نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد۸، مرداد - شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۶۸-۵۵۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 8, Jul-Agu. 2014, p. 556-568

تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب شرب با استفاده از مدل شبیه‌ساز آب زیرزمینی

(مطالعه موردی: دشت زرین‌گل)

فرزانه ابارشی،[۱] مهدی مفتاح هلقی،[۲*] مهدی رحیمیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۹

چکیده

تعیین حریم حفاظتی چاه‌های شرب روشی مؤثر جهت حفاظت و مدیریت منابع تأمین‌کننده آب می‌باشد و اهمیت به‌سزایی در سلامت و بهداشت عمومی دارد. لذا این پژوهش با هدف تعیین محدوده حفاظتی جهت جلوگیری و پیشگیری از آلودگی چاه‌های آب شرب، به وسیله ترسیم یک محدوده در اطراف چاه با استفاده از مدل ریاضی و ممانعت از توسعه و ایجاد منابع آلودگی در داخل این محدوده صورت پذیرفته است. از این‌رو به‌منظور ترسیم حریم حفاظتی ۴۶ حلقه چاه شرب موجود در دشت زرین‌گل در استان گلستان از نرم‌افزار GMS7.1 استفاده شد. برای این منظور پس از تهیه مدل مفهومی منطقه مطالعاتی، با هدف تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، مدل‌سازی در دو حالت ماندگار و غیرماندگار انجام شد. در حالت ماندگار کالیبراسیون در یک دوره یک ماهه و در حالت غیرماندگار به مدت ۵ سال با تنش‌های فصلی انجام شد. پس از اطمینان از صحت مدل تهیه شده، به‌منظور تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب شرب از برنامه مکان‌یابی ذره‌ای MODPATH استفاده گردید. پس از تهیه حریم‌های حفاظتی با زمان‌های سیر ۱، ۲، ۳ و ۵ ساله برای چاه‌های فوق‌الذکر، تأثیر پارامترهای مختلف بر روی شکل و چگونگی گسترش حریم حفاظتی، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. براساس نتایج حاصل از تحقیق معلوم گردید که مؤثرترین عامل در تعیین شکل و حریم حفاظتی یک چاه، جهت جریان و گرادیان هیدرولیکی می‌باشد. به‌طوری‌که، افزایش گرادیان هیدرولیکی سبب نازکی و کشیدگی حریم حفاظتی می‌گردد. میزان دبی پمپاژ نیز از دیگر عوامل مؤثر بر حریم حفاظتی می‌باشد. به‌گونه‌ای که با افزایش میزان برداشت از چاه، عرض حریم حفاظتی افزایش یافته و تأثیر چندانی در طول حریم ندارد. پارامترهای دیگر از قبیل هدایت هیدرولیکی آبخوان، میزان برداشت و... در مراتب بعدی قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: حریم حفاظتی چاه، آلودگی، دشت زرین‌گل، MODPATH

مقدمه

حفاظت کیفی از منابع آب زیرزمینی شهرها که برای تأمین آب شرب استحصالی از چاه‌ها نقش دارند، امروزه از مسئولیت‌ها و دغدغه‌های فکری متولیان تأمین و توزیع آب شرب یعنی سازمان‌های آب منطقه‌ای و شرکت‌های آب و فاضلاب کشور محسوب می‌شود. بیش‌تر آلاینده‌های آب زیرزمینی بر اثر فعالیت‌های انسان در سطح زمین و پس از عبور از منطقه غیر اشباع، وارد سیستم آبخوان می‌گردند. راه دیگر ورود آلاینده‌ها به داخل آبخوان، نفوذ از رسوبات بستر رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن آب (مانند سدها) و زمین‌های مرطوب می‌باشند. از آنجا که بیش‌تر آلاینده‌ها به طور مستقیم یا غیر مستقیم از سطح زمین وارد سیستم آب زیرزمینی می‌شوند، یک روش مناسب به‌منظور حفاظت از منابع آب زیرزمینی، تعیین مناطق تأمین‌کننده آب برای چاه‌های شرب و سپس اعمال محدودیت‌های کاربری اراضی و حفاظتی در داخل این مناطق می‌باشد. در این راستا محاسبه بهینه و دقیق حریم‌های حفاظتی با استفاده از مبانی علمی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا محاسبه و اعمال حریم کوچک‌تر، خطر آلودگی آب چاه را بالا برده، به‌طوری‌که آلاینده‌ها ممکن است نهایتاً از طریق مناطق حفاظت نشده وارد منبع آب شوند. بر عکس اقدامات پیشگیرانه بیش از حد ممکن است باعث ایجاد محدودیت‌های غیر ضروری در مناطقی شود که تأمین‌کننده آب برای چاه مورد نظر نمی‌باشد و در نتیجه این کار اتلاف سرمایه را به دنبال خواهد داشت. ناحیه تسخیر، ناحیه حفاظتی و یا حریم بهداشتی چاه، به محدوده‌ای اطلاق می‌شود که در تأمین و تغذیه آب به داخل چاه مشارکت دارد (US EPA,1998;US EPA,1987,1993).

با تعیین حریم حفاظتی برای چاه‌های شرب، علاوه بر مشخص شدن نواحی تأثیرگذار در کیفیت و تغذیه آب ورودی به داخل چاه، می‌توان با متمرکز کردن فعالیت‌های کنترل و نظارت بر کاربری

۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع آب
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- کارشناس ارشد آب منطقه‌ای سمنان
(*- نویسنده مسئول: (Email: meftah_20@yahoo.com

اراضی و میزان برداشت چاه‌های کشاورزی و صنعتی موجود در داخل حریم‌های حفاظتی، از آلودگی و نابودی این منابع آب شرب و ارزشمند جلوگیری کرد. در واقع، هدف از تعیین حریم‌های حفاظتی در اطراف چاه‌ها، اجتناب از متحمل شدن هزینه‌های سنگین مربوط به احیا آب زیرزمینی و هم‌چنین اطمینان از کیفیت منابع آب، جهت مصارف آینده می‌باشد. از جمله دیگر اهداف تعیین حریم حفاظتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

– پیشگیری، کاهش و کنترل آلودگی منابع آب زیرزمینی از طریق نفوذ آب باران و آب مازاد کشاورزی و مصرفی.
– ایجاد فرصت کافی برای فرآیندهای طبیعی به‌منظور کاهش غلظت آلاینده‌ها و خود پالایی منابع آب زیرزمینی.
– پیشگیری، کاهش و کنترل حوادث ناگهانی و تصادفی منجر به آلودگی.

برای تعیین این محدوده، روش‌ها و معیارهای متفاوتی بیان شده است. طبق مطالعات انجام شده، تشکیل یک مدل کامپیوتری جریان آب‌های زیرزمینی که بتواند شرایط واقعی را به‌نحو مطلوبی مدل کند، مطمئن‌ترین روش برای تعیین حریم حفاظتی چاه‌ها می‌باشد (Waterloo Hydrogeologic Incorporated ,1999). امروزه، انواع گسترده‌ای از مدل‌های کامپیوتری عددی که توانایی شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی را داشته باشند، برای ترسیم حریم‌های حفاظتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور معمول این مدل‌ها معادلات مختلف جریان برای مقادیر بار هیدرولیکی در نقاط مشخص داخل منطقه مورد نظر را حل می‌کنند. از جمله این مدل‌ها که قابلیت‌های بسیار خوبی در مطالعات آب زیرزمینی دارد، مدل GMS (Environmental Modeling System,2008) می‌باشد که عمدتاً به روش‌های عددی تفاضل محدود و اجزای محدود به شبیه‌سازی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی می‌پردازد.

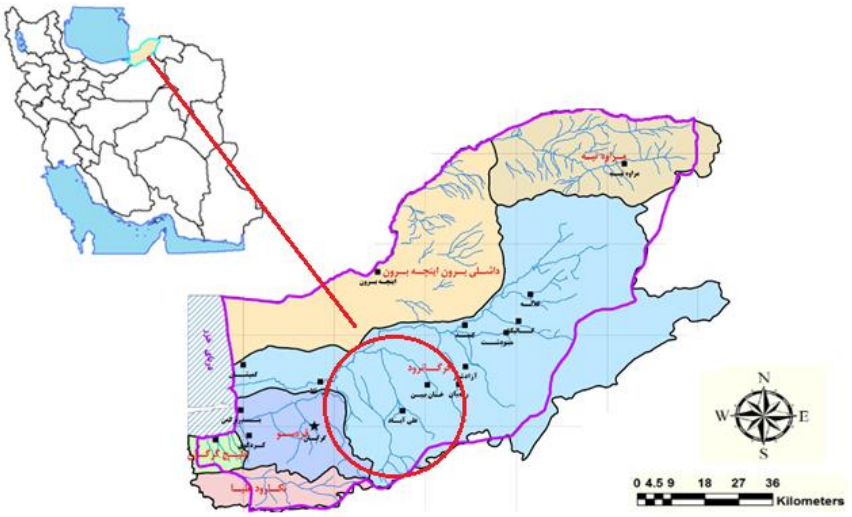
GMS محیطی جامع و گرافیکی برای شبیه‌سازی‌های جریان آب زیرزمینی است که شامل یک انترفاز(interface) کارتوگرافیکی کاربر دوست (برنامه GMS) و تعدادی کدهای تحلیلی مستقل نظیر MODFLOW، MT3DMS، MODPATH و... می‌باشد. در محیط MODPATH، روش متداول برای تعیین ناحیه حفاظتی برای چاه‌های موجود در یک آبخوان، استفاده از مسیر حرکت ذرات در جریان آب زیرزمینی موجود می‌باشد. لذا در این زمینه مطالعاتی در خارج و نیز داخل کشور انجام شده است.

تاد و همکارانش(۲۰۰۱) به منظور مشخص‌کردن محدوده تغذیه‌کننده چاه‌های آب شرب شهر استروگن‌بای در ویسکانسین آمریکا، آب‌های زیرزمینی این منطقه را با نرم افزار MODFLOW شبیه‌سازی کردند. پس از مدل‌سازی منطقه در دوحالت ماندگار و غیرماندگار، به این نتیجه رسیدند که برای منطقه مذکور اجرای این مدل در حالت غیر ماندگار، بازتاب بهتری از رفتار آبخوان ارائه می‌کند. هم‌چنین از نتایج اجرای مدل با استفاده از برنامه MODPATH مشخص شد که ناحیه تغذیه‌کننده چاه‌ها در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهر تا ۷ کیلومتری جنوب شهر قرار دارد و زمان پیمایش از نواحی تغذیه تا همه چاه‌ها معمولاً کم‌تر از یک‌سال است (Todd et all,2001).

رحمان و شهید(۲۰۰۸) از مدل عددی جهت ترسیم حریم حفاظتی هفت حلقه چاه در نزدیکی شهر داکا در کشور بنگلادش استفاده نمودند. در این تحقیق اثر شرایط مرزی آب زیرزمینی بر حریم حفاظتی بررسی گردیده است (Rahman and Shahid,2008). موینانته و فریرا ضمن استفاده از روش‌های تحلیلی، جهت ترسیم حریم حفاظتی چاه‌های شرب دهکده‌ای در کشور پرتغال، از روش‌های گرافیکی و آماری جهت بررسی اثرات تغذیه سطحی آبخوان و میزان برداشت از چاه بر شکل حریم حفاظتی استفاده نمودند و در نهایت رابطه مستقیم این دو پارامتر را با اندازه حریم حفاظتی نتیجه گرفتند(Moinante and Ferreira,2005). سیارکوس و لاتینوپلاس(۲۰۱۲) با هدف تعیین حریم حفاظتی چاه‌های شرب آبخوان موندانیای یونان اقدام به استفاده از نرم‌افزار GMS نمودند. برای این منظور پس از تهیه مدل عددی تفاضل محدود MODFLOW برای سال ۲۰۰۱ در حالت ماندگار و کالیبراسیون مدل انجام شده، مناطق حفاظتی چاه‌های شرب با به‌کارگیری برنامه MODPATH تعیین نمودند (Siarkos and Latinopoulos, 2012).

در زمینه مطالعات انجام شده در داخل کشور نیز می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط (بدو و سروریان، ۱۳۸۴; دلخواهی و اسدیان،۱۳۸۸) اشاره نمود. ایشان به‌منظور تعیین حریم بهداشتی برای کنترل کیفی چاه‌های شرب دشت ارومیه و منطقه یافت‌آباد تهران از مدل MODPATH استفاده کردند. پس از تهیه حریم حفاظتی چاه‌ها با زمان‌های سیر مختلف، تأثیر پارامترهای مختلف را بر روی چگونگی گسترش منطقه تسخیر مورد بررسی قرار دارند. براساس مطالعات ایشان معلوم گردید که پارمترهایی از قبیل دبی پمپاژ، جهت جریان آب زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی و ... بر حریم حفاظتی چاه مؤثر می‌باشد.

با بررسی منابع انجام شده، مشخص گردید که دامنه مطالعات در خصوص به‌کارگیری مدل عددی در تعیین حریم حفاظتی چاه‌ها محدود می‌باشد. لذا این پژوهش با هدف تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب شرب دشت زرین‌گل در استان گلستان و بررسی عوامل مؤثر در تعیین حریم حفاظتی این چاه‌ها صورت گرفت وسپس به بررسی قابلیت مدل در تعیین مسیر حرکت آلودگی در یک منطقه احتمالی پرداخته شد.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

دشت زرین‌گل با متوسط بارندگی سالانه حدود ۷۰۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد، بخشی از حوضه‌آبریز گرگانرود در استان گلستان می‌باشد، که طبق طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، جزء مناطق نیمه‌خشک معتدل تا مرطوب نیمه‌معتدل محسوب می‌شود (شکل۱). اصلی‌ترین رودخانه موجود در دشت، رودخانه دائمی زرین‌گل به طول حدوداً ۲۴ کیلومتر می‌باشد که در جنوب شرقی شهرستان علی‌آباد قرار گرفته است. وسعت آبخوان مورد مطالعه حدود ۳۶۵ کیلومترمربع بوده و از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین طول‌های ´۴۱ °۵۴ تا ´۵ °۵۵ شرقی و عرض‌های ´۵۱ °۳۶ تا ´۱۲ °۳۷ شمالی واقع شده است. براساس سرشماری سال۱۳۹۰، جمعیت ساکن دردشت زرین‌گل حدوداً ۷۱۳۴۰ نفر می‌باشد که با احتساب سرانه آب مصرفی ۱۲۵ لیتر در شبانه روز برای هر نفر، دارای نیاز آبی سالانه حدود ۳/۲۵ میلیون‌مترمکعب می‌باشند، که بخشی از نیاز شرب ساکنین منطقه از منابع آب زیرزمینی موجود در دشت تأمین می‌شود و براساس آخرین آماربرداری از چاه‌های بهره‌برداری دشت زرین‌گل که در سال ۱۳۸۸ انجام گردیده است، شمار چاه‌های شرب منطقه به ۴۶ حلقه می‌رسد، که ۱۲حلقه آن جهت مصرف شرب شهر علی‌آباد مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در مدل‌سازی

داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی در دو قالب فیزیکی و هیدروژلوژیکی جای می‌گیرند. برای مدل‌سازی آبخوان زرین‌گل، نقشه زمین‌شناسی، لوگ‌های سنگ‌شناسی چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، اطلاعات مربوط به سطح آب‌های زیرزمینی، اطلاعات مربوط به قابلیت انتقال چاه‌های اکتشافی، تغییرات زمانی و مکانی نرخ تبخیر و تعرق، میزان بارندگی، میزان پمپاژ از چاه‌های بهره‌برداری و تخلیه طبیعی زیرزمینی آبخوان جهت شناخت چارچوب هیدرولوژیکی سیستم با مراجعه به سازمان آب استان گلستان جمع آوری شد.

معادله دیفرانسیلی حاکم بر جریان آب زیرزمینی

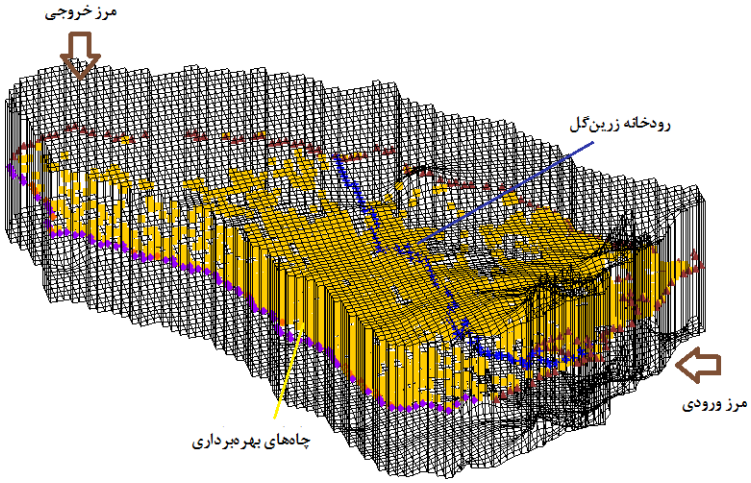
معادله عمومی حاکم بر جریان آب زیرزمینی (با چگالی ثابت) که در نرم‌افزار MODFLOW به‌کار رفته عبارت است از:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}h\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}h\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}h\frac{\partial h}{\partial z}\right]-W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \qquad (۱)$$

در معادله فوق K مقادیر هدایت هیدرولیکی در راستای x,y,z ،h هد آب زیرزمینی، w شار حجمی جریان در واحد حجم (بیان‌گر چشمه و چاهک جریان)، Ss ضریب ذخیره ویژه آبخوان و t زمان می‌باشد. معادله فوق به همراه شرایط اولیه و مرزی مناسب، سیستمی از معادلات را تشکیل می‌دهند که با حل آن‌ها مقدار h در زمان‌ها و مکان‌های مختلف در مدل به‌دست می‌آید.

مدل مفهومی و مرزهای آبخوان

هدف از تهیه مدل مفهومی ساده کردن شرایط واقعی منطقه مورد مطالعه و سازماندهی داده‌های صحرایی است؛ به‌گونه‌ای که با استفاده از آن، سیستم مورد نظر راحت‌تر مورد تحلیل و تجزیه قرار گیرد (Anderson and Wossener,1992).



شکل۲- مدل مفهومی منطقه مورد مطالعه

در این مرحله لایه‌های آبخوان، سیستم مرز آبخوان و هم‌چنین اطلاعات محل مورد نظر شامل اطلاعات موازنه (بیلان) آب، پارامترهای آبخوان و تنش‌های هیدروژئولوژیکی تعیین می‌شوند و به‌صورت بسته‌های مختلف از قبیل تبخیرتعرق، تغذیه، چاه‌های مشاهداتی و... با استفاده از نرم‌افزار GIS به مدل اعمال می‌گردد (شکل۲).

رودخانه کبودوال با قرارگیری در غرب و شمال‌غربی منطقه مطالعاتی، به‌عنوان مرز بار ثابت در نظر گرفته شده است. در جنوب منطقه نیز ارتفاعات و سازندهای زون زمین‌شناسی البرز، جبهه ورودی آبخوان زرین‌گل می‌باشد که به‌عنوان مرز با بار عمومی تعریف شده است. در قسمت شرق و شمال شرقی منطقه نیز، مرز آبخوان به موازات رودخانه سیاه‌جوی در نظر گرفته شد و به‌دلیل تبادل جریان آب زیرزمینی بین این آبخوان و آبخوان مجاور، این مرز به‌عنوان مرز با بار عمومی در مدل تعریف گردید. داده‌ها و اطلاعات مربوط به تغذیه و تخلیه از آبخوان نیز به‌صورت بسته‌های مختلف، در مدل مفهومی تعریف و اعمال گردید. بدین صورت که تغذیه سطحی براساس درصدی از بارندگی، آب برگشتی حاصل از پساب شرب و صنعت و هم‌چنین کشاورزی در منطقه و بالاخره آب نفوذی از طریق مسیل‌ها در مدل اعمال شد. برای این منظور هر یک از عوامل مختلف به‌صورت بسته‌ای جداگانه در مدل تعریف گردید. به‌عنوان مثال، برای تهیه بسته مربوط به ریزش‌های جوی، پس از تهیه پلی‌گون‌های تیسن ایستگاه‌های باران‌سنجی، مقادیر مربوط به ۱۰ درصد بارندگی، به‌عنوان تغذیه آبخوان، به هر یک از پلی‌گون‌ها اعمال گردید. ضرایب ۱۵ و ۷۵ درصد نیز به‌ترتیب به‌عنوان آب برگشتی حاصل از پساب کشاورزی و شرب و صنعت به پلی‌گون‌های مربوطه اعمال گردید. لازم به ذکر است که ضرایب فوق از مطالعات اطلس منابع آب گرگانرود استخراج شده است.

اطلاعات مربوط به تخلیه از آبخوان نیز، از طریق ۳۵۶۰ حلقه چاه بهره‌برداری، شامل ۴۶ حلقه چاه شرب، که در سرتاسر منطقه توزیع شده‌اند و ۳ رشته قنات و ۱دهنه چشمه موجود در دشت، به صورت یک لایه در ساختار GIS بر مدل اعمال گردید (شکل۳).

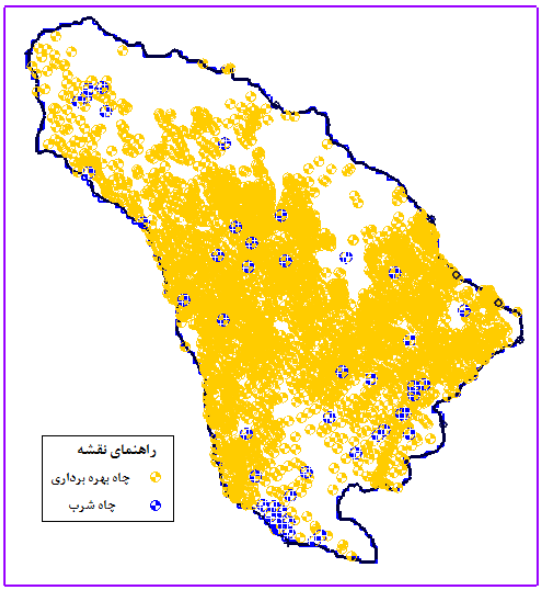
تبخیر و تعرق نیز، به عنوان عامل دیگری که موجود هدر رفت آب، از آبخوان زرین‌گل می‌گردد، بر مدل اعمال شد. از این هر سه پارامتر سطح زمین معادل توپوگرافی، عمق تأثیر تبخیر معادل ۵ متر و تبخیر ماکزیمم معادل تبخیر از تشت، در مدل مقداردهی شد.

به‌منظور بررسی روند درستی شرایط شبیه‌سازی شده و مقایسه تراز هیدرولیکی محاسبه‌شده با مقادیر مشاهده شده صحرایی و هم‌چنین محاسبه معیارهای آماری خطا در نتایج مدل، موقعیت و مقادیر تراز آب مشاهده شده برای ۱۳چاه مشاهده‌ای فعال موجود در دشت، به‌صورت بسته[1] چاه مشاهده‌ای[2] در نرم‌افزار GMS ایجاد و مقدار دهی شده است.

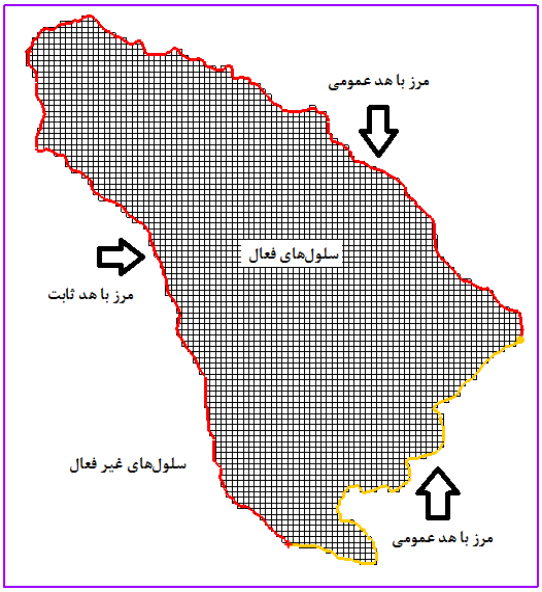
طراحی و اجرای مدل

پس از تهیه مدل مفهومی از منطقه مورد مطالعه، تفکیک‌سازی مکانی و زمانی صورت گرفت و معمولاً از آنجا که انتخاب شبکه یکنواخت از لحاظ ریاضی ترجیح داده می‌شود، شبکه‌ای از سلول‌ها به ابعاد ۳۰۰ × ۳۰۰ مترمربع شامل ۹۶ سطر و ۱۰۴ستون، برای محدوده مورد نظر تهیه شد. سپس مدل مفهومی به مدل عددی MODFLOW تبدیل گردید و کلیه عوامل مؤثر در تخلیه و تغذیه آبخوان، مرزها و ضرایب هیدرودینامیکی به‌صورت خودکار به مدل عددی وارد شدند (شکل۴).

1-Coverages
2-Observation well



شکل۳- چاه‌های شرب و بهره‌برداری دشت زرین‌گل



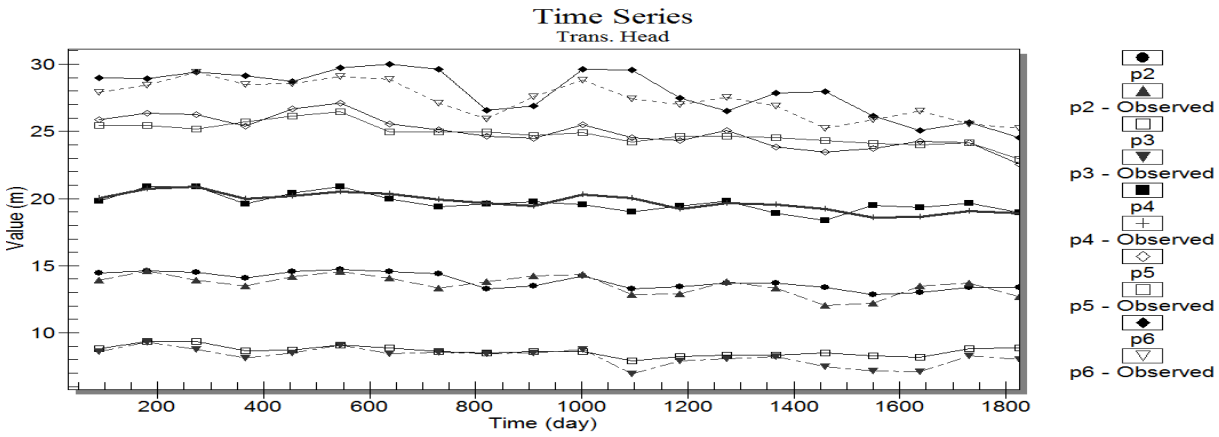
شکل٤- شبکه‌بندی و مرزهای مدل

واسنجی مدل دشت زرین‌گل

واسنجی مدل دشت زرین‌گل در دو حالت ماندگار و غیرماندگار صورت پذیرفت. در شرایط ماندگار، مدل ریاضی دشت زرین‌گل در یک دوره یک‌ماهه (اردیبهشت ۸۹) تهیه شد. در این مرحله با هدف کالیبره نمودن مقادیر هدایت هیدرولیکی (K)، مدل اجرا شد و معیار جذر میانگین مربعات خطا، ۰/۴۸۶ متر محاسبه گردید که نشان‌گر دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی وضعیت آبخوان است. در شرایط غیرماندگار نیز، با توجه به آمار و اطلاعات موجود و تنش‌های وارد بر سیستم، با توجه به کالیبره شدن پارامتر هدایت هیدرولیکی در مرحله ماندگار، در این مرحله تمرکز اصلی روی کالیبره شدن پارامترهای آبدهی ویژه و تغذیه، در ۲۰ فصل برای ۱۳ چاه مشاهده‌ای موجود در دشت بوده است. در این مرحله مقدار جذر میانگین مربعات خطا برای ۵ سال کم‌تر از ۰/۹۸ به‌دست آمد، که نشان‌گر دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی وضعیت آبخوان است. شکل(۵) نمودار تراز سطح ایستابی واقعی و شبیه‌سازی شده در تعدادی از چاه‌های مشاهداتی را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که مدل‌سازی برای یک سیستم آب زیرزمینی آزاد یک لایه انجام شده است.

صحت‌سنجی

بعد از واسنجی در حالت ناپایدار، مدل نیازمند تأیید یا صحت-سنجی است، تا بتوان به آن اطمینان کرد. برای این منظور یک دوره یک‌ساله از مهر ۱۳۸۹ تا شهریور ۹۰ صحت‌سنجی شده است.



شکل۵- نمودار تراز سطح ایستابی واقعی و شبیه‌سازی شده تعدادی از چاه‌های مشاهداتی

شکل٦- مقادیر ME، MAE و RMSE در دوره صحت‌سنجی

در این مرحله مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۰/۹۸۴ به‌دست آمد، که نشانگر دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی وضعیت آبخوان است. همان‌گونه که در شکل(۶) دیده می‌شود برازش مناسبی بین بارهای هیدرولیکی مشاهداتی و محاسباتی به‌دست آمد.

نتایج و بحث

تعیین حریم حفاظتی با استفاده از مدل عددی

پس از تهیه مدل جریان آب زیرزمینی دشت زرین‌گل و صحت-سنجی مدل، جهت تعیین مناطق تسخیر چاه‌های شرب منطقه مطالعاتی، از مدل MODPATH استفاده گردید. برای ترسیم منطقه تسخیر چاه، برنامه مذکور، یک ذره فرضی مانند یک مولکول آب را در نظر می‌گیرد که از یک نقطه مشخص، مطابق با سرعت محاسبه شده جریان آب زیرزمینی و در یک دوره زمانی معین شروع به حرکت می‌کند (در جهت جریان آب زیرزمینی). سپس برنامه، حرکت ذره از میان شبکه را ردیابی می‌کند. برنامه MODPATH توانایی ردیابی ذره در جهت جریان و در خلاف جهت آن را دارد.

ردیابی پیش رو[۱] شامل ردیابی ذرات آب در جهت جریان آب زیرزمینی بوده و از طریق آن می‌توان شانس رسیدن ذرات موجود روی شبکه مدل به داخل چاه را بررسی نمود. ردیابی معکوس[۲] شامل ردیابی ذرات آب در خلاف جهت جریان می‌باشد. از طریق انتخاب و تعیین تعدادی از ذرات[۳] آب در اطراف یک چاه و ردیابی معکوس، مرز خارجی منطقه تسخیر مشخص می‌گردد.

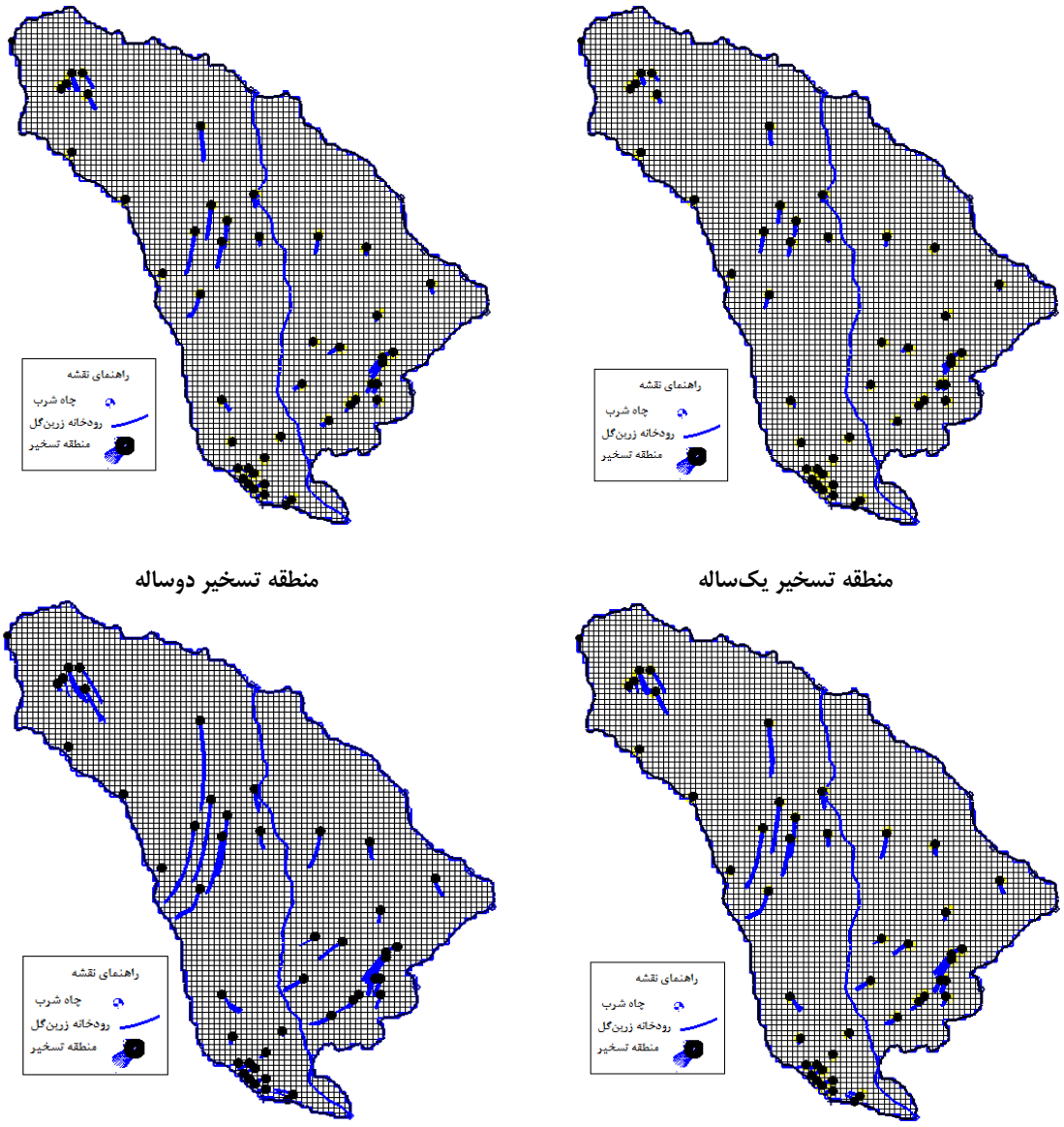
در روش‌های ترسیم حریم حفاظتی یا منطقه تسخیر به کمک مدل عددی جریان، بهتر است که از ردیابی ذره‌ای معکوس استفاده گردد. در این حالت حرکت آب زیرزمینی به‌طور معکوس (مثلا از چاه پمپاژ به‌سمت منطقه تغذیه)، توسط برنامه ردیابی می‌شود. با استفاده از روش ردیابی ذره‌ای معکوس می‌توان مناطقی از سیستم جریان آب زیرزمینی که هیچ آبی را برای چاه تأمین نمی‌کنند (ذرات آب از این نقاط به سمت چاه حرکت نمی‌کنند یا مسیر حرکت ذرات آب یا آلاینده از این نقاط به‌سمت چاه نمی‌باشد) را مشخص کرد که از این طریق، سعی و خطای همراه با ردیابی ذره‌ای مستقیم برای تعیین نواحی تغذیه چاه، حذف خواهد شد. از این‌رو به روش ردیابی ذره معکوس، حریم‌های حفاظتی ۱، ۲، ۳ و ۵ ساله برای ۴۶ حلقه چاه شرب موجود در دشت زرین‌گل ترسیم گردید (شکل۷).

از این تعداد چاه که بیش از ۹۰ درصد آن‌ها عمیق بوده و دارای عمق بین ۹ تا ۲۵۰ متر می‌باشد، ۱۲ حلقه آن جهت تأمین بخشی از نیاز شرب شهر علی‌آباد می‌باشد و مابقی مصرف شرب روستاهای منطقه را تأمین می‌کند. در ادامه تأثیر پارامترهای مختلف را بر روی نحوه گسترش و شکل ظاهری حریم‌های حفاظتی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

عوامل مؤثر در ترسیم حریم حفاظتی چاه

ترسیم حریم حفاظتی تا حد امکان باید براساس ویژگی‌های هیدروژئولوژیک محل مورد نظر باشد. مهم‌ترین ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی آبخوان که بایستی در نظر گرفته شود شامل جنس آبخوان، نوع آبخوان، مرزهای جریان، خواص هیدرودینامیکی آبخوان، جهت و گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی و در آبخوان‌های کارستی و سازند سخت تابعی از جهت و تراکم شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌باشد.

۱-Forward tracking
۲-Reverse tracking
۳-Particle



شکل۷- منطقه تسخیر یک، دو، سه و پنج ساله، چاه‌های شرب دشت زرین‌گل

- جنس آبخوان

خواص آبخوان تا حد زیادی به‌وسیله مواد تشکیل دهنده آن، تعیین می‌شود. در آبخوان‌های آبرفتی که از رسوبات دانه درشت ماسه و گراول تشکیل شده است، آب زیادی از طریق منافذ موجود مابین ذرات رسوبی به‌داخل چاه هدایت می‌شود. در چنین حالتی توان آبدهی و هدایت هیدرولیکی آبخوان بیش‌تر بوده و در نتیجه منطقه تسخیر دارای شکل متقارن و اندازه کوچکی خواهد بود. در حالی‌که اگر رسوبات تشکیل دهنده آبخوان دانه‌ریز باشند توان آبدهی آبخوان کم شده و مسیر جریان آب زیرزمینی نامنظم و در نتیجه شکل منطقه تسخیر نیز نامتقارن و اندازه آن بزرگ‌تر خواهد بود. قرارگیری دشت زرین‌گل در منطقه شمالی کشور و وجود رسوبات دانه‌درشت گراول و ماسه در این آبخوان موجب بالا رفتن توان آبدهی آبخوان و نیز بالارفتن هدایت هیدرولیکی این آبخوان گردیده است. از این‌رو با توجه به شکل (۷) ملاحظه می‌شود که حریم حفاظتی اکثر چاه‌های این منطقه متقارن و کوچک می‌باشد.

- نوع آبخوان

تشخیص نوع آبخوان در تعیین حریم حفاظتی چاه مهم و ضروری است. یکی از مهم‌ترین دلایل اهمیت نوع آبخوان در تعیین حریم حفاظتی چاه، متفاوت بودن آسیب‌پذیری آبخوان‌های آزاد، محبوس و

نیمه محبوس نسبت به آلودگی آب زیرزمینی می‌باشد. آبخوان‌های آزاد نسبت به سایر آبخوان‌ها از آسیب پذیری بیش‌تری برخوردارند؛ چون در آبخوان‌ها هیچ لایه محبوس‌کننده‌ای[۱] بر روی آبخوان وجود نداشته و در نتیجه آب‌های سطحی آلوده و سایر آلاینده‌ها به‌راحتی می‌توانند به داخل آبخوان نفوذ کنند. در حالی‌که در آبخوان‌های محصور به دلیل وجود لایه محبوس‌کننده در بالای خود از آسیب-پذیری کم‌تری برخوردار است. در بیش‌تر مدل‌های کامپیوتری جهت شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و حریم‌های حفاظتی بایستی نوع آبخوان تعیین شود.

با توجه به آسیب‌پذیری کم‌تر آبخوان‌های محبوس نسبت به سایر آبخوان‌ها، جهت ترسیم حریم حفاظتی چاه‌های حفر شده می‌توان از روش‌های ساده‌تری که نیازمند پارامترهای کم‌تری بوده و از دقت متوسطی برخوردار هستند استفاده نمود (مانند روش شعاع ثابت محاسبه‌ای، روش تایس و روش معادله جریان یکنواخت). ولی در آبخوان‌های آزاد از قبیل آبخوان آزاد زرین‌گل که دارای بالاترین آسیب‌پذیری می‌باشند؛ با توجه به پیچیدگی بیش‌تر بایستی از روش‌های دقیق‌تر و پرهزینه مانند مدل‌های ریاضی استفاده نمود.

مرز جریان آب زیرزمینی

مرزهای جریان آب زیرزمینی اندازه و جهت منطقه تسخیر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به طور مثال مرزهای تغذیه (مثل رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) آب زیادی را برای چاه پمپاژ فراهم می‌کنند. این مرزها به‌صورت یک مرز طبیعی برای منطقه تسخیر عمل می‌کنند. در مناطقی که چاه‌ها نزدیک رودخانه حفر شده باشند، منطقه تسخیر ممکن است کوچک باشد، چون رودخانه یک منبع نامتناهی از آب را برای چاه فراهم کرده و در نتیجه مخروط افت نمی‌تواند به‌منظور کشیدن آب از فواصل دورتر آبخوان، گسترش یابد و منطقه تسخیر چاه محدود به رودخانه می‌شود. در مدل دشت زرین‌گل نیز، رودخانه کبودوال با قرارگیری در قسمت غربی دشت به‌عنوان یک شرایط مرزی درنظر گرفته شده است، لذا چاه‌هایی که نزدیک این مرز حفر شده‌اند دارای منطقه تسخیر کوچک‌تری می‌باشد. لازم به ذکر است که چاه‌های نزدیک به رودخانه زرین‌گل در قسمت مرکزی دشت نیز چنین وضعیتی دارند (شکل۷).

خواص هیدرولیکی آبخوان

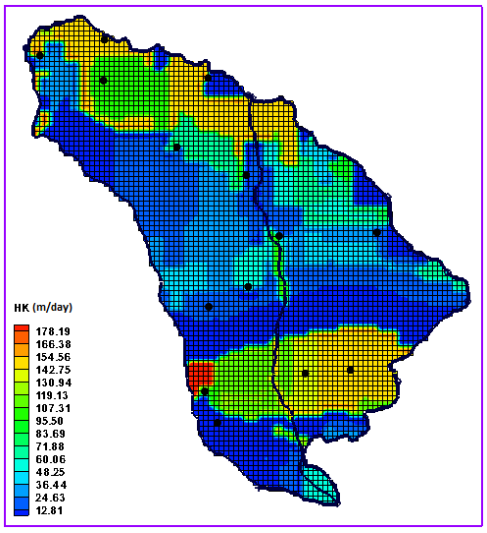
اندازه منطقه تسخیر چاه تحت تأثیر پارامترهای هیدرولیکی آبخوان مانند قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و تخلخل قرار می‌گیرد. به طور مثال تخلخل بیش‌تر مواد تشکیل‌دهنده آبخوان سبب اندازه بزرگ‌تر منطقه تسخیر می‌شود. هم‌چنین منطقه تسخیر در یک آبخوان با قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی بالا، دارای کشیدگی بیش‌تری نسبت به یک آبخوان با قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی پائین است. کاهش طول و افزایش عرض حریم بهداشتی چاه با کاهش ضریب هدایت هیدرولیکی به این دلیل می-باشد که، بنا به فرمول دارسی ($v=ki/n$)، کاهش هدایت هیدرولیکی، باعث کاهش سرعت آب زیرزمینی می‌شود و با کاهش سرعت آب زیرزمینی ذرات از فواصل دورتر به زمان بیش‌تری احتیاج دارد تا به چاه برسند. در نتیجه در مدت زمان دو سال ذرات نزدیک‌تر به چاه می‌رسند و در نتیجه طول حریم بهداشتی کم می‌شود. هم‌چنین به-دلیل سرعت جریان پایین با کمبود آب در چاه مواجه می‌شویم اما چون چاه با دبی ثابت پمپاژ می‌کند باید آب خود را از فضای دیگری تأمین کند. بنابراین نرسیدن آب به چاه باعث افت بیش‌تر تراز آب زیرزمینی در دور چاه می‌شود. این افت تراز آب اطراف چاه باعث افزایش گرادیان هیدرولیکی در اطراف چاه شده و باعث عریض‌تر شدن مخروط افت اطراف چاه می‌شود، در نتیجه عرض حریم بهداشتی چاه افزایش می‌یابد. از سویی دیگر، هدایت هیدرولیکی بالا سبب کشیدگی و باریک شدن حریم حفاظتی چاه می‌شود. شکل‌های (۸) و (۹) مقادیر هدایت هیدرولیکی واسنجی شده برحسب متر بر روز و مقادیر آنیزوتروپی واسنجی شده را برای محدوده مدل نمایش می-دهد. با توجه به شکل‌های ذیل ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین مقدار هدایت هیدرولیکی و آنیزوتروپی تعیین شده در مدل، مربوط به نواحی مرکزی و شمالی دشت می‌باشد. با توجه به بالا بودن مقادیر هدایت هیدرولیکی در این نواحی، مشاهده می‌شود که طول حریم حفاظتی چاه‌های موجود در این منطقه بیش‌تر از سایر نقاط دشت می‌باشد (شکل۷). بیش‌تر بودن طول حریم حفاظتی در این نواحی، به دلیل محدودیت‌های کیفی موجود، هرگونه توسعه بهره‌برداری را با محدودیت مواجه می‌سازد.

از طرفی دیگر، عبور حریم حفاظتی چاه از نواحی با هدایت هیدرولیکی متفاوت، باعث شکستگی و در نتیجه تغییر جهت خطوط جریان آب زیر زمینی در مرز دو ناحیه می‌گردد. شکل(۱۰) حریم حفاظتی یک چاه را به ازای عبور از نواحی با هدایت هیدرولیکی مختلف نمایش می‌دهد.

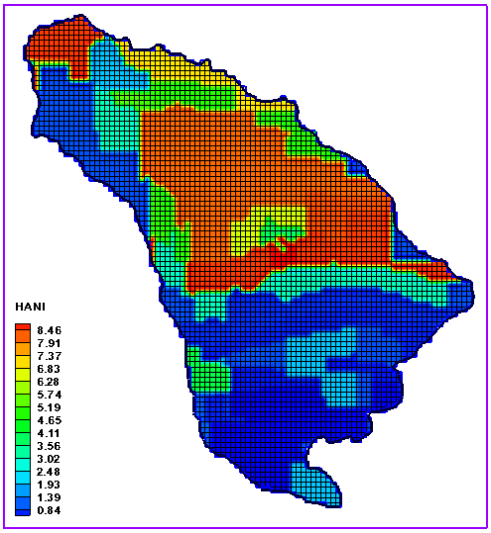
جهت و گرادیان هیدرولیکی جریان

جهت جریان و گرادیان هیدرولیکی دارای بیش‌ترین تأثیر بر روی اندازه، شکل و جهت منطقه تسخیر می‌باشند. گرادیان هیدرولیکی رابطه معکوس با اندازه منطقه تسخیر یا حریم حفاظتی چاه دارد، به-طوری‌که افزایش آن سبب نازکی و کشیدگی حریم حفاظتی می‌گردد. گرادیان هیدرولیکی همواره باعث ایجاد منطقه تسخیر دایره‌ای می‌شود در حالی‌که گرادیان شیب‌دار سبب ایجاد منطقه تسخیر باریک و طویل خواهد شد.

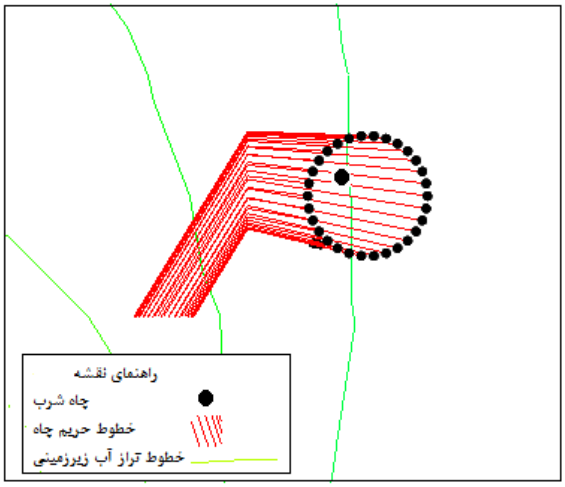
۱-Confining layer



شکل ۸- مقادیر هدایت هیدرولیکی بهینه در محدوده مدل



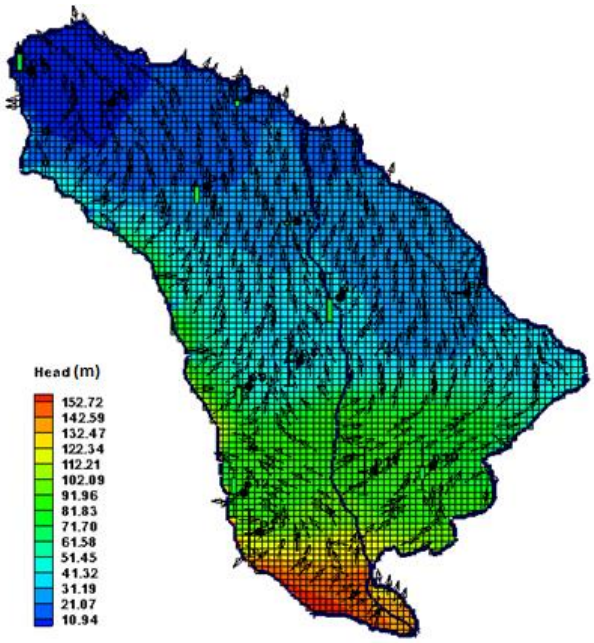
شکل ۹- مقادیر آنیزوتروپی واسنجی شده



شکل۱۰- شکستگی در حریم حفاظتی یک چاه در قسمت غربی دشت

جهت‌یابی حریم حفاظتی تابع جهت جریان آب زیرزمینی است به گونه‌ای که حریم حفاظتی در خلاف جهت جریان آب زیرزمینی گسترش می‌یابد. متفاوت بودن تعداد و تمرکز مسیرهای جریان در نقاط مختلف حریم حفاظتی، بیان‌گر میزان متفاوت جریان ورودی از جهات مختلف به داخل چاه است. براین اساس در یک آبخوان همگن و همسان‌گرد که گرادیان هیدرولیکی نیز ناچیز و سطح آب زیرزمینی هموار باشد، منطقه تسخیر دایره‌ای شکل بوده و در نتیجه جهت جریان دارای تأثیر کم‌تری می‌باشد.

پس از کالیبراسیون مدل دشت زرین‌گل در محیط MODFLOW، نقشه تراز سطح آب زیرزمینی ترسیم گردید و با توجه به قابلیت نرم‌افزار در نمایش خطوط جریان آب زیرزمینی، بردارهای جهت جریان در منطقه مطالعاتی ترسیم گردید. با توجه به خطوط جریان ملاحظه می‌شود که در حالت کلی جهت جریان آب زیرزمینی در دشت زرین‌گل از توپوگرافی منطقه پیروی می‌کند و از سمت ارتفاعات و سازندهای زمین شناسی البرز به سمت شمال و رودخانه گرگانرود می‌باشد. اما در قسمت‌های مرکزی دشت، به‌دلیل وجود رودخانه دائمی زرین‌گل و تمرکز چاه‌های بهره‌برداری، انحرافاتی در جهت جریان دیده می‌شود (شکل۱۱).



شکل۱۱- نقشه جهت جریان آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی زرین‌گل

با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی منطقه، انتظار می‌رود که حریم حفاظتی چاه‌ها نیز تابع جهت جریان آب زیرزمینی باشد و جریان غالب آب زیرزمینی ورودی، از سمت جنوب وارد چاه‌ها شود. حریم حفاظتی چاه‌های ترسیم شده در شکل(۵) نیز درستی این مطلب را تأیید می‌نماید.

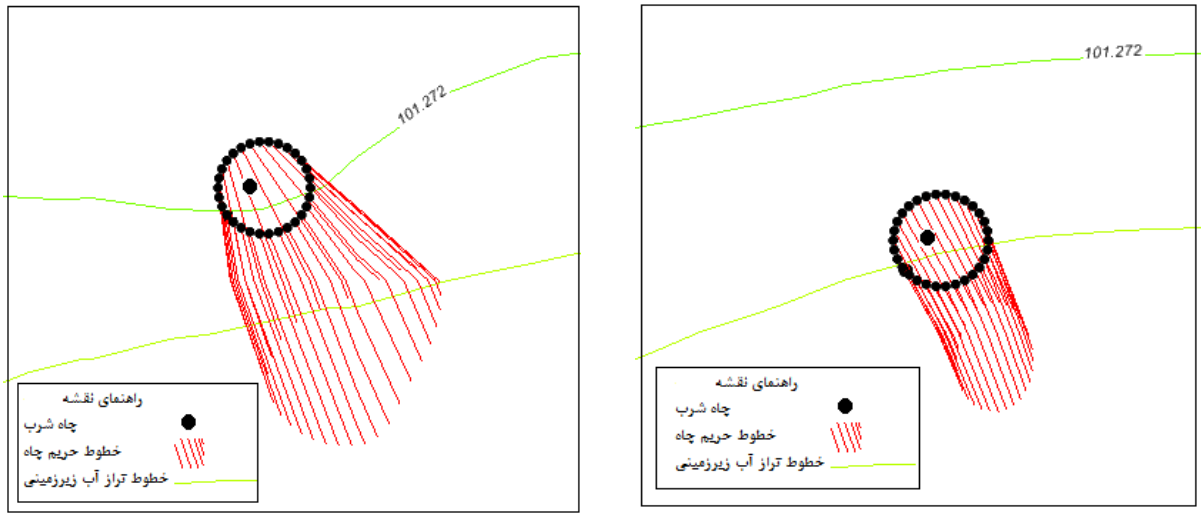
لازم به ذکر است، زمانی‌که خواص هیدرودینامیکی آبخوان و گرادیان هیدرولیکی در تمامی نقاط حریم حفاظتی چاه یکسان باشد و جریان آب زیرزمینی نیز تنها در یک جهت وارد چاه شود شکل حریم حفاظتی چاه یکنواخت و منظم خواهد بود، که این وضعیت در اکثر چاه‌های منطقه قابل مشاهده می‌باشد. وجود بیش از یک جهت جریان آب زیرزمینی در مجاورت یک چاه، سبب گسترش حریم حفاظتی خواهد شد. از طرفی دیگر، با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی، وجود یک منبع آلودگی در مناطق جنوبی دشت، با توجه به سایر پارامترهای مؤثر در ایجاد حریم ممکن است باعث آلودگی بسیاری از چاه‌های منطقه شود.

- آبدهی چاه

میزان آبدهی چاه رابطه مستقیم با اندازه حریم حفاظتی دارد. به گونه‌ای که برداشت بیش‌تر از آبخوان، سبب بزرگ‌تر شدن حریم حفاظتی چاه می‌گردد. این مسئله اکثراً باعث تداخل و ترکیب حریم‌های حفاظتی چاه‌های مجاور می‌شود. در حالت طبیعی منطقه تسخیر از اندکی پائین دست چاه به‌سمت بالا دست جریان و تا مرزهای هیدرولوژیکی توسعه می‌یابد که به آن منطقه تسخیر ماندگار می‌گویند؛ ولی در کاربردهای عملی تنها بخشی از منطقه تسخیر را که در آن ذرات آب یا آلاینده در طی زمانی مشخص (زمان سیر) به چاه خواهند رسید را در نظر می‌گیرند که به آن حریم حفاظتی چاه[۱] یا منطقه تسخیر غیرماندگار می‌گویند. ذرات آب یا آلاینده موجود بر روی مرز منطقه تسخیر بسته به طول مسیر جریان در بخش‌های مختلف منطقه تسخیر، با سرعت‌های متفاوتی به چاه می‌رسند. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، حریم حفاظتی از اندکی پایین‌دست چاه شروع شده و به‌سمت چاه متمایل می‌شود، و لذا در صورتی‌که میزان برداشت بیش‌تر از توان آبخوان باشد، این حریم به جهات دیگر متمایل می‌گردد. اما از آنجایی که در منطقه مطالعاتی، آبخوان توان بالایی در برداشت از آب زیرزمینی دارد، لذا با توجه به اجرای مدل معلوم گردید که در حالت طبیعی فقط در صورتی حریم حفاظتی چاه بزرگ‌تر خواهد شد که میزان برداشت بالا باشد.

شکل(۱۲) حریم حفاظتی یک چاه را با میزان برداشت متفاوت نمایش می‌دهد. شکل سمت راست حریم حفاظتی یک چاه با میزان برداشت معمول از آبخوان را نمایش می‌دهد و شکل سمت چپ حریم همان چاه، با میزان برداشت بیش‌تر، به‌منظور نمایش دادن تأثیر افزایش برداشت بر عرض حریم چاه را نمایش می‌دهد.

۱-Wellhead protection area



شکل ۱۲- حریم حفاظتی یک چاه به ازای برداشت‌های مختلف

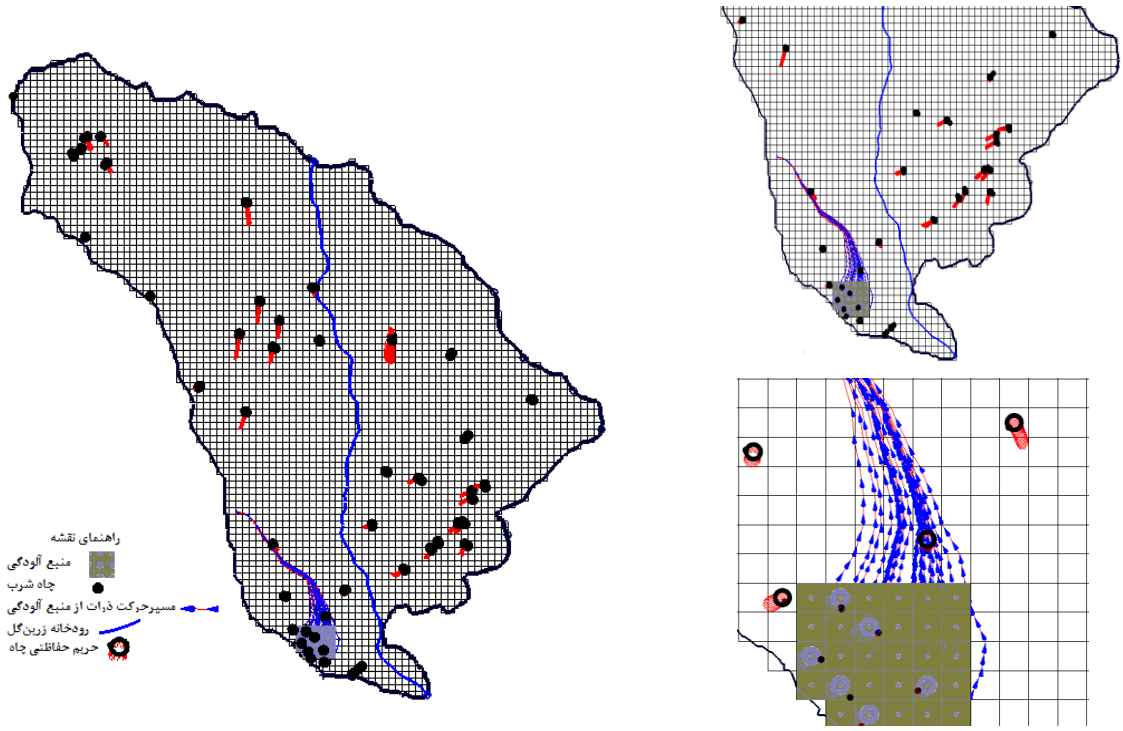
ردیابی ذرات از یک منبع آلودگی

یکی دیگر از مزایای برنامه MODPATH، توانایی نمایش حرکت آب از یک منبع پتانسیل آلودگی می‌باشد. برای این منظور پس از تعیین محل چاه‌های شرب در محیط نرم‌افزار، یک منبع آلودگی فرضی در قسمت جنوبی دشت در مجاورت شهر علی‌آباد در نظر گرفته شد. با توجه به قرارگیری منابع آلودگی از قبیل فاضلاب و نیز آلاینده‌های صنعتی، در مجاورت مناطق شهری، در نظر گرفتن منبع آلودگی در این منطقه برای در نظر گرفتن یک شرایط واقعی می‌باشد. از این‌رو با استفاده از برنامه MODPATH مسیر ذرات آلودگی از این منبع به‌سمت دشت ترسیم گردید (شکل۱۳). با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که در صورت حضور آلاینده در این نواحی، تنها چاه‌های شرب قسمت جنوب غربی دشت که درمسیر آلاینده قرار می‌گیرند دچار آلودگی می‌شود و چاه‌های دیگر مناطق از خطر آلودگی در امان می‌مانند. در شکل(۱۳) علاوه بر ترسیم مسیر آلودگی از منبع به‌سمت دشت و بزرگ‌نمایی آن در دو حالت مختلف، حریم حفاظتی ۲ ساله این چاه‌ها نیز ترسیم گردید. بنابراین با توجه مسیر ذرات آلودگی معلوم می‌گردد که در صورت وجود آلاینده در این نواحی، تنها حریم حفاظتی ۲ ساله تعداد معدودی چاه در این مسیر قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که با استفاده از این قابلیت نرم‌افزار می‌توان احتمال وجود آلودگی در هر یک از مناطق را بررسی نمود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور ترسیم حریم حفاظتی چاه‌های آب شرب دشت زرین‌گل در استان گلستان از نرم‌افزار GMS7.1 استفاده گردید. برای این منظور، پس از کالیبراسیون مدل در دو حال ماندگار و غیرماندگار و اطمینان از صحت مدل تهیه شده، حریم حفاظتی چاه‌های شرب منطقه با استفاده از حرکت فرضی یک ذره آب، در محیط نرم‌افزاری MODPATH ترسیم گردید. پس از ترسیم حریم حفاظتی ۱، ۲، ۳ و ۵ ساله، ۴۶ حلقه چاه شرب موجود در منطقه، تأثیر پارامترهای مختلف بر طول و عرض حریم، مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج حاصل از تحقیق مشخص شد، که از جمله مهم‌ترین عوامل در تعیین حریم حفاظتی، جهت جریان آب زیرزمینی می‌باشد که در شکل حریم حفاظتی بسیار مؤثر می‌باشد. میزان دبی پمپاژ نیز از دیگر عوامل مؤثر بر حریم حفاظتی می‌باشد. به‌گونه‌ای که با افزایش میزان برداشت از چاه، عرض حریم حفاظتی افزایش می‌یابد و این میزان افزایش برداشت، در طول حریم حفاظتی تأثیر چندانی ندارد.

از دیگر پارامترهای مؤثر، می‌توان به هدایت هیدرولیکی آبخوان اشاره کرد. به‌گونه‌ای که افزایش هدایت‌هیدرولیکی، سبب افزایش طول حریم حفاظتی و کاهش عرض آن می‌گردد. لازم به ذکر است که تقسیم‌بندی حریم‌های حفاظتی به مناطق با زمان سیرهای مختلف باعث انعطاف‌پذیری در مدیریت منابع پتانسیل آلودگی می‌شود؛ به‌طوریکه نظارت و کنترل منابع آلودگی واقع در نواحی نزدیک‌تر به چاه با دقت بیش‌تری نسبت به نواحی دورتر از چاه صورت می‌گیرد.



شکل۱۳- نمایش مسیر ذرات از منبع آلودگی

منابع

بدو،ک و سروریان،م. ۱۳۸۴. محاسبه حریم بهداشتی چاه و آنالیز حساسیت با استفاده از کد کامپیوتری Visual MODFLOW. دومین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه علم و صنعت تهران.

دلخواهی،ب و اسدیان،ف. ۱۳۸۸. تعیین حریم حفاظتی چاه با استفاده از مدل ریاضی عددی؛ مطالعه موردی چاه‌های شرب منطقه یافت آباد تهران. نخستین کنفرانس سراسری آب‌های زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.

Anderson,M.P and Wossener,W.W. 1992. Applied Groundwater Modeling Simulation of Flow and Advective Transport, San Diago, California. 381 P.

Environmental Modeling System, GMS homepage. 2008. http://ems-i.com/ home/ html.

Moinante,M.J and Lobo-Ferreira,J.P. 2005. On Wellhead Protection Assessment Methods and a Case-Study Application In Montemor-O-Novo, Portugal. The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Managment of Water Resources. Pp 21-34.

Rahman,M and Shahid,S.H. 2008. Modeling Groundwater Flow For The delineation of wellhead Protection Areas Around a Water-Well at Nachole of Bangladesh. Journal of Spatial Hydrology. 4:1. 13-22.

Siarkos,I and Latinopoulos,P. 2012. Delineation of Wellhead Protection Zones for The Control of Point Pollution Sources In The Aquifer of N. Moudania, Greece. Journal of European Water 40:3-17.

Todd,W.R., Kenneth,R.B and Maureen,A.M. 2001. Report Delineation of Capture Zone for Municipal Wells in Fractured Dolomite, Sturgeon Bay Wisconsin. USA. Journal of Hydrogeology. 9:432-450.

US EPA. 1987,1993. Guidelines for Delineation of Wellhead Protection Areas. Report No, EPA440/5-93-001.

US EPA. 1998. Literature Review of Methods for Delineating Wellhead Protection Areas. Report No, EPA 816-R-98-021.

Waterloo Hydrogeologic Incorporated. 1999. Visual Modflow V.2.8.2, Waterloo Hydrogeologic Inc., Waterloo, Ontario. Canada.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 8, Jul-Agu. 2014, p. 556-568

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد۸، مرداد - شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۶۸-۵۵۶

Determination of Effective Factors on Drinking Wealhead Protection Area by Using Simulational Groundwater Model (Case Study: Zarringol plain)

F. Abareshi[1], M. Meftah Halghi [2]*, M. Rahimian[3]

Recived: May. 22, 2014 Accepted: Sep. 10, 2014

Abstract

Delineation of the wellhead protection area for drinking water wells is an effective method to manage and protect water supply resources and it is important in public health. Therefore, this study aimed to determine the wellhead protection area to avoid contamination of drinking water wells, by drawing an area around wells that should be prevented the development and creation of any pollution in this area using a mathematical model. In order to drawing the wellhead protection area of 46 drinking water wells in Zarringol plain in Golestan province GMS7.1 software was used. For this purpose after providing conceptual model to determine the hydrodynamic coefficients of aquifer, the model has been run in steady-state and unsteady-state, and then it has been calibrated for one month in steady state and afterward for 5 years with seasonal stress in un-steady state. After ensuring the accuracy of the model, to determine the wellhead protection area for drinking water wells, the MODPATH particle locating was used. After providing wellhead protection area for1, 2, 3 and 5 years of the wells, the effect of various parameters on the form and how to extend wellhead protection area was discussed and evaluated. Based on the results of the study, determining the groundwater flow direction and hydraulic gradient are the most influential factors in the safety and privacy of a well since increasing hydraulic gradient causes narrowing and stretching of safety zone of well. The rate of pumping also is the other factor which could be effect, by increasing pumping rate the wide of safety zone of well will be increased, however it has no effect on the long of safety zone. The other parameters such as hydraulic conductivity and specific yield are next order of importance.

.

Key words: Wellhead protection area, Pollution, Zarringol plain, MODPATH.

۱ - M.Sc of Water Resource Engineering

۲ - Associated Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural science and Natural Resources

3- Groundwater senior expert, Semnan Regional Water Cooperation

(*-Corresponding Author Email:meftah_20@yahoo.com)