Archive of SID

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

شبیه‌سازی عددی آبخوان دشت رود‌اب سبزوار و بررسی اثرات احداث سد رود‌اب بر آن

حسین پارساصدر[۱]، *حسین محمدزاده[۲] و حمیدرضا ناصری[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]دانشیار و سرپرست مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی (متآب)، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی‌مشهد، [۳]دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از مدل‌های کامپیوتری به‌عنوان روشی ارزان و سریع و در عین‌حال با دقت مناسب در مطالعه و شبیه‌سازی جریان در محیط متخلخل مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و کارشناسان قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، شبیه‌سازی آبخوان دشت رود‌اب سبزوار و بررسی اثرات احداث و آبگیری سد رودآب بر آبخوان این دشت، واقع در پایین‌دست سد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: حوضه آبریز دشت رود‌اب سبزوار، با مساحت ۱۸۲۸ کیلومترمربع، در شمال‌شرق ایران در غرب استان خراسان رضوی، واقع شده است. به‌منظور مدیریت آب‌های سطحی و تأمین بخشی از افزایش تقاضای آب در محدوده حوضه آبریز دشت رود‌اب سبزوار، در مسیر رودخانه رود‌اب سدی در حال ساخت است. به‌منظور بررسی سیستم جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت رود‌اب سبزوار و تأثیر احداث سد رود‌اب بر آن مدل آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت رود‌اب سبزوار، با استفاده از کد مادفلو در محیط نرم‌افزار GMS در صورت وجود و نبود سد رود‌اب شبیه‌سازی شده است. مدل آبخوان در شرایط پایدار برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ واسنجی و در شرایط ناپایدار برای یک دوره ۱۲ ماهه در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ صحت‌سنجی گردیده است.

یافته‌ها: میزان هدایت هیدرولیکی از واسنجی مدل آبخوان در حالت پایدار بین ۴ تا ۱۴/۷ متر بر روز و تغییرات آبدهی ویژه نیز در واسنجی ناپایدار، بهینه و مقادیر آن بین ۰/۰۶ تا ۰/۲۲ برآورد گردیده است. مدل آبخوان مورد مطالعه بیش‌ترین حساسیت را نسبت به تغییرات هدایت هیدرولیکی و دبی بهره‌برداری از چاه‌ها دارد زیرا بخش اصلی تخلیه آبخوان از طریق چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌پذیرد و تخلیه طبیعی سهم کم‌تری در میزان تخلیه آبخوان دارد. به‌دلیل برداشت بیش از اندازه از آبخوان دشت رود‌اب سبزوار، سطح ایستابی در این دشت افت نموده است و شدت این افت در مناطق مختلف با توجه به‌میزان تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است به‌عبارتی روند کلی هیدروگراف دشت، نزولی و بیلان آن منفی می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج مدل نشان می‌دهد منحنی‌های تراز سطح ایستابی ارائه شده توسط مدل آبخوان، قبل و بعد از احداث سد رود‌اب با توجه به اختلاف اندک بیلان آب زیرزمینی آبخوان در قبل و بعد از احداث سد و به‌علت تأثیرپذیری کم

* مسئول مکاتبه: mohammadzadeh@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

در اثر تغذیه سطحی تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشد و تغییرات زیادی نشان نمی‌دهد. هر چند که در صورت احداث سد رودآب سبزوار، سطح ایستابی آبخوان دشت رودآب بیش‌تر افت خواهد کرد. پیش‌بینی شده است که به‌دلیل کاهش تغذیه دشت از رودخانه رودآب، افت متوسط سطح ایستابی آبخوان دشت رودآب در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به‌ترتیب برابر ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۳ متر افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: آبخوان دشت رودآب سبزوار، شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی، GMS

مقدمه

افزایش تقاضای آب به‌منظور مصارف مختلف از جمله شرب، صنعت و کشاورزی به‌دلیل افزایش جمعیت، سبب گردیده است که استفاده از منابع آبی روز به روز افزایش یابد. بنابراین احداث سدها در مسیر رودخانه‌ها و ذخیره نمودن آب در پشت آن‌ها یکی از روش‌های مؤثر در حفظ و استفاده از آب‌های سطحی می‌باشد. در کنار بهره‌وری‌های سودمند از سدها در زمینه‌های مختلف از جمله شرب، صنعت، کشاورزی، گردشگری، ممکن است احداث سد اثرات نامطلوبی، از جمله آب‌گرفتگی زمین‌های بالادست سد، تأثیر منفی بر محیط زیست منطقه، رسوب‌گذاری در بالادست سد، فرسایش آبراهه پایین‌دست سد و به‌طور خاص اثر بر منابع آب زیرزمینی پایین‌دست داشته باشد. بنابراین قبل از احداث سد، نیاز به مطالعات دقیق منابع آب زیرزمینی پایین‌دست به‌منظور بهره‌وری مناسب از آبخوان پس از احداث سد و همچنین تصمیم‌گیری‌ها و تبیین راهکارهای مدیریتی کاربردی و عملی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. امروزه استفاده از کدهای کامپیوتری به‌منظور شبیه‌سازی جریان آب‌های زیرزمینی در محیط متخلخل به‌عنوان روشی ارزان و سریع و در عین‌حال با دقت مناسب مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و کارشناسان قرار گرفته است. در این زمینه تاکنون مطالعات زیادی در ایران و جهان انجام شده که از آن جمله می‌توان به میرعباسی و رهنما (۲۰۰۷)، ناصری و ندافیان (۲۰۰۸)، یایوتی و ماندور (۲۰۰۸)، چاو و کانگ (۲۰۱۰)، بورگیا و همکاران (۲۰۱۱)، کینگ‌چان‌یانگ و همکاران (۲۰۱۱)، شیشیر گایور و همکاران (۲۰۱۱)، یانهویی و همکاران (۲۰۱۱)، سورینایدوآ و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد (۵، ۶، ۱۲، ۳، ۲، ۱۰، ۴، ۱۱، ۹). از جمله کدهایی که دارای کاربرد وسیع و قابلیت‌های بسیار خوبی در شبیه‌سازی جریان آب‌های زیرزمینی در محیط متخلخل می‌باشد، می‌توان به کد سه‌بعدی تفاضل محدود ارائه شده در سال ۱۹۸۸ توسط مکدونالد و هارباگ با نام مادفلو[1] اشاره نمود. مادفلو یک کد سه‌بعدی جریان غیرماندگار در محیط متخلخل اشباع، غیراشباع، غیرهمگن و غیرایزوتروپ می باشد (۷). به‌طورکلی می‌توان گفت مادفلو یک کد مدل‌سازی آب زیرزمینی تفاضلات محدود است که در محیط‌های مختلف تحت شرایط متفاوت مثل سیستم‌های تک‌بعدی، شبه‌دوبعدی یا کاملاً سه‌بعدی به‌طور گسترده مورد آزمایش قرار گرفته است (۸). در این مقاله به‌منظور بررسی تأثیرپذیری منابع آبی پایین‌دست سد رودآب، پس از اجرای سد، مدل آب‌های زیرزمینی آبخوان پایین‌دست سد رودآب با استفاده از کد مادفلو تهیه و وضعیت منابع آبی پایین‌دست سد، برای سناریوهای مدیریتی مختلف، مورد بررسی قرار گرفته است.

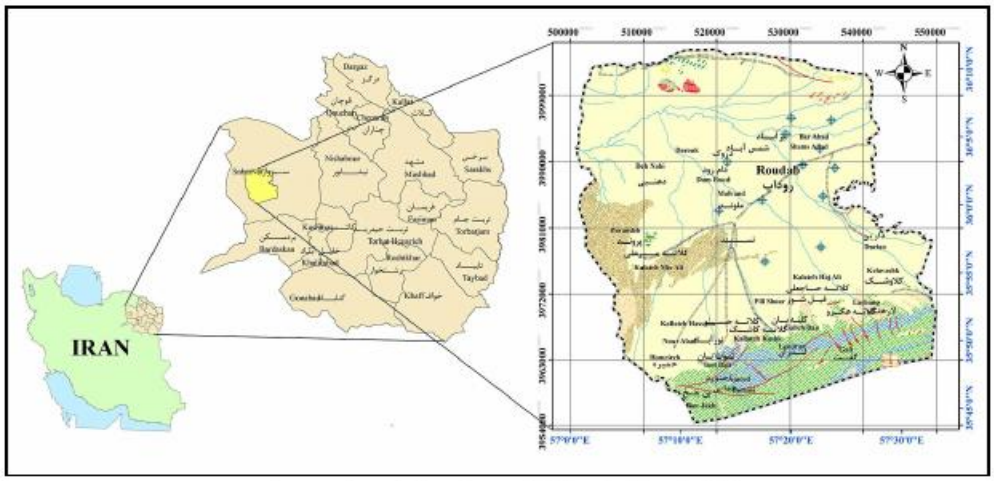
1- MODFLOW

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه دشت رودآب سبزوار: محدوده حوضه آبریز دشت رودآب سبزوار در شمال‌شرق ایران واقع شده است، و از نظر تقسیم‌بندی ساختمان‌های رسوبی جزئی از ایران مرکزی محسوب می‌شود و در زون فلیشی سبزوار واقع شده است. حوضه آبریز دشت رودآب سبزوار با مساحت ۱۸۲۸ کیلومترمربع، از نظر جغرافیایی در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه تا ۵۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی واقع شده است. حوضه مذکور از شمال به ارتفاعات برج رودکی، کوه سفید، قراولگاه و کرهسنگی، از جهت جنوب به کوه چاهنی و کوه پرند و از شرق و غرب به‌ترتیب به حوضه آبریز دشت نیشابور و حوضه آبریز دشت داورزن محدود شده است. جنوبی‌ترین بخش این حوضه در فاصله ۲۴ کیلومتری شمال گسل درونه واقع شده است. در محدوده مورد بررسی واحدهای زمین‌شناسی از کرتاسه تا عهد حاضر دیده می‌شود. مهم‌ترین رودخانه منطقه مورد مطالعه رودخانه رودآب می‌باشد. به‌طور کلی در محدوده حوضه آبریز رودخانه رودآب تنوع تشکیلات زمین‌شناسی و پیچیدگی‌های ساختمانی و ساختاری مشاهده می‌شود که بیانگر فعالیت فازهای کوهزایی و تکتونیکی می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه دشت رودآب سبزوار.

Figure 1. Geographical location of Sabzevar Roudab catchment basin.

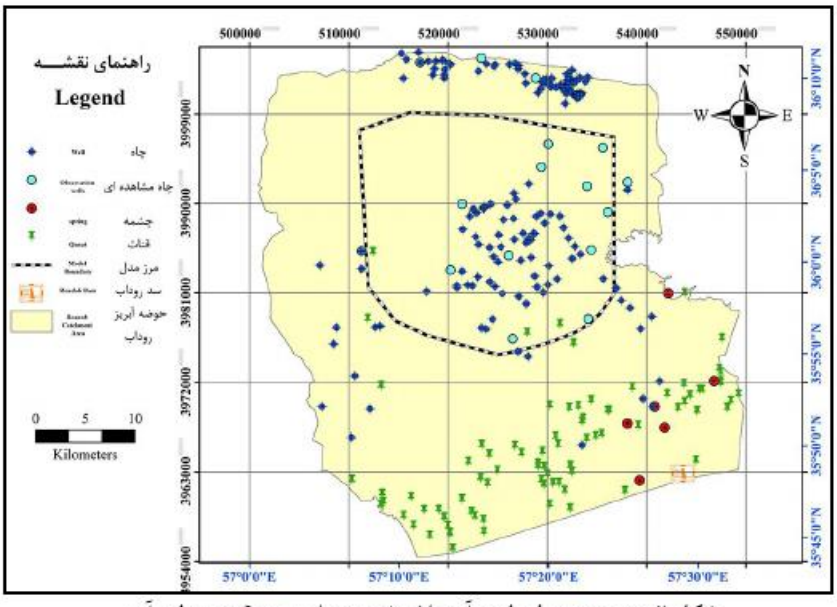
به‌منظور شبیه‌سازی سیستم جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت رودآب سبزوار و تأثیر احداث سد رودآب بر آن از مدل سه‌بعدی تفاضل محدود در محیط نرم‌افزار GMS[1] استفاده شده است. GMS واسط گرافیکی جامعی است که به‌منظور شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود و شامل تعدادی از کدهای تجزیه و تحلیل از جمله MODFLOW، MODPATH، MT3DMS، RT3D، ART3D، SEAM3D، UTCHEM می‌باشد. این نرم‌افزار توسط آزمایشگاه تحقیقات محیط زیست دانشگاه بریگام یونگ و با مشارکت بخش مهندسی آب ارتش آمریکا توسعه داده شده است. ابتدا با استفاده از بررسی‌های هیدروژئولوژیک، مقاطع و لوگ‌های زمین‌شناسی، چاه‌های مشاهده‌ای و اکتشافی (شکل ۲)، نتایج آزمون پمپاژ و بررسی‌های ژئوالکتریک مدل

1- Groundwater Modeling System

www.SID.ir

Archive of SID

مفهومی آبخوان تهیه گردید. سپس برای تعیین شرایط پایدار بر اساس سطح آب ۱۶ چاه مشاهده‌ای در محدوده مدل، ابتدا شبکه تیسن و هیدروگراف معرف دشت ترسیم و با توجه به صحت داده‌ها متوسط سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ به‌عنوان شرایط پایدار انتخاب گردیده است.



شکل ۲- محدوده مدل‌سازی آبخوان دشت روداب و موقعیت منابع آب.

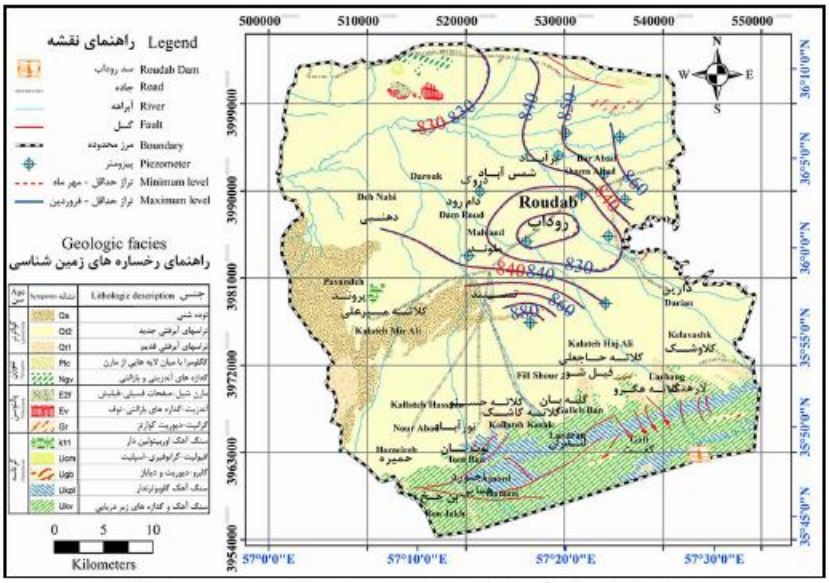
Figure 2. Span of modeling of Roudab plain aquifer and water resources location.

تعیین تهیه پارامترهای مدل مفهومی آبخوان دشت روداب: هدف از تهیه مدل مفهومی، ساده‌کردن شرایط واقعی منطقه مورد مطالعه و سازماندهی داده‌های صحرایی به‌منظور تجزیه و تحلیل راحت‌تر سیستم می‌باشد (۱). با توجه به مطالعات هیدروژئولوژی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی منطقه مورد مطالعه، مشخص می‌شود آبخوان دشت روداب سبزوار دارای یک لایه آبدار و از نوع آزاد می‌باشد. همچنین رسوبات آبرفتی منطقه روداب به لحاظ دانه‌بندی تحت‌تأثیر رسوبات آبرفتی کال شور و رودخانه روداب می‌باشند. رسوباتی که در محدوده کال شور وجود دارند به‌دلیل طولانی‌بودن فاصله حمل ریزدانه برده و با توجه به همراه داشتن میزان املاح بالاتر مقاومت کم‌تری دارند. ولی رسوباتی که از ارتفاعات جنوبی منطقه و رودخانه روداب منشأ گرفته‌اند به‌دلیل کم بودن فاصله حمل و کاهش املاح، از مقاومت نسبی بالایی برخوردار هستند و بافت نسبتاً درشت‌تری دارند. به‌طوری‌که مقاومت عرضی لایه آبدار در محدوده بررسی شده بین حداقل ۲۰۰ تا حداکثر ۷۰۰۰ اهم مترمربع متغیر می‌باشد. ضخامت رسوبات آبرفتی در منطقه بین حداقل ۲۵ تا حداکثر بیش از ۲۰۰ متر متغیر می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی در نیمه شمالی محدوده مورد بررسی (شمال روستای بر آباد و جنوب روستای نامن)، از شرق به غرب می‌باشد. به‌دلیل توسعه بهره‌برداری در حوالی روستای روداب باعث عکس شدن گرادیان هیدرولیکی و بسته شدن منحنی‌های تراز آب در این مناطق شده است. گرادیان هیدرولیکی در حوالی روستاهای ملوند و تسبند از سایر مناطق بیش‌تر می‌باشد و حداقل گرادیان در شمال محدوده حوالی روستاهای نامن و

www.SID.ir

Archive of SID

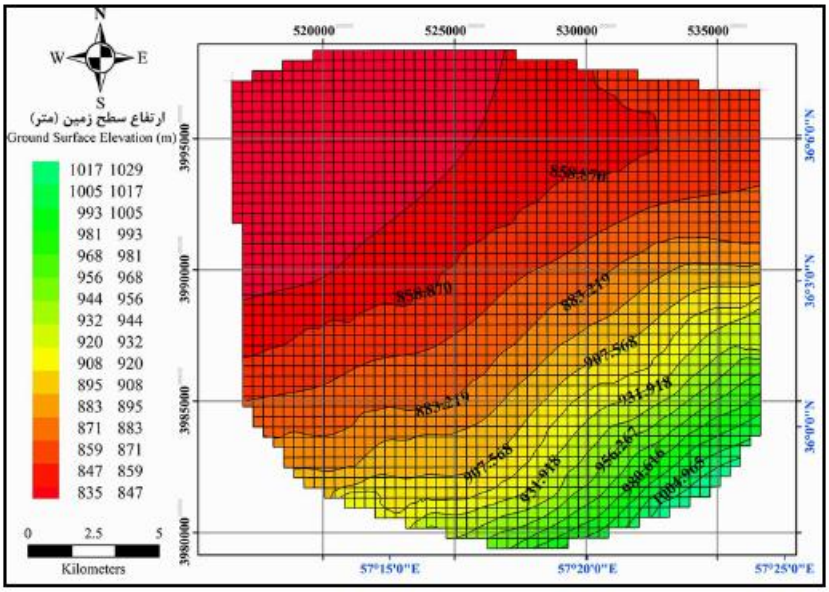
شهرآئین می‌باشد. بسته شدن منحنی‌های تراز در بخش قلعه‌نو رودابه دلیل برداشت بیش از حد از آبخوان در این نواحی می‌باشد. حداقل تراز سطح آب در محدوده مورد بررسی ۸۱۵/۳ متر در چاه مشاهده‌ای ملوند و حداکثر تراز آب زیرزمینی در چاه مشاهده‌ای تسبند با ارتفاع ۸۹۱/۲۹ متر به چشم می‌خورد (شکل ۳).



شکل ۳- تراز سطح آب زیرزمینی دشت رودابه (فروردین و مهر ۱۳۸۹).

Figure 3. Water table elevation of Roudab aquifer.

برای تهیه لایه توپوگرافی از فایل DEM تهیه شده در نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید و نتایج آن برای نرم‌افزار GMS تعریف گردید (شکل ۴).



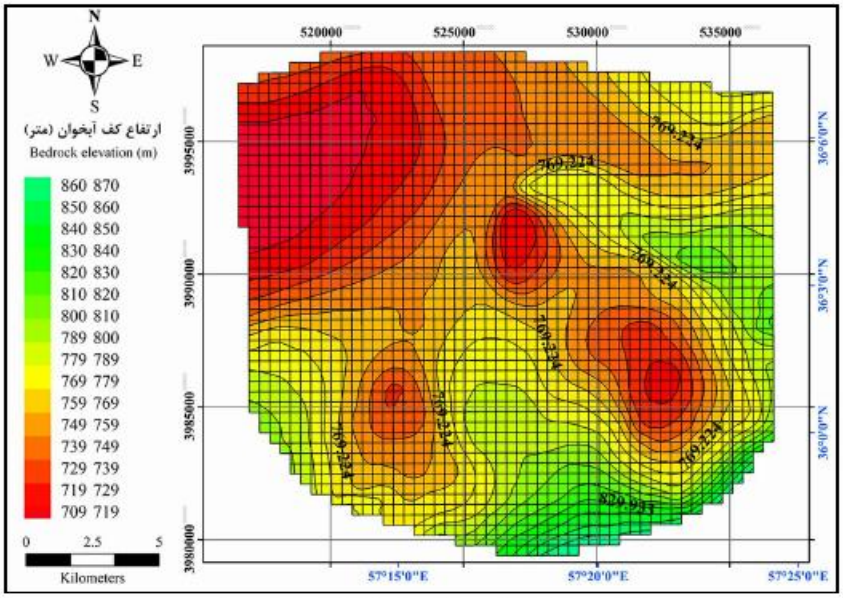
شکل ٤- توپوگرافی دشت رودابه.

Figure 4. Topography of Roudab plain.

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات رقوم ارتفاعی سنگ کف از روی مطالعات ژئوفیزیکی استخراج و مبنای تهیه نقشه وضعیت هندسی و تغییرات عمقی سنگ کف در محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۵).

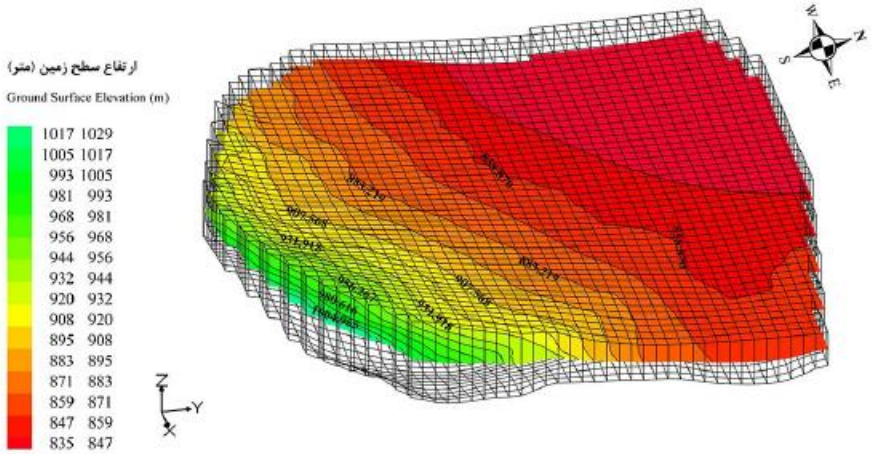


شکل ۵- توپوگرافی سنگ بستر آبخوان دشت روداب.

Figure 5. Bedrock topography of Roudab plain aquifer.

نتایج و بحث

برای تعیین بار هیدرولیکی اولیه آبخوان در حالت پایدار از اطلاعات موجود چاه‌های مشاهده‌ای منطقه در سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ استفاده شده است. همچنین به‌منظور گسسته‌سازی زمانی مدل و تعیین دوره‌های تنش و گام‌های زمانی مدل آب زیرزمینی دشت روداب سبزوار در یک دوره یک ساله در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ در حالت پایدار و با توجه به اطلاعات موجود با دوره‌های تنش یک‌ماهه در حالت ناپایدار شبیه‌سازی گردید. شکل ۶ نشان‌دهنده نمایی شماتیک از شکل هندسی آبخوان دشت روداب به‌صورت سه‌بعدی می‌باشد.



شکل ٦- شکل هندسی آبخوان دشت روداب.

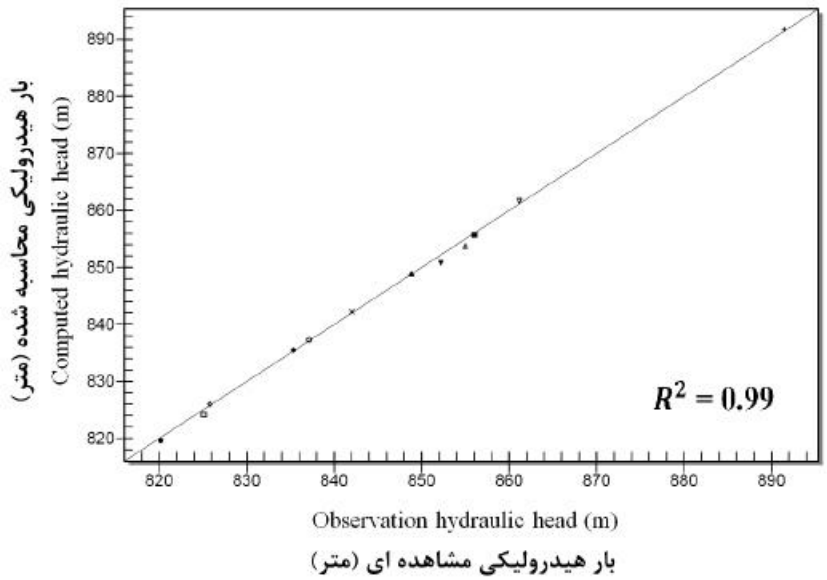
Figure 6. Geometric figure of Roudab plain aquifer.

www.SID.ir

Archive of SID

واسنجی مدل آب زیرزمینی دشت روداب: به‌منظور ارزیابی صحت نتایج واسنجی مدل، از انواع میانگین خطاها در نتایج واسنجی استفاده شده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد چنان‌چه خطاها به‌صورت نرمال توزیع شده باشند، خطای Root Mean Square بهترین معیار خطا می‌باشد (۱). برای دشت روداب نیز این خطاها محاسبه گردیده است که مقادیر ME[1]، MAE[2]، RMSE[3] به‌ترتیب برابر ۰/۱۵۱-، ۰/۴۳۵، ۰/۵۸۱ می‌باشد. با توجه به این‌که دقت اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای ۱± لحاظ شده است بنابراین میزان خطای Root Mean Square ایجاد شده ۰/۵۸ متر در مدل، قابل‌قبول می‌باشد.

از دیگر معیارهای واسنجی مدل، استفاده از نمودار مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای می‌باشد. در این نمودار چنان‌چه مقادیر محاسبه و مشاهده شده روی خط ۴۵ درجه این نمودار قرار گیرند، واسنجی مطلوب می‌باشد. انحراف نقاط از این خط، میزان خطا را نشان می‌دهد. تطابق خوب مقادیر بار هیدرولیکی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حالت پایدار (شکل ۷) و نزدیک بودن ضریب تعیین (R^2) به عدد یک، نشان می‌دهد که نتایج مدل قابل‌قبول می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حالت پایدار.

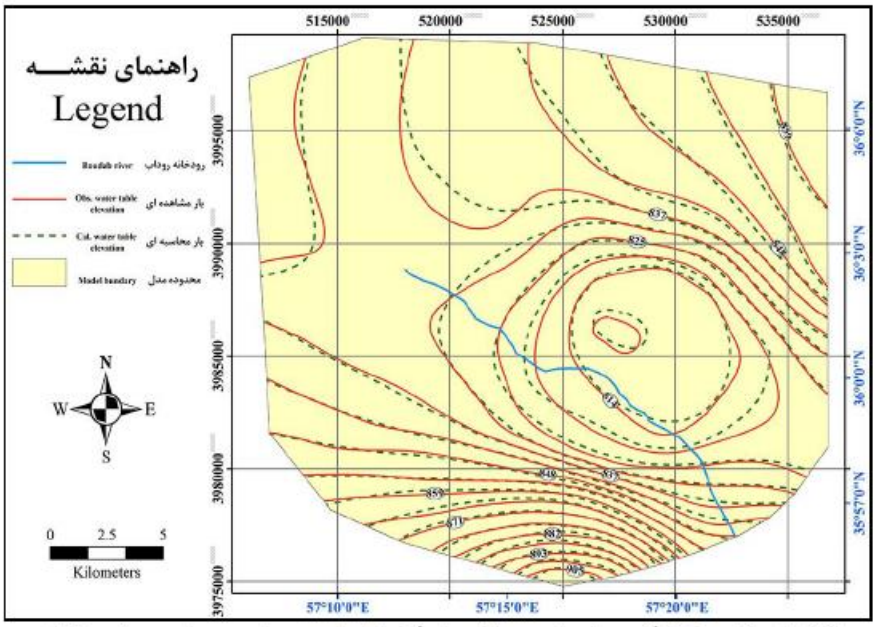
Figure 7. Comparing the observed and computed hydraulic head in steady state condition.

در فرایند واسنجی، هدایت هیدرولیکی در حالت پایدار بهینه گردید، که مقادیر آن بین ۴ تا ۱۴/۷ متر در روز متغیر می‌باشد. شکل ۸ تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حالت پایدار با هم مقایسه شده است. از مقایسه خطوط تراز مشاهده‌ای و محاسبه‌ای می‌توان دریافت انطباق قابل‌قبولی در بیش‌تر بخش‌های آبخوان وجود دارد. بنابراین می‌توان بیان نمود روند توزیع بار هیدرولیکی محاسبه‌ای در مدل‌سازی مورد تأیید می‌باشد.

1- Mean Error
2- Mean Abs. Error
3- Root Mean Sq. Error

www.SID.ir

Archive of SID



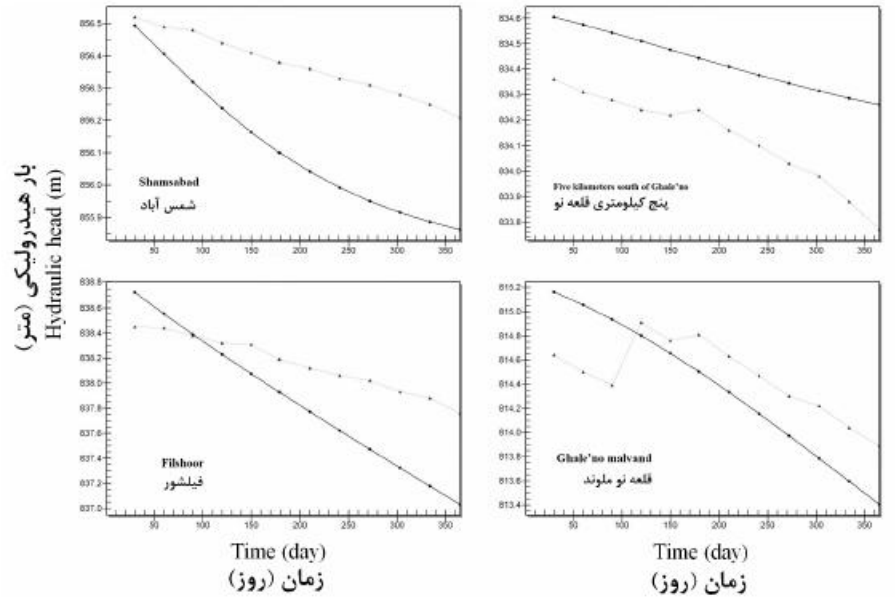
شکل ۸- مقایسه تراز آب محاسبه‌ای و مشاهده‌ای آبخوان دشت رودبار سبزوار در حالت پایدار.

Figure 8. Comparing the observed and computed water table elevation in steady state condition in Roudab plain Aquifer.

پس از واسنجی مدل در شرایط پایدار با توجه به آمار و اطلاعات موجود و با توجه به اندازه‌گیری ماهانه سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای در سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، مدل جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت رودبار در ۱۲ گام زمانی یک ماهه در حالت ناپایدار اجرا گردید. بدین منظور داده‌های سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای و میزان تغذیه سطحی با توجه به اطلاعات بارندگی ماهانه به‌صورت ماهیانه وارد مدل مفهومی گردید. بایستی توجه داشت به‌منظور شبیه‌سازی جریان در حالت ناپایدار میزان آبدهی ویژه آبخوان آزاد دشت رودبار تعیین شود. به‌منظور بهینه سازی آبدهی ویژه منطقه به هشت زون تقسیم شد که پس از واسنجی مدل در شرایط ناپایدار میزان تغییرات آبدهی ویژه بین ۰/۰۶ تا ۰/۲۲ می‌باشد. نتایج حاصل از واسنجی در شرایط ناپایدار توسط منحنی‌های تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای در مقابل محاسبه‌ای در چاه‌های مشاهده‌ای به‌صورت سری زمانی در شکل ۹ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تقریباً در تمام چاه‌های مشاهده‌ای سطح آب شبیه‌سازی شده در محدوده خطای تعریف شده و قابل‌قبول می‌باشند. این نتایج همچنین می‌تواند توسط نمودارهای بار هیدرولیکی مشاهده‌ای در مقابل محاسبه‌ای در هر گام زمانی مورد ارزیابی قرار گیرد (شکل ۱۰). نزدیک بودن مقدار همبستگی خط رگرسیون به عدد یک در تمامی نمودارها نیز بیانگر این مطلب است که شبیه‌سازی تراز آب زیرزمینی صورت گرفته در شرایط ناپایدار در تمامی گام‌های زمانی مورد تأیید می‌باشد.

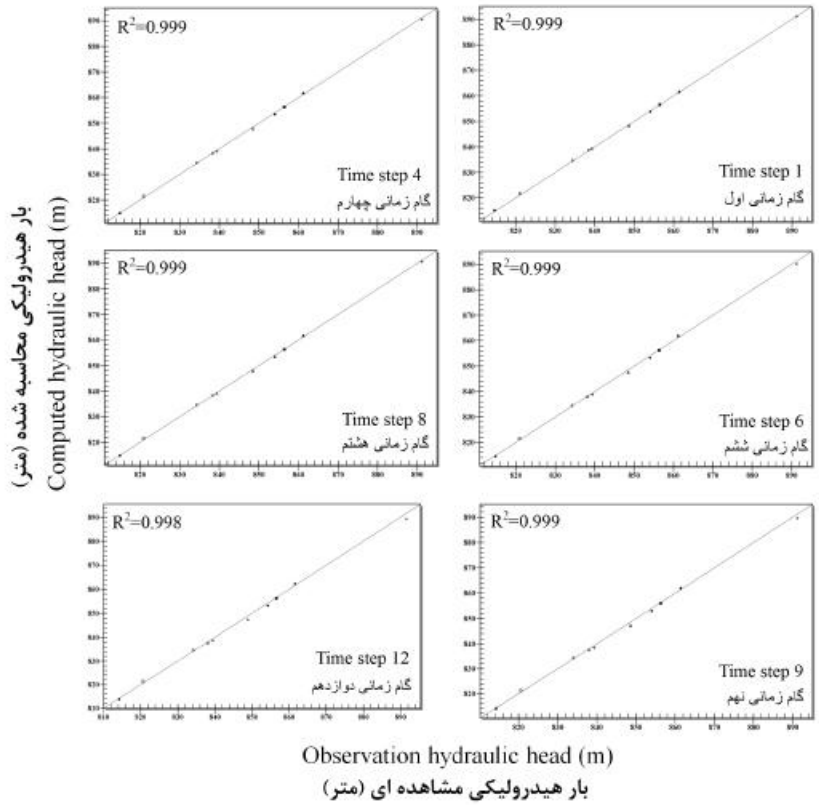
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- مقایسه هیدروگراف سطح آب مشاهده‌ای نسبت به محاسبه‌ای در چاه‌های مشاهده‌ای (پنج کیلومتری جنوب قلعه‌نو، شمس‌آباد، قلعه‌نو ملوند، فیلشور).

Figure 9. Comparing the hydrograph of observed water table elevation with computed water table elevation in observation wells (Five kilometers south of Ghale'no, Shamsabad, Ghale'no malvand, Filshoor).



شکل ۱۰- مقایسه بار هیدرولیکی محاسبه‌ای و مشاهده‌ای در چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان دشت روداب در گام‌های زمـانی مختلـف در شرایط ناپایدار.

Figure 10. Comparing the observed and computed hydraulic head in observation wells of Roudab aquifer in several time steps in unsteady state condition.

www.SID.ir

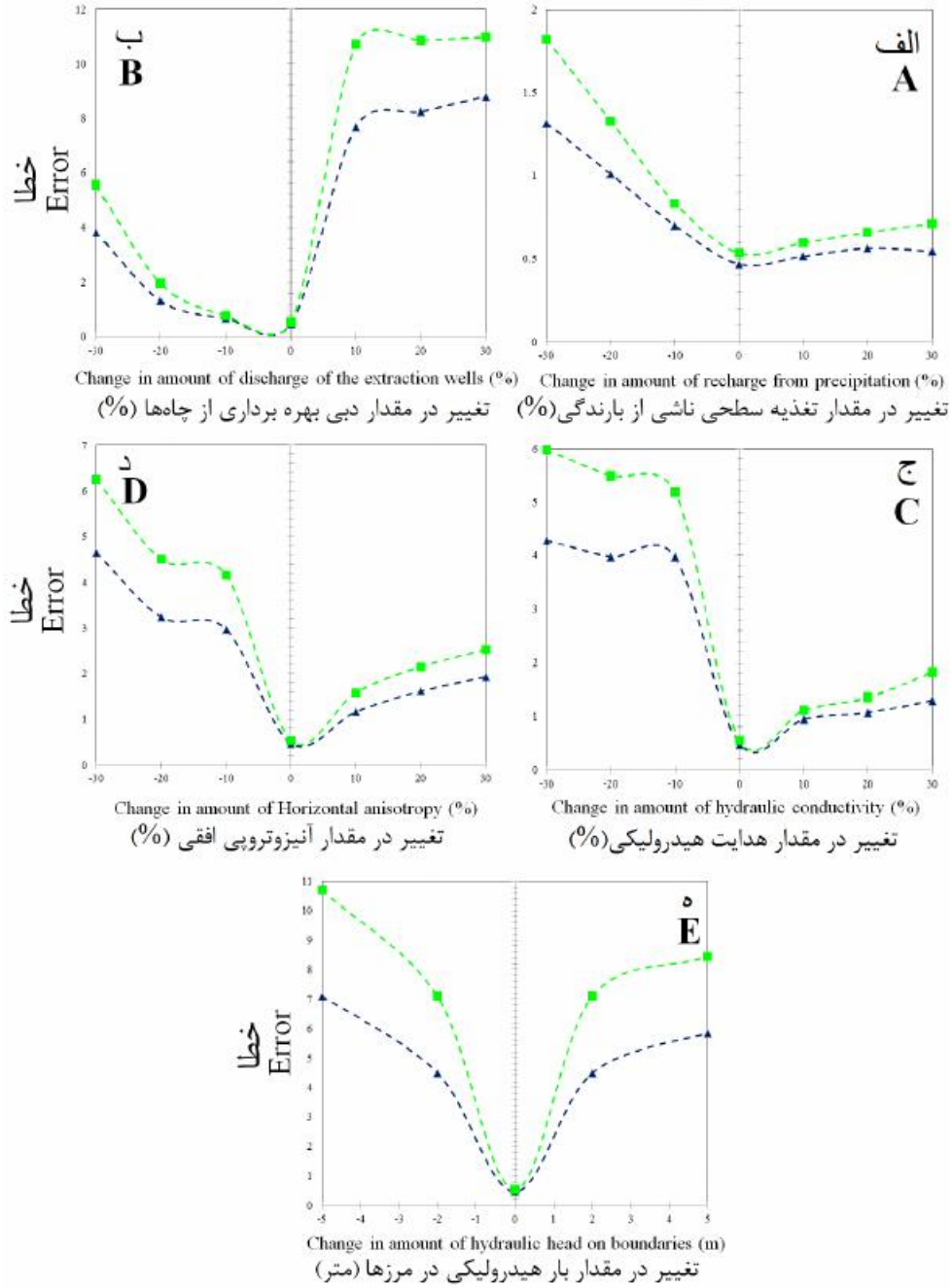
Archive of SID

آنالیز حساسیت: به‌منظور بررسی و پاسخ مدل به تغییرات پارامترهایی که دارای عدم قطعیت در مدل واسنجی شده می‌باشند از آنالیز حساسیت استفاده می‌شود. به‌عبارتی هدف از آنالیز حساسیت به کمیت درآوردن عدم قطعیت‌های موجود در مدل واسنجی شده می‌باشد (۱). به کمک آنالیز حساسیت می‌توان تغییرات ایجاد شده در پارامترهایی از جمله هدایت هیدرولیکی، ضخامت لایه، تغذیه ناشی از بارندگی، نرخ پمپاژ آب از چاه‌های بهره‌برداری، بار هیدرولیکی در مرزهای مدل، آبدهی ویژه را بر خروجی مدل بررسی نمود. معمولاً در تحلیل حساسیت مدل واسنجی شده، در هر مرحله فقط یک پارامتر ورودی تغییر داده می‌شود و اثر آن بر مدل بررسی می‌گردد. روش کار در آنالیز حساسیت مدل آبخوان دشت روداب بدین صورت بوده است که، پارامترهای ورودی از جمله هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی، نرخ پمپاژ از چاه‌های بهره‌برداری، میزان تغذیه سطحی آبخوان و آبدهی ویژه با محدوده تغییرات ۳۰± درصد و همچنین بار هیدرولیکی در مرزهای مدل با دامنه تغییرات ۵± متر برای مدل تعریف و اجرا شده است. سپس با توجه به تأثیر هر یک از این پارامترها بر میزان خطای RMSE و MAE محاسبه شده برای سطح آب زیرزمینی، مقدار حساسیت مدل به هر یک از پارامترها، مشخص شده است (شکل ۱۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بخش میزان حساسیت مدل نسبت به بهره‌برداری از چاه‌ها بسیار زیاد می‌باشد. از جمله علل بالا بودن حساسیت مدل نسبت به نرخ پمپاژ از چاه‌ها، می‌توان به این مورد اشاره کرد که بخش اصلی تخلیه آبخوان از طریق همین چاه‌ها صورت می‌پذیرد و تخلیه طبیعی سهم کم‌تری در میزان تخلیه آبخوان دارد. میزان حساسیت مدل نسبت به تغییرات تغذیه سطحی ناشی از بارندگی نشان می‌دهد که به‌علت پایین بودن سطح ایستابی در اکثر نقاط دشت و همچنین پایین بودن نرخ بارندگی سالانه و نرخ نفوذ، و قرارگیری منطقه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، تغذیه اصلی آبخوان از طریق دیگری است.

صحت‌سنجی: پس از واسنجی و آنالیز حساسیت، برای تأمین اعتبار مدل و سنجش دقت آن و اثبات این‌که مدل قابلیت پیشگویی‌های صحیح را خواهد داشت، صحت‌سنجی مدل صورت می‌گیرد. در واقع صحت‌سنجی برای اطمینان حاصل کردن از مدل واسنجی‌شده صورت می‌پذیرد. بنابراین مدل حداقل برای یک دوره آماری متفاوت با مرحله واسنجی، اجرا می‌شود تا توانایی مدل در شبیه‌سازی شرایط متفاوت مشخص شود. مدل زمانی تأیید می‌شود که از مقایسه بین مشاهدات صحرایی و نتایج حاصل از محاسبات نتایج رضایت‌بخش و انطباق مناسب حاصل شود. در صورت حاصل نشدن نتایج رضایت‌بخش فرایند واسنجی مدل مجدداً تکرار می‌شود. بدین منظور مدل آب زیرزمینی دشت روداب به‌مدت ۳۶۵ روز برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ در شرایط ناپایدار اجرا گردید. شکل ۱۲ نشان‌دهنده مقایسه تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده شده و محاسبه شده برای برخی از گام‌های زمانی در مرحله صحت‌سنجی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از صحت‌سنجی می‌توان بیان داشت که مدل دارای صحت کافی و قادر به پیش‌بینی برای سایر دوره‌ها می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

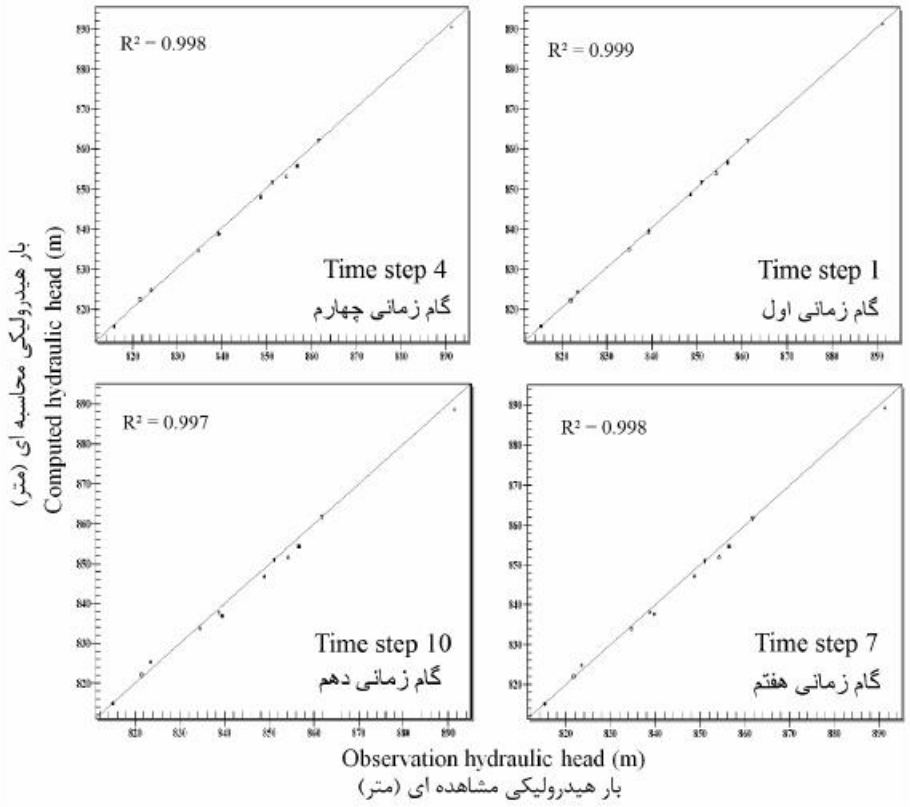


شکل ۱۱- آنالیز حساسیت مدل در برابر تغییر پارامترها (الف) تغذیه سطحی ناشی از بارندگی (ب) دبی بهره‌برداری از چاه‌ها (ج) هدایت هیدرولیکی (د) آنیزوتروپی افقی (ه) بار هیدرولیکی در مرزها.

Figure 11. Sensitivity analysis of model against variation of parameters (A) Recharge from precipitation (B) Discharge of the extraction wells (C) Hydraulic conductivity (D) Horizontal anisotropy (E) Hydraulic head in boundary.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲- مقایسه بار هیدرولیکی محاسبه‌ای و مشاهده‌ای در چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان دشت روداب در مرحله صحت‌سنجی.

Figure 12. Comparing the observed and computed hydraulic head in observation wells of Roudab aquifer in verification step.

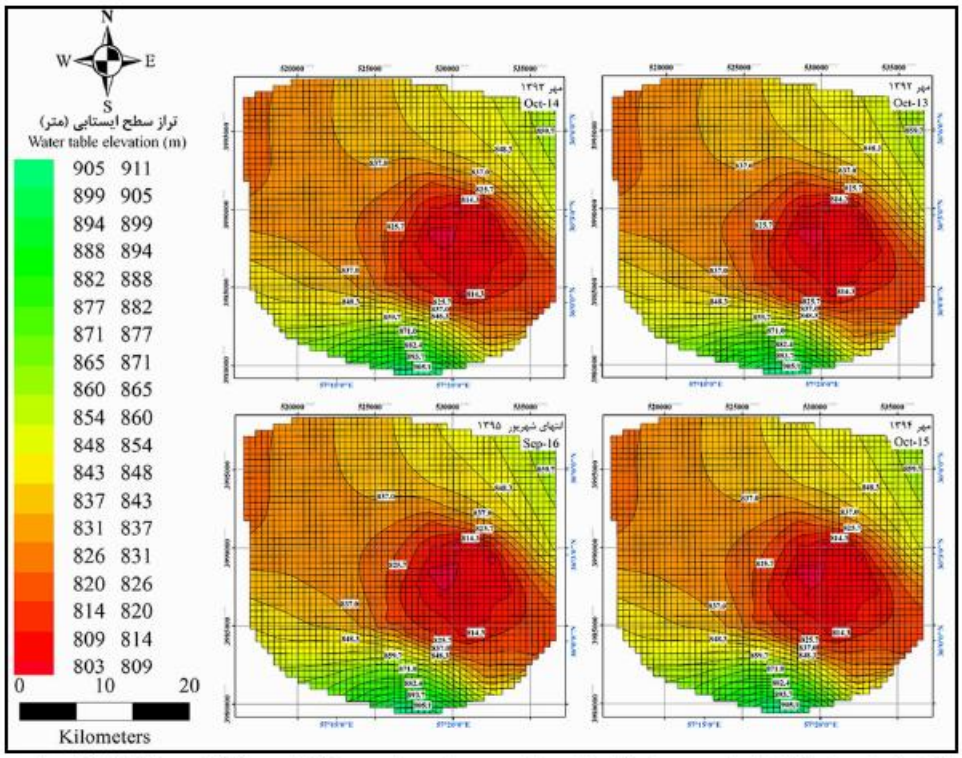
پیش‌بینی و مقایسه وضعیت آبخوان روداب قبل و بعد از احداث سد: با در اختیار داشتن مدل عددی جریان آب زیرزمینی در محدوده آبخوان دشت روداب، امکان بررسی سناریوهای مختلف مرتبط با احداث سد روداب فراهم می‌باشد. نظر به این‌که هدف اصلی از انجام این مطالعه، بررسی اثر احداث سد بر روی منابع آب زیرزمینی پایین‌دست می‌باشد، بنابراین بررسی و اجرای مدل عددی در دوره پیش‌بینی در صورت وجود سد و نبود سد ضروری می‌باشد. بدین منظور یک دوره پیش‌بینی پنج‌ساله پس از انتهای دوره صحت‌سنجی از سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ تا انتهای سال آبی ۹۵-۱۳۹۴ در نظر گرفته شده است.

وضعیت تراز آب زیرزمینی آبخوان روداب، بدون در نظر گرفتن تأثیر سد روداب: در یک دوره پیش‌بینی پنج‌ساله، با توجه به شرایط و متوسط بارندگی ماهانه در منطقه و میزان متوسط تغذیه در شرایط عادی به‌صورت شکل ۱۳ پیش‌بینی شده است.

وضعیت تراز آب زیرزمینی آبخوان روداب، با در نظر گرفتن تأثیر سد روداب: به‌منظور بررسی تأثیر احداث سد روداب بر منابع آب زیرزمینی پایین‌دست، مدل آب زیرزمینی آبخوان دشت روداب، در دوره پیش‌بینی پنج‌ساله با توجه به ایجاد شرایطی که سد بر کاهش میزان تغذیه آبخوان و دبی پایه رودخانه روداب اعمال می‌نماید نیز اجرا شد. که نتایج آن در شکل ۱۴ ارائه شده است.

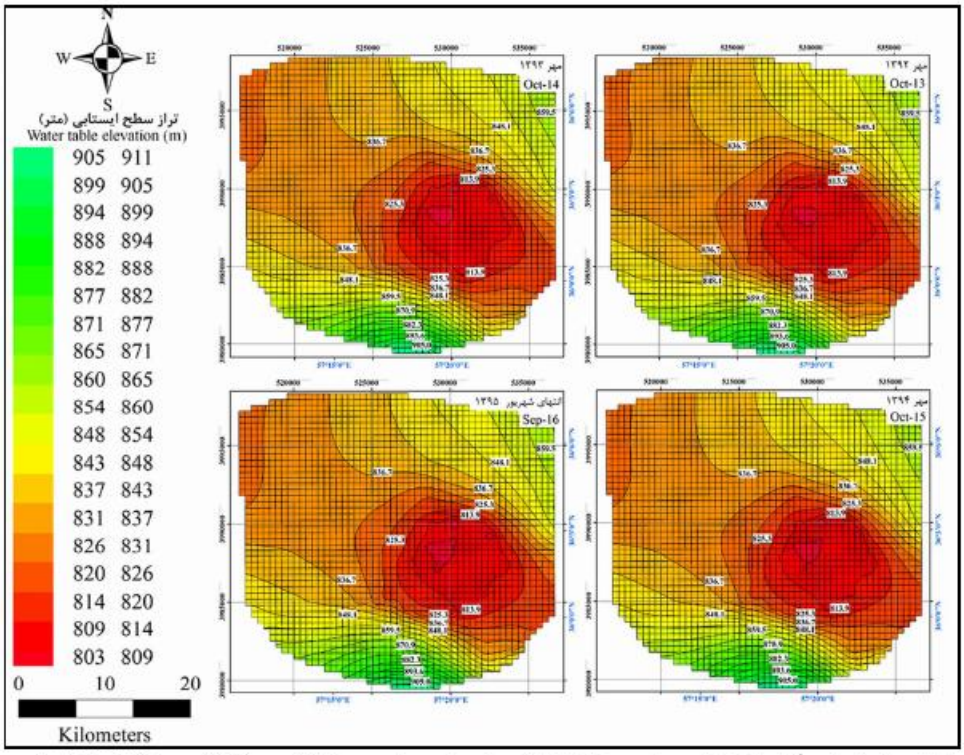
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۳- تراز سطح ایستابی آبخوان دشت روداب قبل از احداث سد روداب برای مهر ۱۳۹۲، مهر ۱۳۹۳، مهر ۱۳۹٤، انتهای شهریور ۱۳۹۵.

Figure 13. Water table elevation of Roudab aquifer before constructing the dam for september 2013, september 2014, september 2015, september 2016.



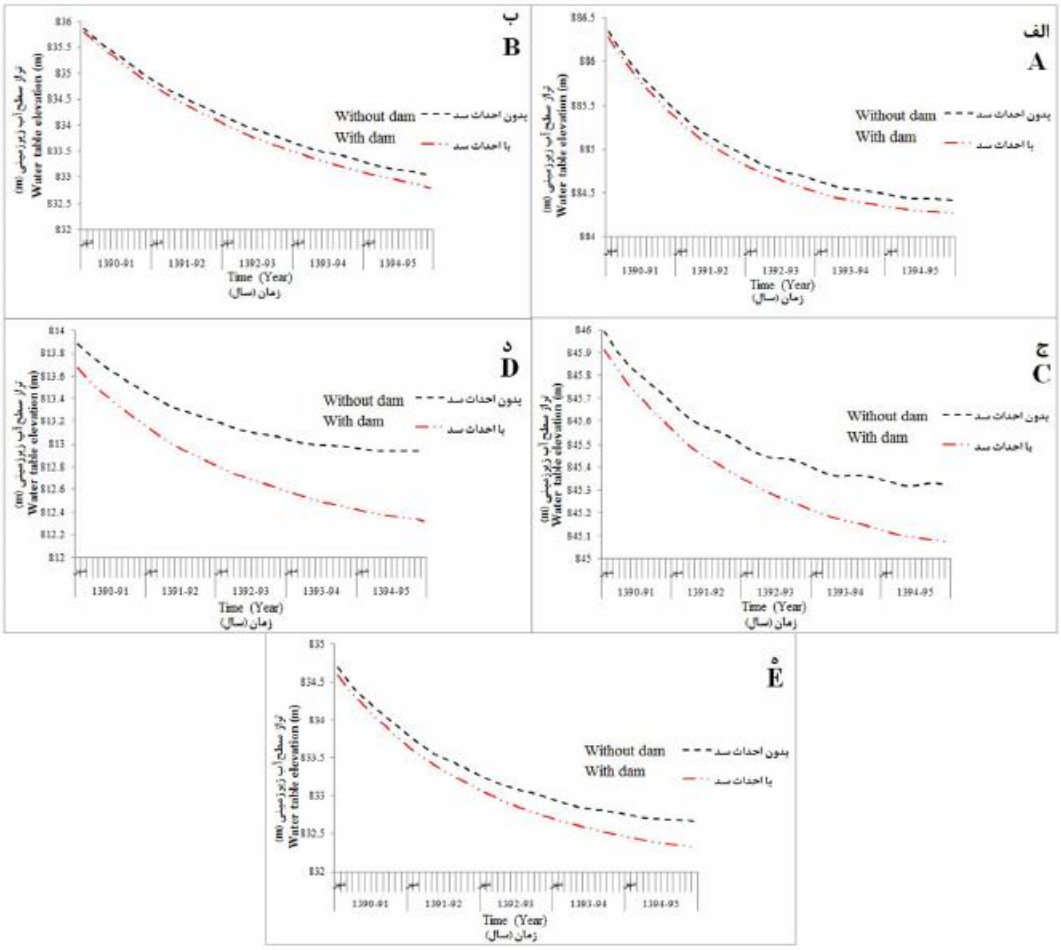
شکل ۱٤- تراز سطح ایستابی آبخوان دشت روداب بعد از احداث سد روداب برای مهر ۱۳۹۲، مهر ۱۳۹۳، مهر ۱۳۹٤، انتهای شهریور ۱۳۹۵.

Figure 14. Water table elevation of Roudab aquifer after constructing the dam for september 2013, september 2014, september 2015, september 2016.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به منحنی‌های تراز سطح ایستابی ارائه شده در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ مشاهده می‌شود که تغییرات ارتفاعی تراز سطح آب در آبخوان روداب در دو سناریوی مورد بررسی تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشد. مقادیر پیش‌بینی‌شده ارتفاع سطح ایستابی در صورت احداث سد روداب، افت بیش‌تری در محل چاه‌های مشاهداتی و به‌طور خاص در محل تجمع چاه‌های بهره‌برداری، نسبت به مقادیر متناظر با سناریوی عدم احداث سد روداب نشان می‌دهد. به‌طوری‌که افت متوسط سطح ایستابی آبخوان دشت روداب در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به‌ترتیب برابر ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۳ متر افزایش خواهد یافت. از مقایسه هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای در دوره پیش‌بینی در دو سناریو مورد بررسی می‌توان به اثر احداث سد بر افزایش افت سطح ایستابی پی برد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- مقایسه هیدروگراف پیش‌بینی سطح آب مشاهده‌ای در شرایط وجود و نبود سد روداب در چاه‌های مشاهده‌ای (الف) تسبند (ب) فیلشور (ج) جنوب کال برآباد (د) قلعه‌نو ملوند (ه) دروک.

Figure 15. Comparing the predicted hydrograph of observed water table elevation in conditions of existing and not existing of Roudab dam in observation wells (A) Tesband (B) Filshoor (C) South of Barabad canal (D) Ghale'no malvand (E) Darook.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

میزان هدایت هیدرولیکی از واسنجی مدل آبخوان در حالت پایدار بین ۴ تا ۱۴/۷ متر بر روز و تغییرات آبدهی ویژه نیز در واسنجی ناپایدار، بهینه و مقادیر آن بین ۰/۰۶ تا ۰/۲۲ برآورد گردیده است. درطول دوره‌های زمانی واسنجی و صحت‌سنجی اجرای مدل، رقوم سطح آب محاسبه‌ای با رقوم مشاهده‌ای از تطابق خوبی برخوردارند به‌طوری‌که هیدروگراف‌های محاسبه شده از روند هیدروگراف‌های مشاهده‌ای تبعیت می‌کنند. مدل آبخوان مورد مطالعه بیش‌ترین حساسیت را نسبت به تغییرات هدایت هیدرولیکی و دبی بهره‌برداری از چاه‌ها دارد و به این علت که بخش اصلی تخلیه آبخوان از طریق چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌پذیرد و تخلیه طبیعی سهم کم‌تری در میزان تخلیه آبخوان دارد حساسیت مدل نسبت به دبی بهره‌برداری افزایش یافته است و نسبت به تغییرات تغذیه سطحی ناشی از بارندگی حساسیت کم‌تری از خود نشان می‌دهد. به‌دلیل برداشت بیش از اندازه از آبخوان دشت رواب سبزوار، سطح ایستابی در این دشت افت نموده است و شدت این افت در مناطق مختلف با توجه به‌میزان تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است به‌عبارتی روند کلی هیدروگراف دشت نزولی و بیلان آن منفی می‌باشد. منحنی‌های تراز سطح ایستابی ارائه شده توسط مدل آبخوان، قبل و بعد از احداث سد رواب با توجه به اختلاف اندک بیلان آب زیرزمینی آبخوان در قبل و بعد از احداث سد و به‌علت تأثیرپذیری کم در اثر تغذیه سطحی تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشد و تغییرات زیادی نشان نمی‌دهد هر چند که پس از احداث سد رواب، روند افت سطح ایستابی به‌دلیل کاهش تغذیه دشت از رودخانه رواب به مقدار کمی افزایش خواهد یافت. به‌طوری‌که در صورت وجود سد رواب به‌دلیل کاهش تغذیه دشت از رودخانه افت متوسط سطح ایستابی آبخوان دشت رواب در سال‌های ۹۳، ۹۴ و ۹۵، به‌ترتیب برابر ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۳ متر افزایش خواهد یافت.

منابع

1.Anderson, M.P., and Woessner, W.W. 1992. Applied Groundwater Modeling Simulation Of Flow And Advective Transport. San Diego, California, 381p.

2.Borgia, A., Cattaneoa, L., and Marconia, D. 2011. Using a MODFLOW grid, generated with GMS, to solve a transport problem with TOUGH2 in complex geological environments: The intertidal deposits of the Venetian Lagoon. Computers and Geosciences. 37: 6. 783-790.

3.Cho, S., and Kang, M.S. 2010. Development and application of a modeling approach for surface water and groundwater interaction. Agricultural Water Management. 97: 1. 123-130.

4.Gaur, Sh., Chahar, B.R., and Graillot, D. 2011. Combined use of groundwater modeling and potential zone analysis for management of groundwater. Inter. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 13: 1. 127-139.

5.Mirabbasi, R., and Rahnama, M. 2007. Simulating of Sirjan aquifer using MODFLOW code and checking of influences of constructing Tangooeh dam on it. J. Iran. Water Res. 1: 1. 1-9. (In Persian)

6.Nassery, H., and Naddafian, H. 2008. Modeling of nitrate contaminant transportation in groundwater drinking wells in Hamedan area. Geological Survey of Iran. 6: 2. 87-98. (In Persian)

7.Neven, K. 1997. Quantitative Solutions in Hydrogeology and Groundwater Modeling. CRC Press-Taylor and Francis Group. United States of Ammerica, 480p.

www.SID.ir

Archive of SID

8.Seneviratne, A. 2007. Development of Steady State Groundwater Flow Model in Lower Walawa Basin. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Sri Lanka, 91p.

9.Surinaidua, L., Gurunadha, V.V.S., and Srinivasa, N. 2014. Hydrogeological and groundwater modeling studies to estimate the groundwater inflows into the coal Mines at different mine development stages using MODFLOW, Andhra Pradesh, India. Water Resources and Industry. 8: 1. 49-65.

10.Yang, Q., Lu, W., and Fang, Y. 2011. Numerical Modeling of Three Dimension Groundwater Flow in Tongliao China. International Conference on Advances in Engineering. Pp: 638-642.

11.Yanhui, D., Guomin, Li., and Haizhen, Xu. 2011. An areal recharge and discharge simulating method for MODFLOW. Computers and Geosciences. 42: 1. 203-205.

12.Yaouti, F., and Mandour, A. 2008. Modelling groundwater flow and advective contaminant transport in the Bou-Areg unconfined aquifer NE Morocco. J. Hydro. –Environ. Res. 2: 3. 192-209.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(1), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Numerical simulating of Sabzevar Roudab aquifer and checking influences of constructing Sabzevar Roudab dam on it

H. Parsa Sadr[1], *H. Mohammadzadeh[2] and H.R. Nassery[3]

[1]M.Sc. Student of Hydrogeology, Dept. of Geology, Ferdowsi University of Mashhad,
[2]Associate Prof. and Supervisor of GRC, Dept. of Geology, Ferdowsi University of Mashhad,
[3]Associate Prof., Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University
Received: 12/16/2014; Accepted: 07/11/2015

Abstract

Background and Objectives: Using computer models as a cheap, fast and at the same time accurate method in studying and simulating the flow in a porous media has attracted the attention of many researchers and experts. The aim of this research is to investigate the effects of constructing Roudab dam on Sabzevar Roudab aquifer, which is located dam downstream.

Materials and Methods: Sabzevar Roudab catchment basin, with an area about 1828 km^2, is located in northeast of Iran in west of Khorasan Razavi province. To manage the surface waters and to supply part of water demand in Roudab plain area, a dam is under construction on Roudab's river. In order to study the water flow system of Roudab plain aquifer groundwater in Sabzevar and the effect of constructing Roudab dam on it, groundwater model of Sabzevar Roudab aquifer has been simulated using MODFLOW code in GMS software with conditions of existing and not existing of Roudab dam. The aquifer model in steady state condition has been calibrated for the year of 2010 and in unsteady state condition has been verified for 12 month period in year 2011.

Results: The hydraulic conductivity from the calibration of aquifer model in steady state condition is between 4 to 14.7 meter per day and specific yield changes in unsteady state condition calibration is optimal and has been estimated to be between 0.06 to 0.22. The aquifer model studied here has the highest sensitivity to the hydraulic conductivity and to the discharge of the extraction wells. The reason is that the major portion of the aquifer depletion is done by the extraction wells and natural discharge has a smaller share in the aquifer depletion. Due to the excessive exploitation of Sabzevar Rudab aquifer, water table has dropped in this plain. The severity of the decline in several areas depends on the amount of recharge and discharge of an aquifer. In other words, the general trend of the plain hydrograph is descending and its water balance is negative.

Conclusion: The model results show that the water table curves presented by the aquifer model, before and after constructing the Roudab dam do not show any significant changes, because the groundwater water balance before and after constructing the dam is not significantly different and also because it is almost unaffected by the surface recharge. It is worth mentioning that constructing Sabzevar Rudab dam would lead to further decline of the water table elevation of the aquifer. It has been predicted that average decline of the water table in Roudab aquifer in years of 2014, 2015 and 2016 will increase about 0.17, 0.2 and 0.23 meters, respectively.

Keywords: Sabzevar Roudab aquifer, Groundwater simulation, GMS

* Corresponding Author; Email: mohammadzadeh@um.ac.ir

www.SID.ir