مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و خروجی‌های مدل شبیه سازی شده آب زیرزمینی دشت گوهرکوه خاش

عبدالباسط هلال‌بیکی*، ضیاءالدین ایدی**

* کارشناس ارشد مهندسی آب، شرکت مهندسین مشاور سامان‌سدرود

** کارشناس ارشد مهندسی آب، شرکت مهندسین مشاور سامان‌سدرود

چکیده

تغذیه سفره آب زیرزمینی از مهمترین راه‌های استفاده بهینه و طولانی مدت از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. مدیریت آبی یکپارچه، ذخیره و برداشت فصلی آب، افزایش تولید رشته چاه‌ها، بالا آوردن سطح آب، کاهش هزینه پمپاژ، حفاظت و برگرداندن جریان‌های سطحی و کنترل سیلاب از جمله فواید تغذیه مصنوعی به شمار می‌آیند. با وجود پیشرفت‌های حاصل شده در طراحی و اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در کشور، بخصوص در سال‌های اخیر، همچنان عدم وجود استانداردی جامع در مکانیابی مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و تعداد و نوع فاکتورهای مهم و اولویت آنها در تعیین نهایی این مناطق، از جمله کمبودهای این بخش به حساب می‌آید.

افت مستمر سطح آب زیرزمینی منجر به کسری مخزن و منفی شدن بیلان آب زیرزمینی آبخوان گوهرکوه واقع در شهرستان خاش استان سیستان و بلوچستان شده و بر اساس مطالعات انجام گرفته با کسری مخزن متوسط سالیانه حدود ۱۲/۴ میلیون متر مکعب مواجه گردیده است. در این مقاله سعی شده با توجه به مطالعات جامع صورت گرفته، کلیه پارامترهای دخیل در تغذیه مصنوعی از جمله نفوذپذیری آبخوان، عمق برخورد به آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، شیب زمین، کیفیت آب زیرزمینی، تراکم شبکه زهکشی دشت، موقعیت چاه‌های بهره برداری، جهت جریان آب زیرزمینی، کاربری اراضی، نزدیکی به روستا و جاده و تلاقی با مناطق گسلی و قنوات با ساخت لایه اطلاعاتی هر کدام در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل شبیه سازی شده آب زیرزمینی به دقت بررسی و تعیین گردند. با ساخت ۱۱ لایه اطلاعاتی مربوط به پارامترهای ذکر شده و رتبه بندی آنها و کلاسه بندی مقادیر مختلف از هر پارامتر، در نهایت با تلفیق این لایه‌ها، مستعدترین نقاط جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در سطح دشت گوهرکوه شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند.

کلمات کلیدی: تغذیه مصنوعی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل آب زیرزمینی، نقشه رستر

Locating site-specific artificial-recharge by integrating GIS and outputs of groundwater model in Gouharkouh-Khash plain

A. Helalbeyki and Z. Aidi***

, M.Sc.(Water Engineering), Samansadroud Co. Eng.*

Abstract

Artificial-recharge is one of the most important ways to have optimum and long-term use of groundwater resources. Integrated water management, seasonal reserving and using, increasing well's production and water level, reducing pumping costs, keeping and reusing surface water and flood control are some of the benefits of artificial-recharge. Taking into account latest improvement and implementation of artificial-recharge projects throughout the state, especial in recent years, meanwhile having to comprehensive standards for Locating site-specific for such projects and number and type of important factors and their priority for determining such areas, are some of obstacles in this way.

Continuous decrease in water level has led to negative balance in groundwater reservoir of Gouharkouh(Khash, Iran) and based on conducted researches the resource is faced with 12.4MCM annual shortages. Annual decrease of water level in this aquifer in a 5 years period was about 57cm. This article tries to determine all parameters affecting on artificial-recharge including permeability of aquifer, depth of groundwater, thickness of alluvium, surface slope, quality of groundwater, intensity of drainage network, location of production wells, direction of groundwater stream, landuse, vicinity to villages and roads, confliction with faults and qanats. The data layers will be create in GIS and groundwater model exactly and in details. After creating 11 data layers and ranking parameters and classifying different amounts of each parameter, finally through combining these layers, we managed to prioritize most suitable areas for implementing the artificial-recharge projects in Gouharkouh-Khash aquifer.

مقدمه

وارد کردن آب به داخل یک سازند نفوذپذیر در صورتی امکان پذیر است که منابعی با کمیت و کیفیت مناسب در دسترس باشند. بنابراین، در مطالعه یک طرح تغذیه مصنوعی، باید در مرحله اول شرایط هیدرولوژیکی، هیدروژئولوژیکی و مشخصات منبع تغذیه مورد بررسی قرار گیرد. رژیم آبهای موجود ممکن است نسبتاً منظم(رودخانه‌های دارای رژیم تنظیم شده) یا دارای نوسان‌های فصلی مشخص یا متناوب باشند. تفاوت بین رژیم منبع تغذیه و رژیم مورد تقاضا، عامل بسیار مهمی می‌باشد که در ارتباط با ظرفیت تنظیم کنندگی مخزن طبیعی تغذیه شونده و شرایط انتقال آب بین نقطه تغذیه و برداشت، در نظر گرفته می‌شود. نکته مهم در این مسئله، وجود آب سطحی مازاد حاصل از سیلاب‌ها می‌باشد.

عملیات تغذیه مصنوعی را می‌توان«مدیریت منطقی آبهای سطحی» نامید که عبارت است از خارج کردن این آبها از جریان طبیعی خود و وارد کردن آنها به داخل زمین به منظور استفاده‌های بهینه بعدی از این منابع. اجرای طرحهای تغذیه مصنوعی بواسطه دارا بودن ظرفیت ذخیره سازی بالا، کم بودن تبخیر و تلفات آب، عدم نیاز به زمین وسیع و سرمایه گذاری اندک نسبت به راه حل‌های دیگر دارای برتری می‌باشند. طرح‌های جدید تغذیه مصنوعی به روش متداول امروزی از سال ۱۳۵۰ بطور آزمایشی اجرا شده و توسعه یافته که نتایج مثبتی را ببار آورده است.

به منظور اینکه یک پروژه تغذیه مصنوعی از کارایی بالایی برخوردار باشد، لازم است نفوذپذیری آبخوان، عمق برخورد به آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، شیب زمین، کیفیت آب زیرزمینی، تراکم شبکه زهکشی دشت، موقعیت چاه‌های بهره‌برداری، جهت جریان آب زیر زمینی، کاربری اراضی، نزدیکی به روستا و جاده و تلاقی با مناطق گسلی و قنوات به دقت بررسی و تعیین گردد.

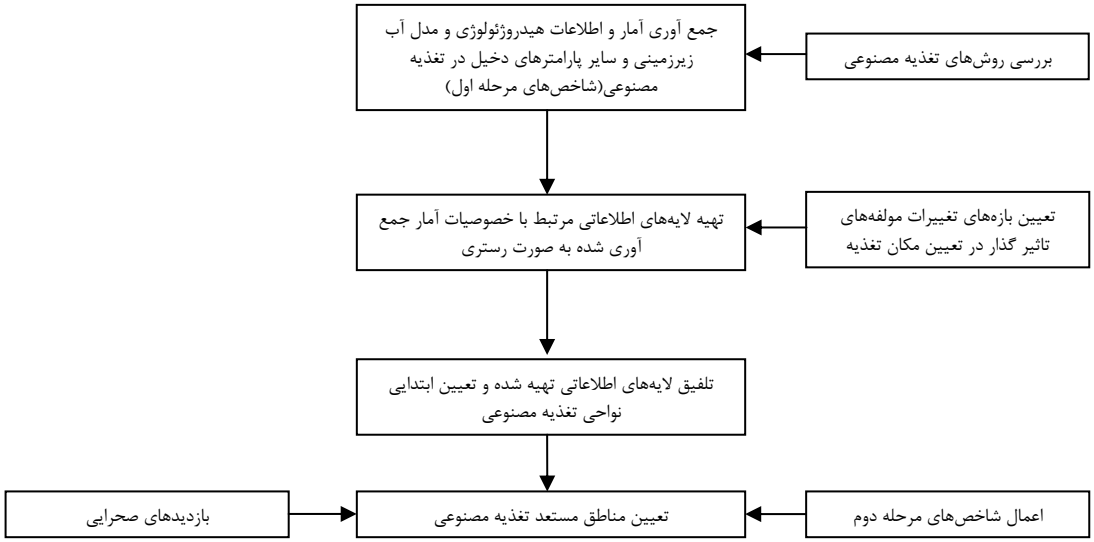
کارآیی این گونه طرح‌ها متأثر از شرایط اقلیمی و دیگر پارامترهای موجود در منطقه می‌باشد. هرچند که تحقیقات جامعی در رابطه با عملکرد این گونه طرح‌ها در ایران در شرایط اقلیمی متفاوت به عمل نیامده ولی در مواردی ابعاد خاصی از این طرحها در بعضی مناطق مورد ارزیابی قرار گرفته است. عموماً بررسی تراز سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب در محدوده عرصه‌های تغذیه مصنوعی و نواحی مجاور آن بیانگر این است که طرح‌های مذکور سبب بهبود این فاکتورها در آب زیرزمینی می‌شوند[مقدس و همکاران، ۱۳۸۵]. البته این امر در رابطه با کمیت آب زیرزمینی طبیعتاً باید این گونه باشد اما در رابطه با کیفیت آب زیرزمینی این امر ممکن است صحت نداشته باشد و بررسی‌ها نشان داده که در برخی طرح‌ها، کاهش کیفیت آب زیرزمینی و افزایش غلظت عناصر در آب زیرزمینی مشاهده شده است(طرح تغذیه مصنوعی جاشک-آبدان استان بوشهر) [کلانتری و رحمانی، ۱۳۷۸].

در این مقاله بعد از معرفی نحوه کار، با توجه به شرایط محلی دشت گوهرکوه و فاکتورهای تاثیر گذار در روش‌های مختلف تغذیه مصنوعی، مناسب‌ترین روش‌های تغذیه مصنوعی در دشت گوهرکوه انتخاب می‌شوند. سپس منطقه مورد مطالعه که در محیط GIS[1] به شبکه‌های ۱۰۰ متری تقسیم بندی شده است، از لحاظ تطابق با نیازهای سیستم‌های مختلف تغذیه مصنوعی امتیازدهی می‌شود. برخی فاکتورهای موثر در تغذیه مصنوعی از جمله نفوذپذیری و عمق دسترسی به آب زیرزمینی و جهت جریان آب زیرزمینی از مدل شبیه سازی شده آب زیرزمینی دشت گوهرکوه استخراج شده‌اند. نهایتاً نقشه ای بدست می‌آید که مناطق مناسب جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی را مشخص می‌نماید. این مناطق بعد از غربالگری با استفاده از فاکتورهای موثر در تغذیه مصنوعی اولویت بندی می‌شوند.

[1] Geographic Information System

روش کار

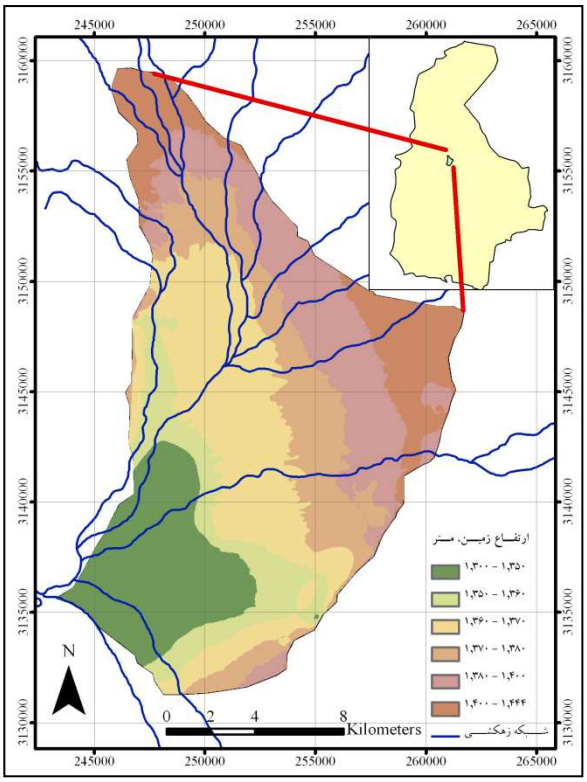
با توجه به اینکه تعیین مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی آبخوان‌های دارای افت شدید، اهمیت قابل توجهی در توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی دارد، لذا تدقیق مناطقی با قابلیت بالا جهت وارد نمودن مقادیر قابل توجهی از منابع آب سطحی در اولویت قرار دارد[محمدرضاپورطبری و همکاران، ۱۳۸۷]. در این راستا جهت انجام مطالعات، روند نشان داده شده در شکل ۱ پیگیری شده است.



شکل ۱) مراحل تعیین مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی آبخوان گوهرکوه

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد شبیه سازی مدل آب زیرزمینی، منطبق بر محدوده آبخوان دشت گوهر کوه و با وسعت حدود ۳۰۳۵۳۷۵۰۰ متر مربع می‌باشد که در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض ۲۸ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی واقع است. محدوده مورد مطالعه، شبکه زهکشی دشت و حدود ارتفاعی آن در محیط GIS در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲) موقعیت محدوده مطالعاتی گوهر کوه در استان سیستان و بلوچستان، شبکه زهکشی و حدود ارتفاعی آن

در حوضه گوهرگوه تعداد زیادی رودخانه و مسیل از جمله رودخانه قلعه بید وجود دارد که جهت جریان آن از شمال به جنوب می‌باشد، سایر مسیلها عبارتند از گزانیتر، کلتنگی، پادوگی و تودلینگ. کلیه جریانهای سطحی موجود در منطقه گوهرکوه از بخش جنوب غربی حوضه آبریز از دره‌ای واقع در جنوب کوه در محمود خارج می‌شود که در نهایت رودخانه کاواری را تشکیل داده، این رودخانه پس از پیوستن به رودخانه شور وارد کویر لوت می‌گردد. جریانهای زیرزمینی نیز به همین صورت زهکشی شده و از دره مذکور خارج می‌گردند. طبق مطالعات هیدرولوژی انجام شده کل رواناب سالانه جاری شده در حوضه حدود ۹ میلیون متر مکعب(رواناب حوضه قلعه‌بید نیز وارد این حوضه می‌شود که لحاظ شده است) می‌باشد(البته ۱۵ درصد از این مقدار مستقیماً وارد آبهای زیرزمینی می‌شود). وجود شوره زار در انتهای دشت، رواناب حاصله از بارش را هدر می‌دهد و این امر لزوم اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی را در دشت گوهرکوه دوچندان می‌کند.

اولویت بندی پارامترهای دخیل در تغذیه مصنوعی

فاکتورها و عوامل موثر در مکانیابی نقاط مناسب جهت تغذیه مصنوعی به صورت جدول زیر و بر اساس اولویت به ترتیب مشخص شده اند:

جدول ۱) پارامترهای دخیل در مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی دشت گوهرکوه

اولویت	پارامتر
۱	نفوذپذیری
۲	عمق برخورد به آب زیرزمینی
۳	ضخامت آبرفت
۴	شیب زمین
۵	کیفیت آب زیرزمینی
۶	تراکم شبکه زهکشی
۷	موقعیت چاه‌های بهره برداری
۸	جهت جریان آب زیر زمینی
۹	کاربری اراضی
۱۰	نزدیکی به روستا و جاده
۱۱	مناطق گسلی و قنوات

از این عوامل، فاکتورهای شماره ۱ تا ۷ به عنوان شاخص‌های مرحله اول مواردی می‌باشند که هر کدام دارای یک لایه اطلاعاتی به فرمت نقشه‌های رستری در محیط GIS می‌باشند. نقشه‌های رستری ساخته شده دارای پیکسل‌های به اندازه ۱۰۰*۱۰۰ متری می‌باشند.

موارد شماره ۸ تا ۱۱ نیز شاخص‌های مرحله دوم می‌باشندکه بعد از تعیین ابتدایی نواحی مستعد تغذیه با استفاده از شاخص‌های مرحله اول، جهت غربالگری گزینه‌های بدست آمده و محدود تر نمودن انتخاب‌ها بکار برده می‌شوند. این شاخص‌ها فاقد لایه رستری می‌باشند.

تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی سفره آب‌های زیرمینی با تکیه بر مطالعات صحرایی، با توجه به حجم زیاد لایه‌های اطلاعاتی و لزوم تلفیق آنها(در قالب مدل‌های مختلف) مبتنی بر روش‌های سنتی دشوار بوده ضمن آنکه نیاز به زمان طولانی دارد. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه و تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی را با دقت و سرعت لازم ممکن می‌سازد. در این مطالعه از نرم افزار ArcGIS9.2 جهت تهیه و تلفیق لایه‌ها استفاده شده است. همچنین جهت تعیین برخی فاکتورها از جمله نفوذپذیری، عمق برخورد به آب زیرزمینی و جهت جریان آب زیرزمینی مدل آب زیرزمینی آبخوان گوهرکوه با استفاده از مدل GMS[۲]6.5 تهیه شده است.

تعیین روش‌های مناسب تغذیه مصنوعی در دشت گوهرکوه

بر حسب نوع نیازها، ویژگی‌های جغرافیایی و نوع نحوه استقرار تاسیسات تغذیه و برداشت و نیز بخش‌های وابسته به آنها(سیستم‌های انتقال آب)، طرح‌های تغذیه مصنوعی و طرز کار آنها بسیار متغیر می‌باشد. با توجه به اینکه هر طرح تغذیه مصنوعی از یک سیستم آبدار که در واقع محل اتکای آن است و یک منبع تغذیه و تاسیسات مربوط به آن تشکیل می‌شود، واضح است که ابعاد این طرح‌ها تا چه اندازه می‌تواند متغیر باشد. شرایط استفاده از تغذیه مصنوعی شامل شرایط هیدرولوژیکی، هیدروژئولوژیکی، و شرایط هیدرودینامیک(علاوه بر نیازها و شرایط اقتصادی) در برآورد ابعاد این طرح‌ها بسیار تعیین کننده می‌باشد.

با توجه به اینکه امکان استفاده از روش‌های مختلف تغذیه مصنوعی در یک منطقه وجود ندارد لازم است میزان کاربری هر یک از روش‌ها برای شرایط طبیعی و جغرافیایی خاص و برای رودخانه‌هایی با رژیم هیدرولوژی متفاوت مورد بررسی قرار گیرد و سپس با توجه به مشخصات هر منطقه، روش مناسب اتخاذ گردد[محمدرضاپورطبری و همکاران، ۱۳۸۷]. در این راستا

[2] Grounawater Modeling System

روش‌های مختلف تغذیه مصنوعی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از جدول ۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد. طبق نتیجه حاصل شده از جدول دو روش احداث سد تغذیه ای و سیستم‌های پخش سیلاب از اولویت برخوردار می‌باشند.

جدول ۲) امکان اجرای انواع روش‌های تغذیه مصنوعی در دشت گوهرکوه

نوع روش		توضیحات	امکان استفاده
سطحی	احداث سد تغذیه‌ای	با توجه به خصوصیات هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی ناحیه به نظر می‌رسد که این روش در منطقه قابل اجرا می‌باشد.	وجود دارد.
	تغذیه گودالی	بدلیل عدم وجود شرایط خاص این روش، تغذیه آب زیرزمینی با این روش در دشت گوهرکوه امکان ندارد.	وجود ندارد.
	نهری یا شیاری	این روش برای مناطق ناهموار که امکان ایجاد حوضچه تغذیه مصنوعی وجود نداشته باشد و همچنین آب نسبتاً صاف دارند، استفاده می‌گردد.	وجود ندارد.
	پخش سیلاب	با توجه به نفوذپذیری مناسب دشت که در ادامه ذکر خواهد شد می‌توان از این روش استفاده بعمل آورد.	وجود دارد.
زیرزمینی	سد زیرزمینی	در دشت گوهرکوه ضخامت آبرفت در مناطق مستعد تغذیه مصنوعی بالا می‌باشد که اجرای دیوار آببند با این ارتفاع هزینه بسیار بالایی را به بار خواهد آورد.	وجود ندارد.
	تغذیه القایی	این روش در مناطقی که بخش اشباع سفره آب زیرزمینی، ارتباط هیدرولیکی مستقیم با رودخانه داشته، عملی می‌باشد در حالیکه در دشت گوهر کوه فاصله سطح زمین تا سطح آب زیرزمینی زیاد می‌باشد، بنابراین روش تغذیه القایی برای دشت گوهرکوه کاربرد ندارد.	وجود ندارد.
	چاه‌های تزریق	این روش نیازمند به تصفیه خانه(برای گرفتن مواد جامد آب)، کلر زنی(برای از بین بردن مواد بیولوژیکی و جلوگیری از مسدود شدن اسکرین‌های چاه) و افراد فنی می‌باشد که هزینه‌های آن بیش از سایر انواع تغذیه می‌باشد ضمناً این روش بیشتر برای سفره‌های تحت فشار استفاده می‌گرد. در دشت گوهرکوه به دلیل وجود سفره‌های آب زیرزمینی آزاد و وجود رسوب زیاد در آب‌های سطحی این روش مناسب نمی‌باشد.	وجود ندارد.

مکانیابی مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی در دشت گوهرکوه

در ادامه نحوه تولید لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز جهت مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در دشت گوهرکوه به ترتیب اولویت مورد بحث قرار می‌گیرد.

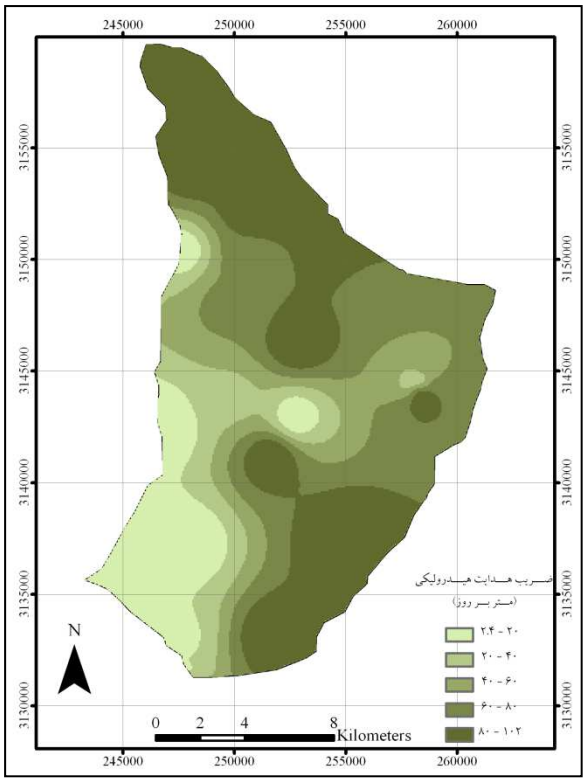
- نفوذپذیری

جهت بررسی نفوذپذیری نقاط مختلف آبخوان از ضریب هدایت هیدرولیکی استفاده می‌شود. این ضریب قبلاً با مدلسازی آبخوان در محیط مدل آب زیرزمینی GMS6.5 محاسبه شده است.

آزمایشات پمپاژ چاههای اکتشافی دشت گوهرکوه و قلعه بید عمدتا به منظور پیداکردن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، ضرایب افت در چاه، دبی ویژه و دبی مجاز بهره برداری طی سالهای ۱۳۵۱ و ۱۳۶۵ جمعا بر روی ۱۸ حلقه چاه بعمل آمده است.

با حذف داده‌های غیر قابل اعتماد در نهایت میزان ضریب هدایت هیدرولیکی در هفت نقطه از آبخوان جهت استفاده در مدل آب زیرزمینی آماده گردید. بعد از آماده سازی مدل ماندگار دشت و استفاده از مدل معکوس PEST و انجام عملیات کالیبراسیون، مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی در کل دشت محاسبه گردید. واضح است که مناطق با نفوذپذیری بیشتر جهت تغذیه آب زیرزمینی مناسب‌تر می‌باشند.

مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی آبخوان از محیط GMS به محیط نرم افزار GIS انتقال داده شد و جهت استفاده از آن در عملیات مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی به فایل رستری با اندازه پیکسل ۱۰۰ متر تبدیل شد(شکل ۳).

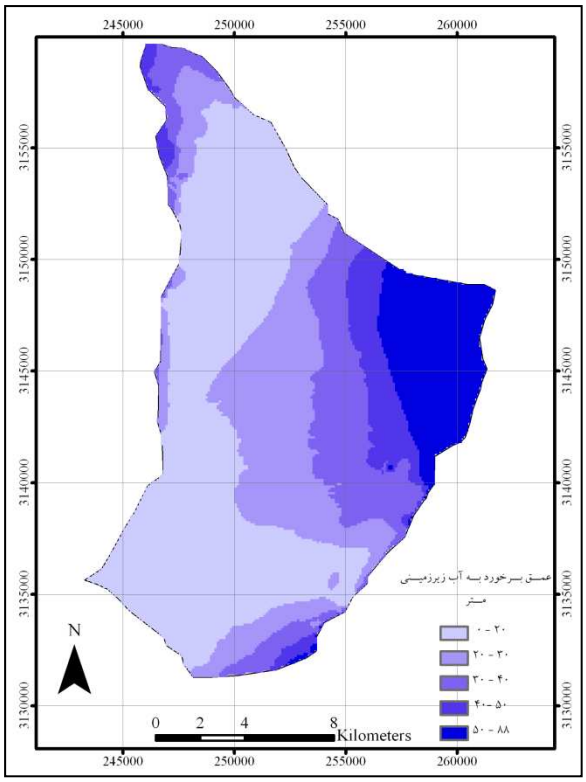


شکل ۳) ضریب هدایت هیدرولیکی در کل دشت

- عمق برخورد به آب زیرزمینی

جهت تهیه لایه اطلاعاتی عمق برخورد به آب زیرزمینی، لایه هد آب زیرزمینی و لایه ارتفاعی سطح زمین مورد نیاز می‌باشد. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ اقدام به ساخت لایه ارتفاعی در محیط ArcGIS با دقت مناسب گردید سپس محدوده مربوط به دشت گوهر کوه از این نقشه از سایر مناطق جدا شد. لایه ارتفاعی دشت در شکل ۲ نشان داده شده است.

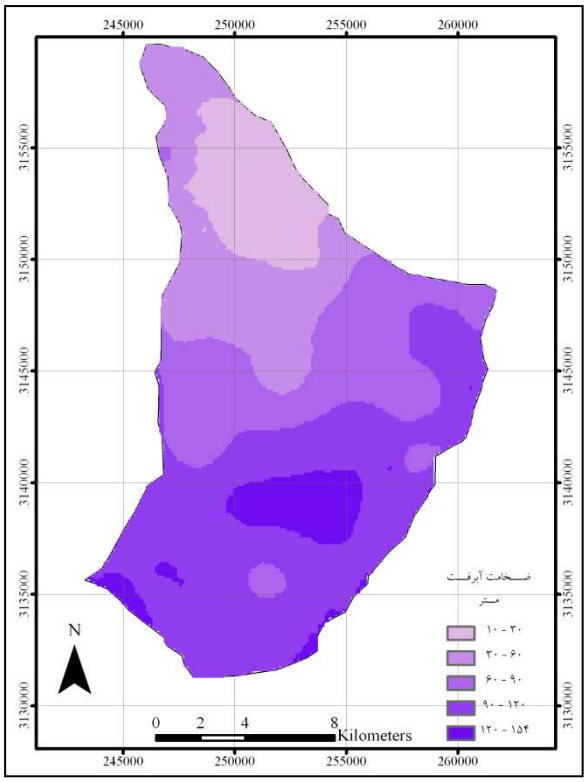
لایه هد آب زیرزمینی مربوط به حالت ماندگار بعد از کالیبراسیون مدل از محیط مدل آب زیر زمینی GMS به محیط GIS انتقال یافت و از لایه رستری ارتفاع سطح زمین کسر گردید. نتیجه حاصل لایه رستری عمق برخورد به آب زیرمینی می‌باشد(شکل ۴).



شکل ۴) عمق برخورد به آب زیرزمینی

- ضخامت آبرفت

برای تهیه این لایه علاوه بر لایه ارتفاع سطح زمین به لایه اطلاعاتی سنگ بستر نیز نیاز می‌باشد. با استفاده از نتایج حاصل از آزمایشات ژئوفیزیک و چاههای حفاری، سطح اولیه سنگ بستر دشت در محیط ArcGIS آماده و به محیط مدل آب زیرزمینی GMS انتقال داده شد. بدلیل عدم تطابق مناسب سنگ بستر با داده‌های مربوط به توپوگرافی سطح زمین و سطح پیزومتری و برخورد این لایه‌ها با هم، با توجه به اطمینان از دقت کافی داده‌های توپوگرافی سطحی و سطح پیزومتری، با صرف زمان زیاد، در نهایت سطح اصلاح شده سنگ بستر در محیط GMS آماده شد و جهت استفاده در محاسبات مدل، عملیات اینترپوله روی آن انجام شد. این لایه مجدداً به محیط GIS انتقال یافت و از لایه سطح زمین کسر گردید تا لایه اطلاعاتی ضخامت آبرفت بدست آید این لایه در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. در طرح‌های تغذیه مصنوعی، عمق دسترسی به آب زیرزمینی و ضخامت آبرفت از جمله فاکتورهای محدود کننده تغذیه می‌باشند زیرا در صورت رسیدن عمق آب زیرزمینی یا سنگ بستر به سطح زمین، عملیات تغذیه متوقف می‌شود، بنابراین هر چه این دو فاکتور مقدار بیشتری داشته باشند تغذیه طولانی‌تری خواهیم داشت.

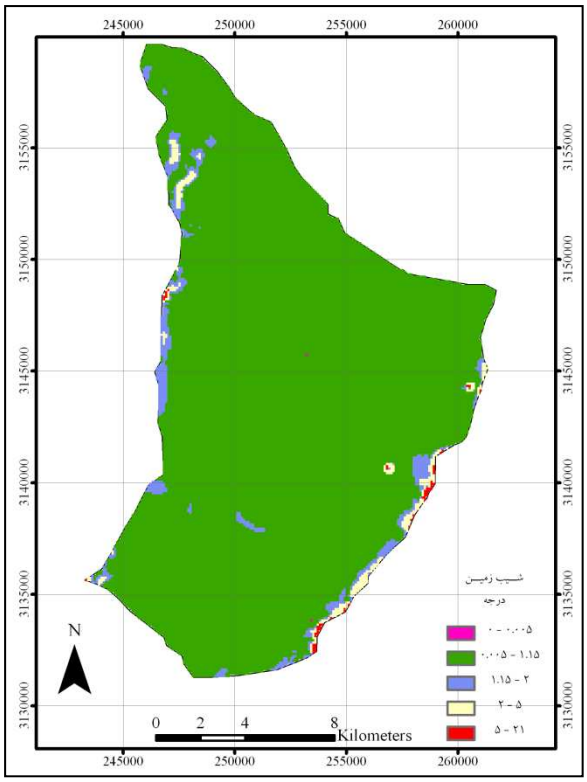


شکل ۵) ضخامت آبرفت

- **شیب زمین**

با توجه به آنکه شیب‌های بالا به سمت ایجاد فرسایش و همچنین شیب‌های خیلی پایین(نزدیک صفر درجه) به علت اینکه مانع از جریان آب می‌شود جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی مناسب نمی‌باشند. در نظرگیری محدوده‌های مناسب شیب دارای اهمین می‌باشد[نوری و همکاران، ۱۳۸۳].

لایه رستری شیب دشت گوهرکوه با استفاده از لایه رستری ارتفاعات دشت ساخته شد. ابعاد پیکسل انتخابی ۱۰۰*۱۰۰ متر می‌باشد. طبق شکل شماره ۶، شیب‌های موجود از ۰ تا ۲۱ درجه متفاوت می‌باشند. شیب‌های بالای ۵ درجه و زیر ۰.۰۰۵ درجه مناسب نیستند و در تلفیق لایه‌ها ارزش پایین تری باید به آنها اختصاص داد.

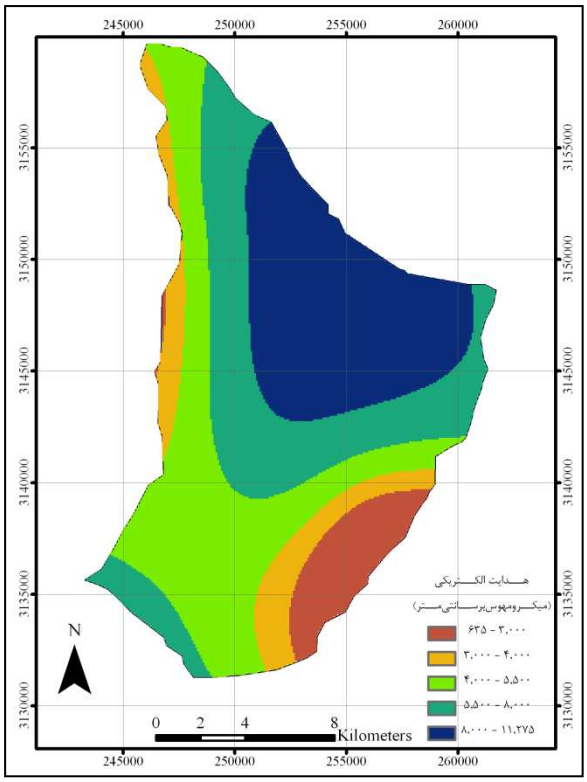


شکل ۶) شیب زمین

- کیفیت آب زیرزمینی

جهت مقایسه کیفیت آب دشت گوهرکوه از شاخص هدایت الکتریکی(EC) استفاده شده است. برای این کار از آنالیز شیمیایی نمونه‌های منابع انتخابی دشت گوهرکوه در سال ۱۳۸۷ استفاده شده است. مقادیر هدایت الکتریکی وارد محیط GIS شده و برای کل دشت عملیات اینترپوله به روش Spline انجام شد. باید سعی شود تغذیه منابع آب زیرزمینی در نواحی با کیفیت بالاتر انجام گیرد.

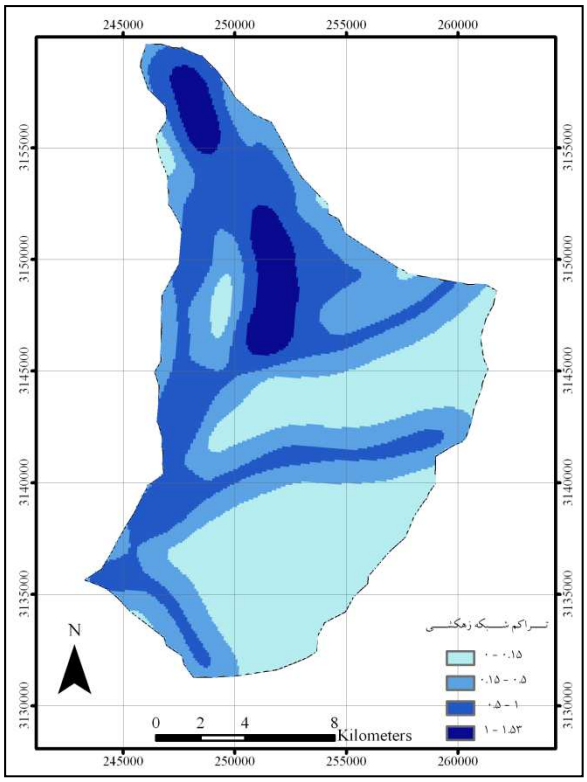
طبق درونیابی انجام شده و شکل شماره ۷ مقدار هدایت الکتریکی از ۶۳۵ میکرومهوس بر سانتی متر تا بالاتر از ۱۱۰۰۰ میکرومهوس بر سانتی متر متغیر می‌باشد.



شکل ۷) هدایت الکتریکی

- تراکم شبکه زهکشی

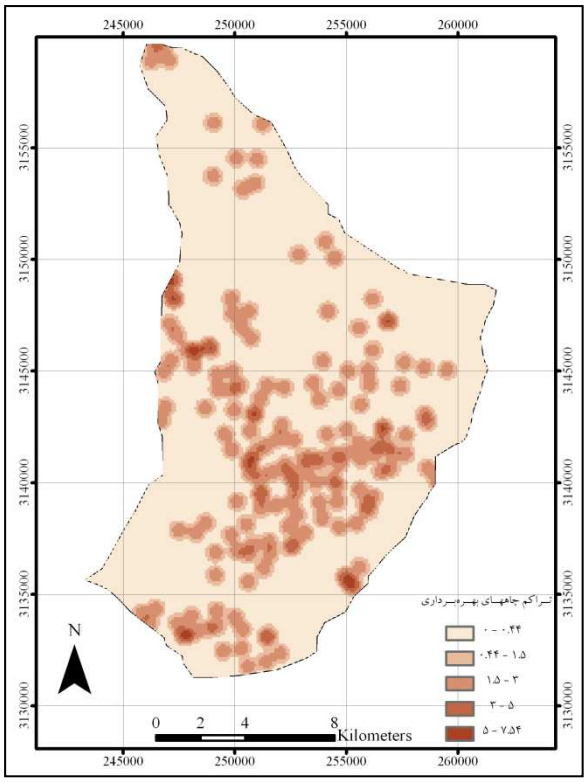
یک فاکتور مهم دیگر در مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی میزان سیل خیزی مناطق مختلف می‌باشد(معمولاً از جریان‌های حاصل از سیلاب برای تغذیه استفاده می‌شود). عموماً جریان‌های شدید در مسیر رودخانه‌ها و زهکش‌های موجود جاری می‌شوند. در اینجا از مسیر زهکش‌های اصلی دشت گوهرکوه استفاده می‌شود. با استفاده از روش کرنل و شعاع ۲۰۰۰ متر اطراف زهکش ها، نقشه تراکم شبکه زهکشی دشت گوهرکوه مطابق صفحه بعد تهیه می‌شود(شکل شماره ۸).



شکل ۸) تراکم شبکه زهکشی

- تراکم چاه‌های بهره برداری

بدون شک مناطق نیازمند به منابع آبی دارای چاه‌های بهره برداری بیشتری می‌باشند و بالعکس، بنابراین با توجه به تراکم چاه‌های کشاورزی می‌توان به یکی از پارامترهای مهم در تعیین مناطق مورد نیاز تغذیه دست یافت و باید سعی نمود تا حد امکان طرح تغذیه مصنوعی به محل مصرف آب زیرزمینی نزدیک‌تر باشد. با توجه به محل قرارگیری چاه‌های موجود، نقشه تراکم چاه‌های بهره برداری به روش کرنل و شعاع ۶۰۰ متر در محیط GIS تهیه شد(شکل شماره ۹).

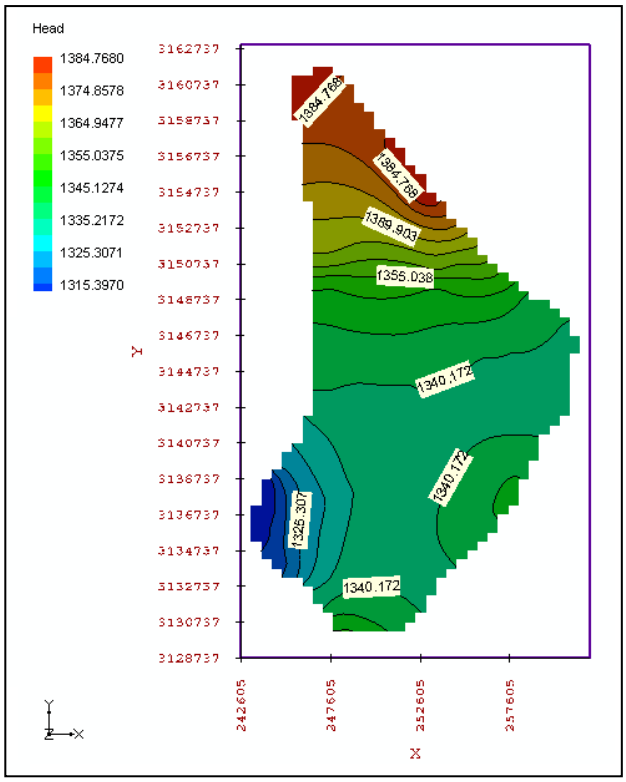


شکل ۹) تراکم چاه‌های بهره برداری

- جهت جریان آب زیرزمینی

مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی از لحاظ نحوه قرار گیری نسبت به جهت جریان آب زیرزمین باید بررسی شوند تا بازدهی این طرح‌ها با مشکل مواجه نشود و در جهت تغذیه آب زیرزمینی هزینه شوند. همانگونه که در نقشه هدهای محاسباتی نهایی در شکل ۱۰(مدل ماندگار کالیبره شده در محیط مدل آب زیرزمینی GMS) مشاهده می‌شود جهت جریان عموماً به سمت مرکز و خروجی دشت(سمت جنوب غربی) می‌باشد.

در واقع اجرای عملیات تغذیه مصنوعی در نواحی خروجی دشت باعث خروج جریان تغذیه به خارج از آبخوان و اختلاط آن با آبهای بلا استفاده و بدون کیفیت آن مناطق می‌گردد و در این خصوص باید بعد از تعیین نواحی مناسب تغذیه مصنوعی توجه کافی را مبذول داشت.

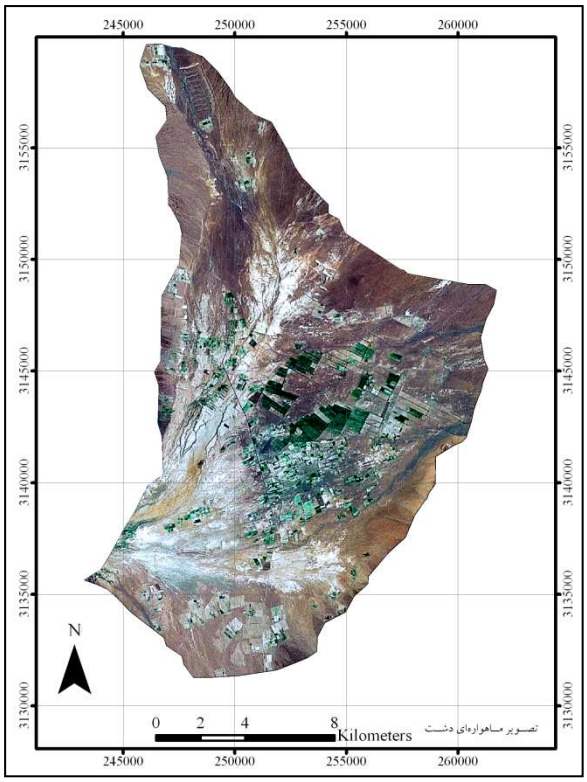


شکل ۱۰) هدهای محاسباتی نهایی مدل ماندگار کالیبره شده

- کاربری اراضی

مناطق دارای زمین‌های کشاورزی از جهت حقوقی و اقتصادی مکان‌های مناسبی برای انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی نمی‌باشند و باید حتی الامکان طرح تغذیه مصنوعی در خارج از زمین‌های کشاورزی انجام گیرد تا اعتراض کشاورزان را در پی نداشته باشد. البته مجاورت طرح تغذیه مصنوعی در کنار مراکز کشاورزی باعث رونق فعالیت‌های کشاورزی بدلیل افزایش منابع آب خواهد شد.

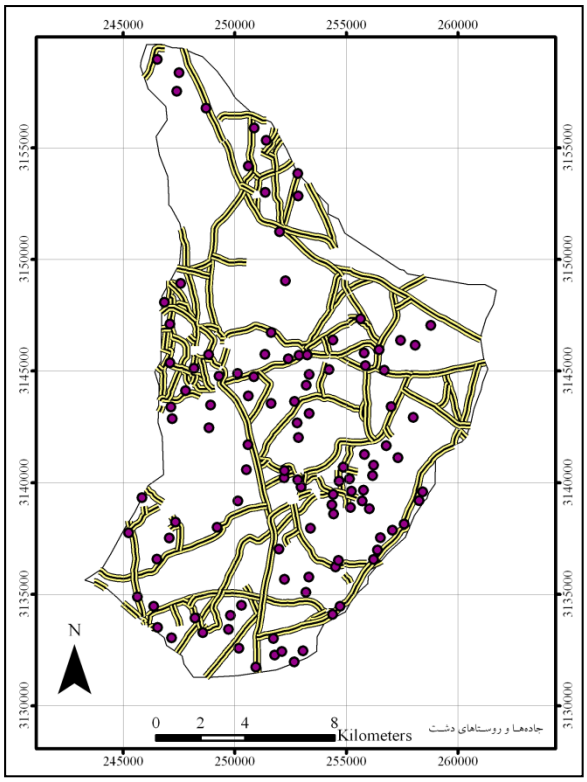
طبق تصویر ماهواره‌ای شکل شماره ۱۱، زمین‌های کشاورزی در مناطق مختلف دشت پراکنده شده‌اند که باید بعد از تعیین مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی، به محل قرار گیری این زمین‌ها نیز توجه کافی داشت و تا حد امکان در محدوده‌های خارج و نه خیلی دور از این زمین‌ها طرح‌های تغذیه مصنوعی را اجرا نمود.



شکل ۱۱) تصویر ماهواره ای دشت گوهرکوه

- نزدیکی به جاده‌های دسترسی و روستاهای اطراف

از نظر اجرای طرح‌ها و تهیه منابع قرضه، استفاده از جاده‌های موجود و نزدیکی به محل شهرها و روستاها از جمله مزایای طرح به حساب می‌آید. در شکل شماره ۱۲ شبکه جاده‌های آسفالت و خاکی و همچنین روستاهای موجود در دشت نشان داده شده‌اند. در تعیین نهایی مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی باید نزدیکی نواحی مناسب به این مناطق را نیز در نظر گرفت.



شکل ۱۲) روستاهای داخل محدوده دشت و جاده‌های دسترسی

- **قنوات و مناطق گسلی**

مناطق گسله از لحاظ ارتباط با آبهای زیرزمینی حتماً باید مورد بررسی دقیق قرار گیرند. در محدوده دشت مورد مطالعه هیچ گسلی وجود ندارد. مناطق دارای گسل عموماً در نواحی کوهستانی حاشیه حوضه گوهرکوه قرار دارند که ارتباطی با طرح حاظر ندارند.

برخی مواقع وجود قنات در محل انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی بخصوص در روش اجرای سدهای زیرزمینی ایجاد مشکل می‌کند [ناصری و همکاران، ۱۳۸۵]. در این طرح با توجه به عدم استفاده از روش سد زیرزمینی و همچنین وجود تعداد خیلی محدودی قنات نیمه خشک، این موضوع مشکلی ایجاد نمی‌کند و نیاز به بررسی دقیق ندارد.

رتبه‌بندی و ارزش‌دهی به پارامترهای دخیل در تغذیه مصنوعی

بعد از تهیه نقشه رستری کلیه پارامترهای دخیل اکنون باید اهمیت هر پارامتر و ارزش مقادیر متفاوت آنرا تعیین نمود. با توجه به بررسی‌های جامع صورت گرفته از طریق اطلاعات کسب شده از منابع مختلف و شرایط طبیعی محلی و همچنین موارد ذکر شده در بخش قبل در رابطه با موارد مورد بررسی، می‌توان ۷ پارامتر اصلی(شاخص‌های مرحله اول) را به صورت جدول ۳ ارزش مقادیر مختلف آنان را با توجه به رتبه آن پارامتر مشخص نمود.

جدول ۳)محدوده ارزش مقادیر مختلف پارامترهای دخیل در تغذیه مصنوعی(شاخص‌های مرحله اول)

پارامتر	محدوده ارزش مقادیر مختلف پارامتر
نفوذپذیری	۱-۱۰۰
عمق برخورد به آب زیرزمینی	۱-۸۰
ضخامت آبرفت	۱-۷۵
شیب زمین	۱-۷۰
کیفیت آب زیرزمینی	۱-۶۰
تراکم شبکه زهکشی	۱-۴۰
تراکم چاه‌های بهره برداری	۱-۳۰

کلاسه‌بندی مقادیر مختلف هر پارامتر به طور جداگانه انجام شده است. مقادیر با اهمیت‌تر هر پارامتر دارای ارزش بیشتری می‌باشند و بالعکس. در رتبه‌بندی و کلاسه بندی این پارامترها و مقادیر هر پارامتر از ۵ مورد از مراجع ذکر شده در بخش منابع استفاده بعمل آمده است[محمدرضا طبری‌پور و همکاران، ۱۳۸۷؛ ناصری و همکاران، ۱۳۸۵؛ نوری و همکاران، ۱۳۸۳؛ هدایی و صابری، ۱۳۸۵؛ Shannkar&Mohan, 2005].

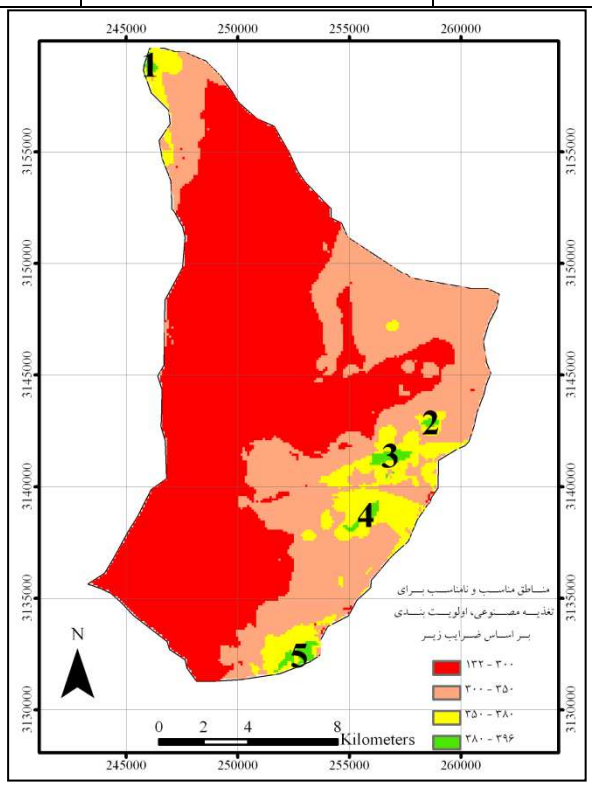
نقشه‌های رستری هر کدام از پارامترها در محیط GIS بر طبق ارزشگذاری تعیین شده اصلاح شد و برای انجام عملیات تلفیق آماده شدند.

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین مناطق مستعد تغذیه مصنوعی

با استفاده از ابزارهای موجود در محیط GIS لایه‌های رستر تهیه شده بعد از کلاسه‌بندی را می‌توان با هم تلفیق نمود و برای هر محدوده ۱۰۰*۱۰۰ متر مربعی از دشت گوهرکوه میزان مناسب بودن آنرا از نظر اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی برآورد نمود و سپس به صورت دلخواه با تغییر در محدوده رضایت‌مندی در نقشه نهایی، نقاط مناسب جهت تغذیه مصنوعی را در سطح دشت بخوبی با هم مقایسه نمود. در شکل ۱۳ نتیجه نهایی حاصل از تلفیق لایه ها(برای تمام ۲۸۰۰۰ سلول ۱۰۰۰۰ متر مربعی، ارزش ۷ لایه مهم آماده شده در هر سلول یا پیکسل با هم جمع می‌شود) نشان داده شده است. طبق شکل ۱۳، ۵ ناحیه برای انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی مناسب تشخیص داده شده‌اند. مشخصات این نواحی مطابق جدول ۴ می‌باشد. مجموع مساحت این ۵ ناحیه حدود ۲.۷ کیلومترمربع(۲۷۰ هکتار) می‌باشد.

جدول ۴) تقسیم بندی مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی

محدوده ضرایب	قابلیت انجام تغذیه مصنوعی	مساحت(کیلومترمربع)
۳۰۰-۱۳۲	نامناسب	۱۶۳.۳
۳۵۰-۳۰۰	متوسط بد	۸۸.۲
۳۸۰-۳۵۰	متوسط خوب	۲۰.۶
۳۹۶-۳۸۰	مناسب	۲.۷



شکل ۱۳) مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی(نقاط شماره گذاری شده نواحی مناسب می‌باشند)

نواحی یا گزینه‌های شماره ۲ و ۳ و ۴ در سمت غرب، ناحیه ۵ در جنوب و ناحیه ۱ در شمال دشت قرار دارد. مشخصات این نواحی در جدول ۵ برای محدوده‌های مرکزی هر ناحیه که شاخصی از کل آن می‌باشد ارائه شده است.

جدول ۵) خصوصیات نواحی انتخاب شده برای اجرای تغذیه مصنوعی

خصوصیت	گزینه ها				
	۱	۲	۳	۴	۵
نفوذپذیری(هدایت هیدرولیکی((m/d))	۹۸.۶	۸۱.۷	۶۷.۵	۹۱.۳	۹۴.۴
عمق برخورد به آب زیرزمینی(m)	۴۴.۲	۵۹	۴۲.۵	۳۳.۳	۴۵.۸
ضخامت آبرفت(m)	۵۱.۱	۹۲.۴	۱۰۴.۱	۱۱۵.۲	۱۱۹.۳
شیب زمین(درجه)	۰.۸۱	۰.۴۸	۰.۳۲	۰.۲۲	۱.۰۸
کیفیت آب زیرزمینی(EC میکرومهوس‌برسانتی‌متر)	۳۸۷۵	۶۵۴۹	۵۲۱۶	۲۷۰۰	۲۷۲۱
تراکم شبکه زهکشی	۰.۴۸	۰.۳۳	۰.۵۴	۰	۰
نزدیکی به چاههای بهره برداری	۲.۳۴	۴.۳	۳.۵	۴.۷	۰
ضریب قابلیت تغذیه مصنوعی	۳۸۹	۳۸۹	۳۸۷	۳۸۵	۳۸۱

همانگونه که در جدول مشخص است ضریب قابلیت تغذیه مصنوعی که تلفیقی از ۷ پارامتر(شاخص‌های مرحله اول) دخیل در تغذیه مصنوعی می‌باشد برای کلیه این ۵ گزینه اختلاف چندانی با هم ندارند و حداکثر ۲ درصد تفاوت بین آنها وجود دارد،

بنابراین باید جهت اولویت بندی این نواحی از پارامترهای مرحله دوم مثل کاربری اراضی، نزدیکی به روستاها و جاده‌ها و جهت جریان آب زیرزمینی استفاده نمود.

در ادامه به بررسی شاخص‌های مرحله دوم در نواحی انتخاب شده پرداخته خواهد شد و در نهایت اولویت آنها برای اجرای طرح‌های تغذیه‌ای تعیین خواهد شد.

طبق تصویر ماهواره‌ای، گزینه‌های ۲ و ۴ داخل زمین‌های کشاورزی قرار دارند که این مسئله از لحاظ اقتصادی و جنبه‌های اجتمایی مشکل ساز می‌باشد. گزینه‌های ۱ و ۳ و ۵ در مجاورت این زمین‌ها قرار دارند و از این لحاظ مسئله ای وجود ندارد.

نزدیکی به روستاها و مراکز جمعیتی و همچنین جاده‌های دسترسی نیر از عوامل تعیین کننده می‌باشد. تقریباً تمام گزینه‌ها از این لحاظ در مکان‌های مناسبی قرار دارند هرچند گزینه‌های ۲ و ۳ و ۴ به مراکز مهمتر و زمین‌های زراعی بیشتری نزدیک می‌باشند.

از لحاظ جهت جریان آب زیرزمینی(نقشه هدهای محاسباتی نهایی مدل ماندگار کالیبره شده) تمام گزینه‌ها در مکان‌های مناسبی قرار دارند. زیرا در کلیه این مناطق ۵ گانه جهت جریان به سمت مرکز دشت یعنی محل بهره برداری از آب زیرزمینی می‌باشد.

جهت کاهش هزینه‌های اجرای سازه‌های تغذیه مصنوعی بهتر است که این سازه‌ها در داخل یا مجاورت مسیرهای زهکشی دشت واقع باشند. این گزینه قبلاً در پارامترهای مرحله اول در تعیین مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی به صورت تراکم شبکه زهکشی(برای زهکش‌های اصلی) با اولویت ۶ وارد شده بود با این حال(بدلیل تلفیق ۶ پارامتر دیگر غیر از شبکه زهکشی) هنوز هم برخی گزینه‌ها در مناطقی خارج از نواحی زهکشی قرار دارند. با توجه به اشکال ارائه شده، گزینه‌های ۴ و ۵ از این نظر نامناسب می‌باشند زیرا روی زهکش‌های اصلی دشت قرار ندارند. گزینه ۲ در مجاورت و گزینه ۳ روی یکی از شاخه‌های اصلی جریان ورودی به دشت قرار دارد که از بهم پیوستن دو رودخانه تودلینگ و گزانیتر حاصل شده است. گزینه ۱ نیز روی یکی از شاخه‌های رودخانه قلعه بید قرار دارد.

به طور خلاصه از بحث‌های صورت گرفته می‌توان جدول ۶ را که برای هر گزینه نحوه پاسخ به پارامترهای مرحله دوم را مشخص کرده تشکیل داد.

جدول ۶) خصوصیات نواحی انتخاب شده جهت تغذیه برای شاخص‌های مرحله دوم

خصوصیت	گزینه ها				
	۱	۲	۳	۴	۵
کاربری اراضی(زمین‌های کشاورزی)	مناسب	نامناسب	مناسب	نامناسب	مناسب
نزدیکی به روستاها و جاده ها	نامناسب	مناسب	مناسب	مناسب	نامناسب
جهت جریان آب زیرزمینی	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب
نزدیکی به رودخانه ها	مناسب	مناسب	مناسب	نامناسب	نامناسب

در نهایت با توجه به کلیه موارد ذکر شده و بازدید صحرایی، در جدول ۷ اولویت‌بندی پیشنهادی این گزینه‌ها جهت انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی ارائه شده است. در جدول، مختصات طول و عرض جغرافیایی نقطه‌ای در حوالی مرکز هر گزینه ارائه شده است. طبق جدول ۷، گزینه ۳ مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. گزینه‌های ۱ و ۲ و ۴ و ۵ به ترتیب در اولویت‌های بعدی جهت انجام تغذیه مصنوعی قرار دارند.

جدول ۷) اولویت بندی گزینه‌های پیشنهادی برای انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی

اولویت	گزینه	مختصات طول جغرافیایی(m)	مختصات عرض جغرافیایی(m)
اول	۳	۲۵۶۷۹۹	۳۱۴۱۳۵۷
دوم	۱	۲۴۶۰۷۹	۳۱۵۸۹۰۱
سوم	۲	۲۵۸۶۶۳	۳۱۴۲۸۹۲
چهارم	۴	۲۵۵۵۷۷	۳۱۳۸۵۶۴
پنجم	۵	۲۵۲۶۶۱	۳۱۳۲۴۵۱

نتیجه‌گیری

در نظر گرفتن پارامترهای مهم تصمیم گیری در تعیین مناطق تغذیه دشت در این تحقیق نشان داد که معمولاً مناطق حاشیه ای دشت که در ارتباط با جریانات فصلی آب‌های سطحی می‌باشند با لحاظ سایر پارامترهای دخیل می‌توانند مناطق مناسبی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی باشند. این مناطق با استفاده از آمار و اطلاعات جمع آوری شده که شامل نفوذپذیری آبخوان، عمق برخورد به آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، شیب زمین، کیفیت آب زیرزمینی، تراکم شبکه زهکشی دشت، موقعیت چاه‌های بهره‌برداری، جهت جریان آب زیرزمینی، کاربری اراضی، نزدیکی به روستا و جاده و تلاقی با مناطق گسلی می‌باشند، تعیین و اولویت‌بندی شدند.

همچنین مشخص شد که استفاده از پیشرفت‌های علمی صورت گرفته در بخش مدلسازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، زمان و هزینه انجام اینگونه مطالعات را بسیار کاهش می‌دهد و علاوه بر آن دقت و کیفیت کار نیز تا حد زیادی افزایش می‌یابد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان آقایان قزوینی، کیخواه، هاشم‌زهی، بوالی و اویسی به خاطر همکاری‌های صمیمانه و در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز سپاسگذاری می‌شود.

منابع

[۱] کلانتری، نصرالله و رحمانی، حمید، " تأثیر کمّی و کیفی طرح تغذیه مصنوعی جاشک ـ آبدان روی آب زیرزمینی دشت آبدان خورموج استان بوشهر "، سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۱۳۷۸.

[۲] محمدرضاپورطبری، محمود؛ مرسلی، مسعود و نوری، حمیده، "مکانیابی نواحی مستعد جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی آبخوان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی دشت هشتگرد"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷.

[۳] مقدس، حمیده; کرمی، غلامحسین و فیله کش، اسماعیل، "بررسی اثر پخش سیلاب بر کمیت آب زیرزمینی منطقه غرب سبزوار"، دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۱۳۸۵.

[۴] ناصری، حمیدرضا؛ سلامی، همت؛ داوودی، محمدهادی و خیرخواه، میرمسعود، "تعیین مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری(مطالعه موردی: دامنه شمالی کوهها کرکس)"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۵.

[۵] نشریه شماره ۱۰۵-ن، "راهنمای استاندارد در تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی"، وزارت نیرو، دفتر استانداردها و معیارهای فنی، معاونت پژوهش و مطالعات پایه، شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۴.

[۶] نوری، بهزاد؛ قیومیان، جعفر؛ محسنی ساروی، محسن؛ درویش صفت، علی اصغر و فیض نیا، سادات، "تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به روش حوضچه‌های تغذیه با استفاذه از GIS"، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۳، ۱۳۸۳.

[۷] هدایی، سعیده و صابری، موسی، "بررسی مهار سیلاب و پخش آن بر روی عرصه‌های مستعد در استان خراسان شمالی با هدف تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی با روش استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۵.

[8]M.N. Ravi Shannkar & G. Mohan,"A GIS based hydrogeomorphic approach for identification of site-specific artificial-recharge techniques in the Deccam Volcanic Province", J. Earth Syst. Sci. 114, No. 5, pp. 505-514, October 2005.