and S. Saadat. 2012. Investigating Calcium to Magnesium Ratio Status in Some Irrigation Water in Iran. *Journal of Water Research in Agriculture* 26(1): 113-125. (In Farsi).
8. Deputy of Human Environment, Water and Soil Office. 2016. Iranian Water Quality standard. Department of Environment, Tehran. (in Farsi)
9. Drinking water- physical and chemical specifications, 2010. ISIRI 1053, 5th revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran. (In Farsi).
10. Gandomkar, A and F. Daneshvar. 2015. Optimum location of the most permeable lands for the development of artificial water supply projects. *Journal of Geography, Iranian Geographical society* 44: 143-159. (In Farsi).
11. Garewal, S. K., A. D. Vasudeo, V. S. Landge and A. D. Ghare. 2017. A GIS-based modified DRASTIC (ANP) method for assessment of groundwater vulnerability: A case study of Nagpur City, India. *Journal of Water Quality Research Journal* 1-15.
12. Hajizadeh, Z., and H. Ghasemieh. 2018. Review of artificial recharge methods and site-selecting of artificial recharge in groundwater. In: 13th National Conference on Watershed Management Science & Engineering of Iran & 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, Ardabil. Iran. 2-3 Oct: 1-9. (In Farsi).
13. Joghtaie, H., R. Dabire, M. A. Moslempour, M. Atari and R. Sharifiyan Attar. 2015. Assessment of groundwater quality using groundwater quality index (GIS & GQI) in Joghtai plain, Northeast of Iran. *Journal of Human & Environment* 10: 17-25. (In Farsi).

www.SID.ir

Archive of SID

14. Mahdavi, A., M. R. Nouri Emamzadei, R. Mahdavi Najafabadi and S. H. Tabatabaei. 2011. Identification of artificial recharge sites using fuzzy logic in Shahrekord Basin. *Journal of Science and Technology of Agriculture and natural Resources, Water and Soil Science* 15(2): 63-76. (In Farsi).
15. Nouri, B., J. Ghayoumian, M. Mohseni Saravi, A. A. Darvish Sefat and S. Feiznia. 2005. Identification of suitable sites for groundwater artificial recharge by basins method using GIS. *Journal of Iranian Journal of Natural Resources* 57(4): 635-647. (In Farsi).
16. Rahman, M. A., B. Rusteberg, R. C. Gogu, J. P. Lobo Ferreira and M. Sauter. 2012, A new spatial multi-criteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. *Journal of Environmental Management* 61-75.
17. Rajaee, Gh., F. Hajizadeh, A. Salman Mahine and A. Pourkhabaz. 2011. An analysis of physical-chemical properties and quality of underground agricultural and drinking water in Southern Khorasan province. *Journal of Environmental Researches* 3(5): 13-24. (In Farsi).
18. Todd, D. and L. Mays. 2005. Groundwater Hydrology. John Wiely & Sons, Inc. Third Edition.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science
Vol. 24, No. 4, Winter 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Quantitative and Qualitative Indices of Plain and Aquifer on Optimum Location of Artificial Recharge Ponds (A Case Study of Khanmirza Plain, Chaharmahal Bakhtiari Province)

F. Kaboudvand and S. S. Mehdizadeh[1*]

(Received: April 17-2020 ; Accepted: July 15-2020)

Abstract

The Khanmirza plain is one of Iran's fertile plains that is located in Chaharmahal Bakhtiari province. Agriculture in the area is very prosperous, but the lack of rain and over-harvesting from consumption wells has led to a reduction in groundwater levels, even causing land subsidence. Moreover, the high usage of chemical manures, especially nitrate manures, has increased the number of solutes and chemical materials in the groundwater. Thus, for this plain, making artificial ponds is important to modify the storage of the aquifer. In this study, to define the optimum locations of the artificial ponds, the effect of 12 factors was considered. The analytic hierarchy process (AHP) method was used to introduce the weight of each parameter in comparison to other factors. Afterward, the spatial priority of all factors was derived using the Geographic Information System (GIS) technique. The produced GIS layers were laid on each other and the optimum locations were obtained. Agricultural drainage was an effective index for recharge purposes. The results of the study demonstrated that groundwater level decline got the maximum weight (40%), while the land slope had the minimum weight, since the vicinity to available floodways was considered as an independent criterion. The results also showed that regions with a total area of 18 km^2 in north and north-west of the Khanmirza plain could be the optimum and most suitable places for artificial ponds construction.

Keywords: Groundwater elevation; AHP method; Site selection; GIS technique.

1. Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*: Corresponding author, Email: Saj.Mehdizadeh@iauctb.ac.ir

www.SID.ir