مدیریت کمی و کیفی آبخوان دشت رامهرمز با استفاده از مدل ریاضی در MODFLOW و MD3DMS

منوچهر چیت سازان
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز
سیده فاطمه موسوی
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه شهید چمران اهواز
سید یحیی میرزایی
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز
سعادت رستگار زاده
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۷ ۱۶ *تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۹*

Chitsazan_m@scu.ac.ir

چکیده

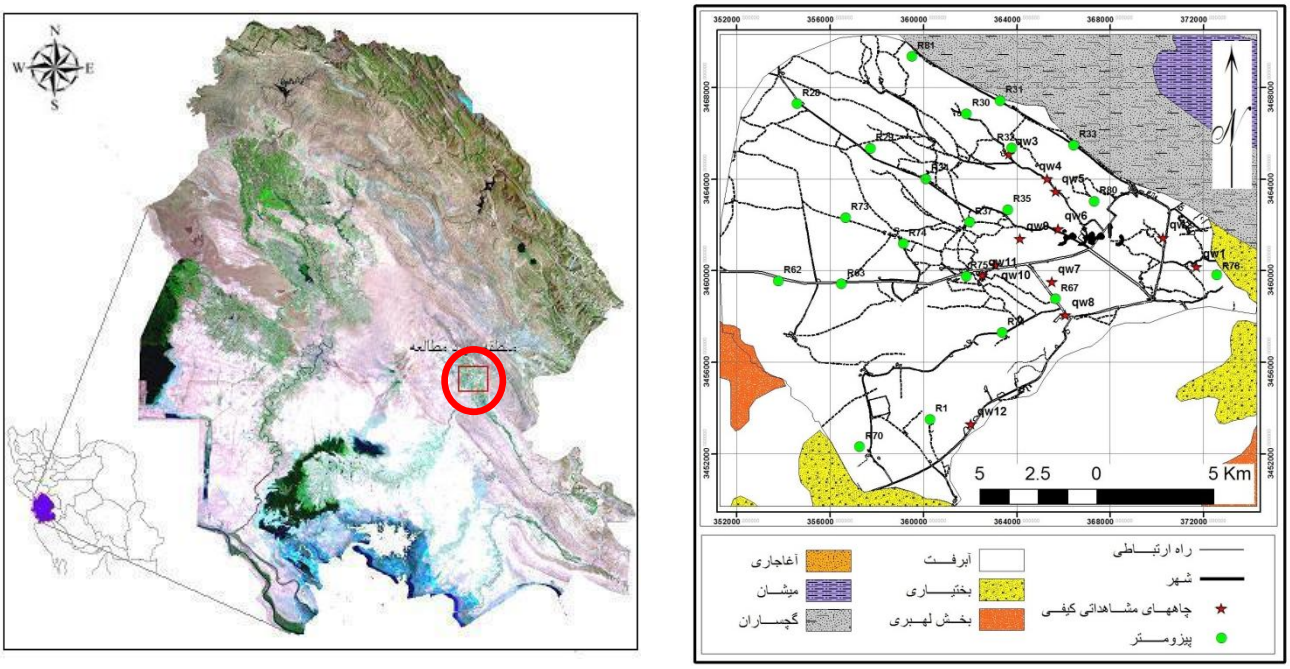
مدلسازی یکی ازروشهای غیر مستقیم مطالعه منابع آبهای زیرزمینی است که بعلت کارایی بالا و هزینه کمتر نسبت به روشهای دیگر در حال حاضر توجه زیادی رابه خود جذب نموده است. مطالعه حاضربا استفاده ازنسخه مادفلوی PMWIN 5.3 در دشت رامهرمز در استان خوزستان صورت گرفته است. منطقه مورد مطالعه ۲۶۷ کیلومتر مربع است که به یک لایه با ۷۷۳۵سلول تقسیم شده است. نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی و غلظت نیترات، داده‌های لیتولوژیکی، پارامترهای هیدروژئولوژیکی وداده‌های بارندگی در مدل مورد استفاده قرار گرفتند و با مدلهای MODFLOW و MT3DMS واسنجی و صحت‌سنجی گردیدند. برای حصول به مقادیر بهینه هدایت هیدرولیکی، جریان مرزی، آبدهی ویژه و نفوذ ناشی ازبارندگی و آب برگشتی ازچاه‌ها، مدل جریان از مهر ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹ به مدت یک سال واسنجی و از مهر ۱۳۸۹ تا آخر اسفند ۱۳۸۹ به مدت شش ماه صحت‌سنجی شد. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل جریان، مدل انتقال آلودگی نیترات به مدت شش ماه از خرداد ۱۳۸۹ تا آبان ۱۳۸۹ واسنجی و طی یک دوره دو ماهه در مهر و آبان ۱۳۸۹ صحت‌سنجی شد. نتایج حاصل از بیلان مدل کمی تحت سناریوهای مدیریتی مختلف نشان داد که آبخوان قابلیت تحمل تنش‌های شدید را داراست و با مدیریت صحیح می‌توان از آب آبخوان جهت توسعه کشاورزی منطقه استفاده کرد. از نظر کیفی نیز آبخوان در مرحله گذر از خط ۵۰ درصد آلودگی است که با توجه به سناریوهای مختلف و با برنامه‌ریزی مناسب می‌توان طی طولانی مدت آبخوان را پاکیزه کرد.

کلمات کلیدی: *رامهرمز، مدلسازی، MODFLOW، MD3DMS، آبخوان.*

مقدمه

دشت رامهرمز یکی از مهمترین مراکز کشاورزی استان خوزستان است و آب های زیرزمینی منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز کشاورزی در این دشت محسوب می شود. محدوده رامهرمز با مساحت ۱۸۴۸ کیلومتر مربع بین طولهای جغرافیایی ´۰۹ ˚۴۹ و ´۴۶ ˚۴۹ و عرضهای جغرافیایی ´۴۱ ˚۳۱ و ´۰۶ ˚۳۱ قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت رامهرمز با مساحت ۲۶۸ کیلومتر مربع است که در برگیرنده منطقه ای با حداکثر تمرکز فعالیت های کشاورزی می باشد(شکل ۱). این منطقه از شمال به روستاهای شیفه و عین حماد از جنوب به رودخانه الله، از شرق به راندگی اصلی رامهرمز و از غرب به روستای مربچه محدود می شود و شیب عمومی منطقه از شرق-جنوب شرقی به شمال غربی است. بلندترین نقطه محدوده مورد نظر دارای ارتفاع ۳۰۶ متر و پست ترین نقطه محدوده دارای ارتفاع ۸۵ است. مهمترین رود منطقه رود الله است که از بخش شرقی وارد دشت می‌شود و پس از عبور از جنوب محدوده مطالعاتی در شمال شرق جایزان به رود مارون پیوسته و رود جراحی را تشکیل می دهد. میانگین ۳۰ ساله بارش(۸۸-۵۸) ۲۷۰ میلیمتر در سال می باشد.

افراد زیادی در ایران و کشور های مختلف با استفاده از مدلهای کمی و کیفی بعنوان ابزار های توانمند توصیف آبخوان، به بررسی وضعیت آبخوان ها پرداخته-اند. . در سال ۲۰۰۲ Jerome & Chantal به منظور شبیه سازی توزیع هدایت هیدرولیکی از MODFLOW، انتقال نیترات از MT3D و آنالیز مسیر جریان از PMPath در شیب تپه کرویدی بصورت دو بعدی استفاده کردند. در سال ۲۰۰۵ Don و همکاران با استفاده از مدل MODFLOW و MT3D هیدرولیک جریان آب زیرزمینی، فرونشست زمین و انتقال املاح در زمین های آبرفتی را شبیه سازی کردند. در سال ۲۰۰۷ نیز Almasri& Kaluarachchi با استفاده از MT3D و MODFLOW آبهای زیر زمینی را نسبت به آلودگی نیترات در حوضه های آبریز زراعی مورد مدلسازی قرار دادند.



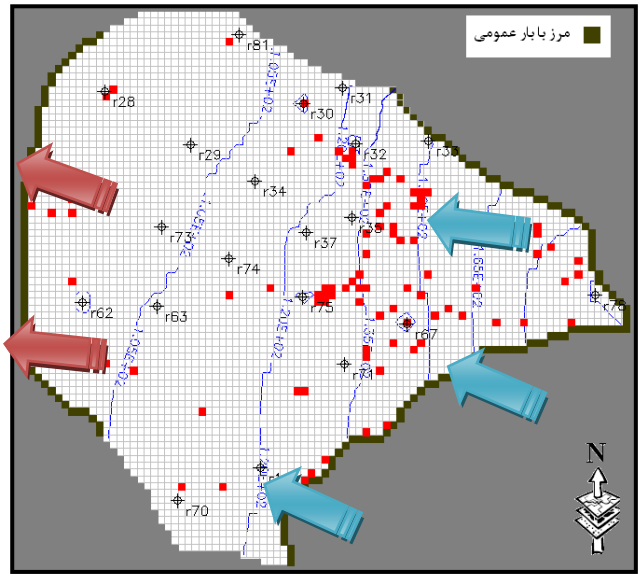
شکل۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه، چاههای مشاهداتی کمی و چاههای مشاهداتی کیفی

برای نخستین بار دشت رامهرمز با استفاده از مدل CUFEM به روش عناصر محدود مورد شبیه سازی قرار گرفت و با استفاده از روش تلسکوپی مقادیر نهایی ضرایب هیدرودینامیک تعیین شد(پیرهادی، ۱۳۷۷). چیت‌سازان و ساعت-ساز(۱۳۸۴) با بکارگیری کد MODFLOW نرم افزار VISUAL MODFLOW.V2.6 مدل جریان (کمی) دشت رامهرمز را تهیه کردند و به بررسی گزینه های مختلف مدیریتی در مورد منابع دشت رامهرمز پرداختند. با تکیه بر تحقیقات پیشین صورت گرفته در دشت رامهرمز و به منظور به روز آوری اطلاعات و استفاده کاربردی از نتایج حاصله، این مطالعه بار دیگر آبخوان دشت رامهرمز را به روش تفاضلات محدود مورد شبیه‌سازیکمی و کیفی قرار داده است. شبیه‌سازی مجدد مدل جریان توسط کد MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988) و شبیه‌سازی مدل انتقال املاح برای نخستین بار توسط کد MT3DMS (Zheng & Wang, 1999) از نرم افزار PMWIN 5.3 در دشت رامهرمز صورت گرفته است. در شبیه سازی کیفی یون نیترات به دلیل اهمیت بالا مورد مدلسازی قرار گرفته است. بدین منظور به مدت شش ماه متوالی با فواصل یک ماهه از دوازده حلقه چاه کشاورزی کم عمق نمونه گیری به عمل آمد و مقادیر نیترات آب زیرزمینی در آنها اندازه گیری گردید. هدف اولیه در مدلسازی کمی تعیین و تصحیح پارامترهای هیدرودینامیک آبخوان و در مدلسازی کیفی تعیین ضرایب و پارامتر های کیفی آبخوان می باشد. هدف نهایی از مدلسازی کمی و کیفی آبخوان دشت رامهرمز شبیه سازی شرایط مختلف با اجرای سناریو های گوناگون (مثل شرایط بحرانی آلودگی برای آبخوان) و بررسی پاسخ آبخوان به این شرایط است که منجر به ارائه راهکار های مدیریتی برای تصمیم گیران می شود.

روش کار

مدل مفهومی آبخوان

آبخوان دشت رامهرمز یک آبخوان آزاد ناهمگن است. رودخانه الله در بخش شرقی وارد دشت شده و پس از تشکیل یک مخروط افکنه وسیع، در جنوب محدوده مطالعاتی امتداد یافته و در بخش جنوب غربی از منطقه خارج می شود. این رودخانه بصورت تغذیه کننده عمل می کند، بنابراین، مرزهای ورودی دشت رامهرمز از بخش شرق تا بخش جنوب غربی آنرا فرا گرفته است. شیب عمومی توپوگرافی در دشت از شرق- جنوب به سمت شمال غربی می باشد و شیب سطح ایستابی نیز تا اندازه ای از آن پیروی می کند. بر این اساس مرزهای خروجی در بخش غربی تا شمالی منطقه قرار دارند. بر اساس نقشه خطوط جریان آب زیرزمینی و به علت عدم ارتباط هیدرولیکی بین سازند و آبخوان در بخش شرق تا شمال، مشخص شده است که گسل تراستی رامهرمز بعنوان یک مرز نفوذ ناپذیر عمل می‌کند. سنگ کف آبخوان بخش مارنی سازند آغاجاری و بخش لهبری می باشد (موسوی، ۱۳۹۰). جنس آبخوان در بخش شرقی و جنوبی درشت دانه بوده و حاصل رسوبات سازند بختیاری می باشد. اندازه ذرات از جنوب شرقی به شمال غربی روند کاهشی داشته و آبخوان در شمال غربی دانه ریز است. در شکل(۲) مدل مفهومی آبخوان محدوده مطالعاتی نشان داده شده است. از آنجا که نیترات یک یون متحرک است که توسط آب زیرزمینی منتقل می شود، مدل مفهومی برای مدل جریان و مدل یون نیترات یکسان است. پس از تبیین مدل مفهومی، آماده سازی سایر داده ها و پارامتر های مورد نیاز برای اجرای مدل بصورت خلاصه در زیر ارائه شده است.



شکل۲. مدل مفهومی منطقه مطالعاتی همراه با منحنی های تراز آب زیرزمینی

شبکه بندی مدل و گسسته سازی مکانی

با توجه به تمرکز چاهها، مکان های تنش و نیز وضعیت کیفی آبخوان، محدوده مدل آبخوان دشت رامهرمز به ۸۵ ستون و ۹۱ ردیف از نوع مرکز بلوکی به ابعاد ۲۵۰ ×۲۵۰ متر که ایجاد ۷۷۳۵ سلول می نماید. محدوده اجرای مدل کمی و کیفی یکسان می‌باشد از این رو شبکه آنها نیز یکسان است. همچنین دوره های تنش و طول دوره های مختلف برای مدلهای کمی و کیفی در جدول(۱) نشان داده شده است. تقسیمات زمانی ذکر شده برای تمام چاه های مشاهده ای، بهره برداری، شرایط مرزی (ورودی ها، خروجی ها، بارندگی و رودخانه ها) و تنش های موجود در دشت اعمال شده و در بسته های نرم افزاری مربوطه وارد گردید.

جدول ۱. تفکیک زمانی دوره مدلسازی کمی و کیفی (واسنجی و صحت سنجی)

نوع مدل	مرحله از مدلسازی	دوره تنش (ماه)	مهر۸۸	آبان۸۸	آذر۸۸	دی۸۸	بهمن۸۸	اسفند۸۸	فروردین۸۹	اردیبهشت۸۹	خرداد۸۹	تیر۸۹	مرداد۸۹	شهریور۸۹	مهر۸۹	آبان۸۹	آذر۸۹	دی۸۹	بهمن۸۹	اسفند۸۹
مدل کمی	واسنجی	۱۲																		
	صحت سنجی	۶																		
مدل کیفی	واسنجی	۶																		
	صحت سنجی	۲																		

وضعیت هندسی مدل، شرایط مرزی مدل و شرایط اولیه

شکل هندسی آبخوان حاصل محدوده بین سنگ کف و توپوگرافی سطح آبخوان و شرایط مرزی است. با توجه به اینکه آبخوان مورد نظر از نوع آزاد است، لذا توپوگرافی سطح زمین در واقع سطح بالای آبخوان است. برای تهیه لایه سنگ کف، از مطالعات ژئوفیزیک و اندازه گیری های آن و تطبیق با ستون چینه شناسی چاه های موجود استفاده شد.حدود جانبی منطقه نیز با استفاده از نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و عکس های هوایی دشت رامهرمز تعیین گردید.
همانطور که در شکل (۲) مشاهده می شود، در منطقه مورد مطالعه در قسمتهایی از دشت که تغذیه ای صورت نمی گرفت با توجه به خطوط تراز پیزومترها و نقشه های موجود، مرز فاقد جریان یا نفوذ ناپذیر در نظر گرفته شد. در قسمتهای جنوب و شرق (وجود سازند بختیاری) و بخش شمال غرب تا غرب (وجود آبرفت)، مرز با بار هیدرولیکی عمومی شبیه سازی گردید. علت استفاده از مرز با بار هیدرولیکی عمومی این است که بر خلاف مرز با بار مشخص، سطح آب در این نوع مرز ثابت نمی باشد و ممکن است با رسیدن اثر تنش‌های داخلی به مرز، سطح آب تغییر نماید. دبی جریان ورودی یا خروجی با توجه به گرادیان هیدرولیکی در مرز و رسانایی سلول مرزی تغییر می نماید. از طرف دیگر حساسیت بارهای هیدرولیکی محاسباتی مدل به پارامتر مرزی نوع GHB کمتر از سایر مرزهاست. بنابر این اگر فرضیات مرزی به کار رفته در مرز درست نباشد و یا در اثر رسیدن اثر تنش‌ها، مرزها رفتار غیرواقعی نشان دهند، نتایج مدل کمتر تحت تاثیر قرار خواهد گرفت(چیت‌سازان و صدقی ،۱۳۸۳). برای مدل کمی و کیفی جایگاه مرز با بار عمومی در نظر گرفته شد. در مدل جریان شرایط اولیه آبخوان یعنی بار هیدرولیکی گره ها در شروع دوره های زمانی مدل که جزء معلوم های معادلات بیلان بوده و باید شناخت کاملی نسبت به آنها داشت. بدین منظور برای محاسبه بار هیدرولیکی اولیه گره ها، از نقشه سطح ایستابی مهر ماه سال ۱۳۸۸ استفاده گردید. در مدل کیفی نیز شرایط مشابه است ولی به جای بار هیدرولیکی از غلظت اولیه یون نیترات در خرداد ماه ۱۳۸۹ بعنوان غلظت اولیه استفاده شد. در مدل کمی سایر پارامترهای هیدروژئولوژیکی مثل تبخیر، برداشت از چاهها، خروجی از چشمه ها و تغذیه بر اساس اطلاعات و آمار سازمان آب و برق منطقه ای خوزستان استخراج و وارد بسته مورد نظر گردید. ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان یعنی هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه باتوجه به نتایج آزمون پمپاژ، لاگ چاهها، مقاطع زمین شناسی، مطالعات ژئوفیزیکی و نیز مطالعات پیشین صورت گرفته تهیه و بصورت اولیه در اختیار نرم افزار قرار گرفتند. در مدل کیفی تخلخل مؤثر، ویژگیهای همرفتی مدل، پخشیدگی وضرایب و نسبتهای آن و نیز پارامترهای شیمیایی آبخوان با توجه به نوع یون و درک سیستم آبخوان از منابع مختلف (ناصری و ندافیان، ۱۳۸۷؛لاله‌زاری، ۱۳۸۷؛ موسوی،۱۳۸۹؛ وزارت نیرو، ۱۳۸۹) استخراج شده و طی فرایند واسنجی مورد تصحیح قرار گرفتند. میزان تغذیه نیز در طی واسنجی بهینه شد.

واسنجی و صحت سنجی مدل کمی

واسنجی مدل کمی طی یک دوره یکساله از مهر ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹ بصورت دستی اجرا شد و در طی آن منطقه بر اساس هدایت هیدرولیکی به چهار زون و بر اساس آبدهی ویژه به پنج زون تقسیم بندی گردید . صحت سنجی نیز طی یک دوره شش ماه از مهر تا اسفند ۱۳۸۹ اجرا شد. دقت مدلسازی و صحت سنجی با توجه به واریانس خطای مقادیر محاسباتی و مشاهداتی سنجیده شد. واریانس واسنجی مدل کمی ۰/۱۳ و واریانس صحت سنجی ۰/۵۷ می باشد که نشان از دقت خوب واسنجی می باشد.

واسنجی و صحت سنجی مدل کیفی

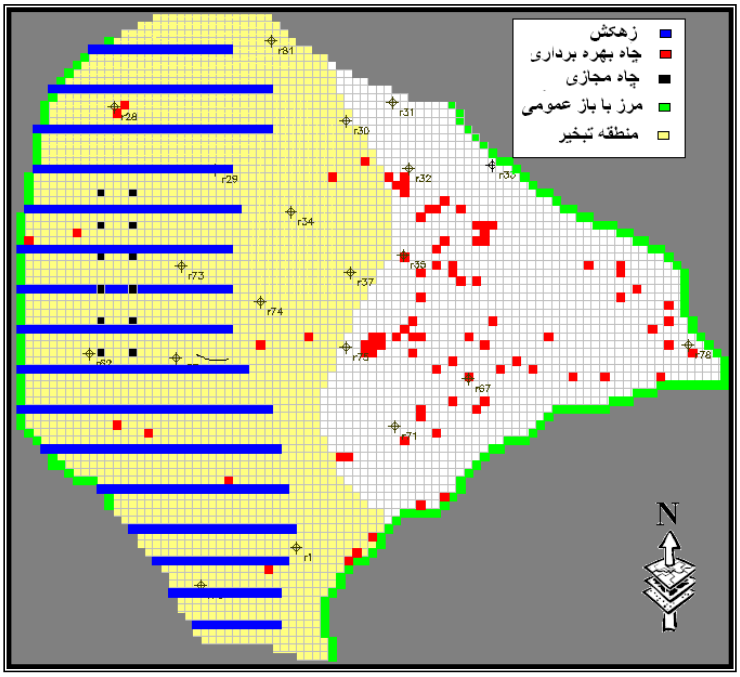
به دلیل نیاز به مدل کمی برای اجرای مدل کیفی، پس از تعیین میزان مقبولیت و صحت مدل کمی در طی واسنجی، مدل کمی به مدت یک دوره شش ماهه از خرداد تا آبان ۱۳۸۹ (که داده های غلظت نیترات موجود است) دوباره صحت سنجی شده و داده های مدل کیفی وارد بسته نرم افزاری گردید. مدل طی یک دوره شش ماهه با واریانس ۰/۱۵ مورد واسنجی و طی یک دوره دو ماهه (مهر و آبان ۱۳۸۹) با واریانس ۰/۴۶ مورد صحت سنجی قرار گرفت.

بحث

پس از واسنجی مدل کمی و کیفی به منظور کاربردی کردن نتایج آنها چندین سناریو ارائه و پاسخ آبخوان نسبت به آنها مورد بررسی قرار گرفت. سناریو ها شامل دو بخش کمی و کیفی هستند که در ابتدا بخش کمی و سپس بخش کیفی مورد بحث قرار می گیرد. در بحث مدیریت و پیش بینی توسط مدل سعی بر آن است تا همه پارامتر ها ثابت در نظر گرفته شود و تنها یک پارامتر تأثیر گذار متغیر باشد. در بخش کمی وضعیت آبخوان در شرایط موجود، خشکسالی، ترسالی، افزایش ۵۰ درصدی پمپاژ، احداث چاه مجازی و احداث زهکش مورد بررسی قرار گرفت. میزان بارش در سال مدلسازی ۳۳۹ میلیمتر، در خشک ترین سال در طی دوره آماری ۳۰ ساله ۸۸-۱۳۵۸، به میزان ۵۵ میلیمتر در سال۸۲-۱۳۸۱ و پرباران ترین سال در طی این دوره سال ۷۲-۱۳۷۱ به میزان ۴۶۳ می باشد. بر اساس این آمار شرایط خشکسالی(سناریوی اول) و ترسالی(سناریوی دوم) بر روی مدل اعمال شده و تأثیر تغییرات اعمال شده بر روی بیلان و ذخیره آبخوان در جدول (۲) نشان داده شده است. در سومین سناریو میزان پمپاژ از هر چاه به میزان ۵۰ درصد افزایش داده شد که نتایج آن در جدول (۲) نشان ارائه شده است.به دلیل بالا بودن آب در بخش غربی منطقه میزان تبخیر از آب زیر زمینی در منطقه بسیار بالاست (حدود ۸۳ میلیون متر مکعب). یکی از مهمترین پیامدهای تبخیر زیاد شور شدن خاک و افزایش املاح مضر برای کشاورزی در آن است. به منظور کاهش سطح ایستابی در بخش غربی و مهار تبخیر در آنجا، سناریوهای چهار و پنج ارائه و کاهش میزان تبخیر در آن دو مقایسه شد. در سناریوی چهارم ۱۲ حلقه چاه مجازی با دبی ۱۰۰۰ متر مکعب در روز(۲۳ لیتر در ثانیه) و با احتساب ۱۲ ساعت کارکرد در طی ۱۲ ماه و با حریم ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ متر در بخش غربی منطقه که میزان بالاآمدگی آب زیاد است و سنگ کف در عمق زیادی قرار دارد، حفر شدند و تأثیر آنها در تغییر ذخیره آبخوان در جدول (۲) نشان داده شده است .در سناریوی آخر ۱۶ زهکش موازی با طول متوسط ۴۰۴۷متر و مجموع طول ۹۶۷۵۰ متر و عمق ۲/۵ متر و نیز با فاصله ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ متر از یکدیگر در راستای شرقی –غربی(در جهت شیب توپوگرافی) در نیمه غربی منطقه طراحی و احداث گردید. تغییرات بیلان در اثر احداث زهکش در جدول(۲) نشان داده شده است. منطقه تبخیر، موقعیت چاههای بهره برداری، موقعیت چاههای مجازی و موقعیت زهکش ها در شکل (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲. بیلان حجمی مدل (میلیون متر مکعب) در شرایط موجود در مقایسه با سناریو های مختلف

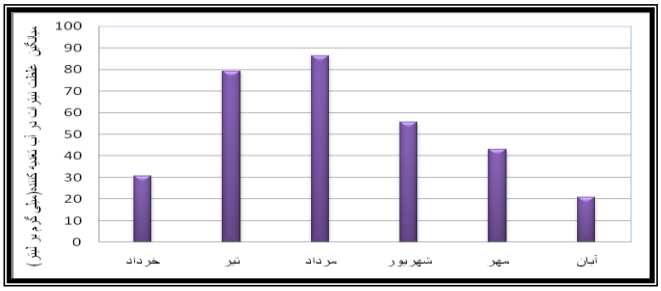
شرایط حاکم بر مدل	شرایط موجود	خشکسالی	ترسالی	افزایش ۵۰ درصدی پمپاژ	احداث چاه مجازی	احداث زهکش
اجزاء ورودی بیلان	ورودی					
تغذیه	۳۲/۳۹	۹/۳۴	۳۳/۸۸	۳۲/۳۹	۳۲/۳۹	۳۲/۳۹
جریانهای زیرزمینی	۱۲۸/۶۶	۱۲۹/۴۲	۱۲۷/۱۵	۱۲۹/۸۰	۱۱۶/۱۷	۱۳۰/۵۹
مجموع	۱۶۱/۰۶	۱۳۸/۷۵	۱۶۱/۰۳	۱۶۲/۱۹	۱۴۸/۵۶	۱۶۲/۹۸
اجزاء خروجی بیلان	خروجی					
چاهها	۲۵/۲۱	۲۵/۲۱	۲۵/۲۱	۳۶/۹۶	۲۹/۶۱	۲۵/۲۱
زهکش	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۳۰/۳۹
تبخیر	۸۲/۹۵	۷۸/۳۳	۸۳/۲۸	۸۲/۱۰	۸۲/۸۶	۶۶/۱۱
جریانهای زیرزمینی	۳۶/۱۰	۳۰/۲۸	۳۱/۰۲	۳۵/۹۳	۳۶/۱۰	۳۵/۹۰
مجموع	۱۴۴/۲۶	۱۳۳/۸۲	۱۳۹/۵۱	۱۵۴/۹۸	۱۴۸/۵۷	۱۵۷/۶۰
ورودی - خروجی	+۱۶/۷۹	+۴/۹۳	+۲۱/۵۱	+۷/۲۱	-۰/۰۱	+۵/۳۷



شکل۳. منطقه تبخیر، موقعیت چاههای بهره برداری، موقعیت چاههای مجازی و موقعیت زهکش ها

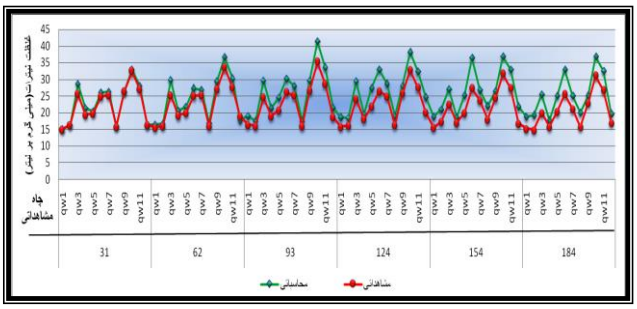
در بخش کیفی در ابتدا شرایط موجود آبخوان تبیین شده سپس شرایط دو برابر شدن غلظت نیترات در آب تغذیه کننده و نیز تغییر غلظت چند چاه منتخب از حالت کنونی به حالت بحرانی اعمال و نتایج مورد بررسی قرار گرفت. در طی مدلسازی کیفی محدوده مطالعاتی مشخص شد که مدل بیشترین حساسیت را به تغییرات غلظت آب تغذیه کننده نشان می دهد، از این رو غلظت تغذیه در طی مدلسازی مورد واسنجی قرار گرفت. شکل(۴) تغییرات میانگین غلظت آب تغذیه کننده در استرس پریود های مختلف را نشان می دهد. در اولین سناریو در این بخش، غلظت آب تغذیه کننده آبخوان دو برابر شده و تأثیر آن بر روی تغییرات نیترات چاههای مشاهداتی کیفی که بیانگر تنش وارده به مدل کیفی آبخوان است، مورد بررسی قرار گرفت.

شکل۴. تغییرات میانگین غلظت آب تغذیه کننده در استرس پریود های مختلف



(میانگین کل چاهها)

در شکل (۵) تغییرات مقادیر نیترات در چاههای مشاهداتی در طول دوره های تنش مختلف در شرایط موجود و در شرایط دو برابر شدن غلظت نشان داده شده است. در سناریوی دوم سه چاه به عنوان چاههای منتخب در نظر گرفته شدند. چاه اول چاه QW6 است زیرا در پایین دست شهر رامهرمز قرار گرفته و نیز نزدیک ترین چاه مشاهداتی کیفی به شهر است؛ همچنین فاضلاب های خروجی شهر در جهت آن (شمال-شمال غرب) جریان دارند. چاه دوم QW10 است که درشمال جاده اهواز – رامهرمز (در نزدیکی پلیس راه) قرار گرفته و در بخش شرقی آن یک واحد مرغداری فعال وجود. به علاوه این چاه آلوده ترین چاه مشاهداتی کیفی است. چاه سوم QW11 است که در منطقه مسکونی نزدیک به پلیس راه اهواز- رامهرمز قرار گرفته و در اطراف آن فعالیت دامداری و انباشت کودهای حیوانی مشاهده شده است. هر سه چاه دارای فعالیت کشاورزی هستند. در هر سه چاه پیک تغییرات نیترات مشخص شد. از آنجا که حداکثر غلظت مجاز نیترات بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت در آبهای زیرزمینی ۵۰ میلی گرم در لیتر است، به اندازه اختلاف غلظت پیک تا غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر به عدد پیک افزوده و به همین میزان بر غلظت نیترات در سایر دوره های تنش نیز افزوده گردید. سپس مدل شبیه سازی انتقال املاح نسبت به تغذیه واسنجی شد. شکل (۶) تغییرات اعمالی به چاههای مورد نظر و پاسخ تغذیه ای مدل به این تغییر نشان می دهد. بر اساس این شکل در چاه QW6 و QW11 افزایش نیترات در آب تغذیه ای باید بسیار زیاد شود تا غلظت پیک این چاه ها به حد آستانه برسد ولی چاه QW10 با افزایش کمتر نیترات در آب تغذیه ای می تواند به حد بحرانی برسد و این امر در زمان نه چندان طولانی در آینده می تواند برای این بخش از آبخوان نگران کننده باشد.

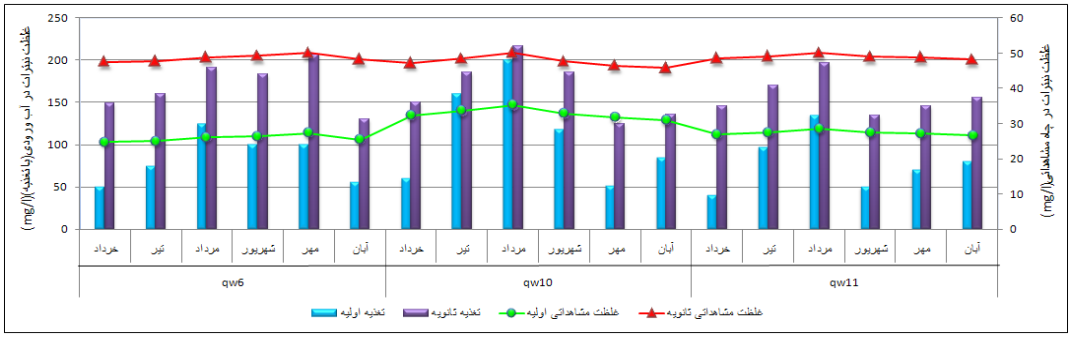


شکل۵. مقایسه تغییرات ماهانه نیترات در چاههای مشاهداتی منتخب در شرایط موجود و شرایط تغذیه با غلظت مضاعف

نتیجه گیری

امروزه استفاده از مدلهای ریاضی به منظور شبیه سازی آبخوان و شرایط حاکم بر آن به امری متداول در مبحث آبهای زیرزمینی تبدیل شده است. در همین راستا مدل ریاضی تفاضلات محدود آبخوان دشت رامهرمز در دو بخش مدل جریان(کمی) و انتقال املاح(کیفی) تهیه شده و مورد اعمال گزینه های مختلف مدیریتی قرار گرفت. در تهیه مدل سعی شد تا با دید تخصصی به محدوده مطالعاتی واسنجی با دقت بالا صورت گیرد. با توجه به جدول (۲) نتایج مدل سازی کمی تحت شرایط مختلف بصورت زیر می باشد:۱) براساس نتایج بدست آمده توسط مدل، بیلان آبی در سال تهیه مدل(۸۹-۱۳۸۸) مثبت است که نشان دهنده تغییرات مثبت حجم مخزن می باشد(۱۶/۷۹+ میلیون متر مکعب). ۲) در شرایط خشکسالی بیلان آبی سالانه مدل دشت رامهرمز به میزان حدود ۱۱/۸ - میلیون مترمکعب منفی می‌باشد(۴/۹۳+). ۳) در شرایط ترسالی بیلان سالانه دشت به میزان حدود ۴/۷ میلیون متر مکعب مثبت می‌باشد(۲۱/۵۱+).۴) بر اثر افزایش پمپاژ چاه های بهره برداری به میزان ۵۰ درصد سطح آب میزان ذخیره آب زیر زمینی به میزان ۹/۵ میلیون متر مکعب افزایش یافته و اثرات آن در بخش شمال دشت محسوس تر از سایر نقاط است. بیلان منطقه در این حالت به ۷/۲۱+ رسیده است. ۵) در شرایطی که ۱۲ چاه مجازی در غرب منطقه در زون تبخیر حفر شود بیلان منطقه تقریبا صفر شده و نسبت به شرایط موجود ۱۶/۷۹ میلیون متر مکعب کاهش می یابد. ۶) در شرایط احداث زهکش در منطقه به منظور کاهش سطح ایستابی و جلوگیری از تلفات شدید آب در اثر تبخیر، سطح آب به میزان زیادی افت کرده و حجم تلفات در اثر تبخیر به میزان ۱۶/۷۵ میلیون متر مکعب کاهش می یابد. همچنین ذخیره آب منطقه به میزان ۱۱/۴ میلیون متر مکعب نسبت به شرایط موجود کاهش می یابد. ۷) در اثر احداث زهکش به میزان ۳۰/۳ میلیون مترمکعب زه آب تولید می شود و تبخیر از سطح ایستابی و به تبع آن شوری خاک تا اندازه ای کنترل می شود. ۸) مقایسه نتایج حاصل از احداث چاه مجازی و احداث زهکش نشان می دهد که احداث زهکش باعث کاهش تبخیر در منطقه شده ولی احداث چاه مجازی تأثیری در این روند ندارد. بنابراین احداث زهکش گزینه مناسبی جهت کنترل تبخیر و جلوگیری از شوری خاک در منطقه است. نتایج مدل کیفی و نیز نتایج شرایط اعمال شده بر آن نشان می دهد که:۱) بیشترین تغذیه نیترات در ماه های تیر و مرداد رخ داده است که با پیک تبخیر و پیک دما و در نتیجه پیک آبیاری در این ماه ها همخوانی دارد. ۲) در شرایطی که غلظت آب تغذیه کننده دو برابر شود، در دوره های تنش ابتدایی تغییر محسوسی در افزایش غلظت نیترات در چاههای مشاهداتی ایجاد نمی شود ولی در دوره تنش

سوم به بعد غلظت نیترات در چاهها افزایش می یابد. این امر می تواند دلیلی بر تأثیر تأخیری تغییرات نیترات آب تغذیه کننده بر روی غلظت نیترات آبخوان باشد. ۳) حداکثر تغییرات نیترات در اثر تغذیه مضاعف مربوط به چاه QW6 در استرس پریود پنجم(از ۲۷ به ۳۶ میلی گرم برلیتر) و حداکثر تغییرات ماهانه مربوط به استرس پریود پنجم با متوسط ۵/۳۶ میلی گرم بر لیتر افزایش می‌باشد. ۴) به منظور شبیه سازی شرایط بحرانی سه چاه (QW6,QW10,QW11) به عنوان چاههای منتخب در نظر گرفته شدند و به اندازه اختلاف غلظت پیک تا غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر (حداکثر غلظت مجاز نیترات بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت در آبهای زیرزمینی) به عدد پیک افزوده و به همین میزان بر غلظت نیترات در سایر دوره های تنش نیز افزوده گردید و پس از واسنجی تغذیه مشخص شد که چاه QW10 در آینده نزدیک ممکن است دچار بحران شود. در مجموع مدل کمی، موقعیت آبخوان را از نظر شرایط حاکم، میزان ذخیره، حجم مخزن و قابلیت توسعه کاربری در آینده، خوب ارزیابی می کند. لذا با توجه به اینکه دشت رامهرمز یکی از قطب‌های کشاورزی استان است، با برنامه ریزی‌های صحیح و مدیریت کارامد می‌توان از پتانسیل آبخوان در جهت استفاده از آب زیرزمینی برای ارتقای کشاورزی و برنامه ریزی در افزایش زراعت آبی، توسعه باغات، به زیر کشت بردن زمین‌های بایر،افزایش راندمان آبیاری، پرورش دام و طیور و توسعه بخش صنعت استفاده کرد. با تکیه بر نتایج مدل کیفی در بحث مدیریت آبخوان باید بهره‌برداری با احتیاط لازم صورت گیرد، مکان دفع پساب‌ها و فاضلاب‌ها طوری باشد که آلودگی به داخل آبخوان نشت نکند و استفاده از کودهای کشاورزی بویژه کودهای شیمیایی بصورت کنترل شده و با توجه به نیاز گیاه و استانداردهای موجود انجام شود؛ چرا که در صورت آلوده شدن آبخوان، پاکیزه‌سازی آن با مشکلات فراوان همراه خواهد بود. بر این اساس، مدل کمی و کیفی برای مدیران و تصمیم‌گیران در بحث آب و علوم مربوطه جهت اتخاذ تصمیمات زیربنایی ابزاری کارامد است.



شکل۶. تغییرات اعمال شده در غلظت چاههای مشاهداتی(نمودار خطی سبز (غلظت اولیه)و قرمز(غلظت اعمال شده)) و نتایج بوجود آمده در تغییرات غلظت آب تغذیه کننده در شرایط تحمیل شده به آبخوان(نمودار ستونی آبی (غلظت اولیه) و بنفش (غلظت حاصل از واسنجی)) در محل چاههای منتخب

منابع

پیر هادی.ع.، ۱۳۷۷، مطالعه منابع آب دشت رامهرمز و بررسی گزینه های مختلف مدیریتی با استفاده از مدل ریاضی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

چیت سازان.م. و ساعت ساز.م.، ۱۳۸۴، کاربرد مدل ریاضی MODFLOW در بررسی گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب دشت‌رامهرمز، مجله علوم دانشگاه شهیدچمران اهواز، شماره۱۴، ص:۱ -۱۵.

چیت سازان.م. و صدقی.م،م.،۱۳۸۳، تعیین شرایط مرزی مناسب برای مدل جریان آبهای زیرزمینی دشت ارسنجان، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، تهران.

لاله‌زاری.ر.، ۱۳۸۷، بررسی تأثیر آبخوان شهرکرد بر انتشار نیترات با استفاده از مدل MT3D، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، ص۱-۱۰۰.

موسوی.س.ف.،۱۳۹۰ شبیه سازی کمی و کیفی منابع آب دشت رامهرمز با استفاده از مدل ریاضی تفاضل محدود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

موسوی.ع.، ۱۳۸۹، شبیه سازی کمی آبخوان دشت شبستر با استفاده از مدل ریاضی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

ناصری.ح.ر. و ندافیان.ح.، ۱۳۸۷، مدل سازی انتقال آلاینده نیترات آب های زیرزمینی در محدوده چاه های آب شرب همدان، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال دوم، شماره۶، ص ۸۷-۹۸.

وزارت نیرو.، ۱۳۸۸، راهنمای تهیه مدل ریاضی آب های زیرزمینی، دفتر مهندسی و معیار های فنی آب و آبفا، معاونت امور آب و آبفا، نشریه شماره ۳۳۷-الف. ص ۱۱۰-۱.

Almasri. M.N. and Kaluarachchi. J.J, 2007, Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds, Journal of Hydrology, 343, 211-229.

Don. N.C., Araki. H., Yamanishi. H. and Koga, K, 2005, Simulation of groundwater flow and environmental effects resulting from pumping, Environmental Geology, 47:361-374.

Jerome. M. and Chantal. G.O, 2002, Modeling flow and nitrate transport in groundwater for the prediction of water travel time and of consequences of land use evolution on water quality, Hydrological Processes, 16(2):479-492.

McDonald. M.G. and Harbaugh. A.W, 1988, MODFLOW: A modular three-dimensional finite difference ground-water flow

model, U. S. Geological Survey, Open-file report 83-875. Chapter A1.
Zheng. C. and Wang. P.P, 1999, A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reaction of contaminant in groundwater systems, Documentation and User's Guide, Department of Geology and Mathematics, University of Alabama, pp: 202.