مکان‌یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی آبخوان دشت شریف آباد قم با تأکید بر ویژگی‌های هیدروژئومرفولوژیکی منطقه

امیررضا صادقی[۱]، سید موسی حسینی*[۱]، مجتبی یمانی[۱]، منصور جعفر بیگلو[۱]

۱-گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(پژوهشی)

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۹/۲۹

چکیده

در این پژوهش جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، ده لایه هیدروژئومرفولوژیکی - اقلیمی مؤثر در مکان‌یابی در سطح سفره شامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، بافت خاک، کاربری اراضی و پوشش زمین، شیب، ارتفاع رواناب، تراکم زهکشی، تراکم خطواره، عمق آب زیرزمینی بعد از دوره بارش (تغذیه) و فاصله از چاه‌های بهره برداری استفاده شده است. با توجه به تاثیر هر یک از این لایه‌ها در انتخاب بهترین محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی، به هر معیار امتیازی بین ۱ تا ۴ (به ترتیب کمترین و بیشترین تاثیر) داده شده و طبقه‌بندی گردید. سپس به منظور ارزیابی صحت لایه مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی، ضریب همبستگی این لایه با لایه تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در سطح آبخوان محاسبه شد. نتایج نشان داد که همبستگی لایه سطوح مناسب تغذیه و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی برابر با ۰/۶۳۵- می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ۱۱ درصد از مساحت سطح سفره جزء اراضی کاملا مناسب و ۳۰ درصد اراضی مناسب جهت تغذیه مصنوعی در دشت شریف آباد حائز اهمیت می‌باشد. این مکان‌ها منطبق بر محیط مخروط افکنه‌ای، دارا بودن خاک درشت دانه از نوع ماسه، شن، لوم، پایین بودن شدید سطح آب زیرزمینی و دارا بودن شیب سطحی (کمتر از ۵٪) موقعیت خوبی جهت تغذیه آبخوان ایجاد نموده است. براساس ویژگی‌های هیدروژئومرفولوژیکی منطقه مورد مطالعه، روش تلفیقی تغذیه مستقیم سطحی (روش حوضچه‌های تغذیه) و زیرزمینی (روش گودال یا چاه) در نزدیکی خط گسل شریف آباد برای تغذیه منابع آب زیرزمینی می‌تواند پیشنهاد شود. نتایج این تحقیق می‌تواند برای سایر سفره‌های اطراف دریاچه نمک نیز مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه مصنوعی، آبخوان شریف آباد قم، هیدروژئومورفولوژی، مکان‌یابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

*- نویسنده مسئول: Email: smhosseini@ut.ac.ir

مقدمه

ارزیابی منابع آب‌های زیرزمینی و ملاحظات پایداری آنها از اهمیت ویژه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار است (Jalali, 2007). به‌طوری که آب‌های زیرزمینی به عنوان منبع اصلی تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (Baghvand et al, 2010). روند افزایش تقاضای بشر به آب سبب شده است که آب‌های زیرزمینی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرند (Rahimi et al, 2014). چرا که آب‌های زیرزمینی به عنوان یک منبع طبیعی پویا و با ارزش محسوب می‌شوند (Jasrotia et al, 2019). در نیم قرن گذشته، دسترسی آسان به چاه‌های پمپاژ در سرتاسر جهان باعث ایجاد توسعه در گسترش آب‌های زیرزمینی برای منابع شهری، صنعتی و کشاورزی شده است (Konikow, 2005). لذا در مناطقی که بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بیش از حد تغذیه آبخوان است، تراز آب زیرزمینی برای سال‌ها روندی رو به پایین خواهد داشت (تاد و میز، ۱۳۹۴). به دلیل حاکمیت شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در ۷۵٪ از مساحت کشور و بهره‌برداری مفرط و بدون برنامه‌ریزی از منابع آب زیرزمینی، بسیاری از دشت‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی کشور دارای بیلان منفی بوده و میزان برداشت از مقدار تغذیه طبیعی سفره‌ها بیشتر می‌باشد (تابش و همکاران، ۱۳۷۰). بهره‌برداری بیش از اندازه آب های زیرزمینی، که عمدتا با بهره‌وری پایین‌تر از متوسط نرخ جهانی در کشور صورت می‌گیرد و همچنین کاهش نزولات جوی، موجب شده است تا مخازن آب زیرزمینی کشور با کسری تجمعی بیش از ۱۳۰ میلیارد متر مکعب مواجه شوند (سالنامه آماری آب کشور، ۹۴-۱۳۹۳). از این میزان کسری مخزن تجمعی حدود ۱۰۰ میلیارد متر مکعب آن در پانزده سال اخیر و حدود ۵۰ میلیارد متر مکعب آن مربوط به ۷ سال اخیر است. پیامد این کاهش ظرفیت، بر هم خوردن تعادل بین منابع و مصارف است که در نتیجه آن وزارت نیرو به عنوان متولی بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب، ناگزیر به ممنوعه اعلام کردن بیش از ۴۰۰ دشت کشور (معادل دو سوم دشت‌ها) می‌باشد. این دشت‌های ممنوعه بیش از ۹۰ درصد پتانسیل کل آب زیرزمینی کشور را دارد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، آذر ۱۳۹۸). شایان ذکر است علی رغم افزایش تعداد چاه‌های پمپاژ کشور (۸۰۰ هزار حلقه) و تامین حدود ۵۵ درصد از کل نیازهای بخش‌های مختلف کشور توسط منابع آب زیرزمینی، به دلیل محدودیت پتانسیل آبخوان، میزان برداشت در مجموع بیشتر نشده و ثابت باقی مانده است و اخیرا با کاهش برداشت نیز همراه بوده است که این موضوع در حقیقت حکایت از کاهش پتانسیل منابع آب زیرزمینی دارد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، آذر ۱۳۹۸). حوضه آبریز دریاچه نمک با وسعت ۹۲۸۸۴ کیلومتر مربع در شمال غرب قسمت مرکزی ایران، استقرار حدود ۳۰ درصد از کل جمعیت کشور در این حوضه که ۵/۶ درصد از کل وسعت کشور را به خود اختصاص داده است، باعث شده است فشار زیادی بر منابع آب موجود وارد شود (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۹۰-۱۳۸۹). با توجه به سالنامه آماری آب کشور میانگین نوسانات سطح ایستابی سالانه دریاچه نمک ۰/۹۸- متر می‌باشد که این میزان میانگین برای آبخوان‌های واقع در محدوده استان قم، ۰/۸۶- متر است. با توجه به این موضوع شرکت مدیریت منابع آب ایران وضعیت بهره‌برداری هفت دشت اطراف دریاچه نمک (دریاچه نمک، مسیله، ساوه، شریف آباد، قم-کهک، سلفچگان و کاشان) را ممنوعه اعلام کرده است (سالنامه آماری آب کشور، ۹۴-۱۳۹۳). در این

راستا می‌بایست با اعمال مدیریت صحیح و اجرای برنامه‌های اصولی از افت سطح آب زیرزمینی جلوگیری کرده و در صورت امکان تعادل بهم خورده‌ی آبخوان را احیا نمود (Goodarzi et al, 2013). در چنین شرایطی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی از ایجاد مشکلات بیشتر جلوگیری خواهد کرد (Anbazhagan et al, 2005). در نتیجه از روش تغذیه مصنوعی می‌تواند به عنوان یک گزینه جهت جلوگیری از افت بیشتر سطح سفره‌های آب زیرزمینی استفاده کرد (پارسایی و همکاران، ۱۳۹۴). تغذیه مصنوعی به عنوان روش یا روش-هایی که موجب افزایش مقدار جریان طبیعی آب-های سطحی به لایه‌های زیرسطحی جهت تغذیه منابع آب‌های زیرزمینی می‌شود، قابل تعریف است (Todd and Mays, 2005). وجود مناطق مستعد جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی در یک منطقه بستگی زیادی به وضعیت هیدروژئولوژیکی محدوده مطالعاتی دارد (نوری و همکاران، ۱۳۸۲). لذا برای انتخاب مناطق مستعد، به تعیین ویژگی‌های زمین-شناسی، ژئومورفولوژی، خاک‌شناسی و هیدرولوژیکی سفره آب زیرزمینی، نیاز است (Ghermezcheshmeh et al, 2005). تعیین مکان‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دارای ضرورت بسیار بالایی می‌باشد که لازم است شناخت کاملی از عرصه‌های مستعد رسوبات کواترنری داشته باشیم (مهرورز مغانلو و همکاران، ۱۳۹۴). از عوامل موثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی می‌توان به شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های مورفومتریک دشت، پتانسیل تولید رواناب سطحی، شاخص‌های خاک و زمین شناسی و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد (طرفی و همکاران، ۱۳۸۷). براساس تحقیقات قبلی، بهترین محل برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی عبارت است از خاک‌های درشت بافت، ابتدای آبرفت‌های ماسه‌ای، خاک‌های سنگلاخی، مناطق کارستی، مسیل‌های با بستر شنی و مخروط‌افکنه‌ی رودخانه‌های فصلی می‌باشد (تشکری و میرزائی، ۱۳۸۴). در این راستا تحقیقات متنوعی در زمینه مکان‌یابی تغذیه مصنوعی صورت گرفته است. در پژوهش‌های اخیر (جدول ۱) برای شناسایی مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی از یک سری معیارها، که بیشترین تاثیر را در انتخاب بهترین مکان جهت تغذیه مصنوعی داشتند، استفاده شده است. معیارها در هر مقاله باتوجه به هدف و نیز ویژگی درونی محدوده مورد مطالعه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این پژوهش‌ها از لایه ارتفاع رواناب سطحی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که در انتخاب مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی انتخاب گردیده، خیلی کم استفاده شده است. لذا با توجه به تاثیر این معیار، که پارامترهایی چون بارش، خاک و کاربری اراضی و پوشش زمین را درگیر می‌کند و میزان نفوذپذیری را در دشت با توجه به ارتفاع رواناب در نقاط مختلف دشت مورد بررسی قرار داده و همچنین میزان تراکم شبکه زهکشی را از طریق آن مورد بررسی قرار داد، به ندرت استفاده شده است. دشت شریف آباد به لحاظ فعالیت‌های زیاد کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این دشت از مجموع مصارف آب سطحی و زیرزمینی که معادل ۱۴۱/۸۶ میلیون متر مکعب در سال است، ۹۹/۹ درصد برای کشاورزی و مابقی آن برای شرب و صنعت استفاده می‌شود (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۹۰-۱۳۸۹). لذا با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش برای اولین بار در محدوده مطالعاتی شریف‌آباد، تمام لایه‌های موثر در شناسایی مناطق مستعد جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی را مورد استفاده قرار می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی مکان‌های

مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی و نیز تعیین اهمیت و وزن لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده توسط آنالیز حساسیت می‌باشد. لذا به علت تعدد لایه‌های موثر در مکان‌یابی و نیاز به بررسی توام معیارهای ارزیابی شده و تغییرات مداوم آنها استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و استفاده داده‌های مکانی، امری اجتناب‌ناپذیر است (حکمت پور و همکاران، ۱۳۸۶).

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی شریف آباد در بخش مرکزی و نیمه شرقی حوضه آبریز دریاچه نمک در محدوده بین عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی در استان قم قرار گرفته است (شکل ۱). این دشت دارای مساحت ۴۴۰/۸ کیلومتر مربع است در منتهی الیه رودخانه قمرود قرار گرفته است. بررسی‌های آب زیرزمینی این محدوده مطالعاتی مشخص می‌نماید که در این محدوده مطالعاتی یک آبخوان آبرفتی با وسعت ۲۷۰/۴ کیلومتر مربع وجود دارد (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۸۹-۱۳۹۰). منابع بهره‌بردار از آب‌های زیرزمینی در این محدوده مطالعاتی شامل ۱۴۴ حلقه چاه با تخلیه سالانه ۱۳۵/۴۵ میلیون متر مکعب (۹۸-۱۳۹۷) می‌باشد. با توجه به شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و ایجاد نقشه هم عمق آب زیرزمینی دشت شریف آباد، متوسط افت بلند مدت آب زیرزمینی سالانه ۰/۹۶ متر خواهد بود. و همچنین هیدروگراف معرف آبخوان دارای سیر نزولی بوده و سطح آب زیرزمینی در این دشت به شدت افت نموده است. طبق نقشه هدایت الکتریکی دشت شریف آباد میزان EC در قسمت‌هایی از مرکز و جنوب و جنوب غربی نسبت به نقاط دیگر کمتر و در حدود ۱۱۰۴ که این مقدار هر چه به سمت شمال شرق امتداد پیدا می‌کند بیشتر شده، که در انتهای دشت به ۲۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر هم می‌رسد (مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۷). این دشت از شمال و شمال شرقی به حوضه مسیله از جنوب به حوضه قم-کهک و از غرب به حوضه ساوه محدود می‌شود (شکل ۱).

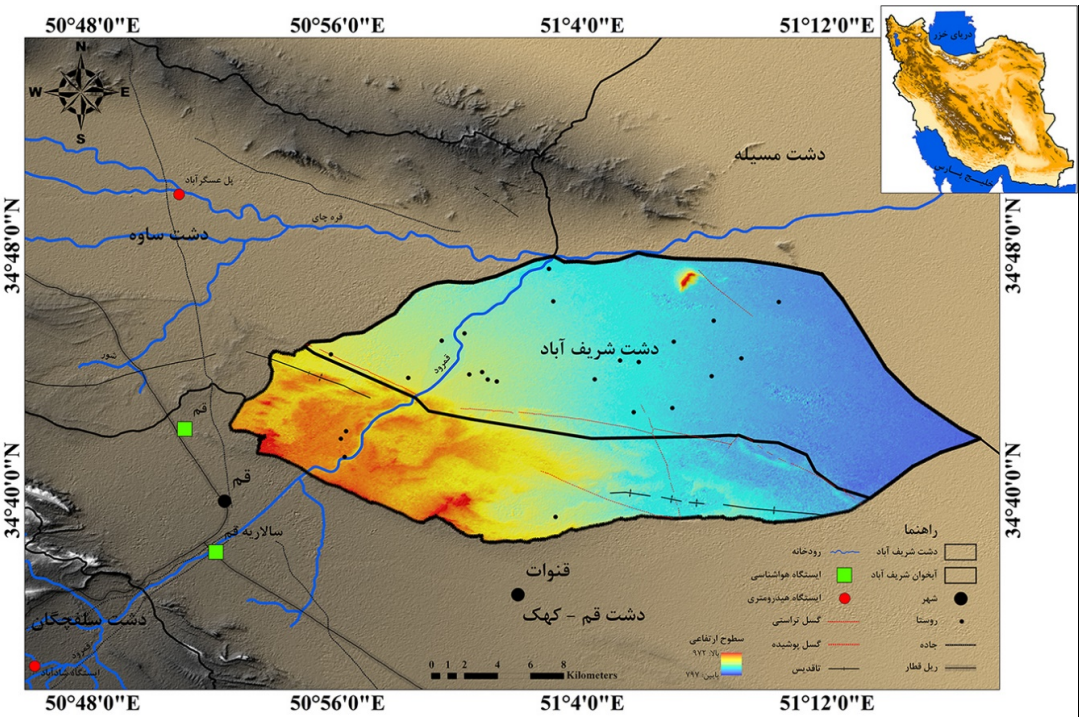
جدول ۱: خلاصه تحقیقات انجام شده داخلی و بین المللی به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی

ردیف	مرجع	آبخوان/کشور	لایه های اطلاعاتی مورد استفاده	یافته‌ها
۱	Zehtabian et al. (2001)	حوضه آبخیر طغرود استان قم	شیب، ژئومورفولوژی، گسل‌ها، گروه‌های هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی	نتایج این تحقیق به منظور تعیین سطح بالقوه برای پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی حوضه انجام گرفت.
۲	Ghermez-cheshmeh et al. (2005)	دشت میمه استان اصفهان	نفوذپذیری، شیب، ضخامت آبرفت، ضریب آبگذری، رابطه بین واحدهای ژئومورفولوژی دشت میمه و مناطق مناسب پخش سیلاب	نتایج نشان داد که واحد دشت سر اپانداژ همپوشانی خوبی (۷۵٪) با مناطق بسیار مناسب پخش سیلاب دارد.
۳	Kalantari et al. (2010)	دشت باغملک استان خوزستان	در این پژوهش به بررسی تفصیلی زمین‌شناسی سطحی و زیر سطحی و ارزیابی هیدروژئولوژیکی در منطقه پرداخته شد.	براساس نتیجه محل‌هایی با حداکثر ضخامت رسوبات آبرفتی درشت دانه برای تغذیه مصنوعی در منطقه پیشنهاد شد.
۴	Faraji Sabokbar et al. (2011)	دشت گربایگان فسا استان فارس	شیب، کیفیت آب، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، قابلیت انتقال، ضخامت آبرفت، تراکم زهکشی	نتایج این پژوهش نشان داد که مناطق کاملا مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها اغلب در نهشته‌های کواترنری و واحدهای ژئومورفولوژیکی پدیمنتی و مخروط‌افکنه‌ای با شیب کمتر از ۳ درصد واقع شده‌اند.

۵	Rahimi et al. (2014)	دشت گره بیگون	شیب، ضخامت آبرفت، زمین‌شناسی، مورفولوژی، هدایت الکتریکی، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، ضریب قابلیت انتقال و ارتفاع	نتایج تحقیق نشان داد که مناسب ترین مناطق برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در واحدهای زمین-شناسی کواترنر و در واحدهای مورفولوژیکی دشت سرها و مخروط افکنه‌ها قرار دارد.
۶	Samadi, J. (2016)	آبخوان کاشان واقع در استان اصفهان	آلودگی آب‌های زیرزمینی، نرخ نفوذپذیری خاک، قابلیت هدایت هیدرولیکی، آلودگی خاک، کاربری اراضی، شیب توپوگرافی، و سطح آب ایستابی	براساس نتایج بدست آمده از روش‌های آماری و بهینه سازی مدل حدود ۱۵٪ و ۰/۱٪ درصد از قسمت‌های غربی و جنوبی آبخوان کاشان مناسب تا بسیار مناسب جهت تغذیه مصنوعی می‌باشند.
۷	Jamour and Eilbeigy (2019)	آبخوان میناب واقع در استان هرمزگان، ایران	ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، عمق سطح آب، توپوگرافی، فاصله از رودخانه، لیتولوژی سطحی زمین، تراکم منابع آب زیرزمینی	محدوده آبخوان میناب به ۳ طبقه تقسیم شد. همچنین با بررسی وضعیت کاربری اراضی و انجام مطالعات میدانی جهت تغذیه مصنوعی تعدادی شن چاله قدیمی شناسایی و پیشنهاد گردید.
۸	Zaidi et al. (2015)	North western Saudi Arabia	شیب، بافت خاک، ضخامت ناحیه غیر اشباع، کیفیت آب زیرزمینی	نتایج نشان داد که ۱۷/۹۰ درصد از کل منطقه مورد مطالعه برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی مناسب است. از نظر مورفولوژی بستر رودخانه‌ای مناسب‌ترین مکان جهت تغذیه مصنوعی هستند.
۹	Prabhu and Venkateswaran (2015)	تامیل نادو، هند	زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خطواره، تراکم خطواره، تراکم زهکشی، کاربری اراضی	نتایج نشان می‌دهد مساحتی به اندازه ۹۱۵ کیلومتر مربع را برای سازه‌های مختلف تغذیه مصنوعی مناسب می‌باشد.
۱۰	Senanakanye et al. (2015)	Hambantota District, SriLanka	بارندگی، خطواره، شیب، زهکشی، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک	نتایج این تحقیق پتانسیل تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی زیاد تا متوسط را در ۴۹٪ از منطقه نشان می‌دهد.
۱۱	Rajasekhar et al. (2018)	Anantapur District, Andhra Pradesh, India	شیب، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، تراکم زهکشی، تراکم خطواره، کاربری اراضی، هیدروژئومورفولوژی، سطح آب زیرزمینی	براساس مقادیر شاخص پتانسیل آب زیرزمینی، منطقه مورد مطالعه در چهار منطقه پتانسیل آب زیرزمینی مختلف مانند خوب، متوسط تا خوب، متوسط و فقیر طبقه بندی می‌شود.
۱۲	Sandoval and Tiburan (2019)	Mount Makiling Forest Reserve, Philippines	شیب، خاک، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، ضریب انتقال، تراکم زهکشی و تراکم خطواره، کیفیت آب و قابلیت ذخیره	نتایج نشان داد که اکثریت (۸۳/۹۷٪) سایت‌ها برای تغذیه مصنوعی نسبتاً مناسب است. همچنین مشاهده شد که مکان‌های مناسب شناسایی شده عمدتاً در مناطق زراعی واقع شده اند.
۱۳	Muthumaniraja et al. (2019)	تامیل نادو، هند	کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، زهکشی، تراکم خطواره، سطح آب و درصد شیب	نتایج نشان داد که ۷۲/۷ درصد از مساحت منطقه برای تغذیه مصنوعی بسیار مناسب شناخته شده است.
۱۴	Ahirwar et al. (2020)	Obedullahganj block, Raisen district, M.P., India	ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، بارندگی، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، تراکم خطواره و شیب	در این پژوهش اقدام به انتخاب مکان‌های تغذیه مصنوعی گردید. همچنین پیشنهاد به جمع‌آوری رواناب سطح زمین و افزایش سطح نفوذ در این مکان گرفته شد.
۱۵	Abijithet et al. (2020)	Ponnaniyaru watershed, Tamil Nadu, India	ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، بارندگی، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، تراکم خطواره و شیب	نقشه نهایی در پنج طبقه مختلف طبقه‌بندی شده است. نتایج با داده‌های به دست آمده از عملکرد خوب تأیید شد، و دقت پیش بینی حدود ۷۵٪ بود.

دشت شریف آباد به لحاظ قرارگیری در حوضه مرکزی ایران دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. مقدار متوسط ریزش جوی سالانه حداقل و حداکثر رقم منحنی همباران در این محدوده مطالعاتی ۱۲۵ و ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. جریان‌های سطحی ورودی به این محدوده را قسمتی از جریان‌های خروجی از محدوده مطالعاتی قم-کهک تشکیل می‌دهد که از طریق رودخانه قمرود وارد محدوده می‌شود و مقدار آن در حدود ۰/۰۶ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. در قسمت جنوبی دشت خط تاقدیسی عبور کرده که باعث بالا آمدگی در آن قسمت شده است و همچنین یک خط گسل

تراستی با روند غربی- شرقی از قسمت جنوب آبخوان شریف آباد عبور می‌کند (شکل ۱). از نظر کیفی سازندهای شورکننده که تاثیر محسوسی بر کیفیت آب داشته باشد زیاد نیست ولی این محدوده تقریبا در بخش پایاب خروجی آب‌های سطحی قرار گرفته که آب آن‌ها در مسیر خود با حل نمودن نمک‌ها، شور شده است. آب زیرزمینی با تغذیه از آب‌های شور رودخانه، همچنین درجه حرارت بالا، تبخیر زیاد آب و بر جای گذاردن املاح، آب و خاک این دشت دارای شوری زیاد شده است به‌طوری‌که آب چاه‌های فعلی دشت با هدایت الکتریکی بین ۵ هزار تا ۱۱ هزار میکروزیمنس بر سانتیمتر جزو آب‌های غیر متعارف به حساب می‌آید.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

مکان‌یابی سایت‌های مناسب تغذیه مصنوعی

در این تحقیق از ۱۰ لایه اطلاعاتی شامل زمین-شناسی، ژئومورفولوژی، بافت خاک، شیب، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، تراکم خطواره، ارتفاع رواناب، سطح آب زیرزمینی بعد از دوره بارش، فاصله از چاه‌های پمپاژ از میان عوامل موثر در مکانیابی سایت‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. جهت بررسی هر یک از پارامترهای مذکور، لایه‌ها در محیط نرم افزار ArcGIS 10.3 به صورت رستری با اندازه سلول ۳۰۰ متر تهیه و براساس تحقیقات سانتا سوفیا و تجدارول (Santha Sophiya and Tajdarul, 2013) به لایه‌ها امتیاز داده شد. امتیازدهی لایه‌ها با توجه به میزان نقش مثبت آنها در انتخاب بهترین مکان مناسب از ۱ تا ۴ به ترتیب از کمترین تا بیشترین تأثیر به مقادیر هر یک از لایه‌ها داده شده است. سپس لایه‌های امتیاز داده شده براساس دستور Raster Calculator ابتدا در اوزان تخصیص داده شده به لایه‌ها براساس تحقیقات ضرب و سپس لایه‌های تشکیل شده تجمیع شدند. از همپوشانی خطی

لایه‌های، نقشه نهایی بهترین مکان مناسب جهت تغذیه در سطح آبخوان به دست آمد. به منظور انتخاب اوزان بهینه لایه‌ها و همچنین صحت‌سنجی نواحی مستعد تغذیه مصنوعی شناسایی شده، بین مقادیر لایه نهایی و لایه تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب زیرزمینی همبستگی مکانی گرفته شد. وزن لایه‌هایی که بهترین همبستگی را منجر شوند به عنوان وزن‌های بهینه در نظر گرفته می‌شود.

لایه‌های مورد استفاده

۱)زمین شناسی: زمین‌شناسی بر بسیاری از ویژگی‌های هیدرولوژیکی چون نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال تاثیرگذار است و این حاکی از اهمیت لایه زمین‌شناسی در تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی می‌باشد (Faraji Sabokbar, 2011). آبرفت‌های درشت دانه به دلیل دارا بودن ضریب تراوایی خوب، آبگذری و ذخیره زیاد وضعیت مناسبی برای تشکیل آبخوان‌ها ایجاد می‌کنند. مناطق با آبرفت‌های جوان مکان‌های مناسبی برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی می‌باشند (Chowdhury et al, 2010). با توجه به شکل ۲ الف زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل دو سازند رسوبات آبرفتی و سنگ ماسه و آهک می‌باشد که با توجه به اینکه بیشتر دشت از رسوبات آبرفتی پوشیده شده است لذا محیط مناسبی را برای تغذیه مصنوعی ایجاد کرده است.

۲) ژئومورفولوژی: ژئومورفولوژی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی و چشم انداز یک منطقه است (Kumar, 2011). از نظر ژئومورفولوژی، منطقه مورد مطالعه شامل لندفرم های دشت سیلابی، دشت آبرفتی (مخروط افکنه)، تپه ماهور و پلایا می‌باشد (شکل ۲ ب). لذا با توجه به جنس و وسعت و موقعیت و ویژگی‌های هر لندفرم، دشت‌های با شیب ملایم، دشت سرها (پدیمنت‌ها) و مخروط افکنه‌ها، به عنوان مکان‌ها مناسب برای اجرای پروژه‌های آبخوانداری در نظر گرفته می‌شوند (احمدی، ۱۳۸۷). نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه توسط سازمان جغرافیایی کشور تهیه شده، که شامل دشت سیلابی، دشت آبرفتی (مخروط افکنه)، تپه ماهور و پلایا می‌باشد جدول ۲.

۳) بافت خاک: با توجه به لیتولوژی متنوع، با انواع مختلفی از خاک‌ها در منطقه مورد مطالعه مواجه هستیم (Ramu et al, 1988). نقشه بافت خاک منطقه مورد مطالعه (آبخوان شریف آباد) با توجه به گزارش مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفصیلی منطقه قم – مسیله و نقشه کاغذی ۱:۵۰۰۰۰۰ تهیه گردیده است (گزارش مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفصیلی منطقه قم - مسیله، ۱۳۶۲) (شکل ۲ پ). براساس نقشه ۱:۵۰۰۰۰۰و گزارش نیمه تفصیلی مطالعات خاک‌شناسی، منطقه مورد مطالعه به ۴ گروه بافت خاک تقسیم شده که با توجه به گروه‌های هیدرولوژیکی خاک A, B, C, D به هر گروه با توجه به میزان تاثیرش امتیاز داده شد جدول ۲.

۴)شیب: شیب یکی از فاکتورهای مهمی است که در انتخاب مناطق مناسب پخش سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghayoumian, 2005). با توجه به پژوهش‌های قبلی، بهترین مکان‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، شیب کمتر از ۵ درصد خواهند داشت (Krishnamurthy et al, 1995). برای تهیه نقشه شیب محدوده مورد مطالعه از نرم افزار Saga 6.4.0 براساس DED 12.5 متر استفاده شد. که براساس جدول ۲ به ۴ طبقه تقسیم و امتیازدهی داده شده است (شکل ۲ ت).

۵)کاربری اراضی/پوشش زمین: داده‌ها و تکنیک‌های سنجش از دور، اطلاعات مبنایی مطمئن و درستی

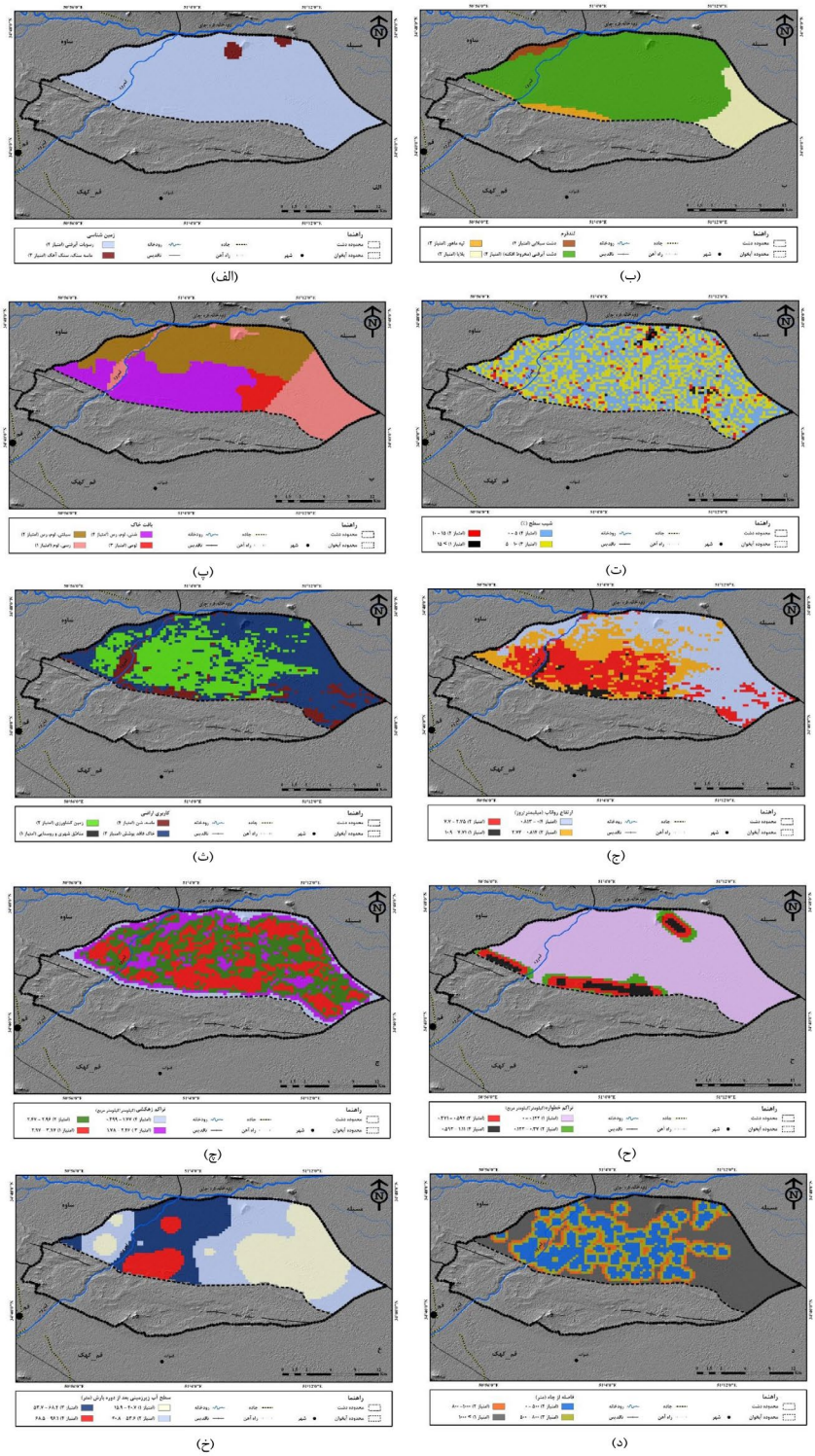
را برای ایجاد نقشه‌های کاربری اراضی فراهم می کنند و نقش تعیین کننده‌ای در نمایش الگوی کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان خواهند داشت (Kumar, 2011). اجرای پروژه‌های آبخواندارای در زمین‌هایی امکان پذیر است که دارای پوشش گیاهی مناسب باشند (Faraji Sabokbar, 2011). برای تهیه لایه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصویر سنجنده ETM ماهواره Landsat 8 2019 با استفاده از نرم‌افزار Envi 5.3 و ArcGIS 10.3 و همچنین تطبیق لایه ایجاد شده با زمین از طریق Google Earth با توجه به نظر کارشناسان استفاده گردید. براساس تحقیقات انجام گرفته منطقه مورد مطالعه شامل زمین‌های فاقد پوشش درشت دانه، خاک فاقد پوشش ریزدانه، زمین کشاورزی و مناطق شهری و روستایی می‌باشد (شکل ۲ ث). لذا مناطقی با پوشش گیاهی ضعیف و فاقد فعالیت‌های انسانی (Samadi, 2016) و پوشش درشت دانه مناطقی مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی می‌باشند.

۶)ارتفاع رواناب: پتانسیل رواناب منطقه مورد مطالعه از روش شماره منحنی اداره خدمات حفاظت از خاک آمریکا (SCS) تهیه شده است. ورودی اصلی این روش شامل میزان بارندگی و شماره منحنی رواناب است. شماره منحنی رواناب (CN) از رابطه بین گروه هیدرولوژیکی خاک، الگوی کاربری اراضی و شرایط رطوبت پیشین در منطقه مورد مطالعه به دست می‌آید (Santha Sophiya, 2013). با توجه به ویژگی منطقه مورد مطالعه، از تاثیر رطوبت پیشین بر شماره منحنی صرف‌نظر شده است. با توجه به میزان بارندگی روزانه منطقه مورد مطالعه و همچنین گروه هیدرولوژیکی خاک و لایه کاربری اراضی نقشه ارتفاع رواناب ترسیم گردید که براساس میزان رواناب از کمترین میزان به بیشترین، امتیازهای ۴ تا ۱ داده شد چرا که هرچه میزان رواناب کمتر باشد نتیجه به این شکل خواهد بود که در آن نقطه ظرفیت نفوذپذیری بالا خواهد بود (شکل ۲ ج).

۷)تراکم زهکشی: نسبت طول کلیه آبراهه‌ها در یک حوضه به مساحت آن، تراکم آبراهه نامیده می‌شود (Chowdhury et al, 2010). تراکم زهکشی با نفوذپذیری رابطه معکوس دارد. از این رو تراکم زهکشی می‌تواند به صورت غیر مستقیم نشانگر شایستگی یک منطقه برای تغذیه مصنوعی باشد (Chowdhury et al, 2010). جهت تهیه نقشه تراکم زهکشی شبکه آبراهه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 از Dem 12.5 متر محدوده مورد مطالعه استخراج شد. سپس با استفاده از دستور Line Density میزان تراکم زهکشی برای هر کیلومتر مربع در محدوده مورد مطالعه به دست آمد (شکل ۲ چ)، و براساس میزان تراکم زهکشی امتیازدهی شد (جدول ۲).

۸)تراکم خطواره: خطواره‌ها به عنوان مشخصه‌های فیزیولوژی زمین، ساختار و ساختمان سنگ زیرین را نمایش می‌دهند. خطواره‌ها ویژگی‌های ژئومورفیک خطی هستند که بیانگر سطح مناطق سست یا جابه‌جایی ساختاری در پوسته زمین است. چنین ویژگی‌هایی ممکن است نمایانگر گسل‌های ریشه‌دار عمیق، شکستگی‌های قدیمی و همگرایی، خطوط زهکشی و خطوط مرزی سازندهای مختلف سنگ باشد. این خطوط مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کنند و از نظر هیدروژئولوژیکی بسیار مهم هستند (Kumar, 2011). منطقه مورد مطالعه شامل چند خط گسلی می‌باشد که بیشترین تمرکز آن در منتهی الیه آبخوان و در قسمت جنوبی آن می‌باشد که با روند غرب به شرق کشیده شده است. سنجش میزان تراکم خطواره‌ها در محدوده مورد مطالعه، با

استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 با توجه به دستور Line Density برای هر کیلومتر مربع در محدوده مورد مطالعه انجام گرفت (شکل ۲ ح) و براساس میزان تراکم خطواره امتیاز دهی شد (جدول ۲).



شکل ۲: الف) زمین‌شناسی، ب) ژئومورفولوژی، پ) بافت خاک، ت) شیب، ث) کاربری اراضی، ج) ارتفاع رواناب، چ) تراکم زهکشی، ح) تراکم خطواره، خ) عمق سطح آب زیرزمینی بعد از دوره بارش و د) فاصله از چاه.

۹)عمق سطح آب زیرزمینی بعد از دوره بارش: عمق سطح آب زیرزمینی نشان دهنده ضخامت لایه غیر اشباع آبخوان است، هر چه این لایه دارای ضخامت کمتری باشد توانمندی تغذیه کاهش می‌یابد (رمضانی، ۱۳۹۰). با توجه به نقشه تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی طی دوره آماری کل تا ۱۳۹۷ که براساس اطلاعات عمق سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت شریف آباد تهیه شده است، نشان می‌دهد که طی این دوره آماری بیش‌ترین عمق سطح آب به میزان ۹۶/۹۰ متر در بخش مرکزی و جنوب غربی و در منتهی الیه آبخوان در شرق رودخانه قمرود رخ داده است (شکل ۲ خ). لذا مناطقی که دارای افت سطح آب زیرزمینی هستند از لحاظ تغذیه مناسب می‌باشند. امتیازدهی درونی پارامترهای موثر در تغذیه مصنوعی آبخوان در جدول ۲ آمده است.

۱۰)فاصله از چاه‌های پمپاژ: به منظور تهیه این لایه، مختصات جغرافیایی چاه‌های بهره‌برداری وارد GIS گردید. سپس با استفاده از دستور Euclidean Distance برای کلیه چاه‌ها حریم تعریف شد (جدول ۲).

که بر آن اساس هرچه قدر میزان حریم کمتر بوده و به چاه نزدیک باشد تغذیه مصنوعی آبخوان مناسب خواهد بود (شکل ۲ د).

بحث و نتایج

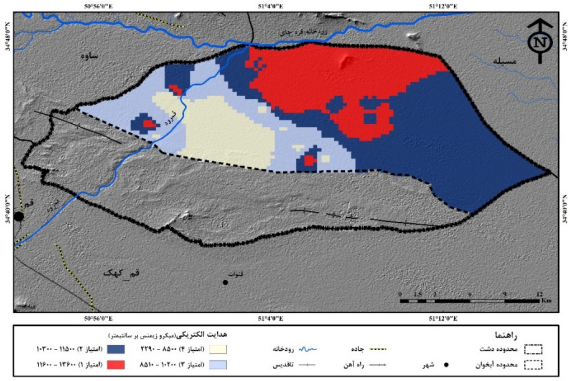
وزندهی درونی لایه‌های اطلاعاتی

به منظور تعیین محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، لایه‌های اطلاعاتی را ابتدا Reclassify کرده و سپس براساس هر لایه و نوع ویژگی درونی آن به هر ویژگی امتیازی بین ۱ تا ۴ (به ترتیب از کمترین به بیشترین) براساس تحقیقات سانتا سوفیا و تجدارول (Santha Sophiya and Tajdarul, 2013) داده شد (جدول ۲). با توجه به تاثیر لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مکان‌یابی مناطق مستعد در تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، هر پارامتر بین مقادیر ۱ تا ۴ امتیازدهی شد (جدول ۲). لایه‌های به دست آمده با اوزان مختلف با توجه به دستور Raster Calculator در محیط ArcGIS 10.3 تجمیع خطی شد و براساس وزن‌های در نظر گرفته شده برای هر لایه، نقشه نهایی بهترین مکان‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در سطح آبخوان ایجاد گردید. به منظور بهینه نمودن درجه تاثیر هر یک از لایه‌های ورودی، بین لایه‌های نهایی همپوشانی (براساس وزن‌های مختلف) و لایه تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی آبخوان شریف آباد مربوط به دوره آماری ۱۳۹۸ (شکل ۳) همبستگی محاسبه شد. بیشترین همبستگی برابر با ۰/۶۳۵- مربوط به زمانی است که وزن لایه‌های مورد استفاده بین ۱ تا ۱۰ (جدول ۳) باشد.

جدول ۲: لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای موثر در تغذیه مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق و مقادیر امتیازدهی درونی آنها

لایه اطلاعاتی (واحد)	ویژگی	وزن	لایه اطلاعاتی (واحد)	محدوده	وزن
زمین‌شناسی (-)	رسوبات آبرفتی	۴	ارتفاع رواناب (mm/day)	۰ - ۰/۸۱۳	۴
	ماسه سنگ،	۳		۰/۸۱۴ – ۲/۷۴	۳
	سنگ آهک			۲/۷۵ – ۷/۷	۲
				۷/۷۱ –۱۰/۹	۱

ژئومورفولوژی (-)	دشت سیلابی دشت‌آبرفتی (مخروط افکنه) تپه ماهور پلایا	۴ ۴ ۳ ۲	تراکم زهکشی (km/km2)	۰/۳۹۹ – ۱/۷۷ ۱/۷۸ – ۲/۴۶ ۲/۴۷ – ۲/۹۶ ۲/۹۷ – ۳/۹۷	۴ ۳ ۲ ۱
بافت خاک (-)	شنی، لوم، رس لومی سیلتی، لوم، رس رسی، لوم	۴ ۳ ۲ ۱	تراکم‌خطواره (km/km2)	۰ - ۰/۱۲۲ ۰/۱۲۳ – ۰/۳۷ ۰/۳۷۱ –۰/۵۹۲ ۰/۵۹۳ –۱/۱۱	۱ ۲ ۳ ۴
کاربری اراضی (-)	زمین‌های فاقد پوشش درشت دانه خاک فاقد پوشش ریز دانه زمین کشاورزی مناطق شهری، روستایی	۴ ۳ ۲ ۱	عمق آب زیرزمینی (m)	۱۵/۹ – ۴۰/۷ ۴۰/۸ – ۵۳/۶ ۵۳/۷ –۶۸/۴ ۶۸/۵ – ۹۶/۱	۱ ۲ ۳ ۴
شیب (%)	۰ – ۵ ۵ – ۱۰ ۱۰ – ۱۵ > ۱۵	۴ ۳ ۲ ۱	فاصله از چاه (m)	۰ – ۵۰۰ ۵۰۰ – ۸۰۰ ۸۰۰ – ۱۰۰۰ ۱۰۰۰<	۴ ۳ ۲ ۱



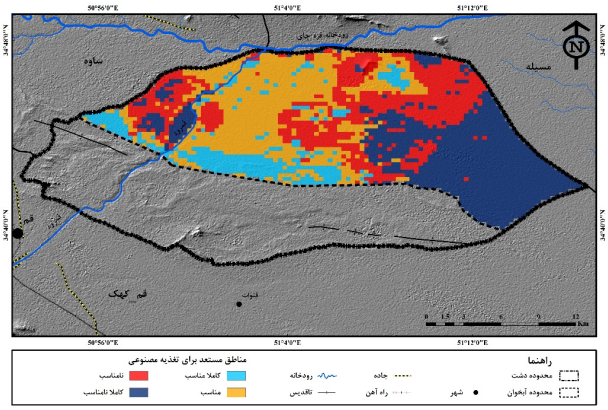
شکل ۳: نقشه هدایت الکتریکی

جدول ۳: اوزان بهینه براساس آنالیز حساسیت برای لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده

لایه اطلاعاتی	زمین شناسی	ژئومورفولوژی	بافت خاک	کاربری اراضی	شیب	ارتفاع رواناب	تراکم زهکشی	تراکم خطواره	سطح آب زیرزمینی*	فاصله از چاه پمپاژ
وزن بهینه	۱۰	۱	۱۰	۱	۱	۸	۲	۶	۹	۱

* سطح آب زیرزمینی بعد از اتمام دوره بارش

نتایج آنالیز حساسیت وزن لایه‌های مورد استفاده (جدول ۳) نشان داد که لایه‌های زمین‌شناسی و بافت خاک به دلیل میزان تاثیری که در نفوذپذیری، هدایت و قابلیت انتقال آب‌های سطحی به سفره‌های زیرین و همچنین نگهداشت آب دارند دارای بیشترین امتیاز در بین اوزان بهینه می‌باشند، همچنین تغذیه باید در مکان‌هایی صورت پذیرد که سطح آب به نسبت پایین باشد چرا که اگر اینطور نباشید تغذیه معنایی ندارد. لذا عمق سطح آب زیرزمینی دارای اهمیت بالایی می‌باشد. در ارتباط با ارتفاع رواناب باید گفت که به دلیل کنش این لایه با لایه‌های بارش، بافت خاک و کاربری اراضی که به نوبه خود میزان رواناب سطحی و نفوذپذیری را در بر دارند باید گفت که دارای امتیاز بالایی می‌باشد. در ارتباط با لایه تراکم خطواره به دلیل اینکه به صورت مجاری طبیعی عمل کرده و می‌تواند در انتقال سریع آب‌های سطحی به زیر سطح عمل کند اهمیت بسزایی در تغذیه مصنوعی دارد. از روی تراکم زهکشی می‌توان میزان نفوذپذیری و یا نفوذناپذیری محدوده مورد مطالعه را مشخص نمود، چرا که هرچه تراکم بیشتر باشد میزان نفوذپذیری کمتر و بالعکس. در ارتباط با لایه‌های دیگر باید گفت که هر کدام به نوبه خود در مکانیابی نقشی خاص داشته و می‌توانند مفید واقع شوند. نقشه نهایی به دست آمده از ترکیب ده لایه اطلاعاتی در نظر گرفته شده و براساس وزن-های بهینه آنها، از نظر درجه مناسب بودن برای تغذیه مصنوعی به ۴ محدوده کاملا مناسب، مناسب، نامناسب و کاملا نامناسب تقسیم گردید (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در آبخوان شریف آباد

محدوده کاملا مناسب جهت تغذیه مصنوعی دارای ویژگی‌هایی چون قرار گرفتن در یک محیط مخروط افکنه‌ای (آبرفتی)، دارا بودن خاک درشت دانه از نوع ماسه، شن، لوم و رس، پایین بودن شدید سطح آب زیرزمینی، وجود فرونشست در اثر بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آبی آبخوان، کم بودن میزان هدایت الکتریکی آب به نسبت نقاط دیگر آبخوان، بیشترین تراکم چاه‌های پمپاژ، عبور عرضی یک خط گسلی در امتداد مکان مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان، نزدیکی کانال آبی به منطقه مستعد برای تغذیه، دارا بودن شیب به نسبت مناسب و شرایط بهینه زمین‌شناسی (به لحاظ لندفرم سطحی) و همچنین دارا بودن اقلیم گرم و خشک موقعیت خوبی جهت تغذیه آبخوان می‌باشد. نقشه همپوشانی شده مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی به ۴ کلاس طبقه‌بندی شد. بر این اساس مکان‌هایی که دارای بیشترین ارزش وزنی بودند به عنوان مکان‌های بسیار مناسب جهت اجرای طرح

تغذیه مصنوعی تشخیص داده شد. درصد و مساحت هر طبقه در جدول ۴ محاسبه گردید. مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌ها زیرزمینی از نظر زمین‌شناسی در واحدهای کواترنری، رسوبات آبرفتی (مخروط افکنه) واقع شده است، که از نظر بافت شامل بافت‌های شنی، ماسه‌ای، لومی و رسی می‌باشد. این واحدهای زمین‌شناسی به صورت دشت که شامل زمین‌های پست و کم ارتفاع با شیبی (کمتر از ۵ درصد) قرار گرفته‌اند، نتیجه ته نشست رسوبات رودخانه‌ای در پهنه‌های رسوب‌گیر در شرایط سیلابی می‌باشند که به دلیل بافت درشت دانه رسوبات، نفوذپذیری بالایی دارند. لذا به دلیل نفوذپذیری بالا میزان رواناب سطحی حاصل از بارش‌های جوی بر روی دشت کم بوده که باعث فقیر بودن تراکم زهکشی در آنجا خواهد شد. همچنین به دلیل افت شدید عمق سطح آب زیرزمینی در محدوده آبخوان شریف آباد، میزان حجم ذخیره‌ای آبخوان در قسمت مرکزی و جنوب در منتهی‌الیه آبخوان در شرق رودخانه قمرود بیشتر بوده و همچنین به لحاظ افت سطح آب، کیفیت آب نیز بالا می‌رود. کیفیت آب محل تغذیه از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا با توجه به نقشه هدایت الکتریکی حاصل از داده‌های چاه‌های بهره‌برداری انتخابی مربوط به دوره آماری ۹۸-۱۳۹۷ محدوده مورد مطالعه که شامل ۱۴۴ حلقه چاه می‌باشد میزان EC در قسمت مرکزی و جنوبی آبخوان در شرق رودخانه قمرود به نسبت نقاط دیگر دشت کمتر بوده است. نزدیکی به منابع آب سطحی (رودخانه، چشمه، چاه‌های پمپاژ) و همچنین وجود خطواره‌ها مانند گسل‌ها و درزو شکاف‌ها می‌توانند در انتقال آب به سطوح پایین موثر واقع شوند. لذا هرچه میزان تراکم خطواره در محدوده مورد مطالعه جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بیشتر و همچنین منابع آب سطحی نزدیکتر باشد جهت تغذیه آبخوان مناسب می‌باشند. وسعت محدوده آبخوان دشت شریف آباد حدود ۲۶۲ کیلومتر مربع می‌باشد که از این میزان حدود ۱۴۱ کیلومترمربع آن را خاک فاقد پوشش، ۱۰۰ کیلومتر مربع را اراضی کشاورزی و حدود ۲۶ کیلومتر مربع را شنزارها تشکیل می‌دهد، لذا با توجه به اینکه مناطق مستعد جهت تغذیه باید در اراضی که صرفه اقتصادی داشته و کمترین هزینه را متحمل شوند. مناطق مناسب شناسایی شده برای مکانیابی تغذیه مصنوعی در خاک بدون پوشش و شنزارها واقع شده است. نتایج این مطالعه با نتایج تحقیقات (2013) Santha Sophiya and Tajdarul و (1998) Ramalingam and Santhakumar مبنی بر استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ارائه وزندهی به لایه‌ها براساس معیارهای درونی در همپوشانی پارامترهای موثر و شناسایی مکان‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی آبخوان دشت شریف آباد می‌باشد.

جدول ۴: مساحت کلاس‌های مناطق به دست آمده از نقشه نهایی

ردیف	طبقات	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱	کاملا مناسب	۲۹/۳۴	۱۱/۱۶
۲	مناسب	۷۸/۵۷	۲۹/۸۹
۳	نامناسب	۷۰/۲	۲۶/۷
۴	کاملا نامناسب	۸۴/۷۸	۳۲/۲۵
جمع کل		۲۶۲/۸۹	۱۰۰

نتیجه‌گیری

وجود منابع آب‌های زیرزمینی و ملاحظات پایداری آنها از اهمیت ویژه‌ای در مناطق خشک و نیمه خشک برخوردار است. لذا می‌باید با اعمال مدیریت صحیح و اجرای برنامه‌های اصولی از افت سطح آب زیرزمینی جلوگیری کرده و در صورت امکان تعادل بهم خورده‌ی آبخوان را احیا نمود. در چنین شرایطی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی از ایجاد مشکلات بیشتر جلوگیری خواهد کرد که از این میان می‌باید به شناسایی سطوح مناسب جهت تغذیه مصنوعی اقدام نمود. در این پژوهش به منظور مکان‌یابی سطوح مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت شریف آباد عوامل موثر بر تغذیه شامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، بافت خاک، کاربری اراضی و پوشش زمین، شیب، ارتفاع رواناب، تراکم خطواره، تراکم زهکشی، عمق سطح آب بعد از دوره بارش و فاصله از چاه‌های پمپاژ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ۱۱/۱۶ درصد اراضی کاملا مناسب و ۲۹/۸۹ درصد اراضی مناسب جهت تغذیه مصنوعی در دشت شریف آباد حائز اهمیت می‌باشد. این مکان‌ها منطبق بر ویژگی‌هایی چون قرار گرفتن در یک محیط مخروط افکنه‌ای (آبرفتی)، دارا بودن خاک درشت دانه از نوع ماسه، شن، لوم و رس، پایین بودن شدید سطح آب زیرزمینی، وجود فرونشست در اثر بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آبی آبخوان، کم بودن میزان هدایت الکتریکی آب به نسبت نقاط دیگر آبخوان، بیشترین تراکم چاه‌های پمپاژ، عبور عرضی یک خط گسلی در امتداد مکان مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان و تراکم خطواره به نسبت مناسب، نزدیکی کانال آبی به منطقه مستعد برای تغذیه، دارا بودن شیب به نسبت مناسب کمتر از ۵٪ و شرایط بهینه زمین-شناسی (به لحاظ لندفرم سطحی) موقعیت خوبی جهت تغذیه آبخوان ایجاد نموده است. سپس همبستگی نقشه نهایی همپوشانی ایجاد شده را با نقشه تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت شریف آباد مربوط به دوره آماری ۹۸-۱۳۹۷ برابر با ۰/۶۳۵- محاسبه شده است. که با توجه به جدول اوزان بهینه آنالیز حساسیت بیشترین وزن‌ها مربوط به لایه‌های زمین‌شناسی، بافت خاک، سطح آب زیرزمینی، ارتفاع رواناب، تراکم خطواره و تراکم زهکشی است و لایه‌های ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، شیب و فاصله از چاه کمترین وزن را گرفته-اند. با توجه به ویژگی‌های هیدروژئومرفولوژیک سطح سفره، یک روش تغذیه مستقیم سطحی (روش حوضچه‌های تغذیه) زیرزمینی (روش گودال یا چاه، استفاده از منافذ طبیعی) در مجاورت خط گسل شریف آباد برای نفوذ دادن آب به منابع زیرزمینی پیشنهاد می‌شود. نتایج این تحقیق و همچنین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده به منظور شناسایی سطوح مناسب تغذیه مصنوعی می‌تواند برای سایر سفره‌های که دارای شرایط هیدروژئومرفولوژیکی-اقلیمی مشابه دشت شریف آباد هستند، نیز مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

-احمدی، ح.، ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی – جلد دوم (بیابان)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۵۶ ص.

-پارسایی، ل.ا.، رهبر، غ.ر. و مفیدی خواجه، ا.م.، ۱۳۹۴. شناخت مخروط افکنه‌های استان گلستان به منظور تغذیه سفره‌های زیرزمینی، چهارمین همایش ملی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی خراسان رضوی انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران.
-تابش، م. و زمردی، ک.، ۱۳۷۰. تعیین مکان بهینه تغذیه مصنوعی با هدف به حداقل رساندن بار هیدرولیکی پمپاژ در سفره‌های آزاد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده فنی گروه عمران دانشگاه تهران.
-تشکری، ع. و میرزائی، غ.، ۱۳۸۴. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی (اصول، روش‌های، طراحی، ساخت و نگهداری)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر-مبعث، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد.
-رمضانی، م.، ۱۳۹۰. ارائه مدلی مناسب جهت مکانیابی تغذیه مصنوعی آبخوان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و منطق فازی (مطالعه موردی: دشت شمیل و آشکارا، هرمزگان)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته برنامه‌ریزی مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست.
-حکمت پور، م.، فیض‌نیا، س.، احمدی، ح. و خلیل پور، ا.، ۱۳۸۶. پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به کمک GIS و سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری، مجله محیط‌شناسی، شماره ۴۲، ص ۱-۸.
-طرفی، ح.، کلانتری، ن.ا.، چرچی، ع. و آبشیرینی، ا.، ۱۳۸۷. امکان سنجی تغذیه مصنوعی در دشت خران با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته زمین-شناسی، دانشگاه شهید چمران.
-کیث تاد، د.، دبلیو مایز، ل. و رهنمایی، م.، ۱۳۹۴. مهندسی منابع آب زیرزمینی (جلد دوم)، ترجمه رهنمایی، م.، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، ۲۹۵ ص.
-مهرورز مغانلو، ک.، غیومیان، ج. و فیض نیا، س.، ۱۳۸۲. بررسی نهشته‌های کواترنر جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب (مطالعه موردی: دشت تسویج)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته آبخیزداری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی.
-مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۸. ارزیابی اثربخشی قانونگذاری بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر: مطالعات زیربنایی، کد موضوعی ۲۵۰، شماره مسلسل ۱۶۷۵۰.
-نوری، ب.، محسنی ساروی، م.، غیومیان، ج.، درویش صفت، ا. و فیض نیا، س.، ۱۳۸۲. تعیین مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز گاوبندی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
-وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، مطالعات پایه منابع آب، گزارش بیلان منابع آب محدوده مطالعاتی شریف آباد.
-وزارت کشاورزی و عمران روستایی، سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۶۲. گزارش مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفصیلی منطقه قم – مسیله، نشریه فنی شماره ۶۲۸.
-سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۴. وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا.
-شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت آب منطقه‌ای استان قم، آمار کمی و کیفی چاه‌های مشاهده‌ای و چاه‌های پمپاژ، ۹۸-۱۳۹۷.

-Abijith, D., Saravanan, S., Singh, L., Jennifer, J.J., Saranya, T. and Parthasarathy, K.S.S., 2020. GIS-based multi-criteria analysis for identification of potential groundwater recharge zones- a case study from Ponnaniyaru watershed, Tamil Nadu, India. HydroResearch, v. 3, p. 1-14.
-Anbazhagan, S., Ramasamy, S.M. and Das Gupta, S., 2005. Remote sensing and GIS for artificial recharge study, runoff estimation and planning in Ayyar basin, Tamil Nadu, India. Environ Geol, v. 48, p. 158-170.
-Ahirwar, S., Malik, M.S., Ahirwar, R. and Shukla, J.P., 2020. Identification of suitable sites and structures for artificial groundwater recharge for sustainable groundwater resource development and management. Groundwater for Sustainable Development, p. 100388.
-Baghvand, A., Nasrabadi, T., Bidhendi, G.N., Vosoogh, A., Karbassi, A. and Mehrdadi, N., 2010. Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. Desalination, v. 260, p. 264-275.
-Chowdhury, A., Jha, M.K. and Chowdary, V.M., 2010. Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS, GIS and MCDM techniques. Environmental Earth Sciences, v. 59(6), p. 1209.
-Faraji Sabokbar, H.A., Nasiri, H., Hamze, M., Talebi, S. and Rafiei, Y., 2011. Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (case study: Garbaygan Plain of Fasa). Geography and Environmental Planning Journal, p. 41-46.
-Ghermezcheshmeh, B., Feiznia, S., Ghoayumian, J. and Zehtabian, G., 2005. An Investigation on the Use of Geomorphologic Maps in Locating Sites Suitable for Flood Spreading in Meymeh Region. Journal of the Iranian Natural Res., v. 59(3), p. 557-567.
-Goodarzi, L., Akhoond_Ali, A., Zarei, H. and Dehghani, F., 2013. Identifying potential sites for artificial groundwater recharge using GIS and MCDM techniques in Oshtorinan plain, Iran.
-Jamour, R. and Eilbeigy, M., 2019. Site selection and determination of the most suitable artificial recharge method in the Minab Plain based on AHP method. J. Environ. Water Eng., v. 5(2), p.166-173. DOI: 10.22034/jewe.2019.173987.
-Jalali, M., 2007. Salinization of groundwater in arid and semi-arid zones: an example from Tajarak, western Iran. Environ Geol, v. 52, p. 1133-1149.
-Jasrotia, A.S., Kumar, R., Taloor, A.K. and Saraf, A.K., 2019. Artificial recharge to groundwater using geospatial and groundwater modelling techniques in North Western Himalaya, India. Arabian Journal of Geosciences.
-Kalantari, N., Rangzan, K., Thigale, S.S., Rahimi, M.H., 2010. Site selection and cost-benefit analysis for artificial recharge in the Baghmalek plain, Khuzestan Province, southwest Iran. Hydrogeology Journal, v. 18, p. 761-733.
-Kumar, B. and Kumar, U., 2011. Ground water recharge zonation mapping and modeling using Geomatics techniques. International Journal of Environmental Sciences, v. 1(7), p. 1670-1681.
-Krishnamurthy, J., Venkatesa Kumar, N., Jayaraman, V. and Manivel, M., 1996. An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system. International Journal of Remote Sensing, v. 17(10), p. 1867-1884.
-Muthumaniraja, C.K., Anbazhagan, S., Jothibasu, A. and Chinnamuthu, M., 2019. Remote Sensing and Fuzzy Logic Approach for Artificial Recharge

Studies in Hard Rock Terrain of South India. GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science, p. 91-112
-Prabhu, M.V. and Venkateswaran, S., 2015. Delineation of artificial recharge zones using geospatial techniques in Sarabanga Sub Basin Cauvery River, Tamil Nadu. Aquatic Procedia, v. 4, p. 1265-1274.
-Ramalingam, M. and Santhakumar, A.R., 2000. Case study on artificial recharge using remote sensing and GIS. Map India, p. 13-15. GIS devlopmennt. www. GISdevelopment .net (accessed on June 25).
-Rajasekhar, M., Raju, G.S., Raju, R.S. and Basha, U.I., 2018. Data on artificial recharge sites identified by geospatial tools in semi-arid region of Anantapur District, Andhra Pradesh, India. Data in brief, v. 19, p. 462-474.
-Ramu, S., Sornavelu, S. and Sivappah, A.N., 1988. Soils of Tiruchirapalli District, Tamii Nadu, District Report No.5, Soil Survey and Landuse Organization Coimbatore, Tamilnadu, India.
-Rahimi, S., Roodposhti, M.S. and Abbaspour, R.A., 2014. Using combined AHP–genetic algorithm in artificial groundwater recharge site selection of Gareh Bygone Plain, Iran. Environmental earth sciences, v. 72(6), p. 1979-1992.
-Santha Sophiya, M. and Tajdarul, H., 2013. Assessment of vulnerability to seawater intrusion and potential remediation measures for coastal aquifers: a case study from eastern India. Environ Earth Sci, v. 70, p. 1197-12091308.
-Sandoval, J.A. and Tiburan Jr, C.L., 2019. Identification of potential artificial groundwater recharge sites in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines using GIS and Analytical Hierarchy Process. Applied geography, v. 105, p. 73-85.
-Senanakanye, I.P., Disanayake, D.M., Mayadunna, B.B. and Weerasekera, W.L., 2015. An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota, Sri Lanka using GIS techniques. Geoscience Frontiers, v. 20, p. 1-10.
-Samadi, J., 2016. Site Selection Modeling for Artificial Recharge in Kashan Aquifer Using Statistical Methods, AHP and Groundwater Environmental Considerations. Iran-Water Resources Research, v. 12(1), (IR-WRR).
-Todd, D.K. and Mays, L.W., 2005. Groundwater hydrology edition. Welly Inte.
-Zehtabian, G., Alavi Panah, S.K. and Hamedpanah, R., 2001. Determination of an Appropriate Area for Flood Water Spreading by Remote Sensed Data and GIS in the Tagharood Catchment (Iran), International Feredation of Surveyors, Seoul, Korea, May, v. 1-6.
-Zaidi, F.K., Nazzal, Y., Ahmed, I., Naeem, M. and Jafri, M.K., 2015. Identification of potential artificial groundwater recharge zones in Northwestern Saudi Arabia using GIS and Boolean logic. Journal of African Earth Sciences, v. 111, p. 156-169.