

مدلسازی کمی و کیفی جریان آب زیرزمینی در آبخوان شهرکرد

رضا لاله‌زاری^{۱*} و رضا کراچیان^۲

۱- پژوهشگر پسادکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

Email: Lalehzari@hotmail.com* نویسنده مسئول:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۰

چکیده

منابع آب زیرزمینی به عنوان یکی از مهمترین عوامل توسعه پایدار نیازمند توجه همه جانبه هستند. مدل‌های عددی مانند Modflow و MT3D، ابزاری کارآمد برای شبیه سازی و مدیریت جریان آب زیرزمینی و انتقال املاح محسوب می شود. در مطالعه حاضر، آبخوان شهرکرد با استفاده از داده های ماهانه بارهیدرولیکی پیژومترها، حجم تخلیه چاه ها، چشمه ها و قنوت و میزان بارندگی و آب برگشتی مدلسازی شده است. مدل ارائه شده در دوره مطالعه یکساله براساس برآورد ضرایب هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه در مرحله واسنجی استوار است. این زمان به ۱۲ دوره تنش تقسیم شد که ۱۰ دوره اول برای واسنجی و دو دوره آخر برای صحت‌سنجی استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که ضریب هدایت هیدرولیکی از ۶ تا ۱۶ متر در روز و آبدهی ویژه از ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ متغیر است. تراز سطح ایستابی پیش‌بینی شده در فرآیند واسنجی در مقایسه با مقادیر واقعی ارتفاع آب در پیژومترها با واریانس خطای ۰/۶۳، نتایج بدست آمده از مدل را برای پیشگویی رفتار جریان تأیید می‌کند. علاوه بر این، مدل کیفی برای رسیدن مقادیر نیترات محاسبه شده به اندازه گیری شده با واسنجی پارامترهای ضریب پخشیدگی مولکولی مؤثر، انتشارپذیری طولی و ضریب توزیع اجرا شد. نتایج نشان داد که اغلب ذرات آلاینده در جنوب دشت در جایی که به چاههای فاضلاب شهری نزدیک است قرار دارد. علاوه بر این، بخش های مرکزی و جنوبی مکان های مناسب برای برداشت از آب زیرزمینی به شمار می رود.

واژه های کلیدی: هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه، شبیه‌سازی، واسنجی

مقدمه

حرکت آب زیرزمینی به شیب هیدرولیکی (شیب سطح ایستایی و یا افت فشار در شرایط آرتزین) و ضرایب هیدرودینامیکی وابسته است (Lalehzari et al., 2010). تحلیل و محاسبات جریان با برآورد دقیق تمامی عوامل مؤثر در معادله جریان امکان پذیر است. معادله جریان آب زیرزمینی و انتقال املاح از کاربرد معادله پیوستگی نتیجه می شود. در معادله پیوستگی، مجموع کل جریان ورودی و خروجی به یک حجم کنترل، با تغییرات ذخیره در آن برابر بوده و در شرایط مختلف محیط آب و خاک به صورت معادلات دیفرانسیلی نوشته می شود (Bazargan-Lari et al., 2008). پیچیده بودن حل تحلیلی این معادلات باعث پیدایش راه حل های عددی از جمله اجزاء محدود (Reynolds and Thorley, 2006) و تفاضل محدود (Marimuthu, 2005 and Callander, 2005) شده است. حل این معادلات، نیازمند تقسیم بندی فضایی آبخوان به وسیله یک شبکه از بلوک ها بنام سلول است.

PMWIN نرم افزار جامع مدل سازی عددی آب زیرزمینی، مشتمل بر چندین بسته نرم افزاری است که هر کدام بخشی از سیستم جریان در محیط متخلخل را شبیه سازی می نماید. در این تحقیق از Modflow (مدل تفاضل محدود سه بعدی جریان غیرماندگار در محیط متخلخل اشباع، غیراشباع، غیرهمگن و غیرایزوتروپ) برای تعیین خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی آبخوان و از MT3D، برای شبیه سازی پراکندگی، همرفت و عکس العمل های آلاینده نیترات برای مدل سازی کیفی سیستم آب زیرزمینی آبخوان شهرکرد استفاده شده است. مدل های فوق بواسطه کارکرد مطمئن و بررسی شرایط متنوع عامل بر سیستم از سال های گذشته مورد توجه کارشناسان بوده است (Kresic,

1997). شبیه سازی توسط این نرم افزار به دلیل بهره گیری از داده های متنوع ورودی دارای دقت و نتایج مطلوب است و امروزه در اکثر مناطق جهان برای تعیین چگونگی و پیش بینی نوسانات منابع آب بطور گسترده استفاده می گردد.

Modflow به منظور تعیین محدوده تغذیه کننده چاه های آب شرب (Todd and Kenneth, 2001)، ارزیابی طرح های تغذیه مصنوعی (Lalehzari et al., 2014)، شبیه سازی نشست آب در زمین های آبرفتی (Don et al., 2005)، تشخیص چاه های چند آکیفری (Neville and Tonkin, 2004) و تعیین اجزاء بیان آبی در منطقه لنجانات (Gieske and Miranzadeh, 2002) به کار گرفته شده است.

در دشت باغ ملک شبیه سازی آبخوان با استفاده از مدل Modflow، ضرایب هیدرودینامیک سفره و وضعیت آبخوان در شرایط خشکسالی را مورد مطالعه قرار دادند و در یک دوره ۱۰ ساله مدل را واسنجی و صحت سنجی نمودند. نتایج هدایت هیدرولیکی واسنجی شده نشان داد شمال شرقی آبخوان قابلیت انتقال و پتانسیل برداشت بیشتری در مقایسه با بخش های جنوبی دارد. حساسیت مدل جریان به کاهش هدایت هیدرولیکی بیش از افزایش آن است (Lalehzari et al., 2015). در مطالعه مشابه، شبیه سازی آبخوان دشت سیرجان تأثیر نامطلوب برداشتهای بی رویه از آب زیرزمینی بر وضعیت زیست محیطی را نشان داد. این شرایط به دلیل مجاورت این دشت با کفه نمکی و افت سطح آب و در نتیجه پیشروی سفره آب شور به سمت سفره آب شیرین پدید آمده است (Mirabbasi and Rahnema, 2008).

از سوی دیگر مدل سه بعدی MT3D برای شبیه سازی کیفی نواحی اشباع اطراف سدهای مخروبه و مسیرهای پر پیچ و خم در طول رودخانه نواحی نیمه خشک استفاده

شمالی و ۵۰ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد (Lalehzari, 2008) و به لحاظ ساختاری در پهنه سنندج - سیرجان قرار می‌گیرد. آبخوان مدلسازی شده در این تحقیق واقع در بخش مرکزی دشت شهرکرد با وسعت ۱۵۰ کیلومترمربع است که به دلیل تفاوت توپوگرافی و شرایط فیزیکی و هیدرولیکی متفاوت نسبت به سایر نقاط دشت به صورت جداگانه بررسی شده است. ضخامت نهشته ها در حاشیه ارتفاعات کم و با حرکت به نواحی مرکزی دشت افزایش می‌یابد که متوسط ضخامت آبرفت در این محدوده ۵۵ متر است. از رقوم سطح ایستابی ۱۳ پیزومتر موجود در محدوده مطالعه با عمق بین ۴۰ متر در کناره‌ها تا ۸۰ متر در مرکز آبخوان که به صورت ماهانه آماربرداری می‌گردد، جهت واسنجی ضرایب هیدرودینامیکی استفاده شد. مدل PMWIN با انجام محاسبات تکراری روش تفاضل محدود، از طریق تغییر پارامترهای مجهول ورودی، نزدیکترین مقادیر محاسباتی به داده های واقعی را به دست خواهد آورد. شکل ۱ شبکه‌بندی مدل، سلول‌های معرف چاه‌های برداشت، موقعیت پیزومترها را نشان می‌دهد. سایر اطلاعات در جدول ۱ آمده است.

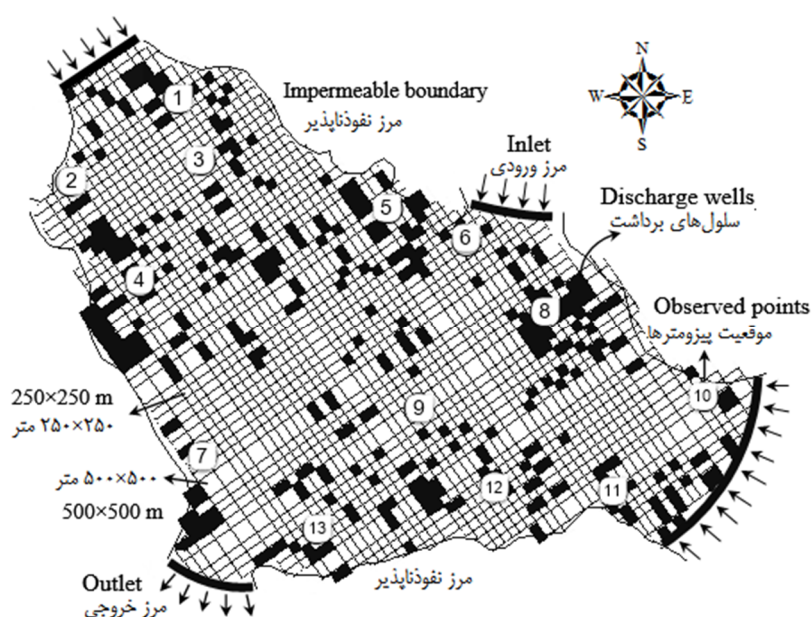
شده است. نتایج نشان داد که تنها ترم همرفت قابل ملاحظه بوده و بیشتر انتقال به این صورت انجام می‌گیرد، زیرا حرکت آب از لایه سطحی به ناحیه اشباع غالباً بصورت همرفت صورت می‌پذیرد (Lautz and Siegel, 2006). در بلژیک به دلیل نفوذ مواد معدنی، ارتباط خاصی بین سطح آب در رودخانه میوس و غلظت نیترات و سولفات مشاهده شد. حرکت املاح در این ناحیه توسط مدل MT3D شبیه سازی گردید. برای واسنجی مدل کمی از داده های ۵۴ پیزومتر موجود در دو دوره تر و خشک و برای فرایند شبیه سازی حرکت نیترات و سولفات نیز از دو روش جداگانه شامل پس خورد مسیر ذرات و مدل شبیه سازی انتقال املاح استفاده شد (Peeters et al., 2004).

مدلسازی جریان آب زیرزمینی و انتقال املاح در ایران با اهداف دیگری نظیر سد زیرزمینی، کنترل آلودگی و مدیریت تخصیص آب انجام شده است (Lalehzari et al., 2013; Lalehzari and Tabatabaei, 2015; Katibeh and Hafezi, 2004).

برداشت بی‌رویه از آبخوان شهرکرد موجب افت سطح ایستابی شده و این دشت را در حالت ممنوعه قرار داده است. از طرفی مدیریت برداشت و حفظ منابع آبی موجود نیازمند بررسی شرایط فیزیکی و هیدرولیکی آبخوان می‌باشد. بدین منظور، در تحقیق حاضر مدل جریان آب زیرزمینی دشت مذکور تهیه و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان توسط نرم‌افزار Modflow و سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه و تحلیل حساسیت شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی شهرکرد در چهارمحال و بختیاری دارای ۱۲۴۴ کیلومترمربع وسعت بوده که از این میزان ۵۵۱ کیلومترمربع آن آبرفت و دشت را تشکیل می‌دهد. این دشت با امتداد شمال غرب - جنوب شرق، در فاصله بین ۳۲ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض



شکل ۱- موقعیت چاههای پیزومتریک و پارامترهای مدلسازی

Figure1- Situation of observed points and modeling parameters

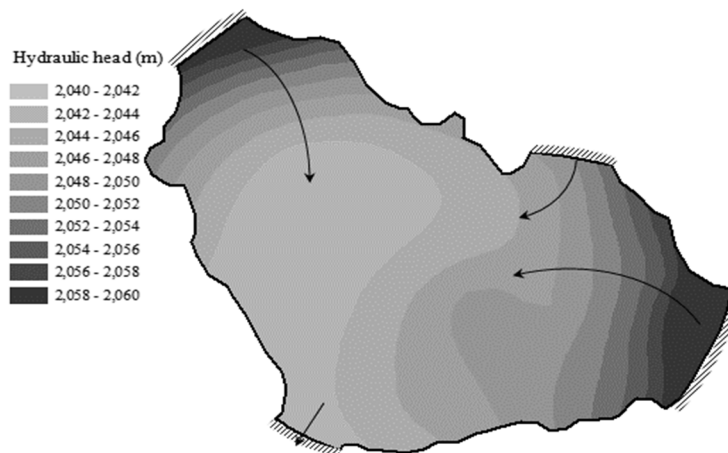
جدول ۱- مشخصات شبکه‌بندی مدل

Table1- Details of model gridding

۲۰۶۴	سلول فعال	۳۳۳۲	تعداد کل سلول‌ها
۰	سلول با بار ثابت	۱۲۶۸	سلول غیرفعال
۱	تعداد مرز خروجی	۳	تعداد مرز ورودی
۲۵۰×۲۵۰ متر	کوچکترین اندازه سلول	۵۰۰×۵۰۰ متر	بزرگترین اندازه سلول
۱۳ کیلومتر	طول مرزهای هیدرولیکی	۴۱ کیلومتر	طول مرزهای نفوذناپذیر (فیزیکی)

(شکل ۱). شرایط اولیه سطح ایستابی در آغاز شبیه سازی منظور شد. نقشه هم‌تراز سطح ایستابی و جهت حرکت جریان در این ماه در شکل ۲ نشان داده شده است.

شرایط مرزی مدل با استفاده از نقشه هم‌ارتفاع رقوم سنگ کف و خطوط هم‌پتانسیل سطح ایستابی تعیین شد. بر این اساس در ۳ نقطه از دشت جریانات ورودی زیرزمینی به آبخوان و در یک نقطه در پایین دشت جریان خروجی از آبخوان وجود دارد که مرزهای هیدرولیکی به شمار می‌روند. سایر مرزهای مدل از نوع فیزیکی و نفوذناپذیر می‌باشند.

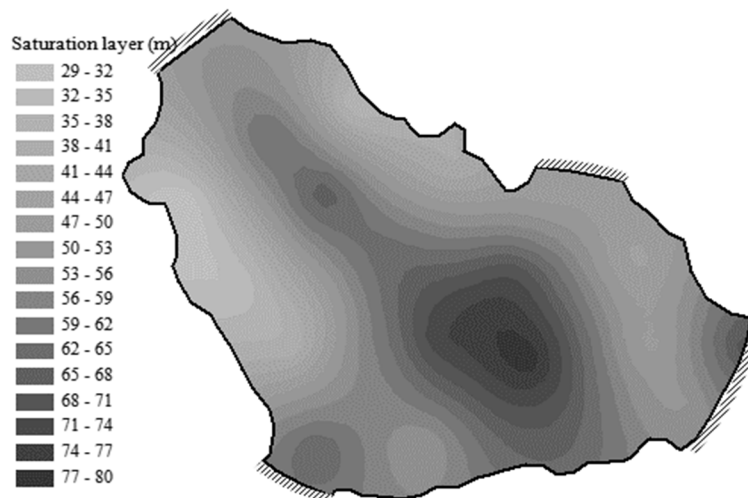


شکل ۲- پهنه بندی تراز آب زیرزمینی و جهت حرکت جریان

Figure2- Groundwater contour lines and flow direction

شکل ۳ آمده است.

حرکت جریان علاوه بر گردان هدایت هیدرولیکی به ضخامت لایه اشباع نیز بستگی دارد. تفاضل سطح ایستابی و رقوم سنگ کف به عنوان ضخامت لایه اشباع توسط مدل محاسبه و در



شکل ۳- ضخامت لایه اشباع (متر)

Figure3- Thickness of saturation layer (m)

با توجه به آمار موجود شامل ارتفاع آب پیزومترها، میزان تغذیه و دبی برداشت آب از چاهها و پراکندگی آنها که بصورت ماهانه است، مدت زمان یکسال شبیه سازی به ۱۲

در شرایط غیرماندگار فاصله زمانی ابتدا و انتهای شبیه سازی به دوره های تنش تقسیم شد که فرض می شود در طی یک دوره تنش پارامترهای ورودی تغییر نخواهد کرد.

دوره تنش یک ماهه با واحد یک روزه تقسیم بندی شد. از ۱۲ دوره تنش، ۱۰ دوره برای واسنجی و دو ماه آخر برای صحت سنجی استفاده شد. منابع متعدد تخلیه مانند چاه ها، چشمه ها، قنوات، تبخیر تعرق و زهکش ها و نیز منابع نقطه‌ای و گسترده تغذیه شامل آب برگشتی از چاه ها، چشمه ها و قنوات، تغذیه توسط بارندگی، رودخانه ها و نه‌رها و آب ورودی و خروجی از مرزها، تنش‌های وارده بر آبخوان و تشکیل دهنده بیلان آنها هستند. در بیلان آب زیرزمینی دشت شهرکرد از بخشی از عوامل بیلان مانند تبخیر تعرق (به واسطه عمق نسبتاً بالای سطح ایستابی از سطح زمین)، زهکش، رودخانه و نه‌ر (عدم جریان در سال مطالعه) صرف نظر شد.

اطلاعات مربوط به کلیه چاه ها، چشمه ها و قنوات فعال در دشت شامل مختصات جغرافیایی، دبی تخلیه، ساعات

کارکرد و حجم تخلیه آب به تفکیک ماهانه، با توجه به ابعاد مدل استخراج و در نرم افزار MapInfo 10 تحلیل و ترسیم شد. سپس به فرمت داده‌های مورد پذیرش مدل درآمد و دبی آنها در سلول‌های شبکه وارد گردید. آب برگشتی از این منابع تخلیه به صورت درصدی پیشنهادی توسط شرکت مشاوره (anonymous, 2000) از حجم کل تخلیه کسر شد تا علاوه بر اعمال اثر تغذیه در محدوده منبع تخلیه تأثیر جریان برگشتی نیز لحاظ گردد (جدول ۲). لازم به ذکر است در درصدی آورده شده در جدول تأثیر سیستم تصفیه فاضلاب در نظر گرفته نشده است؛ لذا در مورد چاه های صنعتی و شرب مقادیر نفوذ در مرحله واسنجی تصحیح شد. بارندگی که تنها منبع تغذیه گسترده به شمار می آید با ضریب نفوذ ۰/۲۸ به مدل وارد و در آخرین مرحله در طول سال واسنجی گردید.

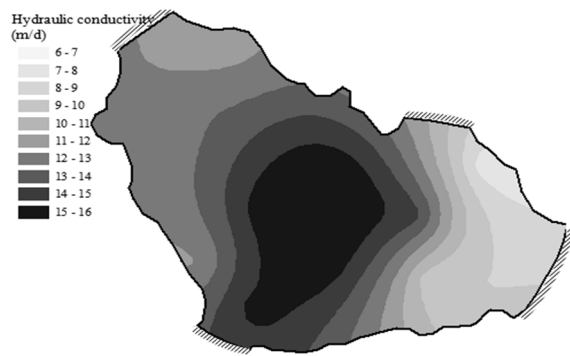
جدول ۲- پارامترهای نفوذ عمقی برای زیرمدل تغذیه

Table2- Deep percolation parameters for recharge package

نوع منبع	نفوذ از بستر انتقال (%)	نفوذ در اثر مصرف (%)	کل نفوذ (%)
چاه کشاورزی	-	۲۰	۲۰
چاه شرب	-	۵۰	۵۰
چاه صنعتی	-	۶۰	۶۰
چشمه	۱۰	۲۰	۳۰
قنات	۱۰	۲۰	۳۰
بارندگی	۲۸	-	۲۸

مهمترین بخش مدل سازی واسنجی داده های ورودی به مدل است. اساس واسنجی مدل بر یافتن بهترین مقادیر برازش یافته به داده‌های اندازه گیری شده استوار است. در طی این مرحله، بر پایه معادلات دیفرانسیل ساده شده در قالب شبکه تفاضل محدود، داده های غیرقطعی در اثر

تکرار در محدوده قابل قبول تا آنجا تغییر می یابند که مجموع مربعات انحراف به کمترین مقدار کاهش پیدا کند. در معادله حاکم بر جریان آب در محیط متخلخل با در نظر گرفتن شرایط ماندگار، در چند دوره از سال مطالعه هدایت هیدرولیکی محاسبه می گردد. آبدهی ویژه و



شکل ۴- نقشه هدایت هیدرولیکی بدست آمده از واسنجی در شرایط ماندگار

Figure4- Hydraulic conductivity map calibrated in steady-state condition



شکل ۵- نقشه گسترده‌گی آبدی ویژه واسنجی شده در شرایط غیرماندگار

Figure5- Specific yield map calibrated in unsteady-state

۰/۶۳ و ۱/۰۳ محاسبه شد.

به علت وسعت محدوده مورد مطالعه، فاصله زیاد نقاط نمونه برداری و نیز حجم بالای ورودی و خروجی آب زیرزمینی در مقاطع افقی و عمودی تغییرات نیرات در اثر فرایند پخشیدگی ناچیز می باشد. به همین علت با کاهش مقدار ضریب پخشیدگی مولکولی مؤثر، واریانس خطای

تغذیه نیز در کل دوره و با شرایط غیرماندگار ابتدا به وسیله مدل معکوس Pest و سپس به صورت دستی واسنجی شد. اطلاعات خروجی شامل سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی و آبدی ویژه توسط ArcGIS9.3 ترسیم شد.

نتایج و بحث

اولین گام عملیات واسنجی مربوط به یافتن مقادیر هدایت هیدرولیکی بهینه است. دقت در تعیین این پارامتر تأثیر زیادی در دقت سایر فاکتورها دارد. نقشه هدایت هیدرولیکی بدست آمده از مرحله واسنجی مدل در شکل ۴ آمده است. تغییرات هدایت هیدرولیکی بیشترین مقدار آن را در میانه های دشت با هدایت هیدرولیکی نزدیک به ۱۶ متر در روز نشان می دهد. بالا بودن هدایت هیدرولیکی نشان دهنده سبک بودن خاک محدوده و دلیل قابلیت بالاتر آبخوان جهت انتقال آب می باشد.

دومین پارامتر واسنجی شده، آبدی ویژه در شرایط غیرماندگار است. نقشه به دست آمده از مقادیر آبدی ویژه در پایان این بخش از واسنجی در شکل ۵ نشان داده است. مطابق شکل، دامنه آبدی ویژه از ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ تغییر می کند. مشابه هدایت هیدرولیکی، نقاط میانی محدوده دارای بیشترین آبدی ویژه است.

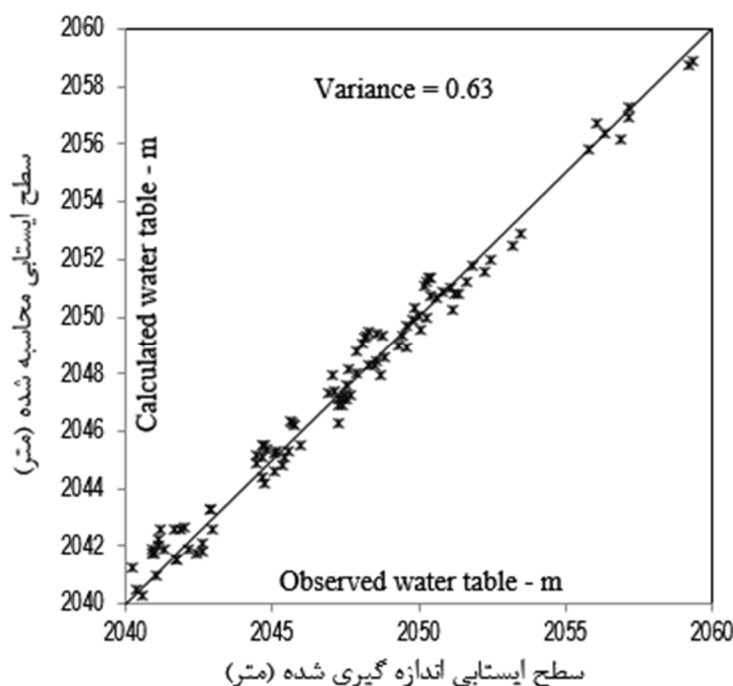
لازم به ذکر است بخش عمده چاه های برداشت از جمله مجموعه ای از چاه های آب شرب شهرکرد در این حوالی حفر شده است.

گسترش زمین های کشاورزی و آمادگی آبخوان جهت تأمین آب مورد نیاز، موجب حجم بالای برداشت در این ناحیه است. در مرحله سوم عملیات واسنجی، پارامتر تغذیه در کل دوره های تنش بصورت دستی واسنجی شد. نمودار واسنجی بارهیدرولیکی اندازه گیری شده و محاسبه شده در شکل ۶ ارائه شده است. واریانس خطای واسنجی و صحت سنجی در تمام نقاط مشاهده ای به ترتیب برابر با

۰/۰۰۰۱ بدست آمد. از داده های مورد نیاز مدل برای شبیه سازی انتقال نیترات، منابع تخلیه و تغذیه آلاینده است. تخلیه نیترات از آبخوان تنها شامل چاه های برداشت با غلظتی معادل غلظت آب زیرزمینی صورت می پذیرد. میزان تغذیه با توجه به نامشخص بودن منابع و مقدار آن در فرایند واسنجی تصحیح گردید. نمودار واسنجی مدل کیفی در شکل ۷ ارائه شده است.

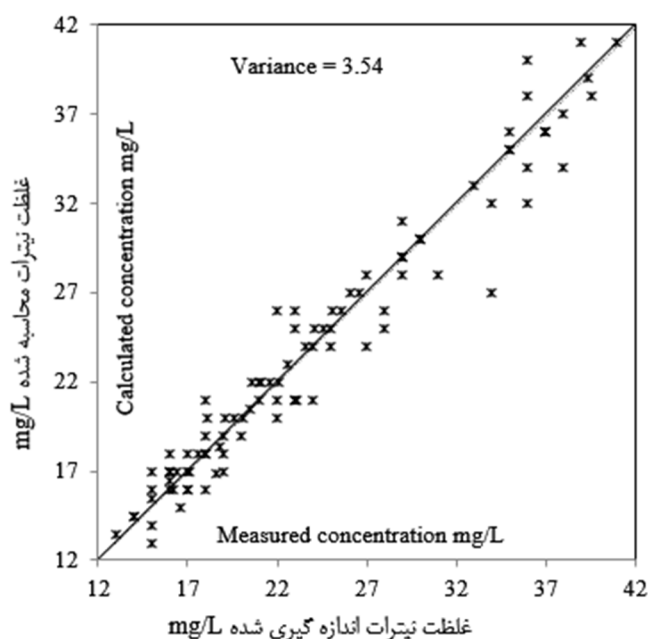
کمتری محاسبه میگردد. در هر مرحله از اجرای مدل با کاهش این ضریب نتایج به دست آمده مقادیر واقعی تری را محاسبه میکند. بنابراین بهینه ترین مقدار برای این پارامتر در مدل کیفی صفر بدست آمد. انتشارپذیری طولی نیز در انتهای فرایند واسنجی برابر با ۵ بدست آمد.

واسنجی ضریب توزیع از ضرایب مربوط به ایزوترم جذب خطی فرایند واکنشهای شیمیایی برای نیترات برابر



شکل ۶- نتیجه واسنجی مدل جریان

Figure6- Calibration result of flow model

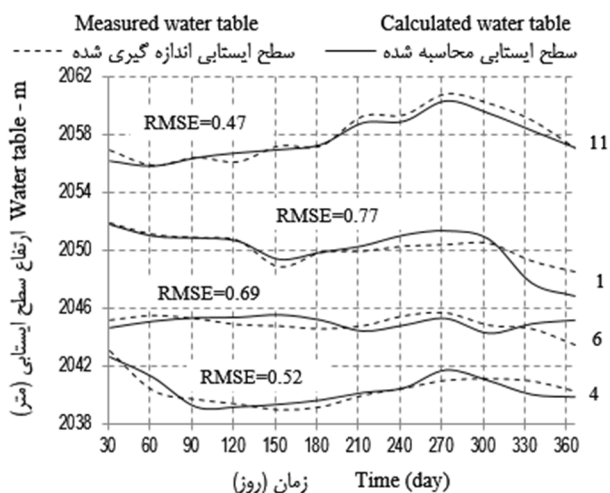


شکل ۷- نتیجه واسنجی مدل انتقال نیتрат

Figure7- Result of nitrate transport calibration

پیزومتر برای نمونه در شکل ۸ ترسیم شده است. بارهیدرولیکی محاسباتی در دو ماه آخر اختلاف بیشتری با سطح ایستابی واقعی دارد. این امر به دلیل فعال شدن چاه های کشاورزی و افزایش میزان برداشت پس از دوره زمستان رخ می دهد.

تفاوت ارتفاع در دشت، محدوده وسیعی از اختلاف ارتفاع را که عامل اصلی حرکت جریان است پدید می آورد. از طرفی مدل باید انطباق لازم را در نوسانات سطح ایستابی در تمام پیزومترها در بعد زمان داشته باشد. بارهیدرولیکی محاسباتی و مشاهداتی در طول دوره شبیه سازی در چهار



شکل ۸- مقایسه سطح ایستابی مشاهداتی و محاسباتی در چهار پیزومتر ۱، ۴، ۶ و ۱۱

Figure8- Comparison between calculated and observed water table in four piezometers 1, 4, 6 and 11

نتیجه گیری

۱/۳ متر در پیرومترها نزول داشته و ادامه برداشت در این محدوده موجب کمبود آب کشاورزی خواهد شد. مدل برای رسیدن مقادیر نیترات محاسبه شده به اندازه گیری شده با واسنجی پارامترهای ضریب پخشیدگی مولکولی مؤثر، انتشارپذیری طولی و ضریب توزیع اجرا شد. مقادیر ضرایب فوق به ترتیب برای ضریب پخشیدگی مولکولی مؤثر صفر، انتشارپذیری طولی ۵ و ضریب توزیع ۰/۰۰۰۱ بدست آمد.

پهنه بندی مقادیر هدایت هیدرولیکی (۶ تا ۱۶ متر در روز) و آبدهی ویژه (۰/۰۳ تا ۰/۰۸) در وسعت محدوده، بر این نکته دلالت دارد که بخش های میانی آبخوان دارای محیط متخلخل با بافت سبکتر، جریان سریعتر و قابلیت برداشت بالاتر است. همچنین مدل کمی آبخوان شهرکرد به آبدهی ویژه حساسیت بیشتری نسبت به هدایت هیدرولیکی نشان می دهد. سطح ایستابی به طور متوسط

منابع

- Bazargan-Lari, M.R., Kerachian, R., Mansoori, A., 2008. A conflict-resolution model for the conjunctive use of surface and groundwater resources that considers water-quality (case study). *Env. Manage.* 43(3), 470-482.
- Don, N.C., Araki, H., Yamanishi, H., Koga, K., 2005. Simulation of groundwater flow and environmental effects resulting from pumping. *Env. Geo.* 47, 361-374.
- Gieske, A., Miranzadeh, M., 2002. Groundwater Resources Modeling of the Lenjenat Aquifer System. IAERI-IWMI Research Reports. 15.
- Isfahan regional water company. 2000. Groundwater of Shahrekord aquifer studies. Isfahan Regional Water Company Report, 285 pp. [In Persian]
- Katibeh, H., Hafezi, S., 2004. Application of Modflow in groundwater management and evaluation of artificial recharge project of Ab-barik aquifer (Bam). *J. water waste.* 50(1), 45-58. [in Persian with English Summary].
- Kresic, N., 1997. Quantitative solution in hydrogeology and groundwater modeling. CRC Press LLC, 115 pp.
- Lalehzari, R. 2008. The effect of wastewater recharge on nitrate distribution in Shahrekord aquifer using MT3D model. M.Sc. Thesis. Shahrekord University, 130 pp. [in Persian with English Summary].
- Lalehzari, R., Boroomand Nasab, S., Moazed, H., Haghighi, A., 2015. Evaluating the impact of drought stresses on groundwater system in Baghmalek plain by discharge pattern changes. *J. Water and Soil.* 29(3), 539-550. [in Persian with English Summary].
- Lalehzari, R., Tabatabaei, S.H. Kholghi, M., 2013. Nitrate transport simulation in groundwater using MT3D model in wastewater seepage condition. *Int. J. Env. Sci. Tech.* 10, 1367-1376.
- Lalehzari, R., Tabatabaei, S.H., 2015. Simulating the impact of subsurface dam construction on the change of nitrate distribution. *Env. Earth Sci.* 74, 3241-3249.
- Lalehzari, R., Tabatabaei, S.H., Kholghi, M. Yarali, N., Saba, A.A., 2014. Evaluation of Scenarios in artificial recharge with treated wastewater on the quantity and quality of Shahrekord aquifer. *J. Env. Stu.* 40(1), 52-55.
- Lalehzari, R., Tabatabaei, S.H., Kholghi, M., 2010. Hydrodynamic coefficients estimation and flow treatment prediction in Shahrekord aquifer using PMWIN

-
- model. 14th Inter. Water Technology Conference. Cairo, Egypt.
- Lautz, L. K., Siegel, D.I., 2006. Modeling surface and groundwater mixing in the hyporheic zone using MT3D and MT3D. *Adv. Water Res.* 29 (11), 1618–1633.
- Mirabbasi, R., Rahnama, M.B., 2008. The impact of construction of Tangooye dam on the groundwater resources by model simulation of Sirjan plain aquifer using Modflow software. *Iran Water Res. J.* 1(1), 1-9. [in Persian with English Summary].
- Neville, C.J., Tonkin, M.J., 2004. Modeling multi-aquifer wells with Modflow. *Ground.* 42(6), 910-919.
- Peeters, L., Haerens, B., Van der Sluys, J., Dassargues, A., 2004. Modelling seasonal variations in nitrate and sulphate concentrations in a vulnerable alluvial aquifer. *Env. Geo.* 46, 951–961.
- Reynolds, D.A., Marimuthu, S., 2006. Deuterium composition and flow path analysis as additional calibration targets to calibrate groundwater flow simulation in a coastal wetlands system. *Hyd. J.* 15, 515-535.
- Thorley, M., Callander, P., 2005. Christchurch city groundwater model. Environment Canterbury report, 10 pp.
- Todd, W.R., Kenneth, R.B., 2001. Report: Delineation of capture zones for municipal wells in fractured dolomite. Sturgeon Bay, Wisconsin, USA. *Hyd. J.* 9, 432-450.



Quantity and Quality Modeling of Groundwater Flow in Shahrekord Aquifer

Reza Lalehzari¹ and Reza Kerachian²

1-Postdoctoral Researcher, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

2-Professor, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author E-mail: Lalehzari@hotmail.com

Received: 05-03-2017; Accepted: 11-09-2017

Abstract

Groundwater resources, as one of the most important factors in sustainable development, need to be intensely considered. Numerical models such as Modflow and MT3D is an applied tool for simulation and management of groundwater flow and solute transport. In this study, Shahrekord aquifer modeling is provided by the use of monthly data's including hydraulic heads, depletion volume of the wells, springs and qanats, precipitation values. This model has been developed based on the assessment of the hydraulic conductivity and specific yield coefficients in the calibration process. The study year was divided to 12 monthly stress period for calibration (10 periods) and verification (2 periods). The results showed that the hydraulic conductivity from 6 to 16 m/day and specific yield from 0.03 to 0.07 were varied. The predicted water table in calibration process in comparison to observed values of water levels on piezometers with variance of 0.63. These results confirm the need model of groundwater flow prediction. Moreover, Effective molecular diffusion coefficient, longitudinal dispersity and distribution coefficient were calibrated to achieve acceptable variance between observed and calculated nitrate concentration. The most contaminant particles are in the south zone of aquifer where is the nearby urban wastewater wells. Moreover, the central and south parts of plain have the suitable situations for groundwater discharge because of the high amount of transmissivity.

Keywords: Hydraulic conductivity, Specific yield, Simulation, Calibration