فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال چهاردهم، شماره ۵۲، پاییز۹۹

ارزیابی و ارائه راهکار جهت کاهش فلزات سنگین آب زیرزمینی دشت گرمسار

مسلم سلطانیان[۱] ، حسین حسن پور درویشی [۲*]، سید حبیب موسوی جهرمی[۳] و محمد نصری[۴]

۱-دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرقدس، ایران
۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرقدس، ایران.hhassanpour87@gmail.com
۳-استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرقدس، ایران
۴- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی واحد ورامین، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

چکیده

آلودگی محیط به فلزات سنگین به دلیل داشتن ثبات شیمیایی و قدرت تجمع پذیری در بدن موجودات زنده، مشکلی بهداشتی در مقیاس جهانی است. مقادیر بالای این فلزات باعث افزایش مرگ‌ومیر، اختلالات مرفولوژی، کاهش رشد و اثرات ژنتیکی در انسان می‌شود. در این مقاله به بررسی کیفیت منابع آب دشت گرمسار صورت می‌پذیرد.در این مطالعه در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ میانگین غلظت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی منطقه موردنظر در دشت گرمسار را مورد بررسی قرار گرفت. از ۲۰ حلقه چاه عمیق در اول و اواسط و اواخر هرماه نمونه‌گیری شد و پارامترهای EC، TDS، PH و دما در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. جهت مدل‌سازی از نرم‌افزار GMS استفاده‌شده است. روش نگهداری نمونه‌ها و انجام آزمایشات طبق توصیه‌های کتاب روش خای استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب صورت گرفت. نتایج نشان داد که سناریو ۲ بیشترین تأثیر را بر روی کاهش مقادیر فلزات سنگین داشته است و از طرفی سناریو شماره ۴ دارای کمترین تأثیر بر روی مقادیر بوده است. بر اساس یافته‌ها منابع موردمطالعه ازنظر فلزات سنگین و PH جهت مصارف کشاورزی منابع مطمئنی هستند و به دلایلی ازجمله ترکیبات زمین‌شناسی، کم بودن صنایع منطقه، کاهش یا عدم نفوذ فاضلاب‌های بهداشتی و صنعتی به منابع آب، شرایط جغرافیایی در معرض آلودگی نیستند. اما خشکسالی‌های اخیر، کاهش بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی به بالا رفتن EC و TDS از مقادیر استاندارد ملی ایران منجر شده است.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، فلزات سنگین، کیفیت منابع آب، سناریو کاهش آلودگی.

مقدمه

فلزات سنگین به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تهدیدکننده سلامت انسان و محیط‌زیست پیرامون آن مطرح است. فلزات سنگین با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری ضعیف و داشتن قدرت تجمع زیستی در بدن موجودات زنده به‌سرعت به آلاینده‌های سمی تبدیل می‌شود و مشکلی بهداشتی در مقیاس جهانی است. مقادیر بالای این فلزات باعث افزایش مرگ‌ومیر، اختلالات مرفولوژیکی کاهش رشد و اثرات ژنتیکی در انسان می‌شود. رشد سریع جمعیت هم‌زمان با پیشرفت صنعتی و بهداشتی منابع نیاز به منابع آبی شیرین را به‌طور تصاعدی افزایش می‌دهد و این در حالی است متأسفانه آلودگی منابع آب روزبه‌روز در حال افزایش است (Hou et al., 2013). فلزات موجود در منابع آب به‌صورت طبیعی یا براثر آلودگی وارد منابع آب می‌شوند (Rahnama et al., 2011). هوازدگی سنگ‌ها و خاک‌ها که با منابع آب در ارتباط هستند، بزرگ‌ترین منابع طبیعی آلودگی فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی هستند. برخلاف آب‌های سطحی، آلودگی سفره‌های منابع آب‌های زیرزمینی، عمدتاً غیرقابل‌بازگشت است چراکه نوسازی آب در اعماق زمین نسبت به آب‌های سطحی، بسیار کند است (Abdullah, 2013). در دهه‌های اخیر آلودگی فلزات سنگین، در محیط‌های آبی به یک مشکل جهانی در کشورهای درحال‌توسعه و هم کشورهای

توسعه‌یافته تبدیل‌شده است. پساب‌های حاوی فلزات سنگین به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی راه یافته و باعث آلودگی آن‌ها می‌شوند. ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان قرارگرفته و ۹۱ درصد آب شیرین موردنیاز در کشور از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. فلزات سنگین به‌طور طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌ها وجود دارند. دهقانی و عباس نژاد (۲۰۱۱) تحقیقی در خصوص آلودگی سفره آب‌های زیرزمینی دشت انار به نیترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم انجام شد، آلودگی آب‌های برخی از مناطق دشت انار به آرسنیک، سرب و نیترات را نشان داد و غلظت کادمیوم در قسمت‌هایی از دشت به حداکثر مقدار مجاز در آب آشامیدنی نزدیک بود. دلیل بالا بودن غلظت آرسنیک، سرب و کادمیوم در آب‌های زیرزمینی منطقه به دلیل وجود رگه‌های کانی‌های سولفیدی در دشت انار می‌باشد (Dehghani, 2011). نتایج تحقیقات احمدی زاده فینی (۲۰۱۴) نشان داد که میانگین غلظت فلزات روی، سرب،کادمیوم در چاه‌های آب شرب مناطق روستایی بندرعباس به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۵۴ میلی‌گرم در لیتر بود که این مقادیر در محدوده استاندارد بود اما حداکثر غلظت فلز کادمیوم در ۱۹ نمونه (۵۲ درصد) بیشتر از مقدار مجاز تعیین‌شده در محدوده استاندارد جهانی و ۳ مورد ۹۱ درصد بیشتر از حد مجاز استاندارد ملی و آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا بود (AhmadizadehFini et al., 2014). در مطالعه نصرآبادی که به بررسی شاخص کیفی در آب‌های زیرزمینی شهر تهران پرداختند مشاهده شد کیفیت آب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۹۰ پایین‌تر بود همچنین مقدار شاخص بخش‌های شرقی و جنوبی شهر تهران نسبت به سایر بخش‌های نمونه‌برداری بالاتر می‌باشد که بازگوکننده کیفیت پایین آب این مناطق است (Abasi, 2013). در پژوهشی با بررسی روی، سرب، کادمیوم و مس نسبت به ارزیابی کیفی آب اروندرود اقدام و نتیجه گرفته شد که میانگین مقادیر شاخص HPI برابر با ۸/۹۹ و بسیار کمتر از آستانه خطر است (Kalantari et al., 2014). نتایج تحقیقات در دشت طبس و فردوس نشان داد آرسنیک همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی با منیزیم و کلسیم دارد و نشان می‌دهد که کمپلکس‌های آن‌ها در تمرکز و حمل آرسنیک نقش دارد. همچنین همبستگی بالایی بین آرسنیک و مقادیر pH و Eh که بیانگر حساسیت بالای تحرک پذیری آرسنیک به شرایط اکسیداسیون-احیایی آب است. آب‌هایی که قدرت یونی بالایی دارند مانع از تشکیل رسوب توسط آرسنیک می‌شود (Zerabruk, 2011). غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل متعددی وابسته است که ازجمله می‌توان به نوع و میزان سموم مصرفی کشاورزی، شرایط اقلیمی منطقه، زمین‌شناسی و..... توسعه زمین‌های کشاورزی، عملکرد شدید فرایند فرسایش و تخریب و بار آلودگی فیزیکی و شیمیایی اشاره نمود (Karbasi, 2009). مطالعات ولی نژاد و همکاران با ارزیابی فلزات سنگین (کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، روی) در آب‌های زیرزمینی و نحوه پراکنش آن‌ها در منطقه‌ای با تراکم بالای فعالیت صنعتی در شهرستان اسلامشهر که در جنوب شرقی تهران اعلان کردند غلظت کروم و روی پایین‌تر از حد مجاز آب آشامیدنی بود درصورتی‌که غلظت کادمیوم در۸/۸ درصد نمونه‌های زمستان بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی ایران بود ،غلظت نیکل در فصل زمستان در ۸/۸ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی بود و غلظت سرب در فصل تابستان در ۸/۴۸ درصد از نمونه‌ها و در فصل زمستان در ۹۴/۴ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی بود. وجود تراکم بالای صنایع، زمین‌های وسیع کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌های حاوی فلزات سنگین، وجود مسیرهای اصلی و فرعی پرتردد و از همه مهم‌تر وجود شیب هیدرولیکی از شمال غربی به جنوب شرقی در این منطقه، باعث بالا بودن آلودگی در قسمت جنوبی اسلامشهر شده است. در کل در منطقه موردمطالعه غلظت کروم و روی بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) جهت مصارف شرب, نبود درصورتی‌که غلظت کادمیوم، نیکل و سرب در اکثر

آب‌های زیرزمینی ربع جنوبی منطقه جهت مصارف شرب بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت بوده است. استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم حاوی فلزات سنگین در زمین‌های کشاورزی، وجود تراکم صنایع، وجود مسیرهای اصلی و فرعی پرتردد، باعث انتشار این فلزات سنگین در سطح زمین شده و درنتیجه توسط باران و آب‌های سطحی شسته و به منابع آب زیرزمینی نفوذ می‌کند. در منطقه موردمطالعه شیب هیدرولیکی از جهت شمال غربی به جنوب و جنوب شرقی می‌باشد درنتیجه آلودگی‌های موجود در منابع آب را شسته و در جنوب منطقه متمرکز کرده است. به‌علاوه چون ضخامت آبرفت در مناطق شمالی افزایش یافته آبدهی سفره هم افزایش یافته درنتیجه غلظت آلاینده‌ها کاهش پیدا می‌کند و همین موضوع باعث شده است منابع آبی موجود در قسمت شمالی از کیفیت بالاتری برخوردار باشد (Hamidian et al., 2019). گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران از ۱۸حلقه چاه آب آشامیدنی در فاصله کمتر از ۱۱ کیلومتری کارخانه سرب و روی در زنجان نمونه‌برداری و توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی ازنظر Pb، Cd و Zn موردانداز‌ه‌گیری قرار گرفت غلظت سرب در هیچ نمونه‌ای بالاتر از استاندارد ملی نبود اما سرب و کادمیوم به ترتیب در ۵۳ و ۵۹ درصد نمونه‌ها فراتر از حد رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بودند و غلظت روی در کلیه نمونه‌ها پایین‌تر از حد معیارها بود (Javan Siamardi et al., 2014). در این تحقیق به بررسی کیفیت آب دشت گرمسار و ارائه راهکار جهت بالا بردن کیفیت آن پرداخته می‌شود.

روش تحقیق

مدل‌سازی عددی آب‌های زیرزمینی ابزار مهمی برای مدیریت منابع آب در آبخوان‌ها می‌باشد. این مدل‌ها می‌توانند برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی و همچنین مدیریت منابع آب و پیش‌بینی چگونگی تغییر یک آبخوان در مقادیر تغییرات آب و هوایی و پمپاژ استفاده شوند (Hou et al., 2013). ازآنجایی‌که آب‌های زیرزمینی در معرض آلودگی‌های شدید و برداشت‌های بی‌رویه قرار دارند، استراتژی‌های مؤثر برای مدیریت و حفاظت منابع آب‌های زیرزمینی برای اجتناب از اثرات محیطی برگشت‌ناپذیر مانند کاهش شدید کیفیت و کمیت این آب‌ها و نابودی آن‌ها لازم است. ازاین‌رو مدل‌سازی تراز آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر موردتوجه زیادی قرارگرفته است. در اثر همین افزایش توجه، مدل‌های عددی مختلفی برای تحلیل جریان در آب‌های زیرزمینی توسعه‌یافته است. این مدل‌ها دید ساده‌ای را برای تحلیل جریان آب‌های زیرزمینی در اختیار ما قرار می‌دهند و دقت خوبی در نمایش محیط‌های پیچیده داشته و می‌توانند در مورد همه شرایط هیدروژئولوژیکی استفاده شوند و ابزار مهمی در تخمین وضعیت آبخوان باشند. این مدل‌ها می‌توانند جهت جریان آب‌های زیرزمینی، توزیع و پخش تراز هیدرولیکی و بزرگی جریان را تعیین کنند و در تعیین مکان‌های مناسب برای حفر چاه‌های استخراج آب در یک حوضه آبریز مورداستفاده قرار گیرند (Zhou, 2017).

امروزه استفاده از مدل‌ها برای به تصویر کشیدن واقعیات و فهم بهتر آن‌ها و همچنین اتخاذ تصمیمات درست در مورد هر پدیده‌ای بسیار متداول شده است. مدل‌های شبیه‌سازی جریان آب‌های زیرزمینی یکی از این مدل‌ها می‌باشند که توسط متخصصان در خیلی از کشورها مورداستفاده قرار می‌گیرند و دقت و صحت نتایج آن‌ها نیز به اثبات رسیده است.

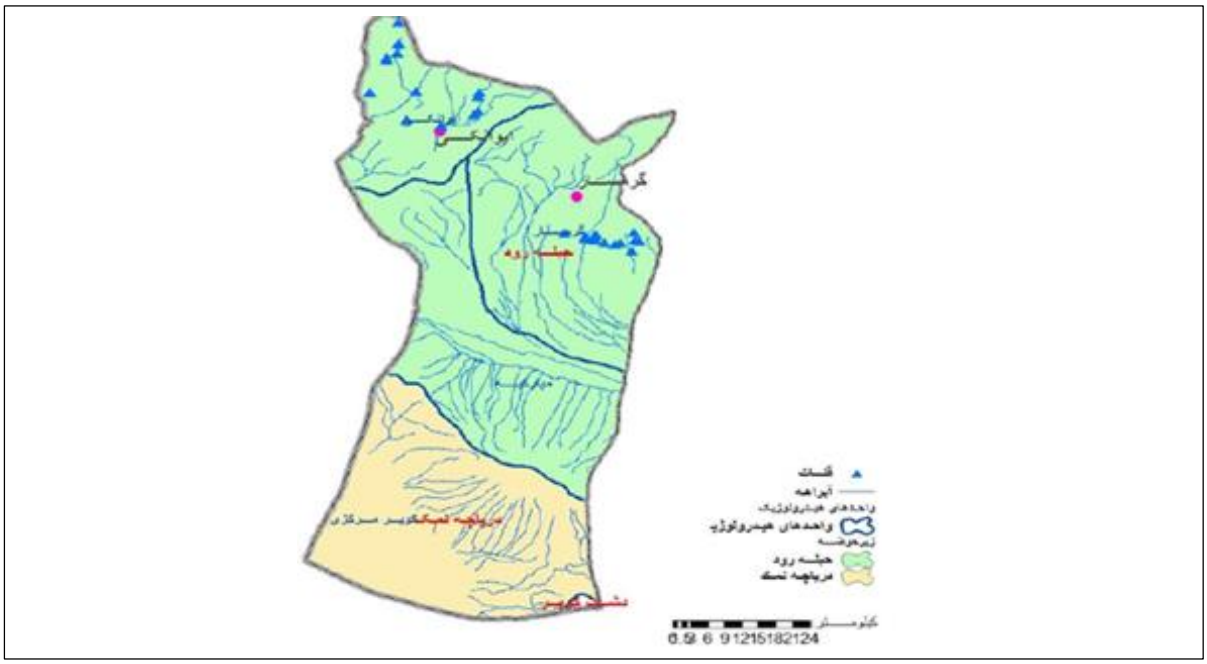
مدل MODFLOW ارزیابی شبیه‌سازی عددی جریان آب‌های زیرزمینی به دلیل تخمین پارامترهای هیدرولیکی و هیدرولوژیکی ابزاری مهم برای مدیریت منابع آب آبخوان‌ها می‌باشد. از مدل MODFLOW برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی در آبخوان Maharashtra بنام پایتخت صنعتی کشور هند استفاده کردند و نتیجه نشان داد که تکنیک‌های عددی دارای سرعت‌بالا و همچنین دقت زیادی در تخمین پارامترهایی همچون قابلیت انتقال دارند (Zhou & Herath, 2017).

نیز مدل‌های مفهومی مختلفی را برای شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. در این مطالعه سه مدل به ترتیب

دارای یک‌لایه، دولایه و پنج لایه ساخته شد و نتایج نشان داد که همه مدل‌ها با مشاهدات همخوانی بسیاری خوبی را دارند. اما مدل یک‌لایه اجزای بیلان آب را بهتر تخمین میزند و مدل سه لایه نیز می‌تواند باکمی خطا برای تخمین بیلان آب و تراز آب‌های زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد. مدل پنج لایه نیز قادر به تخمین بیلان آب، تراز و زمان انتقال با دقت بالایی بود (Moharir et al., 2017).

وجود فلزات سنگین در محیط‌زیست خطری بالقوه برای موجودات زنده به شمار می‌آید. انسان همیشه در معرض آلودگی با فلزات سنگین قرار دارد. آلودگی‌های عنصری می‌توانند منشأ طبیعی و غیرطبیعی داشته باشند که در هر دو حالت باید موردمطالعه و بررسی قرار گیرند. در این میان، مطالعه آلودگی‌هایی که منشأ طبیعی دارند به دلیل اینکه اگر در سطح قرار داشته باشند باعث آلوده شدن خاک، آب‌وهوا می‌شوند و درنهایت اثراتی منفی را بر محیط‌زیست بر جای می‌گذارند، از این نظر قابل‌توجه می‌باشند (Zhou & Herath, 2017).

امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر بسزای آن بر نحوه و میزان پیشرفت جوامع در زمینه‌های صنعتی و کشاورزی بر هیچ‌کس پوشیده نیست و با توجه به جمعیت رو به افزایش جهان به‌خصوص در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجه‌اند، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب، به‌ویژه منابع آب زیرزمینی که به‌عنوان منبع اصلی تأمین آب شرب بیش از ۱/۴ میلیارد نفر در سرتاسر جهان است، می‌تواند این جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه‌چندان دور گریبان گیر بشر خواهد شد، یاری کند. آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای توجه بشر را به خود جلب کرده است، مسئله آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین است که به دلیل قابل تجمع بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی در غلظت پایین‌بر فعالیت جانداران از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته و میزان بارندگی در آن یک‌سوم متوسط جهانی است. درنتیجه با افزایش جمعیت و نیاز به منابع آب آشامیدنی و کشاورزی استفاده از منابع آب زیرزمینی به‌شدت در حال افزایش است. آب آشامیدنی معمولاً به‌طور محلی تأمین‌شده و به ژئوشیمی محلی وابسته است. نخستین مرحله در یک عملیات تغذیه مصنوعی، مکان‌یابی مناطق مناسب برای اجرای عملیات یادشده است. به این منظور، تعیین مناطق مستعد برای تغذیه آب‌های زیرزمینی اولین گام اساسی است که تا حد زیادی به وضعیت سطح زمین بستگی دارد. به‌گونه‌ای که استفاده از حوضچه‌های تغذیه مصنوعی در مکان‌هایی با نفوذپذیری کم، شیب زیاد، کاربری اراضی نامناسب، فاصله زیاد از منبع آب سطحی و ... نه‌تنها سبب تغییر در سطح آب زیرزمینی منطقه نمی‌شود، بلکه ازنظر اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود. علاوه بر این بیشتر مواردی که آمار و اطلاعات مربوط به آن‌ها کامل‌تر و بیشتر در دسترس بودند بررسی می‌شوند؛ بنابراین از لایه‌های اطلاعاتی فاصله از رودخانه، شیب، ضخامت ناحیه غیراشباع آبرفت، نفوذپذیری سطحی، زمین‌شناسی، کیفیت آب زیرزمینی، کاربری اراضی و تراکم زهکش در مطالعه حاضر استفاده می‌شود. دشت گرمسار (شکل ۱) بین رشته‌کوه البرز در شمال ارتفاعات سیاه کوه در جنوب واقع گردیده، سلسله جبال البرز قسمت حاشیه فلات چین‌خورده وسیع ایران را تشکیل می‌دهد که ساختمان آن نتیجه دو کوه‌زائی پرکامبرین (آنسیتک) و دیگری کوه‌زائی آلپی مربوط به دوران مزوزوئیک و سنوزئیک رشته‌کوه‌های البرز در قسمت‌های شرقی و مرکزی آنتی کلینسوریوم ساده را در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل می‌دهند. کوه‌های شمالی گرمسار دنباله کوه‌های البرز هستند که امتداد این کوه‌ها تا لشکرک کشیده شده سلسله جبال البرز از کوه‌های جوان دوران سوم و با کوه‌های آلپ در اروپا و جبال هیمالیا در آسیا محدود است، کوه‌های در دوران دوم در زیرآب قرارگرفته و در طول دوران سوم در اثر حرکات کوه‌زائی رشته جبال مذکور بالاآمده و امروزه چون دوران فرسایش در آن‌ها کوتاه است. کوه‌های مرتفعی را به وجود آورده‌اند. ازنظر روندهای ساختمانی، چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی منطقه مشابه ایران مرکزی است.

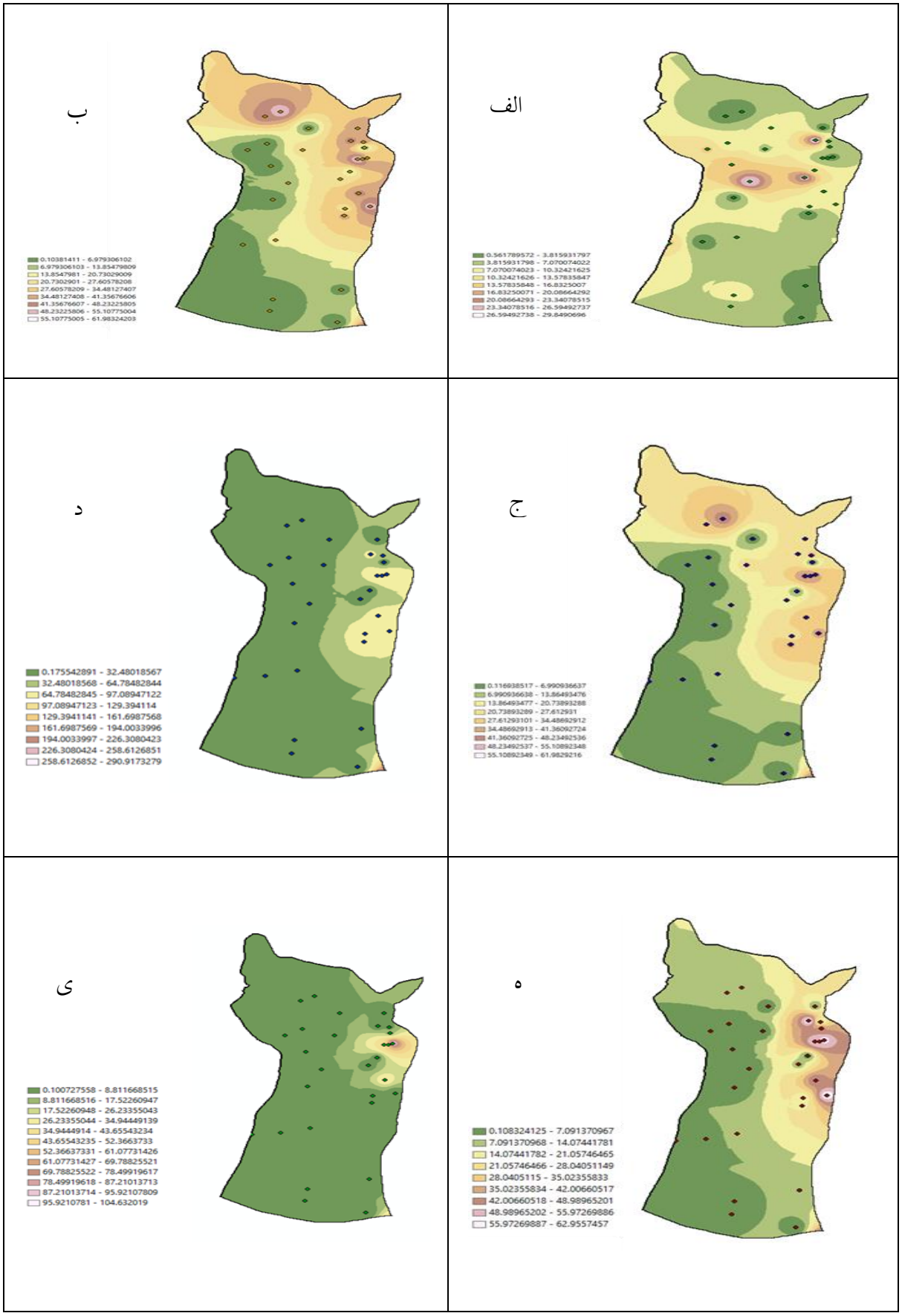


شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

سازندهای (ائوسن، الیگوسن الیگومیوسن، میوسن پلیوسن، پلیستوسن که بنام‌های کرج، قرمز زیرین قم قرمز بالائی هزار دره و آبرفت‌های قدیمی و عهد حاضر شناخته شوند) در این منطقه گسترش دارند. دشت گرمسار که بر روی مخروط افکنه حبله رود قرار دارد و بادبزنی شکل می‌باشد نمونه بارز از مخروط افکنه‌های کلاسیک است که درنتیجه اعمال فرسایش، محل و رسوب‌گذاری رودخانه از مواد آبرفتی آن تشکیل‌شده است. رأس مخروط افکنه‌های کلاسیک است که در مدخل ورودی رودخانه دارای ارتفاعی معادل ۸۹۰ متر و در قسمت قاعده آن به ۸۹۸ متر می‌رسد. شیب زمین در امتداد محور اصلی مخروط افکنه از ۰/۴ درصد در بخش فوقانی و شمال تا ۹/۸ درصد در قسمت تحتانی و نواحی پست متغیر می‌باشد. در جنوب شرق دشت گرمسار رودخانه شور وجود دارد که دشت گرمسار و ارتفاعات حاشیه آن حوضه آبریز آن بوده است و پس از گذشتن از دامنه‌های شمالی ارتفاعات سیاه کوه و زهکشی نمودن دشت مذکور به کویر شمال جندق می‌رسد. خاک‌های ناحیه به علت حضور تشکیلات سنگی شور و گنبدهای نمکی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی در جنوب دشت و تبخیر سالانه عموماً شور می‌باشد. دشت گرمسار را می‌توان ازنقطه‌نظر ژئومورفولوژی با توجه با عوامل توپوگرافیک و خاکشناسی و رسوب‌شناسی به ۳ قسمت اصلی تقسیم کرد. الف: قسمت‌های فوقانی که از بستر سنگ‌های رودخانه و انشعابات آن تشکیل‌شده است. این نواحی دارای شیب نسبتاً زیاد بوده و حاوی مقادیر زیادی قلوه‌سنگ و سنگ‌ریزه است. ب: بخشی میانی که اغلب اراضی زراعی دشت گرمسار را در برمی‌گیرد و همین‌طور محل قرارگیری بخش اعظم شهر گرمسار است شیب ملایم و حاوی کمی سنگریزه بوده و رسوبات دانه‌درشت سیلابی شامل رس، سیلست، به فراوانی در آن یافت می‌شود. بخشی تحتانی که دارای اراضی شور زیاد بوده و در امتداد جنوب به مقدار املاح آن افزوده می‌شود این بخش شامل اراضی پست باتلاقی و کفه‌های گلی، نمکی می‌باشد. گرمسار در تقسیم‌بندی حوزه‌های آبریز جزئی از حوزه کویر نمک و زیر حوزه کویر سمنان و گرمسار محسوب می‌شود. در این زیر حوزه تعداد آبراهه و رودخانه کوچک و بزرگ که از ارتفاعات البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرند به سمت جنوب و جنوب غرب جریان دارند و پس از پیوستن به یکدیگر به سمت جنوب شرقی و درنهایت به کویرهای سمنان و گرمسار منتهی می‌شوند. بزرگ‌ترین

رودخانه در محدوده موردبررسی حبله رود است که از شاخه‌های مختلفی تشکیل می‌شود رودخانه رودسر دره پس از عبور از کوهستان در آغاز ورود به دشت تشکیل مخروط افکنه و در پای آن واقع‌شده است.این رودخانه منبع اصلی تأمین آب کشاورزی گرمسار است و اقتصاد شهرستان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به وجود این رودخانه وابسته است. دبی متوسط سالیانه حبله رود ۱۵۰ تا ۱۷۰ میلیون مترمکعب است. از رودهای دیگر گرمسار می‌توان با جمع آب رود (رودسر دره) اشاره کرد که این رود دارای آب بسیار کمی است و آب آن شور و غیرقابل استفاده است. رودخانه رامه یا تنگ چهار طالق نیز از دیگر رودخانه‌های فصلی است که از ارتفاعات شمال شرقی گرمسار و منطقه لزوره سرچشمه گرفته و پس از پیوستن به شاخه‌هایی چون خوشابرود از شمال به جنوب به‌سوی قریه ده نمک ادامه مسیر می‌دهد. گرمسار ازلحاظ منابع آب زیرزمینی نیز غنی است و درگذشته چندین رشته قنات در منطقه گرمسار وجود داشته که در حال حاضر نیز بعضی از آن‌ها آبدهی دارند و چاه‌های عمیق و نیمه عمیق فراوانی در سطح شهرستان وجود دارد که برای امر کشاورزی غالب آن‌ها استفاده می‌شود و آب‌لوله‌کشی تمامی روستاهای گرمسار از چاه‌های حفرشده تأمین می‌گردد. در شهرستان گرمسار تعداد چاه عمیق ۸۹۰ حلقه با میزان تخلیه ۲۰۲/۸ میلیون مترمکعب، چاه نیمه عمیق ۸۸ حلقه با تخلیه ۳/۹۷ میلیون مترمکعب، قنوات ۲۷ رشته با تخلیه ۷/۰۴ میلیون مترمکعب وجود دارد.

تغذیه مصنوعی: رشد روزافزون جمعیت جهان همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در جهت افزایش تأمین مواد غذایی از یک‌سو و خشکسالی‌های پی‌درپی در سال‌های اخیر از سوی دیگر موجب شده است که منابع آب شیرین در اکثر کشورهای واقع در کمربند خشک جهان، به اوج بهره‌برداری خود برسند. این وضعیت بحرانی در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون بخش وسیعی از ایران که آب زیرزمینی منبع اصلی تأمین‌کننده آب محسوب می‌شود، بیشتر نمایان است. تغذیه مصنوعی به‌منزله گزینه‌ای قابل‌بررسی می‌تواند خطرهای ناشی از بهره‌برداری بیش‌ازحد و آلودگی سفره‌های آبدار را به‌طور مؤثری کاهش دهد و علاوه بر تقویت منابع آب تغذیه مصنوعی عبارت است از مجموعه عملیات و اقداماتی که برای افزایش نفوذ و هدایت آب‌های سطحی به سازندهای آبدار زیرزمینی و به‌منظور استفاده مجدد از آن‌ها صورت می‌پذیرد. بهترین محل برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی، خاک‌های درشت‌بافت، ابتدای آبرفت‌های ماسه‌ای، خاک‌های سنگلاخی، مناطق کارستی، مسیل‌های با بستر شنی و مخروط افکنهٔ رودخانه‌های فصلی است. مکان‌یابی سیستم‌های تغذیه مصنوعی و به‌خصوص پخش سیلاب، از اصول اساسی ایجاد این سیستم‌هاست. انتخاب محل بر مبنای واقعیت‌های علمی و طبیعی دارای بزرگ‌ترین نقش در جهت استحکام و کاربری این سیستم‌ها در راستای تحقق اهداف مربوطه است. به پروژه‌های تغذیه مصنوعی از سال ۱۳۵۱ به‌منظور حفظ تعادل آب‌های زیرزمینی توجه شده است. در عصر نوین، اولین طرح تغذیه مصنوعی در دشت ورامین و در سال ۱۳۵۲ مطالعه و اجرا در شبکه آبیاری ورامین، و اولین بار طی سال‌های ۵۰ گرمسار و قزوین با روش حوضچه و پس‌ازآن در دشت ناز ساری با تزریق از طریق چاه احداث‌شده است. برداشت سالانه حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب از منابع آبی دشت شهرکرد موجب افت شدید سطح ایستابی شده است. به‌گونه‌ای که در حدفاصل بین سال‌های ۷۲ تا ۸۳ سطح ایستابی بیش از ۱۳ متر نزول داشته و در زمره آبخوان‌های ممنوعه قرارگرفته است. پس‌ازاین سال با جلوگیری از برداشت بی‌رویه و کنترل بیلان آبخوان بخشی از پایین‌افتادگی سطح آب جبران شد، اما با کمبود بارندگی و



شکل ۲- میزان پراکندگی فلزات سنگین در منطقه موردنظر طی دوره ۱۰ ساله ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ الف: مس ب:کادمیوم ج: آرسنیک د: کروم ه: روی ی: منگنز

شبیه‌سازی کیفیت با مدل MT3DMS همانند مدل کمی MODFLOW به دو روش شبکه و مدل مفهومی انجام می‌شود. که می توان گفت این مدل جریان آب وآلودگی را بصورت دو بعدی و سه بعدی و به روش تلفیقی از روش کاراکترستیک و اصلاح شده آن به روش تفاضل محدود مدلسازی می کند. درروش شبکه، داده‌ها پس از ایجاد شبکه مستقیماً وارد تک‌تک سلول‌ها می‌شوند. ولی در مدل مفهومی داده‌ها به مجموعه‌ای از نقاط، خطوط و پلی گون‌ها (چندضلعی‌ها) نسبت داده می‌شود و درنهایت مدل مفهومی به شبکه تفاضل محدود تبدیل می‌گردد. روش دوم جامع‌تر بوده و با مثالی این روش تشریح خواهد شد، به‌صورت کلی مراحل زیر جهت شبیه‌سازی کیفی آب زیرزمینی انجام می‌شود:

- جمع‌آوری داده‌های فیزیکی آبخوان (مرز آبخوان، تراز سطح زمین، تراز سنگ کف و...)
- داده‌های هیدرودینامیکی آبخوان، بارش مؤثر، چاه‌های مشاهده‌ای
- ایجاد مدل مفهومی و ورود داده‌ها شبیه‌سازی جریان در حالت پایدار
- تحلیل حساسیت و کالیبراسیون
- شبیه‌سازی جریان در حالت ناپایدار
- شبیه‌سازی کیفی MT3DMS در حالت ناپایدار

جدول۱- مقادیر کالیبره شده ضرایب هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه، ذخیره ویژه و پراکندگی طولی و تخلخل مواد آبخوان

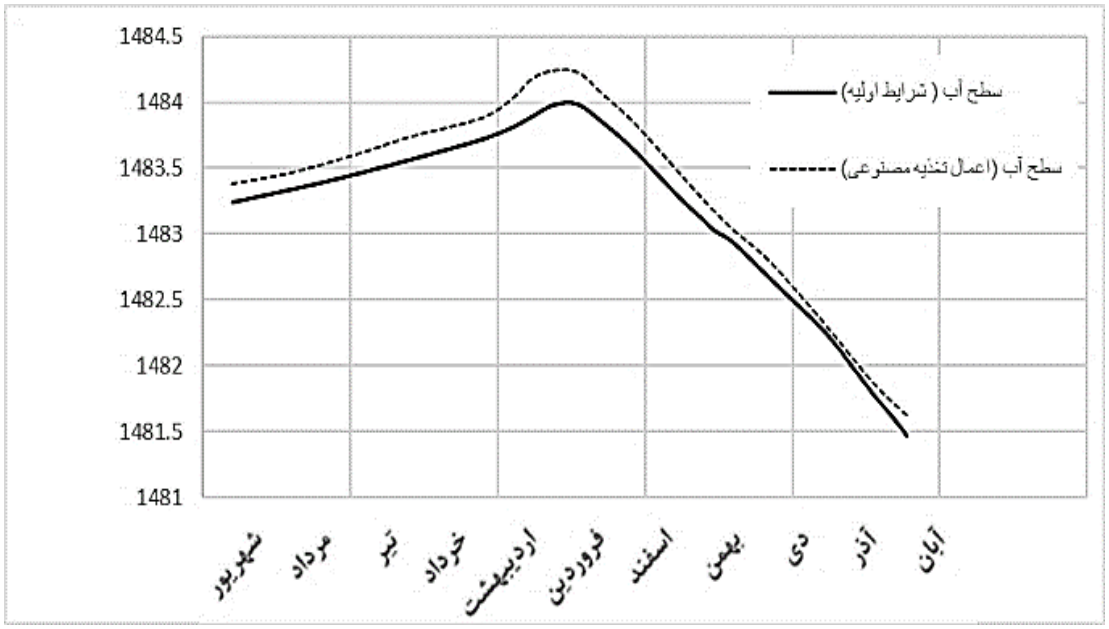
ماده	K (m/d)	sy	ss	DL (m2/)	n (%)
Clay-cobble-sand	۳۲,۲	۰,۲۹	۰,۰۰۱۲۲	۴,۹۱	۳۲
Sand-gravel	۴۷,۹۵	۰,۲۵	۰,۰۰۰۰۲	۱۲,۳۶	۳۵
Clay-sand	۱۱,۳۲	۰,۱۴	۰,۰۰۱۳۳	۱۱	۳۶
clay	۲,۷۹	۰,۰۳	۰,۰۰۲۴۶	۲۶,۳	۴۲
Clay-silt-sand	۱۴	۰,۰۸	۰,۰۰۰۳۶	۱۲,۰۱	۳۸
Clay-silt-sand-gravel	۳۴	۰,۰۹	۰,۰۰۰۷۹	۴۴,۱	۳۷
Gravel-clay-cobble-sand-silt	۳۱,۲	۰,۱۱	۰,۰۰۳۶۴	۱۱,۰۲	۳۴
Clay-silt	۵,۶	۰,۰۴۸	۰,۰۰۲۸	۱۴,۳۲	۴۳

بررسی تأثیرات کمی اجرای تغذیه مصنوعی بر سفره آب زیرزمینی (سناریوی کمی): تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به‌عنوان راهبردی برای تقویت و توسعه منابع آب زیرزمینی و جبران زیان‌های وارده به آن‌ها جهت ذخیره‌سازی و به هنگام کردن جریان‌های سطحی به شمار می‌آید. محققان علوم آب هزینه پروژه‌های سدسازی تغذیه مصنوعی را در جهان مطالعه نموده و با رسم منحنی‌های لگاریتمی هزینه‌ها در مقابل حجم رواناب قابل ذخیره به این نتیجه رسیده‌اند که برای حجم‌های کمتر از ۳۰ میلیون مترمکعب، اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی ازنظر اقتصادی به‌صرفه‌تر از سدسازی می‌باشد. روش‌های کلی تغذیه مصنوعی عبارتند از: سطحی (نفوذ دادن) و زیرزمینی (تزریق کردن). در ثانیه جهت اعمال طرح تغذیه مصنوعی در مدل منظور شد به‌گونه‌ای که پراکنش خوبی در کل منطقه به‌خصوص در نقاطی با نفوذپذیری مناسب نتایج متوسط سطح آب شبیه‌سازی‌شده با اعمال طرح تغذیه مصنوعی در ماه‌های مختلف باحالت بدون تغذیه مقایسه (شکل ۳) ارائه‌شده است. نتایج بیانگر پاسخ مثبت آبخوان به طرح تغذیه بوده و کمترین مقدار افزایش سطح آب ۳ سانتی‌متر در آذرماه و بیشترین مقدار ۱۹ سانتی‌متر در

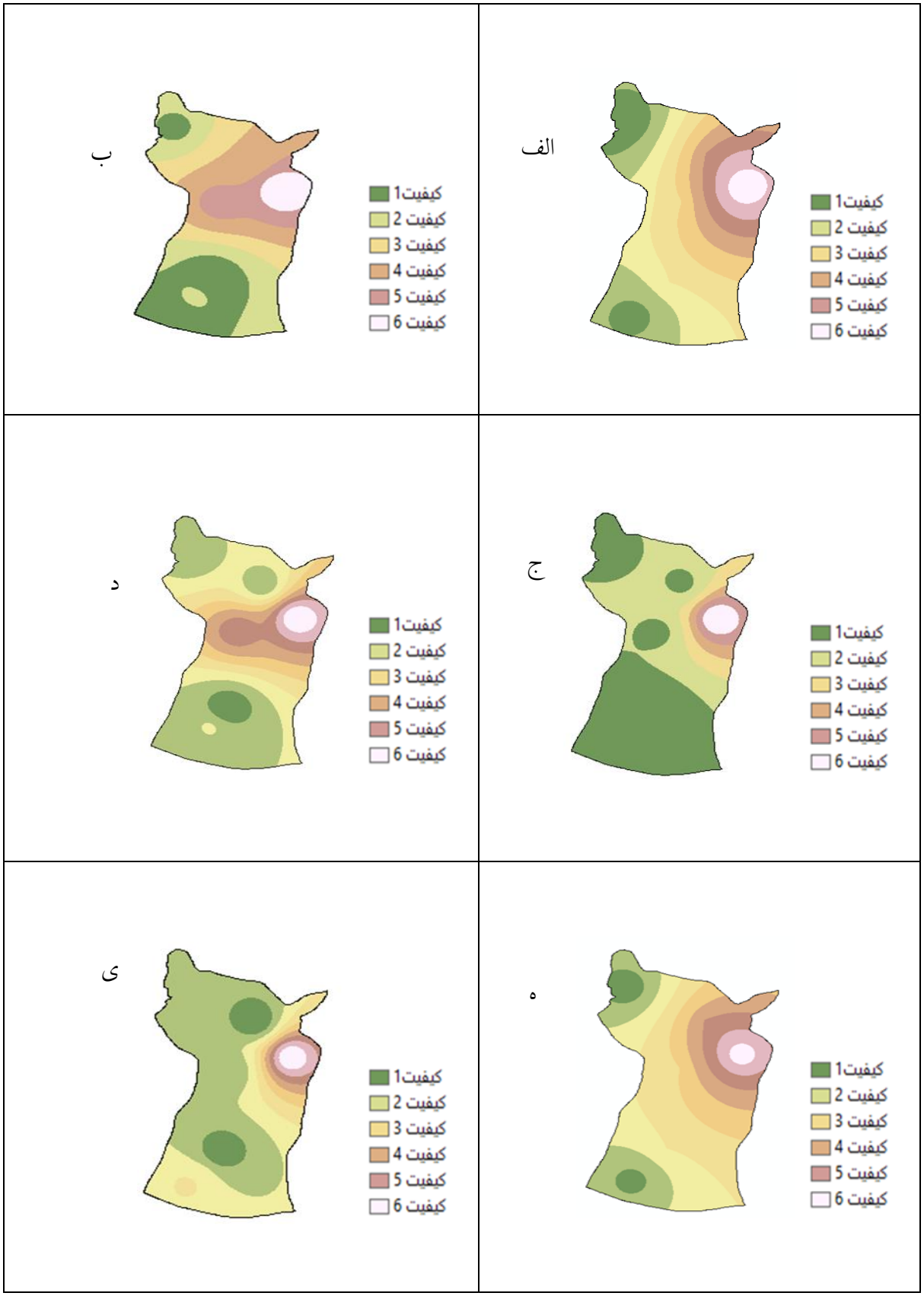
فروردین‌ماه می‌باشد. سطح آب در محل پیزومترهای نواحی مرزی و نسبتاً مرتفع و اغلب با نفوذپذیری کم (خاک لوم رسی)، در اثر تغذیه هیچ‌گونه تغییری نکرده است. از طرفی بیشترین میزان افزایش سطح آب در اثر تغذیه ۲۶ و ۲۰ سانتی‌متر در طول دوره ۱۲ ماهه به ترتیب در محل پیزومترهای در جهت شیب غالب منطقه جنوب شرقی به شمال غربی) و مجاورت با رودخانه و نفوذپذیری مناسب اتفاق افتاده است. بعد از تهیه مدل کیفی آبخوان، با در نظر گرفتن غلظت TDS در مهرماه ۱۳۹۸ به‌عنوان شرط اولیه، مدل اجرا شد. مقادیر غلظت شبیه‌سازی‌شده پارامتر موردنظر (TDS) در محل ۲۰ چاه نمونه‌برداری با مقادیر اندازه‌گیری شده آن در خردادماه ۱۳۹۹ مقایسه شد. با روش سعی و خطا و با تغییر مکرر مقادیر ضریب پراکندگی طولی و ضریب توزیع، هر بار مدل اجرا و نتایج محاسباتی با مشاهداتی مقایسه شد. با واسنجی مدل مقادیر کالیبره شده ضریب توزیع (مقدار کالیبره شده ضریب توزیع در این تحقیق برابر ۰/۰۰۲ kg/m می‌باشد) و ضریب پراکندگی طولی به دست آمد که در جدول ۱ ارائه‌شده است. با مقایسه نتایج محاسباتی با مشاهداتی، دقت بالای مدل کیفی در شبیه‌سازی مشخص می‌شود. در این تحقیق بعد از واسنجی مدل و انجام آنالیزهای آماری، مقدار ضریب همبستگی برابر ۰/۹۸ = R2، شیب‌خط رگرسیون برابر ۱/۰۰۷۹ = y، مقدار میانگین خطا برابر ۳۶/۳٪ و RMSE برابر ۵۶/۴ ppm به دست آمد.

نتایج غلظت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده TDS (در خردادماه ۱۳۹۹) الگوی روند کلی تغییرات غلظت املاح در هر دو یکسان است. تمرکز غلظت املاح در نواحی شرق و جنوب شرقی دشت قرار دارد.

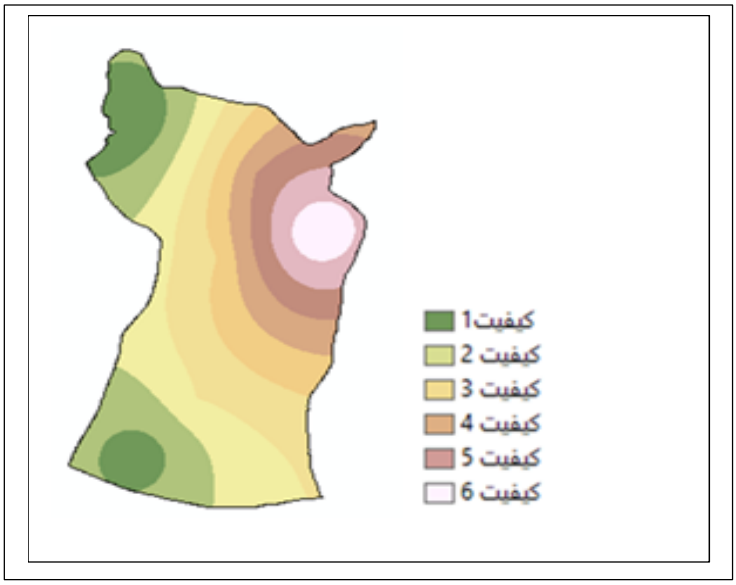
آلودگی پس از اعمال سناریو ۱: در شکل (۴) میزان تأثیر سناریو ۱ بر روی مقادیر غلظت فلزات سنگین و تأثیر آن بر میزان کیفیت آب ازلحاظ عناصر مختلف نمایش داده‌شده است.



شکل ۳- تأثیر تغذیه مصنوعی بر میزان سطح آب منطقه



شکل۴- میزان کیفیت آب ازلحاظ وجود فلزات سنگین تحت اعمال سناریو ۱- الف: آرسنیک ب: روی ج: کادمیوم د: سرب ه : کروم ی: مس



شکل ۵- میزان کیفیت آب ازلحاظ وجود فلز منگنز تحت اعمال سناریو ۱

نتیجه‌گیری

میانگین غلظت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی منطقه موردنظر را در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ موردبررسی قرار گرفت. در این پژوهش جامعه هدف به‌منظور ارزیابی خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار، چاه آب بهره‌برداری، رودخانه‌ها و چاه‌های منطقه در دشت است. نمونه‌برداری از چاه‌ها به صورتی انجام گرفت که آبخوان عمیق به‌عنوان جامعه هدف مدنظر قرار گیرد. در این تحقیق از روش نمونه‌برداری قضاوت کارشناسی جهت انتخاب چاه و قنات‌ها و محل نمونه‌برداری رودخانه‌ها استفاده گردید. این روش غیر آماری بر اساس دانش اولیه داده‌های هدایت الکتریکی شبکه پایش کیفی چاه‌های آب دشت گرمسار، نوع کاربری اراضی سطح دشت، و همچنین هزینه‌های نمونه‌برداری و سنجش فلزات نمونه‌های آب، پراکندگی چاه‌های معرف به صورتی انتخاب گردید که تعداد ۲۰ حلقه چاه در دو دوره شاخص‌تر و خشک نمونه‌برداری شدند. بر اساس هیدرو گراف معرف سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار، اردیبهشت و مردادماه با دارا بودن حداکثر و حداقل تراز آب در سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ به‌عنوان دوره‌های شاخص‌تر و خشک هیدرو شیمی جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند.

نمونه‌های آب برای سنجش فلزات سنگین در بطری‌های پلی‌اتیلن تمیز با حجم ۵۰۰mL جمع‌آوری شدند. قبل از نمونه‌برداری، ظروف نمونه‌برداری با آب مقطر و سپس با آب نمونه شسته شدند. در بعضی از چاه‌هایی که خاموش بودند برای رفع خطای ناشی از آب راکد به مدت چند دقیقه پمپاژ چاه انجام و سپس نمونه‌برداری انجام شد. به‌منظور اطمینان از تثبیت نمونه‌های برداشت‌شده به هرکدام از نمونه‌های برداشتی اسید نیتریک ۰,۰۶ درصد اضافه شد تا pH آن به ۲ برسد. نمونه‌های برداشت‌شده جهت سنجش به آزمایشگاه آب منطقه‌ای گرمسار ارسال شدند.در این مطالعه، برای تجزیه شیمیایی فلزات سنگین، با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای فلزات سنگین آهن (Fe)، کادمیم (Cd)، سرب (Pb)، مس (Cu)، کروم (Cr)، روی (Zn)، کبالت (Co)، و منگنز (Mn) اندازه‌گیری شدند. همان‌طور که از نمودارها و نقشه‌ها مشخص گردید اگرچه غلظت اکثر فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی منطقه در حد خیلی خوب از استانداردهای ملی، سازمان جهانی بهداشت و اتحادیه اروپا قرار ندارد، اما می‌توان گفت که میزان آن قابل‌قبول است. علت این امر عمق زیاد منابع آب استان سمنان و درنتیجه وجود

زمان کافی برای تصفیه آلودگی‌های ورودی احتمالی به زمین در اثر فعالیت‌های صنعتی مختلف می‌باشد. هرچند در این استان به‌طور طبیعی نیز لایه‌های حاوی فلزات سنگین وجود ندارد. نقاط استان فاصله زیادی بین شهرک‌ها و نواحی صنعتی و منابع آب زیرزمینی وجود دارد.

منابع

1-Abdullah, E. J. (2013). "Quality assessment for Shatt Al-Arab River using heavy metal pollution index and metal index". J Environ Earth Sci, 3(5), pp114-120 .

2-AhmadizadehFini, A., Razmand, N., & Zamani, A. (2014). "EVALUATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS (ZN ,CD, PB) IN DRINKING WATER WELLS IN THE RURAL AREAS OF BANDAR ABBAS", IRAN. Hormozgan Medical Journal .

3-Dehghani, M., & Abbasnejad, A. (2011). Cadmium, Arsenic, Lead and nitrate pollution in the groundwater of Anar Plain .

4-Hamidian, A. H., Razeghi, N., Zhang, Y., & Yang, M. (2019). "Spatial distribution of arsenic in groundwater of Iran", a review. Journal of Geochemical Exploration, 201,pp 88-98 .

5-Hou, D., He, J., Lü, C., Ren, L., Fan, Q., Wang, J., & Xie, Z. (2013). "Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China". Ecotoxicology and environmental safety, 93, pp135-144 .

6-Javan Siamardi, S., Rezaei Kahkha, M. R., Safaei Moghaddam, A., & Noori, R. (2014). "Survey of Heavy Metals Concentration (Fe ،Ni ، Cu ،Zn ،Pb) in Farmland Soils of Sistan Central Part". Journal of Environmental Health Engineering, 2(1), pp46-53.

Evaluating and proposing a solution to reduce heavy metals in groundwater of Garmsar plain

Moslem Soltanian[1] , Hossein Hassanpour Darvishi [2*], Seyed Habib Musavi Jahromi[3] & Mohammad Nasri[4]

1-Ph.D Student of Engineering and Management of Water Resources, Department of Water Sciences and Engineering, Shar-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Shar-e-Qods, Iran.

2-Associate Professor, Department of civil Engineering-Engineering and Management of Water Resources, Shar-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Engineering, Shahr-e-Quds Branch, Islamic Azad University, Shahr-e-Quds, Iran.

4-Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Varamin Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

Abstract

Groundwater that forms part of the water cycle. Temporal and spatial characterization of groundwater pollution is an important issue in the effective remediation of groundwater aquifers and the assessment of health risks. Uncertainty analysis is an integral step in the hydrological modeling process. Quantitative evaluation of uncertainty in the outputs of the simulation model and estimation of its parameters increase the confidence in the modeling results and correct knowledge of the sources of uncertainty. Due to the increasing use of groundwater models in the management and prediction of aquifer behavior, this study seeks to analyze the uncertainty in quantitative modeling of alluvial aquifers in Garmsar plain in Semnan province.Description of the contaminated source includes identification of the location and source, injection rate and release periods. It is recommended to study the construction of concrete road tanks for mixing groundwater and drinking water in the area and diluting heavy metals and reducing water hardness (TDS)..Combining the use of MODFLOW method in groundwater and artificial feeding of groundwater aquifers due to flood spreading as well as mixing surface water from rain and snow collection with groundwater in water reservoirs, the effects of heavy metals and toxins in the drinking water of the region can be expected to be significantly reduced. . The results showed that the feeding parameter has less detection capability in the calibration process than other parameters (in other words, its posterior distribution function has not changed much compared to the previous distribution function) and has more uncertainty.

Keywords: Artificial Nutrition, Garmsar Region, Heavy Metals, Pollution.