

مدیریت تغذیه آبخوان با استفاده از تلفیق الگوهای ضرب جبری فازی در آبخوان دشت نهاوند

فرزانه قائمی زاده و امید بهمنی^{*۱}

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بو علی سینا همدان؛ ghaemizadeh_farzaneh@yahoo.com

استادیار، گروه مهندسی آبیاری، دانشگاه بو علی سینا همدان؛ omid_bahmani@yahoo.com

چکیده

در مناطقی که تعادل تغذیه و تخلیه طبیعی آبخوان از بین می‌رود، افت شدید سطح آب زیرزمینی سبب تغییرات کمی و کیفی منابع آب می‌گردد. بنابراین استفاده از طرح‌های تغذیه مصنوعی به عنوان شیوه مطلوب مدیریتی ضروری به نظر می‌رسد. در این میان استفاده از منطق فازی به منظور تعیین مناطق مساعد تغذیه مصنوعی آبخوان می‌تواند نتایج مطلوبی را به همراه داشته باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از ادغام الگوهای فازی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) امکان اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در محدوده آبخوان دشت نهاوند واقع در آبخوان استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از ۷ لایه اطلاعاتی شامل ضخامت آبخوان، کیفیت آبخوان، کاربری اراضی، شیب عمومی حوزه آبریز، نفوذپذیری سطحی، تغذیه خالص و قابلیت انتقال استفاده شد. بررسی نقشه‌های محاسبه شده نشان داد که در مجموع ۵/۹۴ درصد اراضی (معادل ۲۷/۱۲ کیلومتر مربع از مساحت آبخوان) که به صورت پراکنده گسترده شده‌اند، دارای رتبه خوب و خیلی خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند. در نهایت ۱۷ نقطه در نواحی مذکور به عنوان نقاط عملی مورد استفاده در تغذیه آبخوان تعیین و پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: تغذیه مصنوعی، سطح ایستابی، منطق فازی، نهاوند.

مقدمه

انسان به آبخوان می‌رسد (صداقت، ۱۳۸۶). از جمله اهداف تغذیه مصنوعی آبخوان که در مدیریت مطلوب آبخوان مورد نیاز است، می‌توان به کاهش اختلاف تقاضا بین آب زیرزمینی و تغذیه طبیعی آبخوان و نیز جلوگیری از پدیده نشست زمین اشاره کرد (صداقت، ۱۳۸۶). در تحقیقی که به وسیلهی اهر و همکاران (۱۹۸۶) انجام شده است، معیارهای اساسی در اجرای تغذیه مصنوعی تابع عوامل متعددی از جمله مقدار فضای لازم برای ذخیره در زیرزمین، تغییرات ناشی از اختلاط آب نفوذی با آب زیرزمینی و ضریب آبگذری (T) سفره آبدار

توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در هر منطقه ممکن است عواقبی مثل افت دائمی سطح ایستابی، کاهش حجم ذخیره مخزن و کاهش کیفیت آب زیرزمینی را منجر شود، چرا که نرخ حجم تخلیه از آبخوان در دراز مدت باید کمتر یا برابر با نرخ حجم تغذیه آبخوان باشد. در این میان تغذیه منابع آب زیرزمینی فرآیند مهم برای مدیریت آب زیرزمینی پایدار است. تغذیه مصنوعی را می‌توان عملیات طراحی شده انسان برای انتقال آب از سطح زمین به داخل آبخوان تعریف کرد. طی این فرآیند آب حاصل از بارش و رواناب سطحی با دخالت

^۱ آدرس نویسنده مسؤول: همدان- انتهای بلوار آزادگان، دانشکده کشاورزی، - کدپستی: ۶۵۱۷۸۳۳۱۳۱- صندوق پستی: ۶۵۱۷۸

* دریافت: مهر، ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۲

توجه به کاربری اختصاص یافته به اراضی موجود در منطقه است. مالزسویسکی (۲۰۰۶) با استفاده از منطق فازی در محیط GIS اقدام به تجزیه و تحلیل مناسب کاربری اراضی نواحی از کشور مکزیک نمود و توانایی-های منطق فازی در ارزش‌گذاری مناسب کاربری اراضی این مناطق را نشان داد. در تحقیق دیگری کاوا و همکاران (۲۰۱۰) اقدام به ارزیابی آسیب پذیری آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز بنیاس از منطقه ساحلی سوریه با استفاده از GIS نمودند. راج پاتاک و هیراتاساکا (۲۰۱۱) با استفاده از GIS اقدام به تعیین شاخص آسیب پذیری چند معیاره برای مدیریت سفره‌های زیرزمینی با استفاده از الگوهای منطق فازی و درستیک ۲ برای منطقه کاتماندو مناطق نپال کردند. نتایج نشان داد که منطق فازی بر درستیک ارجحیت دارد. از آنجایی که در بیشتر نقاط دنیا در زمینه تغذیه‌ی مصنوعی آب‌های زیرزمینی، مقررات یکنواختی وجود ندارد و در هر منطقه با توجه به نوع روش انتخابی، پارامترها و استانداردهای لازم در نظر گرفته می‌شود، بنابراین تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی از اهمیت بسیاری برخوردار است و لازم است با دقت کافی انجام شود. هدف از تحقیق حاضر ارائه روش مناسب مدیریت آبخوان دشت نهاوند با استفاده از تلفیق الگوهای فازی به منظور تعیین مناطق مساعد طرح‌های تغذیه مصنوعی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

دشت نهاوند با وسعت حوزه آبریز ۱۹۰۲ کیلومترمربع یکی از دشت‌های حوزه علیای رودخانه کرخه محسوب می‌گردد. شکل ۱ محدوده مطالعاتی مورد بررسی را به تفکیک مرز حوضه و مرز آبخوان نشان می‌دهد. مرتفع‌ترین نقطه حوضه بیش از ۳۵۵۰ متر ارتفاع و پست‌ترین نقطه ۱۴۲۵ متر (منطبق با ایستگاه هیدرومتری دوآب در خروجی حوضه) از سطح دریا می‌باشد (شکل ۲). رودخانه گاماسیاب در این محدوده مطالعاتی جریان

عنوان شده است. بررسی همزمان این معیارها و ویژگی‌ها نیازمند روش‌های برنامه ریزی و مدیریتی چند معیاره- است، که گاهاً هزینه بر و وقت گیر هستند. یکی از ابزار-های قدرتمند در این زمینه کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS^۱) می‌باشد. آنالیز هم‌زمان داده‌های مختلف مکانی و توصیفی، مهم‌ترین قابلیت GIS می‌باشد که نمی‌توان آن را با سایر روش‌ها انجام داد (آرانوف، ۱۹۹۶). در سال ۱۹۹۶ کریشنا مارتی و همکاران، از فن آوری سنسجش از دور و GIS برای پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی استفاده کردند. چنینی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از GIS اقدام به تحلیل داده‌های بارندگی، شدت رواناب حوضه، زمین شناسی سطحی و شرایط آبخوان حوضه ماکناسی تونس نمودند. نتایج نشان داد که GIS توانایی بالایی در پهنه بندی تغذیه مصنوعی آبخوان آب-های زیرزمینی مناطق خشک دارد. مجموعه مدل‌های حاصل از منطق فازی به دلیل ماهیت این منطق که در آن عضویت اعضاء در مجموعه ممکن است به طور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه و عضویت از صفر تا یک باشد، از اعتبار بیشتری برخوردار هستند. در این مدل هیچ واحدی مناسب مطلق و نامناسب مطلق در نظر گرفته نمی‌شود (گریم و بنهام کارتی، ۱۹۹۶). در تحقیق حاضر نقشه‌های پایه در قالب اپراتور ضرب جبری فازی تلفیق یافتند. در این مدل تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۰). به دلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضاء در مجموعه فازی می‌باشد، در نقشه خروجی این اپراتور، اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در طبقه خیلی خوب قرار می‌گیرند (آل شیخ و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین بر خلاف اپراتور "فازی AND"، ارزش تمامی واحدها و لایه‌ها را در تلفیق دخالت می‌دهد (مهروز و همکاران، ۱۳۸۹) و به همین دلیل این اپراتور حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در مدیریت آبخوان‌ها

^۱ Geographical information system

۲- ضخامت آبخوان

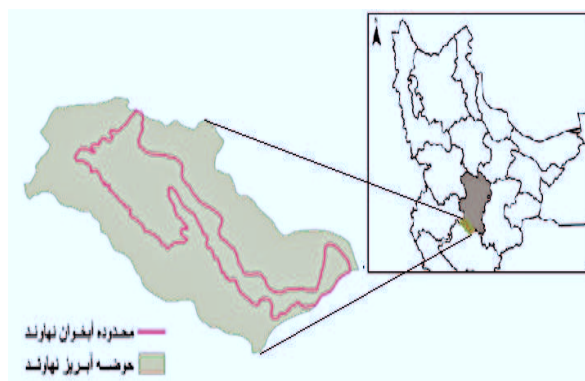
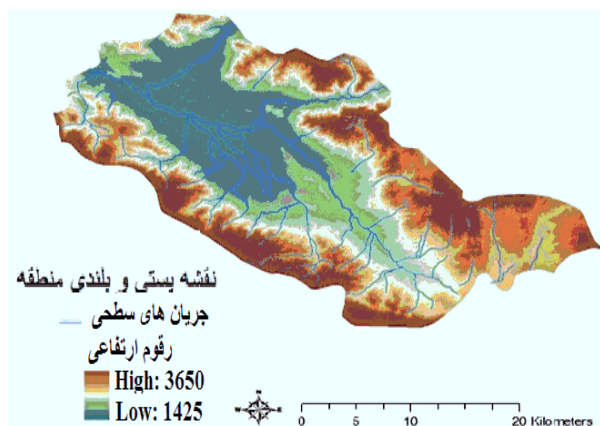
یکی از عوامل مهم در در پخش سیلاب و تغذیه مخازن زیرزمینی ضخامت آبرفت است. از نظر تئوری هرچه ضخامت آبرفت بیشتر باشد، میزان ذخیره آب زیر زمینی در آن زیادتر می‌شود. برای تعیین ضخامت آبرفت از عمق سطح ایستابی نسبت به سطح (ضخامت لایه خشک آبرفت) استفاده می‌شود. شکل ۴ نقشه سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح زمین را برای دوره آماری ۱۳۸۷-۸۸ در دشت نهاوند نشان می‌دهد. مناطقی که عمق آب زیرزمینی در آن‌ها بین ۳۰ تا ۱۰۰ متر است جز مناطق دارای بیشترین ارجحیت از نظر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی آبخوان قرار دادند (ناصری و همکاران، ۱۳۸۷). جدول ۱ مشخصات محدوده مطالعاتی، سطح آب زیر زمینی و میزان کسری مخزن طی دوره آماری ۱۴ ساله را در دشت نهاوند نشان می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۸۹).

دارد، این رودخانه پس از دریافت سایر جریانات سطحی دیگر در محلی به نام دوآب از منطقه خارج می‌گردد.

جمع آوری اطلاعات و استانداردها:

۱- کیفیت آبخوان

ترکیبات آب زیرزمینی می‌تواند متاثر از ترکیبات تشکیل دهنده لایه‌های زیرزمینی در تماس با آب و درجه حرارت اعماق زیاد زمین باشد (حکمت پور و همکاران، ۲۰۰۷). تعیین کیفیت آب زیرزمینی از آن نظر حائز اهمیت است که در تغذیه سفره آب زیرزمینی با استفاده از آب‌های نامتعارف، نوع منبع آب انتخابی باید متناسب با کیفیت آب موجود در آبخوان و به گونه ای باشد که باعث صدمه دیدن بیشتر آبخوان نشود. ناصری و همکاران (۱۳۸۷) مناطقی که EC آب زیرزمینی در آنها کمتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بود را جز مناطق دارای بیشترین ارجحیت برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی آبخوان قرار دادند.



شکل ۱- محدوده مطالعاتی مورد بررسی به تفکیک مرز حوضه و مرز آبخوان
شکل ۲- وضعیت پستی- بلندی و جریان‌های سطحی منطقه

جدول ۱- مشخصات سطح آب زیر زمینی در دشت نهاوند

نام محدوده مطالعاتی	وسعت محدوده مطالعاتی (کیلومتر مربع)	وسعت آبخوان (کیلومتر مربع)	طول دوره آماری (سال)	افت در طول دوره آماری (متر)	کل کسری مخزن در طول دوره آماری (میلیون متر مکعب)
نهاوند	۱۹۰۲	۴۵۷	۱۴	۸/۹۶	۲۰۴/۷۴

۳- کاربری اراضی

از نظر نوع پوشش گیاهی، مراتع در سه گروه دسته‌بندی می‌شوند. مرتعی که دارای ۷۶ تا ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی باشد، مرتع درجه یک نامیده می‌شود. مراتعی که درصد پوشش آن‌ها بین ۵۱ تا ۷۵ درصد باشد مراتع درجه ۲ و اگر درصد پوشش گیاهی آن‌ها بین ۲۶ تا ۵۰ درصد باشد، مراتع درجه ۳ نامیده می‌شوند. مراتعی که دارای پوشش مناسب می‌باشند علاوه بر نفوذ بهتر آب به داخل آبخوان و تغذیه سفره های آب زیرزمینی، باعث کاهش تلفات ناشی از تبخیر نیز می‌شوند (بلدرايو، ۲۰۰۱). با این وجود شرایط و ویژگی‌های منطقه مورد نظر عامل اصلی در اجرای راهکارهای مدیریتی از جمله تعیین مناطق مساعد تغذیه مصنوعی آبخوان می‌باشد. انتخاب نواحی مساعد باید به گونه‌ای انتخاب شود که زمین کافی برای ساخت تجهیزات و سازه‌های مورد نیاز وجود داشته باشد. مهدوی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی که در محدوده دشت شهرکرد انجام دادند، در تعیین مناطق مساعد، اولویت را به نواحی دادند که مورد استفاده انسان و دام قرار نمی‌گیرند و نواحی شامل مرتع (فقیر و متوسط)، بیشه زار و اراضی فاقد پوشش گیاهی را به عنوان مناطق مساعد تغذیه انتخاب نمودند. در تحقیق دیگری در دشت شمیل و آشکارا، تنها مناطق بایر، به عنوان مناطق مساعد انتخاب شدند (رمضانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴- شیب

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب و تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی، شیب است که نقش مهمی در کنترل عواملی مانند سیل و نفوذپذیری دارد. بطوریکه به منظور تغذیه مصنوعی، رده شیب کمتر از ۲ درصد دارای بیشترین ارجحیت و رده شیب بیشتر از ۴ درصد دارای کمترین ارجحیت می‌باشد (ناصری و همکاران، ۱۳۸۷). در تحقیق دیگری (چادھاری و همکاران، ۲۰۱۰) مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب، مکان‌های دارای شیب کمتر از ۵

درصد در نظر گرفته شد.

۵- نفوذپذیری سطحی

تأثیر عامل نفوذپذیری سطحی در کاهش تبخیر و تعرق نمایان می‌شود، به نحوی که اگر نفوذپذیری پایین باشد، در شیب‌های کم، آب روی سطح زمین باقی مانده و تبخیر آن باعث افزایش املاح خاک می‌گردد (حکمت پور و همکاران، ۲۰۰۷). سامانه‌های نفوذ سطحی، برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، به خاک‌های نفوذپذیر (لوم ماسه‌ای، ماسه و شن)، نواحی غیراشباع بدون لایه‌های محدودکننده و آبخوان‌های آزاد با قابلیت انتقال کافی برای جریان جانبی در درون آبخوان نیاز دارند (بلدرايو، ۲۰۰۱).

۶- قابلیت انتقال

توانایی انتقال در لایه‌های آبدار دارای مقادیر بسیار متفاوتی است، ولی به طور معمول مقدار آن بین ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمربع در روز تغییر می‌کند (قرمزچشمه، ۱۳۷۸). معمولاً سازندهای دانه‌ای (شن و ریگ) و سازندهای شکافدار یا کارستی هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال بیشتری دارند (چادھاری و همکاران، ۲۰۱۰). معادله محاسبه قابلیت انتقال به صورت زیر است:

$$T = K \times D \quad (1)$$

که در آن K هدایت هیدرولیکی آبخوان بر حسب متر در روز و D ضخامت لایه آبدار بر حسب متر است (علیزاده، ۱۳۸۸).

ایجاد لایه‌های اطلاعاتی

به منظور شناسایی مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی محدوده آبخوان مورد مطالعه، ویژگی‌هایی شامل ضخامت آبخوان، کیفیت آبخوان، کاربری اراضی، شیب عمومی حوزه آبریز، نفوذپذیری سطحی و قابلیت انتقال با توجه به استانداردها و ویژگی‌های لازم برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت. برای به دست آوردن لایه‌ی اطلاعاتی مربوط به کیفیت و ضخامت آبخوان از داده‌های هدایت الکتریکی (EC) بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر و داده‌های سطح آب، اندازه‌گیری

پیسکوپو^۱ (۲۰۰۱) با استفاده از سه لایه شیب‌زمین، بارندگی و نفوذپذیری سطحی محاسبه شد. بر اساس این روش مقدار تغذیه یک منطقه به صورت زیر است:

(۲) درصد شیب + میزان بارش + نفوذپذیری خاک = تغذیه خالص
برای محاسبه لایه میزان بارش از متوسط بارش سالانه ۲ ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه برای دوره آماری ۹ ساله از سال آبی ۷۹-۸۰ تا ۸۷-۸۸ استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در قالب جدول ۲ آورده شده است.

برای تلفیق الگوهای فازی نخست مقادیر کلیه لایه‌ها از ۱ تا ۶ ارزش گذاری شد (جدول ۳). که به ترتیب نشان دهنده بیشترین و کمترین ارزش برای ویژگی مورد نظر است. سپس با استفاده از نوار ابزار عضویت فازی^۲ در محیط نرم-افزاری Gis 10 ارزش گذاری دوباره لایه‌ها بین ۰ تا ۱ انجام گرفت. شکل ۱۰، سه لایه ورودی برای محاسبه لایه تغذیه خالص بر اساس منطق فازی را نشان می‌دهد. در نهایت ۴ لایه اطلاعاتی شامل کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ضخامت آبخوان و تغذیه خالص با استفاده از منطق فازی با هم ترکیب شدند. نقشه مناطق مساعد یا نامساعد از این روش پس از امتیاز دادن طبقات هر لایه در سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از اپراتور ضرب جبری فازی محاسبه شد. نقشه محاسبه شده نهایی بر اساس منطق فازی در غالب شکل ۱۱ آمده است.

(۳)

$$\text{Fuzzy algebraic product} = (\text{Land use } Fu) \times (\text{Transmissivity } Fu) \times (\text{aquifer depth } Fu) \times (\text{Net Recharge } Fu)$$

نتایج و بحث

مطالعات انجام شده به وسیله شرکت آب منطقه‌ای استان همدان به منظور بررسی وضعیت خشکسالی و ترسالی حوزه‌های آبریز واقع در استان همدان در سال آبی ۸۷-۸۶ نشان می‌دهد که محدوده حوضه کرخه از نظر خشکسالی هیدرولوژیکی (مجموع رواناب خروجی) در محدوده ضعیف و از نظر خشکسالی

شده به وسیله شرکت آب منطقه‌ای استان همدان (حاصل از ۳۷ چاه مشاهده‌ای)، برای دوره آماری ۹ ساله (سال آبی ۷۹-۸۰ تا ۸۷-۸۸) استفاده شد (شکل ۳ و ۴). نقشه شیب منطقه با استفاده از نقشه پستی و بلندی منطقه، در محیط GIS بر حسب درصد رسم شد (شکل ۵). نقشه کاربری اراضی و بافت خاک در غالب شکل‌های ۶ و ۸ آمده است. برای به دست آوردن بافت خاک منطقه، اطلاعات حاصل از ۱۹ چاه مشاهده‌ای (عمق این چاه‌ها از ۱۵ تا ۷۰ متر متغیر بوده) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات به دست آمده از لاگ‌ها نشان می‌دهد، دشت نهاوند شامل لایه‌هایی از رس و سیلت، شن و ماسه، ماسه ریز، شن دانه درشت، آهک و شیست است (شکل ۷) (محب زاده و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین با توجه به لاگ چاه‌ها در مجموع می‌توان جنس غالب دشت را در لایه‌های رس-سیلت تا شن - ماسه طبقه‌بندی کرد. آبخوان مورد نظر از نوع آبخوان بسته بوده و برای تعیین محل سنگ بستر آن از مقطع زمین شناسی دشت (شکل ۷) استفاده شد. طبق این مقطع لایه‌های زیرین دشت به طور عمده از جنس آهک کریستالیزه می‌باشند که تقریباً در عمق ۱۰۰ متری قرار گرفته و دارای نفوذپذیری پایینی هستند، به همین دلیل این لایه‌ها به عنوان سنگ‌بستر در نظر گرفته شدند.

برای محاسبه لایه قابلیت انتقال، ضخامت لایه آبدار آبخوان، با توجه به ارتفاع سنگ بستر از سطح زمین (۱۰۰ متر) و سطح آب از سطح زمین محاسبه شد. همچنین مقدار هدایت هیدرولیکی افقی بر اساس بافت خاک غالب منطقه (شکل ۷ و ۸) برای لایه‌های رس-سیلت و شن-ماسه با استفاده از مدل MODFLOW به ترتیب ۵ و ۲۶/۵۲ متر در روز به دست آمد (محب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). سپس بافت خاک منطقه در دو گروه رس-سیلت و شن-ماسه طبقه‌بندی شده و به هریک از گروه‌ها با توجه به هدایت هیدرولیکی آن گروه وزن داده شد. در نهایت نقشه ضخامت لایه آبدار در نقشه وزن داده‌شده ضرب شد (شکل ۹).

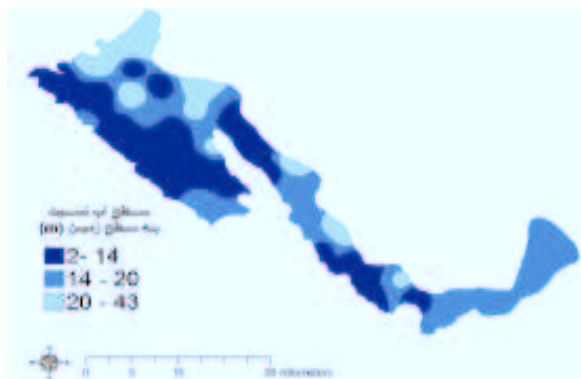
همچنین لایه تغذیه خالص بر اساس روش

^۱ Piscopo

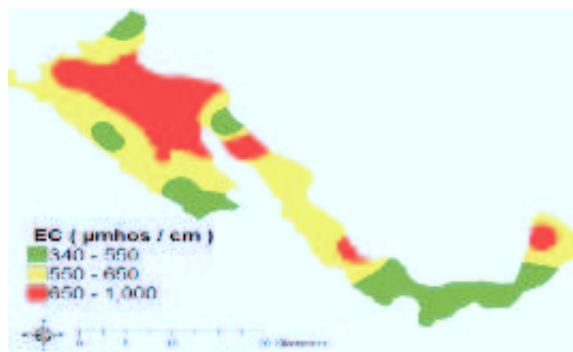
^۱ FUZZY MEMBERSHIP

همچنین جدول ۴ اطلاعات حاصل از لایه-های محاسباتی بالا را نشان می‌دهد. بررسی میانگین سطح آب برای دوره آماری ۹ ساله، نشان می‌دهد که به طور متوسط تقریباً در نیمی از سطح آبخوان (۵۸/۵۳ درصد)، ارتفاع آب در محدوده ۱۴ تا ۲۸ متری سطح زمین قرار دارد (جدول ۴).

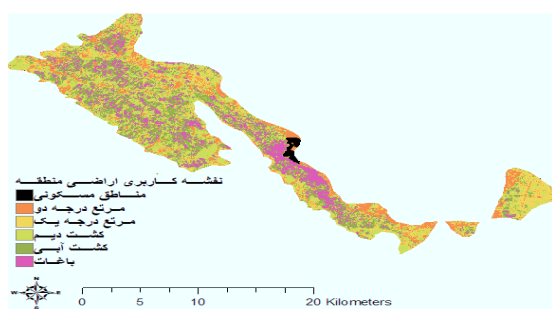
هواشناسی (مجموع بارندگی سالیانه) در محدوده ضعیف تا متوسط قرار دارد. همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماهانه از ۳۷ حلقه چاه پیژومتری در سطح دشت نهاوند و رسم هیدروگراف واحد دشت برای سال‌های آبی ۱۳۸۷-۱۳۷۵ (۳)، بروز افت ۸/۸۵ متر در سفره آب زیرزمینی این دشت از سال ۷۵ تاکنون را نشان می‌دهد.



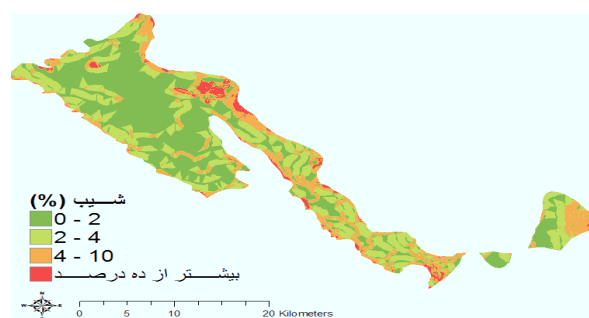
شکل ۴- نقشه سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح زمین



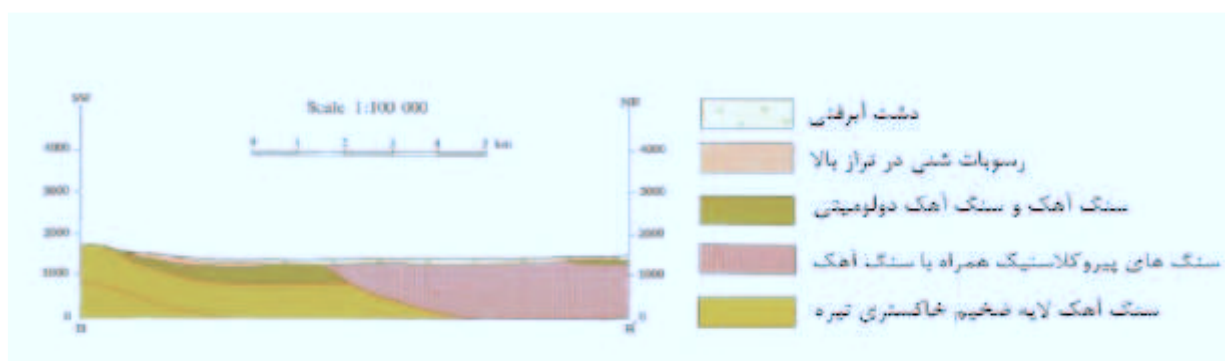
شکل ۳- نقشه کیفیت آبخوان دشت نهاوند برای پارامتر EC



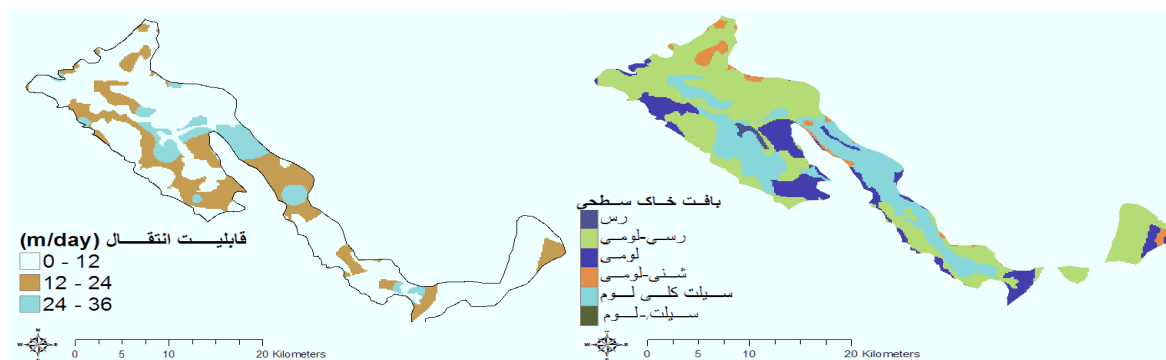
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی آبخوان دشت نهاوند



شکل ۵- نقشه شیب منطقه



شکل ۷- مقطع زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (نقشه زمین‌شناسی نهاوند، سازمان زمین‌شناسی)



شکل ۹- نقشه قابلیت انتقال آبخوان نهبوند

شکل ۸- نقشه بافت خاک سطحی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲- مشخصات مربوط به ایستگاه‌های باران سنجی دشت نهبوند

متوسط بارندگی (mm/year)	دوره آماری (سال)	مختصات جغرافیایی		نام ایستگاه
		Y	X	
۴۵/۱۹	۹	۳۷۷۳۵۶۵	۲۶۰۴۵۹	وراینه
۳۵/۴	۹	۳۸۰۱۵۴۴	۲۴۴۵۰۳	وسج

جدول ۳- ارزش گذاری‌های اولیه انجام شده برای هر یک از لایه‌ها در منطق فازی

بارش (mm)		شیب (درصد)		سطح آب نسبت به سطح زمین (m)	
امتیازدهی	رده‌بندی	امتیازدهی	رده‌بندی	امتیازدهی	رده‌بندی
۱	۴۴<	۱	۰-۲	۱	۳۰<
۲	۴۲-۴۴	۲	۲-۴	۲	۲۵-۳۰
۳	۴۰-۴۲	۳	۴-۶	۳	۲۰-۲۵
۴	۳۸-۴۰	۴	۶-۸	۴	۱۵-۲۰
۵	۳۶-۳۸	۵	۸-۱۰	۵	۱۰-۱۵
۶	۳۵-۳۶	۶	۱۰<	۶	۲/۳-۱۰

کاربری اراضی		قابلیت انتقال (متردر روز)		بافت خاک سطحی	
امتیازدهی	رده‌بندی	امتیازدهی	رده‌بندی	امتیازدهی	رده‌بندی
۱	مرتج درجه یک	۱	۲۵<	۱	شنی-لومی
۲	مرتج درجه دو	۲	۲۰-۲۵	۲	لوم
۳	کشت دیم	۳	۱۵-۲۰	۳	سیلت-لوم
۴	کشت آبی	۴	۱۰-۱۵	۴	سیلت-رسی-لوم
۵	باغات	۵	۵-۱۰	۵	رسی-لومی
۶	مناطق مسکونی	۶	۰-۵	۶	رس

جدول ۴- اطلاعات حاصل از لایه‌های مورد نظر

شیب %	بافت خاک	کاربری اراضی در محدوده آبخوان نهبوند		متوسط سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح زمین برای دوره آماری ۹ ساله	
		درصد مساحت دربرگیرنده آبخوان	درصد مساحت باغات	درصد مساحت دربرگیرنده آبخوان	درصد مساحت دربرگیرنده آبخوان
۰-۲	رس-سیلت	۳۳/۴۸ %	باغات	۵/۶۵ %	۲-۱۴ (m)
۲-۴	شن-ماسه	۶۶/۵۱ %	مرتج درجه ۱	۳۴/۸ %	۱۴-۲۸ (m)
۴-۱۰			مرتج درجه ۲	۱۰/۲۴ %	۲۸-۴۸ (m)

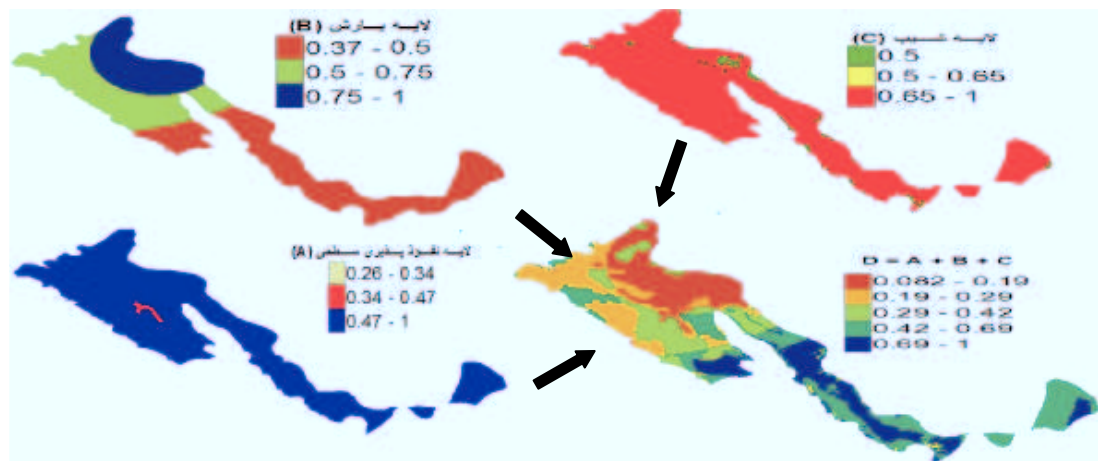
نقاط مسکونی	۱/۲۴٪	۱۰<	۴۱/۹٪
کشت دیم	۳۶/۳۳٪		
کشت آبی	۱۱/۷۴٪		

نظر محدودیتی برای تغذیه مصنوعی آبخوان وجود ندارد. شکل ۵ پهنه بندی شیب منطقه را نشان می‌دهد، از این نظر ۴۱/۹ درصد، دارای شیب بیش از ۱۰ درصد می‌باشند که محدودیت جدی از نظر تغذیه را ایجاد می‌کند (جدول ۴).

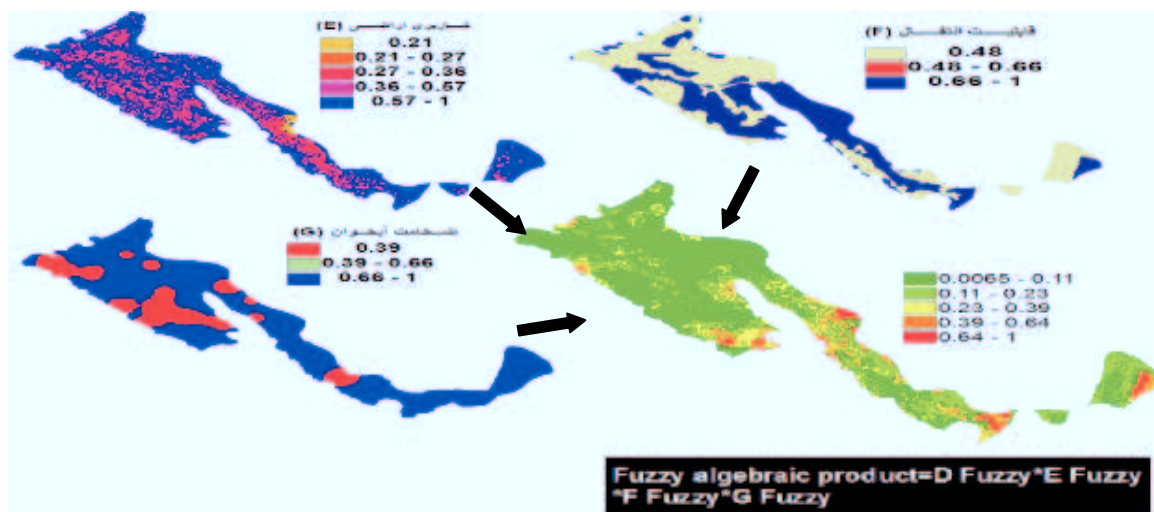
شکل ۱۰ نقشه نهایی محاسبه شده برای تغذیه خالص را نشان می‌دهد که بر اساس آن بیشترین تغذیه خالص دشت در نواحی جنوبی آن اتفاق می‌افتد. در نهایت بررسی نقشه حاصل از محاسبات منطق فازی (شکل ۱۱) نشان داد که ۲/۶۱ درصد اراضی (معادل ۱۱/۹ کیلومتر مربع از مساحت آبخوان) دارای رتبه خیلی خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند (جدول ۵). همچنین ۳/۳۳ درصد (معادل ۱۵/۲۲ کیلومتر مربع از مساحت آبخوان) دارای رتبه خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند. با توجه به نقشه کاربری اراضی دشت و توجه به این مساله که دشت مذکور یک دشت فعال به لحاظ فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد و شغل اکثریت مردم کشاورزی می‌باشد، اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی ممکن است نقض مالکیت خصوصی افراد را به همراه داشته باشد. از این رو استفاده از منطق فازی با توجه به ماهیت این منطق است که ارزش‌گذاری انجام شده در آن مطلقاً صفر و یا مطلقاً یک را در بر نمی‌گیرد و تمامی نواحی دارای یک ارزش (حداقلی یا حداکثری در رابطه با ویژگی مورد نظر است و در نتیجه از دقت بالاتری برخوردار است، می‌تواند مفید باشد. از طرفی با توجه به افت سطح ایستابی و نیاز در جهت جبران این کاهش، از مناطق مختلفی که با رتبه بندی خاصی مشخص شده اند در این مبحث استفاده بهینه کرد و محدودیت انتخاب را تا حد زیادی کاهش داد.

کسری مخزن آب زیر زمینی دشت نهاوند نشان دهنده این است که میزان برداشت آب زیر زمینی بسیار بیشتر از میزان آبی بوده که دشت را تغذیه نموده است، بنابراین تغذیه طبیعی سفره در اثر بارش و جریان‌های سیلابی کافی نبوده است. به عبارت دیگر کاهش حجم مخزن در فصل برداشت در هر سال آبی به وسیله عوامل مختلف تغذیه در همان سال جبران نشده که علت آن در کنار توجه به زیاد شدن تعداد چاه‌های عمیق، بروز خشکسالی و تشدید آن خصوصاً در سه ساله (۸۰-۱۳۷۷)، برداشت‌های بیش از حد از چاه‌های عمیق کشاورزی به علت خشک شدن رودخانه‌های فصلی و قنوت و چشمه‌ها و وقوع خشکسالی متوسط در منطقه حوضه کرخه بوده است. با توجه به شکل ۴ جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب شرقی به شمال غربی است که این جریان با شیب غالب منطقه (شکل ۲) مطابقت دارد.

از منظر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل باغات، اراضی شهری، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مراتع پست و مرتفع می‌باشد. جدول ۴ درصد اراضی را به تفکیک نوع کاربری نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد کشت دیم (با ۳۶/۳۳ درصد اراضی) بیشترین سطح آبخوان را به خود اختصاص داده است و پس از آن مراتع و کشت آبی بیشترین سطح را در اختیار دارند. در مجموع با توجه به شرایط و درصد پراکنش عوارض، مناطق مساعد برای اجرای تغذیه مصنوعی در آبخوان نهاوند، به مراتع اختصاص یافت. همچنین از نظر نوع بافت خاک، بیشتر سطح دشت را خاک‌های دارای بافت شن- ماسه (۶۶/۵۱ درصد اراضی) در بر می‌گیرد (جدول ۴). بررسی نقشه کیفیت آبخوان (شکل ۳)، نشان می‌دهد که محدوده تغییرات EC در کلیه مناطق دارای مقادیری کمتر از ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد و از این



شکل ۱۰- نقشه تغذیه خالص محاسبه شده براساس منطق فازی



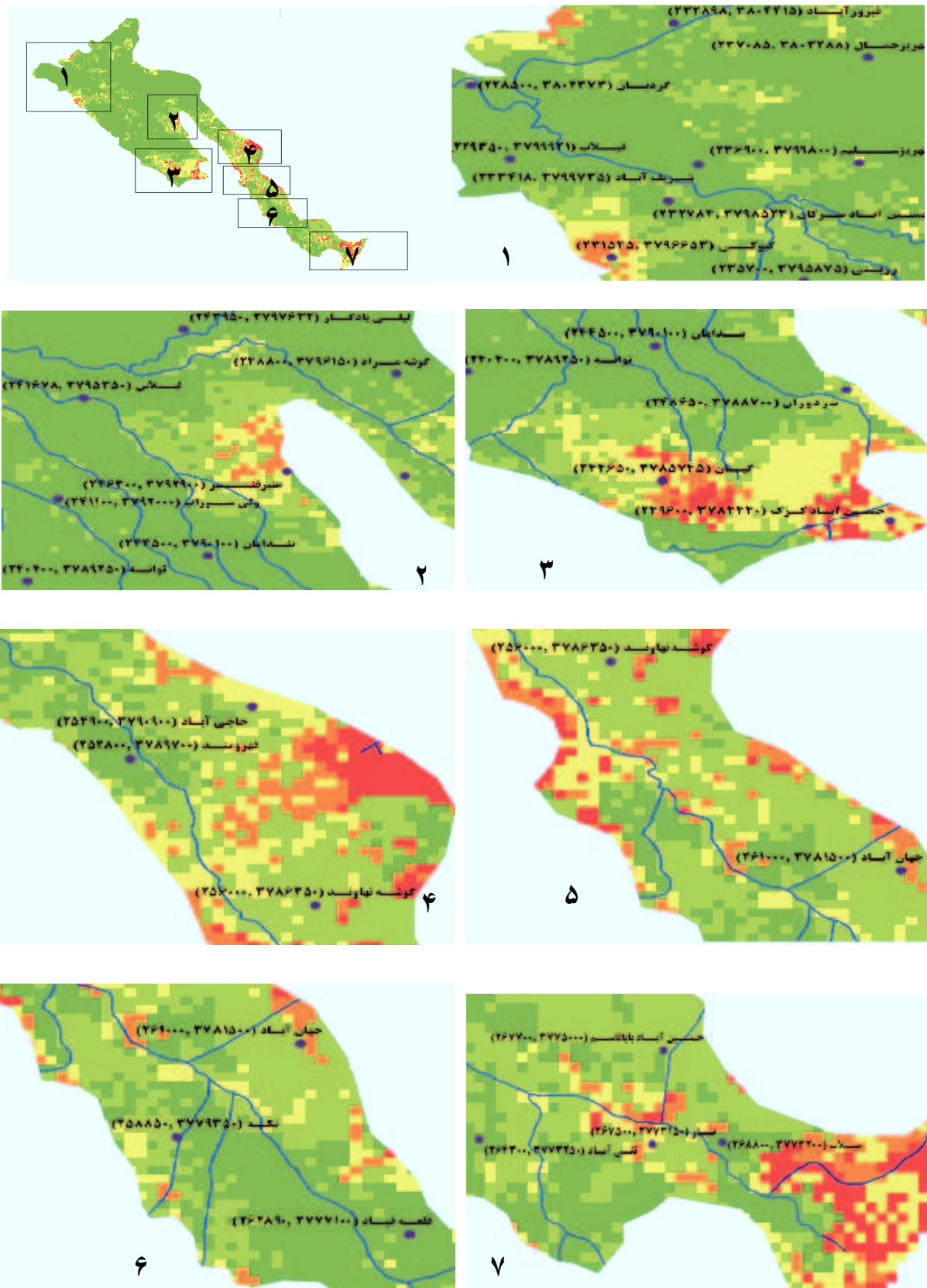
شکل ۱۱- نقشه استعداد اراضی محاسبه شده نهایی بر اساس منطق ضرب جبری فازی

جدول ۵- نتایج حاصل از بررسی نقشه محاسبه شده با منطق فازی

رتبه در نظر گرفته شده	ارزش داده شده در محاسبات	درصد در بر گیرنده آبخوان	مساحت معادل
خیلی بد	۰/۱۱ - ۰/۰۶۵	۷/۰۹	۳۲/۴۲
بد	۰/۲۳ - ۰/۱۱	۸۱/۶۹	۳۷۳/۳۳
متوسط	۰/۳۹ - ۰/۲۳	۵/۲۸	۲۴/۱۳
خوب	۰/۶۴ - ۰/۳۹	۳/۳۳	۱۵/۲۲
خیلی خوب	۱ - ۰/۶۴	۲/۶۱	۱۱/۹

ناحیه تقسیم شد (شکل ۱۲). سپس هر ناحیه به طور جداگانه از نظر فاصله تقریبی تا منبع آبی (چاه نخلیه و رودخانه‌های دائمی) و مختصات نقاط موجود بررسی شد (جدول ۶).

در نهایت به منظور تعیین مکان دقیق تر و کاربردی تر نواحی مساعد، آبخوان مورد مطالعه براساس نقاط ارزش گذاری شده با رتبه خوب و خیلی خوب (نواحی مشخص شده با رنگ قرمز و نارنجی در شکل ۱۱) به ۷



شکل ۱۲-۷ ناحیه طبقه بندی شده در آبخوان مورد مطالعه

فازی، به صورت پراکنده در قسمت‌های مرکزی، جنوبی و شمال دشت گسترده شده‌اند و عمدتاً در نوار حاشیهای

نتیجه گیری

نواحی مساعد مشخص شده با استفاده از منطق

ارتفاعات حاشیه دشت از آهک های مرمری شده و سنگ های آذرین تشکیل شده است. از بین این تشکیلات آهک هایی کریستالی که به صورت آهک های توده ای هستند مهمترین عامل تغذیه سفره آبدار می باشند و تغذیه سفره به صورت طبیعی در این نواحی انجام می گیرد، این مساله می تواند سهولت اجرای طرح از منظر کاربری اراضی را نیز به همراه داشته باشد.

آبخوان قرار گرفته اند. علت این امر می تواند ناشی از این باشد که آبخوان دشت نهاوند علاوه بر تغذیه مستقیم از ریزش های جوی و منابع آب های سطحی، از تشکیلات زمین شناسی حاشیه نیز تغذیه می نماید (شرکت آب- منطقه ای همدان، ۱۳۹۱) و در مناطق جنوبی دشت میزان تغذیه خالص بیشتر می باشد (لذا در ارزش گذاری انجام شده سهم بیشتری داشته است). تشکیلات زمین شناسی

جدول ۶- نتایج حاصل از بررسی ناحیه مورد مطالعه بر اساس نزدیکی به چاه های تخلیه

مختصات جغرافیایی (utm)		نام محل	فاصله تقریبی تا منبع آبی (کیلومتر)	نسبت به رودخانه های دائمی	ناحیه
y	x		نسبت به چاه نخلیه		
۳۸۰۴۴۱۵	۲۳۲۸۹۸	فیروز آباد	۲/۰۸	۱/۵۳	۱
۳۸۰۲۳۷۳	۲۲۸۵۰۰	گردیان	۲/۳۵	۰/۲۴	
۳۷۹۶۶۵۳	۲۳۱۵۴۵	گیوکی	واقع در محل	۳/۲۰	
۳۷۹۸۵۲۳	۲۳۲۷۸۴	حسین آباد سرکان	۱/۵۲	۰/۷۷	۲
۳۷۹۲۹۰۰	۲۴۶۳۰۰	عنبر قنبر	واقع در محل	۱/۳۶	
۳۷۸۵۷۴۵	۲۴۴۶۵۰	گیان	واقع در محل	۰/۸۴	۳
۳۷۸۸۷۰۰	۲۴۸۶۵۰	سردوران	واقع در محل	۰/۳۶	
۳۷۸۴۴۴۰	۲۴۹۶۰۰	حسین آباد کرک	واقع در محل	۰/۵۴	
۳۷۹۰۹۰۰	۲۵۴۹۰۰	حاجی آباد	۱/۰۳	۲/۱۸	۴
۳۷۸۹۷۰۰	۲۵۲۸۰۰	فهرمند	۲/۳	۰/۱۷	
۳۷۸۶۳۵۰	۲۵۶۰۰۰	گوشه نهاوند	۱/۵	۱/۴	
۳۷۸۱۵۰۰	۲۶۱۰۰۰	جهان آباد	واقع در محل	۰/۸۴	۵
۳۷۷۹۳۵۰	۲۵۸۸۵۰	تکه	۰/۶	۰/۰۷	
۳۷۷۳۲۰۰	۲۶۸۸۰۰	میلاب	۰/۷۵	۰/۳	۷
۳۷۷۳۱۵۰	۲۶۷۵۰۰	نثار	واقع در محل	۰/۴۲	
۳۷۷۵۰۰۰	۲۶۷۷۰۰	حسین آباد بابا قاسم	۰/۹۵	۰/۱۳	
۳۷۷۷۱۰۰	۲۶۲۸۹۰	قلعه قباد	۲/۴۸	۱/۰۵۳	

نهاوند در حال اجرا می باشد اما با توجه به موارد گفته شده نیاز به ارائه راه کارهای مدیریتی بیشتری از جمله اجرای طرح های تغذیه آبخوان در دشت مذکور وجود دارد. از جمله راه کارهای عملی به منظور اجرای طرح تغذیه مصنوعی در مناطق مشخص شده در بالا، تبدیل چاه های آبد به چاه های تغذیه یا ASR می باشد. چاه های ذخیره و برداشت آب آبخوان (ASR) ترکیبی از چاه های تغذیه و برداشت بوده و معمولاً برای ذخیره فصلی، درازمدت، یا فوریت ها طراحی می شوند. از این چاه ها برای تغذیه و ذخیره فصلی و یا دراز مدت استفاده می شود و در هنگام نیاز به آب، پمپاژ می شوند (بلدرايو، ۲۰۰۱).

در مجموع بررسی جداول و نقشه ها نشان می دهد که اگر وضعیت تغذیه و تخلیه آبخوان به همین منوال ادامه یابد، وضعیت دشت نهاوند نیز همانند سایر دشت های استان بحرانی شده و در نتیجه بایستی شاهد پدیده های ناگوار مانند نشست زمین، فروچاله ها و از دست رفتن کیفیت منابع آب زیرزمینی باشیم. اگرچه طرح های تعادل بخشی شامل ساماندهی شرکت های حفاری، استقرار گروه های گشت و بازرسی برای مبارزه با چاه های غیر مجاز و یا چاه هایی که دارای اضافه برداشت می باشند، نصب کنتور هوشمند آب و برق و اطلاع رسانی به بهره بردارن آب زیر زمینی به وسیله ی شرکت آب منطقه ای

تقریبی تا منبع آبی (چاه نخلیه و رودخانه‌های دائمی) مشخص شد، که در مجموع در کل محدوده آبخوان ۱۷ نقطه مساعد تعیین شد (جدول ۶).

امروزه توصیه به استفاده از این‌گونه چاه‌ها در امر تغذیه مصنوعی روبه افزایش است. بر این اساس نقشه نهایی محاسبه شده به ۷ ناحیه دسته بندی شد (شکل ۱۲) و در هر ناحیه مناسب ترین نقاط بر اساس نزدیک‌ترین فاصله

فهرست منابع:

1. Alizadeh, M. 2010. Principles of applied hydrology, Astan Quds Razavi. Mashhad. PP: 870.
2. Al Sheikh, A., M. Soltani and H. Helali. 2002. Application of GIS in the feasibility Performance of flood spreading sites, Geographical Research. 17 (4): 23-38.
3. Anonymous. 2011. Annual Report Hamedan Regional Water Company. www.hmrw.ir.
4. Aronov, A. 1996. Geographic information systems (translation), National Cartographic Center, Iran. PP: 213.
5. Bell drive, A. 2001. Standard Guidelines for Artificial recharge of groundwater (translation). American Society of civil Engineers, Virginia. Translation by Energy Ministry of Iran. PP: 161.
6. Ghermezcheshmeh, B., 2000. Study of the Quaternary deposits for the feasibility Performance of flood spreading sites, case study of the North East Esfahan. Msc. Thesis. Tehran University. Tehran, Iran. (In Farsi).
7. Hekmatpoor, M., S. Feiznia., H. Ahmadi and A. Khalilpour. 2007. Classification suitable areas for artificial recharge in Varamin plain by using GIS and The decision support system (DSS), Environmental Studies. 33 (42): 1-8.
8. Mahdavi, A., M. Emamzadee., R. Mahdavi najafabadi and H. Tabatabai. 2011. The feasibility Performance of ground water artificial recharge by using fuzzy method at shahrekord basin. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science), 15(56): 63-76.
9. Mahrooz moghanlo, K., S. Faiznia., G. Ghayomian and H. Ahmadi. 2005. Study of the Quaternary deposits for the feasibility Performance of flood spreading sites by using RS and GIS (case study: Tasouj basin), Range and Desert Research, 12(4): 437-467.
10. Mohebzadeh, H., H. Banejad., M. Ghobadi and M. Heydari. 2011. Numerical simulation of ground water Nahavand aquifer, The 4th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iran, 13 and 14 May. Amir Kabir University. (In Farsi).
11. Naseri, H., M. Azizkhani and S. Maknoni. 2009. Combination the method of Multi-criteria decision and Geographical information system for the feasibility Performance of flood spreading sites (case study: Chah deraz - Sirjan basin), Iranian Journal of Geology, 3(10): 97-105.
12. Ramezani mehrian, M., B. Malek Mohammadi., H. Jafari and Y. Rafiee. 2011. The feasibility Performance of ground water artificial recharge by using the method of multi-criteria decision method and GIS (Case Study: Hormozgan province, Shamil ana Ashkara plain), Iranian Engineering and Watershed, 5 (14): 1-10.
13. Sedaghat, M. 2008. Land and water resources (groundwater), Payame Noor University, Tehran. PP: 368.
14. Zahtabian, GH., S. Alavi Panah and H. Hamedpanah. 2002. Evaluate the performance of different models in the feasibility Performance of flood spreading sites (Case Study: Toghrod Qom Basin), Desert Magazine. 7 (1): 19-29.

15. Chenini, I., A. Ben Mammou and M. ElMay. 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.
16. Chowdhury, A., K. Jha and V. M. Chowdary. 2010. Delineation of ground-water recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS & GIS and MCDM techniques. *Environmental Earth Science*. 59: 1209–1222.
17. Graeme, A. and G. F. Bonham-Carter. 1996. *Geographic Information System for Geoscientists*. Pergamon Publication, New York. 9: 267-302.
18. Kattaa, B., W. Al-Fares and A. R. AlCharideh. 2010. Groundwater vulnerability assessment for the Banyas Catchment of the Syrian coastal area using GIS and the RISKE method. *Environmental Management*. 91: 1103–1110.
19. Krishnamurthy, J. 1996. An approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographical information system. *Remote Sensing*. 17 (10): 1867-1884.
20. Malczewski, J. 2006. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *Applied Earth Observation and Geoinformation*. 8: 270–277.
21. O'Hare, M. P., D. M. Fairchild., P. A. Hajali and L. W. Canter. 1986. *Artificial Recharge of Groundwater*. Lewis Publishers, Chelsea, MI. United States, Update Date: 2008 Feb 07, PP: 419.
22. Piscopo, G. 2001. Groundwater vulnerability map. Explanatory notes, castlereagh Catchment, NSW. Department of Land and Water Conservation Ausrralia, Foundat: http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/water/groundwater/reports/pdfs/castlereagh_map_notes.pdf
23. Raj Pathak, D and A. Hiratsuka. 2011. An integrated GIS based fuzzy pattern recognition model to compute groundwater vulnerability index for decision making. *Hydro-environment Research*. 5: 63-77.