اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی ومحیط زیست ایران
اردیبهشت ۱۳۹۴

بررسی اثر برداشت از آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر افت سطح آب زیرزمینی دشت هومند آبسرد

مهدی جان پرور، محمدرضا علوی مقدم
شرکت مهندسی مشاور طوس آب، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
مسئول مکاتبات: مهدی جان پرور

چکیده

دشت هومند آبسرد با وسعت ۱۲۸ کیلومتر مربع در شرق تهران واقع شده است. روند افزایش حفر چاه در این دشت از سال ۱۳۷۴ شروع شده و تا سال ۱۳۸۵، تعداد ۶۰۰ حلقه چاه در دشت حفر شده است. حدود ۹۷ درصد از برداشت از آبخوان معادل ۵۹ میلیون متر مکعب در سال به مصارف کشاورزی اختصاص دارد. گرچه تغذیه مناسب آبخوان در دوره مرطوب سال آبی و ضرایب هیدرودینامیک بالای آبخوان، باعث افزایش سریع سطح آب زیرزمینی می شود ولی بعلت افزایش بهره برداری در سالهای اخیر، سطح آب زیرزمینی افت نموده است بطوریکه تعدادی از چاههای مشاهده ای آبخوان در اثر افت، خشک شده است. تحقیق حاضر با استفاده از کد MODFLOW 2000 به بررسی اثر چاههای بهره برداری بر روی روند افت سطح آب زیرزمینی دشت هومند آبسرد پرداخته است. در این راستا ابتدا مدل آب زیرزمینی آبخوان تهیه شده و سپس تاثیر چاهها در افت سطح آب در قالب دو سناریوی حفظ برداشت در سطح فعلی و کاهش برداشت از آبخوان تا سال ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد در صورتیکه برداشت از آبخوان در سطح فعلی حفظ شود سطح آب زیرزمینی دشت در سال ۱۴۰۲ بطور متوسط ۴۴/۵ متر افت خواهد نمود و چنانچه برداشت از آبخوان به نصف کاهش داده شود، مقدار افت متوسط آبخوان در سال ۱۴۰۲، حدود ۳۷ متر خواهد بود، بنابراین کاهش برداشت از آبخوان، جهت جلوگیری از افت سطح آب ضروری است.

کلمات کلیدی: دشت هومند آبسرد، چاههای بهره برداری، مصارف کشاورزی، MODFLOW، سناریوی مدل، افت سطح آب زیرزمینی

مقدمه

معادله اساسی جریان در آب زیرزمینی، با در نظر گرفتن یک جزء حجم معرف سفره (REV) با ابعاد ΔX و ΔY در جهت افق و ΔZ در جهت قائم و از ترکیب اصول اساسی نظیر معادله پیوستگی و اصل بقای انرژی یا جرم مشتق شده است. معادله حاکم بر جریان آب زیرزمینی در حالت ناماندگار در یک محیط ناهمسانگرد و هنگامیکه سیستم مختصات در طول جهات اصلی ناهمسانگردی جهت گیری نموده است برای شرایط محبوس در رابطه (۱) ارائه شده است. این رابطه یک رابطه دیفرانسیل جزئی خطی است که حل آن توزیع زمانی و مکانی بار هیدرولیکی را نشان می دهد (Anderson et al., 1992).

$$\frac{\partial}{\partial x}\times\left(\frac{K_x \partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\times\left(\frac{K_y \partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\times\left(\frac{K_z \partial z}{\partial z}\right)= S_s \times\left(\frac{\partial h}{\partial t}\right) \quad (1)$$

در این رابطه، h بار آبی با دیمانسیون L، Ss آبدهی ویژه با دیمانسیون L^{-1} ، K هدایت هیدرولیکی یا نفوذپذیری با دیمانسیون LT^{-1}، t زمان با دیمانسیون T و x ، y ، z محورهای مختصات در جهات عمود بر هم می باشد. آبدهی ویژه حجم آبی است که از واحد حجم لایه آبدار (آبخوان) در ازای کاهش واحد بار هیدرولیکی می تواند آزاد یا گرفته شود.

در شرایط ماندگار که میزان ورودی و خروجی برابر است و تحت آن هیچ تغییری در ذخیره روی نمی‌دهد بار پیزومتری با زمان تغییر نمی نماید، در این شرایط معادله معرف جریان آب زیرزمینی در حالت سه بعدی در رابطه (۲) و در حالت دوبعدی در رابطه (۳) ارائه شده است که به معادله لاپلاس معروف است.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial z^2}=0 \quad (2)$$

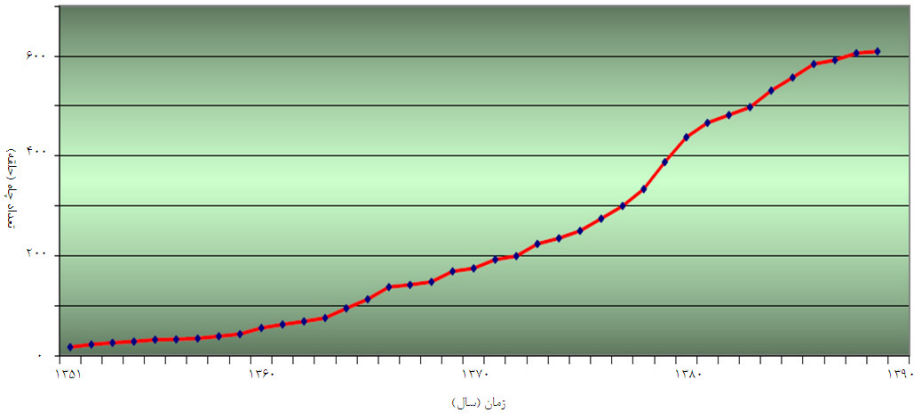
$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=0 \quad (3)$$

حل معادلات آب زیرزمینی در کد MODFLOW با استفاده از روش تفاضل محدود انجام می شود. در این روش، معادلات از طریق تفاضل کردن، تقریب زده می‌شوند. سیستم پیوسته، از نظر زمانی و مکانی به یک سری بخشهای مجزا تقسیم می‌شود و متغیرهای زمانی و مکانی بصورت پارامترهای ناپیوسته در نظر گرفته می شوند. نهایتاً، مجموعه حاصل از معادلات تفاضل متناهی به شکل معادلات جبری درمی‌آیند و به کمک کامپیوتر، بصورت عددی حل می‌گردند. مسایل متعددی از قبیل بررسی‌های جریان آب زیرزمینی ماندگار و ناماندگار در حالت‌های یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی برای آبخوانهای تحت فشار، نامحبوس و آرتزین در شرایط یکنواخت و همسانگرد بوسیله مدلها، بر مبنای روش تفاضل محدود حل شده است. همچنین، مسایل مختلف موجود در

آبخوانها از قبیل تبخیر و تعرق، نفوذ القایی ناشی از جریان رودخانه یا زهکشی آبخوان، جریان چشمه‌ها، انتقال آلودگی، جریانهای آشفته و جریان غیراشباع، توسط این روش حل گردیده است.

مدلهای عددی در بسیاری از شاخه های مختلف علوم و مهندسی جهت شبیه سازی و مدیریت سیستم تحت مطالعه بکار می روند (Hill et al., 2007). شبیه سازی جریان و انتقال در آب زیرزمینی بوسیله مدلهای عددی بطور عمده از اوئل دهه ۱۹۷۰ شروع شده است، اولین مطالعه مدلسازی آب زیرزمینی با استفاده از روش تفاضل محدود در سال ۱۹۶۸ توسط اداره منابع آب کالیفرنیا، جهت مطالعه حوضه آب زیرزمینی دشت ساحلی لس آنجلس انجام گرفته است (Spitz et al., 1996). مدلهای عددی پس از واسنجی، محیط مناسبی را جهت ارزیابی تصمیم ها و سناریوهای مدیریتی فراهم می آورند (National Research Council, 1990).

دشت هومند آبسرد با وسعت ۱۲۸ کیلومتر مربع در شرق تهران واقع شده است. اراضی این دشت بطور عمده به کشاورزی اختصاص دارد و پتانسیل آب و هوایی مناسب باعث توسعه باغات در این منطقه شده است. بر اساس داده های موجود (طوس آب، ۱۳۹۰)، حفاری چاههای بهره برداری در این دشت از سال ۱۳۵۰ آغاز شده و به موازات کاهش منابع آب سطحی، روند حفر چاه افزایش یافته است، بطوریکه بر اساس شکل ۱ تا سال ۱۳۷۴ فقط ۲۵۰ حلقه چاه بهره برداری وجود داشته ولی در فاصله سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ روند حفر چاه افزایش یافته و تعداد چاهها به ۶۰۰ حلقه رسیده است. چاههای با مصارف کشاورزی سالانه ۵۷ میلیون متر مکعب از آبخوان برداشت می نمایند که معادل ۹۷ درصد بهره برداری از آبخوان است. روند افزایش بهره برداری از آب زیرزمینی در سالهای اخیر و کاهش مقدار بارشها باعث افت سطح آب زیرزمینی دشت شده است، بطوریکه افت سطح آب بطور مداوم سبب خشک شدن چاههای مشاهده ای می شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر چاههای بهره برداری با مصارف کشاورزی بر روند افت سطح آب آبخوان است. جهت این بررسی ابتدا مدل آب زیرزمینی دشت با استفاده از کد MODFLOW2000 تهیه شده و تاثیر چاهها در ایجاد افت در قالب دو سناریوی حفظ برداشت در سطح فعلی و کاهش مقدار برداشت تا سال ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفته است.



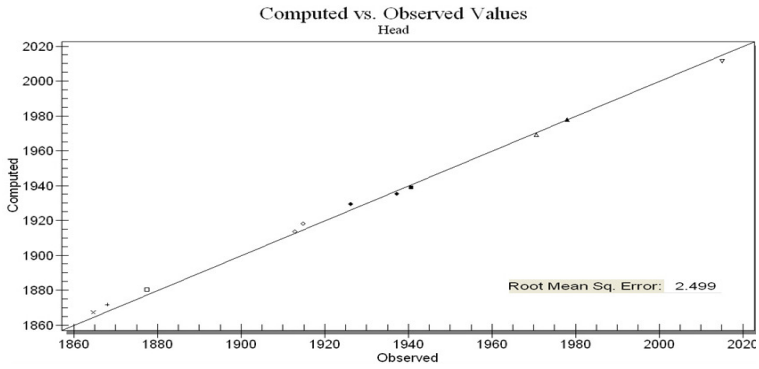
شکل ۱- روند افزایش حفر چاه در دشت هومند آبسرد

مواد و روش:

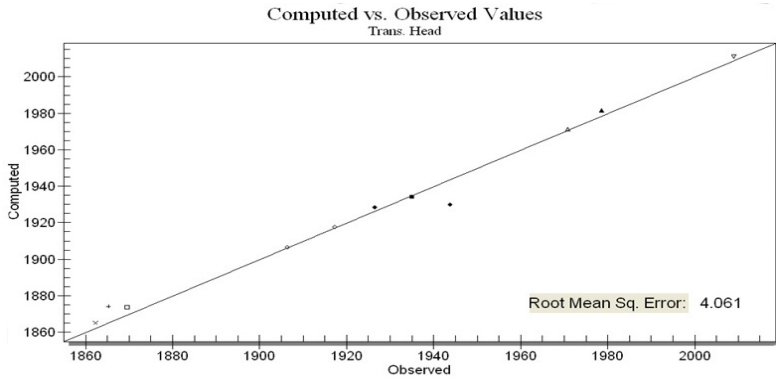
مدلسازی آبخوان دشت هومند آبسرد در دو حالت ماندگار و ناماندگار انجام شده است. مقادیر پارامترهای ورودی مورد نیاز مدل با استفاده از نتایج بررسی های هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و بیلان برای مدل تعریف شده است. مرز آبخوان آبرفتی دشت هومند آبسرد بعنوان مرز مدلسازی و ابعاد شبکه مدل ۴۰ متر در نظر گرفته شده است. سال آبی ۸۶ - ۱۳۸۵ بعنوان دوره زمانی حالت ماندگار و ناماندگار در نظر گرفته شده است. هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره اولیه مدل با استفاده از نتایج بررسی های هیدروژئولوژی برای محدوده مدل تعریف گردید (طوس آب، ۱۳۹۰). با توجه به شرایط هیدرولوژیکی آبخوان دشت هومند آبسرد، نوع آبخوان و پارامترهای آن، واسنجی مدل در اجراهای دوره ماندگار نشان داد که در مدل آبخوان دشت هومند آبسرد عدم قطعیت داده ها در پهنه آبخوان یکسان نیست به عبارت دیگر دقت داده های اولیه در نواحی مختلف آبخوان متفاوت است. واسنجی مدل در دوره ماندگار تا دستیابی به سطح دقت مورد نیاز ادامه پیدا نمود. شکل ۲ مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده را در انتهای دوره ماندگار نشان می دهد.

با توجه به سطح دقت داده های موجود، سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ با تعداد ۱۲ دوره تنش ماهانه بعنوان دوره ناماندگار مدلسازی انتخاب گردید. داده های اولیه مورد نیاز شامل داده های بیلان آب زیرزمینی و ضریب ذخیره اولیه برای محدوده مدلسازی و دوره های تنش تعریف شد. چاههای بهره برداری بر اساس نوع کاربری کشاورزی، شرب و بهداشت و صنعت تفکیک گردید و با توجه به ساعت کارکرد در فصول مختلف، مقدار برداشت از آنها برای فصول پاییز، زمستان، بهار و تابستان محاسبه گردید. واسنجی حالت ناماندگار نشان داد که ضریب ذخیره محاسبه شده در مطالعات هیدروژئولوژی تا حد زیادی با واقعیت آبخوان

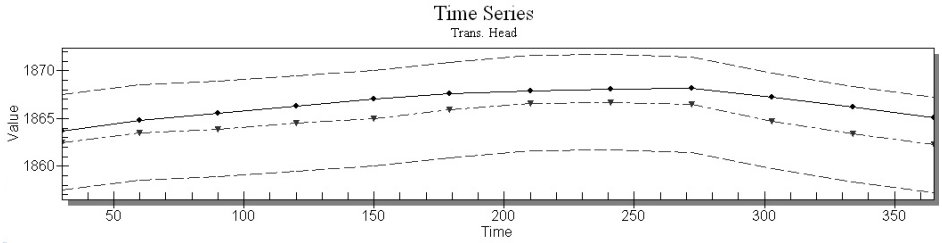
انطباق دارد. شکل ۳ مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده را در انتهای دوره ناماندگار نشان می دهد، شکل ۴ نیز سری زمانی بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده در چاه مشاهده ای روستای اتابک را بعنوان نمونه نشان می دهد.



شکل ۲- مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده در دوره ماندگار



شکل ۳- مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده در دوره ناماندگار



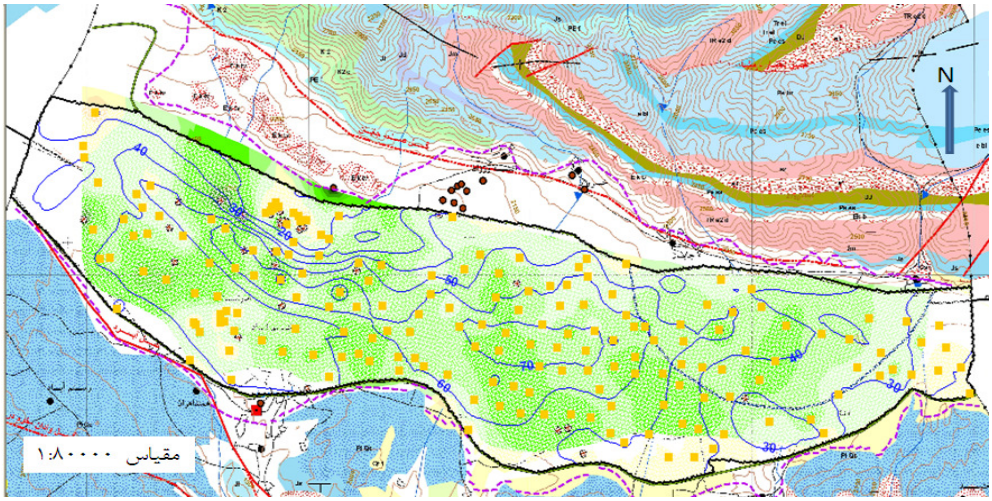
شکل ۴- سری زمانی بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده در چاه مشاهده ای روستای اتابک

نتایج و بحث:

پس از واسنجی مدل، بررسی اثر برداشت چاههای کشاورزی بر روی افت سطح آب زیرزمینی در قالب دو سناریوی حفظ برداشت در سطح فعلی و کاهش برداشت از آبخوان تا سال ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفت. این سناریوها بعنوان سناریوهای شاهد اجرا شده است و در هریک از این سناریوها شرایط هیدرولوژیک آبخوان مشابه شرایط فعلی است و در واقع این سناریوها بر این اساس اجرا شده که کلیه شرایط هیدرولوژیک فعلی تا سال ۱۴۰۲ ادامه می یابد. تفاوت این دو سناریو در این است که در سناریوی اول مقدار برداشت توسط چاههای کشاورزی در سطح فعلی برداشت در مدل تعریف شده است و در

سناریوی دوم مقدار برداشت از چاهها به نصف کاهش داده شده تا بتوان تاثیر بهره برداری چاههای کشاورزی و برداشت از آبخوان را بر افت سطح آب زیرزمینی با سناریوی اول مقایسه نمود.

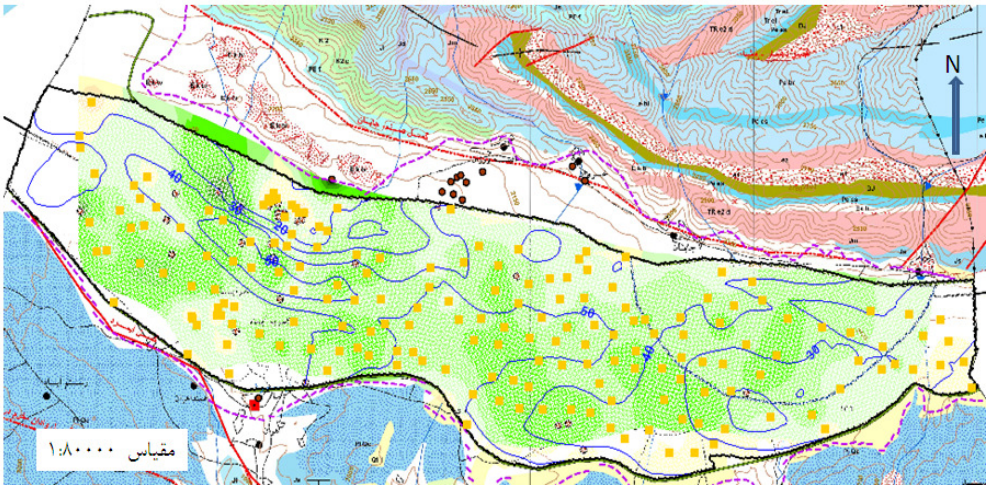
نتایج اجرای سناریوی اول نشان می دهد که در صورتیکه بهره برداری از آبخوان بوسیله چاههای کشاورزی کاهش نیابد توسعه افت سطح آب زیرزمینی در مدت زمان کوتاهی از بخشهای مرکزی دشت، نواحی چاه مشاهده ای باغ زند و شمال آبسرد شروع می شود و بتدریج به سمت نواحی حاشیه دشت امتداد می یابد. مخروط اصلی افت سطح آب زیرزمینی در واقع ابتدا در نواحی مرکزی دشت تشکیل می شود ولی بمرور زمان روند افت در بخش مرکزی شرقی دشت در محدوده چاه مشاهده ای باغ زند نسبت به بخش مرکزی غربی در شمال آبسرد افزایش می یابد. حداکثر و متوسط افت در آبخوان در سال ۱۴۰۲ بترتیب ۷۰ و ۴۴/۵ متر محاسبه شده است. شکل ۵ مقدار افت در بخشهای مختلف آبخوان را در این سناریو در سال ۱۴۰۲ نشان می دهد.



شکل ۵- مقدار افت در بخشهای مختلف آبخوان در سال ۱۴۰۲ در صورت حفظ برداشت فعلی از چاههای کشاورزی

شرایط هیدرولوژیک در سناریوی دوم مشابه سناریوی اول است ولی در این سناریو جهت بررسی تاثیر چاهها بر افت سطح آب زیرزمینی، مقدار برداشت از آبخوان بوسیله چاههای بهره برداری به نصف کاهش داده شده است. شکل ۶ مقدار افت در بخشهای مختلف آبخوان را در این سناریو در سال ۱۴۰۲ نشان می دهد. بر اساس این شکل ملاحظه می شود که روند افت سطح آب زیرزمینی کاهش قابل ملاحظه ای پیدا نموده است بطوریکه در بخشهای مرکزی شرقی آبخوان در نواحی چاه مشاهده ای باغ زند مقدار افت در سال ۱۴۰۲ در مقایسه با سناریوی اول حدود ۲۰ متر کاهش یافته است. متوسط افت سطح آب زیرزمینی در این سناریو در سال ۱۴۰۲، ۳۶/۹ متر محاسبه شده که در مقایسه با سناریوی اول حدود ۷/۶ متر تقلیل یافته است.

مقایسه نتایج سناریوی اول و دوم نشان می دهد که چاههای بهره برداری کشاورزی در دشت هومند آبسرد تاثیر زیادی در افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دارند و بنابراین جهت جلوگیری از کاهش حجم ذخیره آبخوان، کاهش برداشت از آبخوان بوسیله چاهها ضروری است. در صورتیکه کشاورزان محدوده هومند آبسرد تمایل به تغییر الگوی کشت نداشته باشند، استفاده از شیوه های نوین آبیاری با راندمان بالاتر یکی از روشهایی است که می تواند مقدار برداشت از آبخوان را کاهش دهد.



شکل ۶- مقدار افت در بخشهای مختلف آبخوان در سال ۱۴۰۲ با کاهش ۵۰ درصد برداشت از چاههای کشاورزی

سپاسگذاری:

از شرکتهای آب منطقه ای تهران و مهندسی مشاور طوس آب برای فراهم آوردن امکان انجام این تحقیق سپاسگزاری می گردد.

منابع مورد استفاده:

شرکت مهندسی مشاور طوس آب. ۱۳۹۰ ؛مطالعات مدل ریاضی محدوده مطالعاتی هومند – آبسرد. شرکت مهندسی مشاور طوس آب.

Anderson, M. P., and Woessner, W.W 1992. Applied Ground water Modeling, Simulation of flow and Advedctive Transport. Academic press Inc. San Diego.

Mary C. Hill and Claire R 2007. Effective Groundwater Model Calibration:With Analysis of Data, Sensitivities, Predictions, and Uncertainty. John Wiley & Sons Inc.USA.

National Research Council. 1990. Ground Water Models: Scientific and Regulatory Applications.Committee on Ground Water Modeling Assessment. National Academies Press.USA.

Spitz, k, and Moreno, J 1996. A Practical guide to Ground water and Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons Inc. New York.