Archive of SID

مطالعه وضعیت آبهای زیرزمینی دشت جیرفت به کمک مدل PMWIN

علی پورسیدی[1*] و حیدرعلی کشکولی[2]

۱*- نویسنده مسئول: فارغ التحصیل کارشناسی ارشدآبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز Ali_p.seyedi@yahoo.com
۲- استاد دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۶/۲۱

چکیده

در این مطالعه تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت جیرفت با مدل کامپیوتری PMWIN5.3 شبیه‌سازی شد. برای واسنجی مدل از داده‌های اندازه‌گیری شده سطح ایستابی در ۴۱ چاه مشاهده‌ای در یک دوره شش ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶) استفاده گردید. تخمین پارامترهای هدایت هیدرولیکی افقی، ضریب آبدهی ویژه و میزان تغذیه با استفاده از بسته نرم افزاریPEST با تطابق ارتفاع سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و به‌دست آمده از اجرای مدل انجام پذیرفت که با توجه به وضعیت زمین شناسی منطقه میزان هدایت هیدرولیکی افقی از ۰,۱ متر در روز تا ۱۲ متر در روز و ضریب آبدهی ویژه از ۳ تا ۵ درصد در قسمت‌های مختلف دشت جیرفت به‌دست آمد. صحت سنجی مدل در دوره شش ماهه۱۳۸۷ نشان داد که مقادیر سطح آب پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر مشاهداتی از توافق خوبی برخوردارند و جذر میانگین مربعات خطا ۰,۸۶۵ به‌دست آمد. نتایج بدست آمده از مدل شامل پیش بینی تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت جیرفت در چهار سال آینده می باشد.

واژه‌های کلیدی: *آبخوان دشت جیرفت، نرم افزار* PMWIN5.3، *هدایت هیدرولیکی افقی، آبدهی ویژه، مقادیر تغذیه، کد* PEST

مقدمه

عموماً خاورمیانه با دو خصوصیت کمبود آب و رشد سریع جمعیت شناخته می‌شود. بنابراین آب مهمترین فاکتور لازم برای پیشرفت در آینده این منطقه به شمار می رود. مساله کمبود آب برای کشورهایی چون ایران که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد از دیر باز مطرح بوده است لذا دسترسی به منابع آب جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت اهمیت ویژه دارد (۱۲). اولین بار درسال ۱۹۳۳ به‌منظور مطالعه حرکت جبههٔ آب به داخل آبخوان و همچنین اثر تغییر فواصل چاه‌ها در وضعیت آبخوان از یک مدل قیاسی ساده از نوع ورق هادی استفاده شد(۱۶). روند سیر تکاملی این شاخه از علم نیز مانند بقیه علوم دارای نوساناتی بوده است به‌طوری‌که در یک مرحله حرکت آن سریع‌تر و در مرحله‌ای دیگر کند تر گردیده است (۲). از آنجایی که کاربرد مدل‌ها در حل مسائل و مشکلات مربوط به منابع آب بسیار گسترش پیدا کرده است تحقیقات زیادی در زمینه‌های مختلف تاکنون انجام گرفته که ذکر تمامی آنها از حوصلهٔ این بحث خارج می‌باشد. چون در این تحقیق از یک مدل ریاضی- عددی استفاده شده است فقط به تعدادی از این نوع مطالعات که با استفاده از مدل‌های ریاضی انجام پذیرفته، اشاره می‌شود.. استالمن درسال ۱۹۵۶ اولین کسی بود که از روش تفاضل محدود برای حل معادلات حاکم بر جریان دو بعدی غیرماندگار در آبخوان‌های غیرهمگن در مسائل هیدروژئولوژی را مطرح کرد. او نیاز به یک تحلیل ناحیه‌ای از آبخوان را احساس نمود و روشی را برای محاسبه توزیع نفوذپذیری آبخوان با استفاده از تغییرات سطح آب ارائه نمود(۷).

رینولدز و اسپیریول[1] ازمدل Modflow به منظور شبیه سازی منطقه‌ای به وسعت ۱۳۰۰ مایل مربع در ایالت کارولینای شمالی جهت توسعه بهره برداری از آب زیرزمینی این منطقه استفاده نمودند(۱۷).

پینزوهیل[2] در یک مطالعه با به کاربردنModflow به این نتیجه رسیدند که در روش مدل سازی معکوس با برآورد مقادیر پارامترهای آبخوان اگر چه تقریبی و نامعقول هم باشند می‌توان مدل‌های مفهومی بهتری ارایه نمود. این دو محقق در مورد فواید و مشکلات مدل‌سازی آبهای زیر زمینی بحث کرده‌اند و شرایط مختلفی را درمدل معکوس معرفی کرده‌اند(۱۵).

کومار و همکاران[3] با استفاده از PMWIN تأثیر ارتفاع بند

1-Reynolds and Spruill
2-Poeter and Hill
3- Kumar et al.

www.SID.ir

Archive of SID

وال برد[1] را بر تغییر سطح آب در طول رودخانه هانگتون شبیه‌سازی کردند(۱۳). بارتل[2] با استفاده از Modflow به بهترین گزینه‌های مدیریتی در مورد میزان اختلاط منطقه‌ای منابع آبی در آلمان و غرب آفریقا دست یافت(۱۱).

رونکانن و کلو[3] مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولیکی و جریان تصفیه آب مرداب‌های تشکیل شده بر روی اراضی تورب در شمال فنلاند را به کمک Modflow انجام دادند(۱۸). توسلی و چیت سازان با استفاده از مدل عناصر محدود، آبخوان دشت مهیار را شبیه‌سازی و مقادیر هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه آبخوان را به روش سعی و خطا بهینه نمودند . سپس با استفاده از مدل ساخته شده، شیوه‌های مختلف بهره‌برداری تلفیقی از آب زیرزمینی و آب انتقالی از زاینده رود به دشت مهیار را بررسی و گزینه برتر را انتخاب کردند(۱۱). سروری از مدل VisualModflow برای شبیه-سازی آب زیرزمینی دشت دوسلق استفاده کرد و پس از واسنجی مدل به روش دستی، سعی و خطا و به‌دست آوردن مقادیر شبیه سازی شده نزدیک به مقادیر مشاهده‌ای، از نرم افزار PMWIN برای بهینه سازی پارامترهای هیدروژئولوژیکی دشت استفاده کرد(۳). کاظمی‌آذر آب زیرزمینی دشت رفسنجان را با استفاده از نرم افزار Modflow شبیه‌سازی کرد و اثرا زیست محیطی ناشی از پمپاژ آب زیرزمینی را بررسی نمود. درتحقیق مورد اشاره ضرایب هیدرودینامیک آبخوان تصحیح و میزان افت سطح ایستابی و فرونشست زمین محاسبه گردید(۳) نکوآمال‌کرمانی با استفاده از نرم افزار PMWIN آبخوان دشت بوچیر حمیران را شبیه‌سازی و پس از به‌دست آوردن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان این دشت با استفاده از کد PEST به این نتیجه رسیدند که برای جلوگیری از روند افت سطح ایستابی در دشت بوچیرحمیران باید ۳۰ درصد از تخلیه چاه‌های بهره‌برداری کاسته شود(۸).

حوضه آبریز دشت جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان است که درجنوب ایران و در استان کرمان قرار گرفته است. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت جیرفت موجب افت سطح ایستابی این آبخوان گردیده است که این روند نزولی سطح آب از سال ۱۳۷۹ شدیدتر هم شده است. این امر می‌تواند اقتصاد منطقه را که بر پایه کشاورزی استوار است مورد تهدید جدی قرار دهد. دراین مطالعه تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت جیرفت با مدل کامپیوتری PMWIN5.3 شبیه‌سازی شد. برای واسنجی مدل از داده‌های اندازه‌گیری شده سطح ایستابی در ۴۱ چاه مشاهده‌ای در یک دوره شش ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶) استفاده گردید. تخمین پارامترهای هدایت هیدرولیکی افقی، ضریب آبدهی ویژه و میزان تغذیه با استفاده از بسته نرم افزاریPEST انجام پذیرفت.

1 - Val-Bird
3 - Barthel
3 - Ronkanen and Klove

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دشت جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان است که بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه ۱۵ دقیقه و ۵۸ درجه ۱۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه ۱۲ دقیقه و ۲۹ درجه ۱۳ دقیقه شمالی، درجنوب ایران و در استان کرمان قرار گرفته است. وسعت دشت جیرفت ۲۲۴۷ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵۵۰ تا ۸۰۰ متر متغیر است. این منطقه از نظر آب وهوایی جزو مناطق نیمه خشک به شمار می آید و متوسط بارندگی سالانه آن در یک دوره دراز مدت ۴۰ ساله ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد(۹).

هیدروژئولوژی و بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی

در دشت جیرفت دو نوع سفره آزاد(سطحی) و تحت فشار (در زیر سفره آزاد در مرکز دشت جیرفت) وجود دارد. وجود پنج گسل اصلی(گسل‌های سبزواران، جیرفت، دوساری،کهنوج و سرگریج) در منطقه از دیدگاه هیدروژئولوژیکی بسیار حائز اهمیت می باشد زیرا این گسل‌ها در هدایت جریان‌های آب زیرزمینی از بخش کوهستانی به سوی دشت و افزایش تراوائی در یک پهلوی گسل آبرفتی نقش بسیار ارزنده و موثری دارند (۵). در محدوده دشت جیرفت و بر اساس آخرین آمار برداری در سال ۱۳۸۴، حدود۵۱۲۹ چاه(نیمه عمیق و عمیق)، ۱۰۹۰ چشمه و ۲۹۴ قنات وجود دارد که تخلیه‌ای بالغ بر ۹۵۰ میلیون متر مکعب در سال را به آبخوان دشت جیرفت اعمال می‌کنند. از این میزان تخلیه، بخش صنعت با مصرف ۰,۲۶درصد میزان کل تخلیه، کمترین مقدار و بخش کشاورزی با ۹۴ درصد بیشترین میزان بهره‌برداری را به خود اختصاص داده‌اند. برای نشان دادن نوسانات سطح ایستابی درکل دشت جیرفت از آمار ۷۴ چاه مشاهده‌ای استفاده شد. بر اساس نوسانات سطح ایستابی این چاه‌های مشاهده‌ای در یک دوره هفت ساله (۱۳۸۰ الی۱۳۸۷) سطح ایستابی آبخوان تقریباً به میزان ۱,۳۲ متر در سال افت کرده است(۹).

مواد و روش‌ها

کد کامپیوتری و مراحل ساخت مدل

در این تحقیق برای شبیه‌سازی آبخوان دشت جیرفت از نرم افزار PMWIN 5.3 به‌خاطر کارآئی بالای این مدل در شبیه سازی جریان آب زیرزمینی، استفاده شده است. معادله حاکم بر جریان در محیط متخلخل اشباع در فرم سه بعدی به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial}{\partial x}[K_x\frac{\partial h}{\partial x}]+\frac{\partial}{\partial y}[K_y\frac{\partial h}{\partial y}]+\frac{\partial}{\partial z}[K_z\frac{\partial h}{\partial z}]=S_s\frac{\partial h}{\partial t}-I \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در این معادله K_x, K_y, K_z مقادیر هدایت هیدرولیکی در جهات سه گانه مختصات کارتزین (LT^{-1})، I جریان حجمی بر واحد حجم (T^{-1})، h بار هیدرولیکی پتانسیومتری (L) و S_s ذخیره ویژه مواد متخلخل و (T) زمان می باشد. این معادله جریان آب زیرزمینی را در شرایط غیر متعادل در یک محیط غیرهمگن و غیر ایزوتروپ نشان می‌دهد. به‌جز سیستم‌های خیلی ساده، حل تحلیلی معادله فوق امکان پذیر نمی‌باشد بنابراین از روش‌های مختلف عددی برای حل تقریبی معادله استفاده می‌شود. نرم افزار Modflow برای حل این معادله از روش تفاضل محدود استفاده می‌کند(۱۴).

شبکه‌بندی محدوده مورد مطالعه

مدل ساخته شده به وسیلهٔ شبکه‌ای که دارای ۱۱۷ ردیف و ۴۷ ستون است، تقسیم بندی شده است. این شبکه از مربع‌هایی به ابعاد۱۰۰۰×۱۰۰۰ تا۵۰۰×۵۰۰ تشکیل شده است.

توپوگرافی سنگ بستر و توپوگرافی سطحی

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ارتفاع مطلق چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به سطح دریا، نقشه توپوگرافی سطح آبخوان رقومی گردید و با توجه به کاوش‌های ژئوالکتریک و گزارش‌های موجود و لوگ چاه‌های اکتشافی در منطقه، نقشه تراز سنگ کف تهیه شد و در نهایت این نقشه‌ها به صورت فایل میانیابی[1] شده، به مدل اعمال شدند.

تعیین نوع سفره آب زیرزمینی

با توجه به قرار گرفتن تمامی چاه‌های مشاهده‌ای در لایه آبدار سطحی زمین‌شناسی منطقه، وضعیت سفره آزاد به مدل اعمال شد(۴).

تعیین شرایط مرزی

در محدوده مورد مطالعه دشت جیرفت در بخش‌های شمالی و شرقی مرزهای فیزیکی[2] از نوع مرز کوه و در سراسر بخش غربی، از نوع گسل به مدل اعمال شدند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل۱) و شبکه جریان آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت جیرفت (شکل۲)، در بخش‌های شمالی، شرقی و غربی مرزهای هیدرولیکی از نوع مرز با شدت جریان مشخص[3]، به مدل اعمال شدند.

در شکل۳ مرزهای فیزیکی با سلول‌های خاکستری رنگ و مرزهای هیدرولیکی با سلول‌های سیاه رنگ مشخص شده‌اند.

شرایط اولیه و انتخاب گام‌های زمانی

طول زمان مدل‌سازی در دشت جیرفت شش سال (از فروردین ماه ۱۳۸۱ تا اسفند ماه ۱۳۸۶) می‌باشد. طول هر دوره تنش[4] سه ماه در نظر گرفته شد و هر دوره تنش به دلیل ماهیانه بودن قرائت‌های سطح آب به سه گام زمانی تقسیم شد. بنابراین مدل ساخته شده دارای ۲۴ دوره تنش و ۷۲ گام زمانی می‌باشد. یکی از شرایط حل معادلات دیفرانسیل جزئی در آبهای زیرزمینی وجود شرایط اولیه است تا مدل بتواند از یک نقطه محاسبات را شروع کند. سطح ایستابی فروردین ماه سال۱۳۸۱ به عنوان بار هیدرولیکی اولیه به صورت فایل میانیابی شده به مدل اعمال گردید.

ضرائب هیدرودینامیک آبخوان

در سال ۱۳۶۵ یک سری آزمایش پمپاژ بر روی تعدادی از چاه‌های بهره‌برداری و چاه‌های اکتشافی توسط مهندسین مشاور مهاب قدس انجام شده است که متأسفانه اطلاعات محدودی از این آزمایش‌های در دسترس است (۴). درنتیجه ضریب هدایت هیدرولیکی افقی[5] در شرایط ماندگار و ضریب آبدهی ویژه[6] در شرایط غیر ماندگار در ضمن واسنجی مدل توسط کد PEST نرم افزار تخمین زده شدند. کد PES در واقع یکی از برنامه‌های پشتیبانی است که با محاسبه جذر میانگین مربعات خطا[7] (RMSE) بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای، به صورت تکراری و با به حداقل رسانیدن خطاها اقدام به واسنجی مدل می‌کند.

مقادیر تغذیه و تخلیه آبخوان

بر اساس اطلاعات ثبت شده از آمارمنابع بهره‌برداری در محدوده مورد مطالعه دشت جیرفت، با توجه به ساعات کارکرد چاه‌ها، مقادیر تخلیه به صورت مترمکعب در روز به مدل اعمال شدند. در عین حال تعداد زیادی از چاه‌های بهره‌برداری فاقد آمار ثبت شده در واحد معاونت مطالعات پایه منابع آب استان کرمان بودند. بنابراین با توجه به مختصات چاه‌ها و همچنین اسامی مالکان آنها پرسش نامه‌هایی تهیه شد و با مراجعات مکرر در طول بهار ۱۳۸۷ تا حد امکان آماردبی خروجی و ساعات کارکرد این چاه‌ها تکمیل، و به مدل اعمال شدند. مقادیر تغذیه ورودی وتخلیه خروجی در مرزها با ایجاد ۲۳ مقطع با توجه به شبکه جریان و براساس رابطه دارسی در طول هر دوره تنش محاسبه و به صورت متر مکعب در روز به مدل اعمال گردید. در نرم‌افزار Modflow به دو طریق می‌توان آب برگشتی از چاهها را اعمال نمود روش اول اینکه مقداری را که در حد معقول باشد (با توجه به الگوی کشت و میزان تبخیر و تعرق) از دبی خروجی چاه‌ها کسر نماییم

1- Interpolated file
2- Physical boundary
3- Neumann boundary

4- Strees Period
5- Horizontal hydraulic conductivity
6- Specific yield
7- RMSE

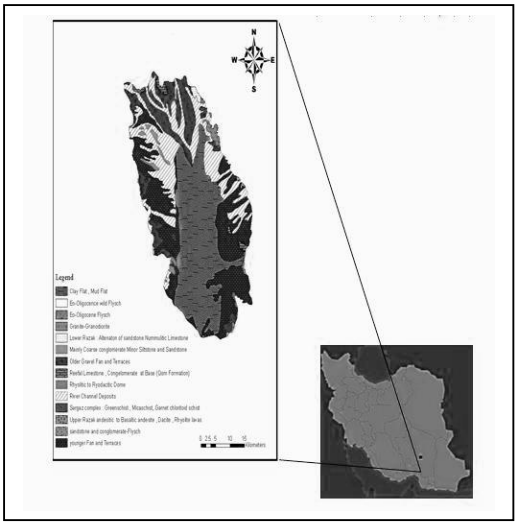
www.SID.ir

Archive of SID

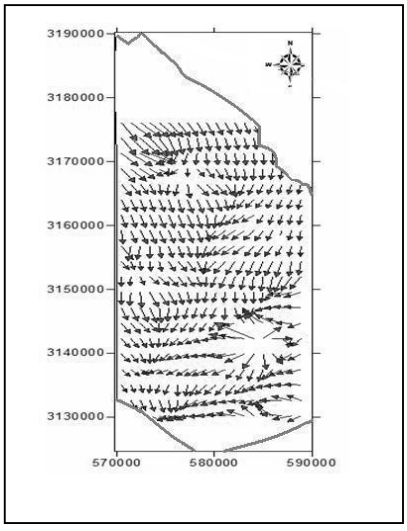
که این روش به علت کثرت چاه‌ها و اینکه هر چاه دارای ۷۲ گام زمانی ورودی آمار می باشد، در هنگام آنالیز حساسیت بسیار وقت گیر و پرهزینه است. در روش دوم، با توجه به اینکه آب پمپاژ شده از چاه‌های کشاورزی در محدوده همان چاه استفاده می شود، به همین دلیل تغذیه حاصل از آب برگشتی کشاورزی از میزان تخلیه سالانه آنها کسر و عدد حاصل به عنوان تخلیه به مدل اعمال می شود، در این تحقیق روش دوم مورد استفاده قرار گرفت. برای منطقه مورد نظر ۱۹درصد تا ۲۳درصد تخلیه برای چاه‌های کشاورزی و ۶۵ درصد برای چاههای شرب و صنعت به عنوان آب برگشتی مد نظر قرار گرفت. با توجه به اینکه عمق برداشت از آب زیرزمینی در دشت جیرفت بیش از چهار متر می‌باشد میزان تبخیر از سطح سفره آب زیرزمینی ناچیز فرض شد.

چاه‌های مشاهده‌ای و نوسانات سطح آب درآنها

برای مدل‌سازی از داده‌های اندازه‌گیری شده سطح ایستابی در ۴۱ چاه مشاهده‌ای استفاده گردید (شکل۴). البته لازم به ذکر است که آمار سطح آب در بیشتر چاه‌های مشاهده‌ای دارای نواقصی بود که برای رفع این مشکل بین رقوم سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای که دارای نقص بودند و رقوم سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای مجاور که روند منطقی را دنبال می‌کردند،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی دشت جیرفت



شکل۲- جهت حرکت آب های زیرزمینی آبخوان دشت جیرفت

www.SID.ir

Archive of SID

رگرسیون‌گیری، و در نهایت با بالا بودن ضریب همبستگی بین این اعداد آمار ناقص سطح آب در چاه‌های مورد نظر بازسازی شدند.

واسنجی[1]

واسنجی مدل با روش مدل‌سازی معکوس و با استفاده از نرم‌افزارPEST صورت گرفت. بدین صورت که با بررسی هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای درطول زمان مدل‌سازی مشخص شد که در سه ماه دی، بهمن و اسفند ۱۳۸۱ تغییرات سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای ناچیز می‌باشد. بنابراین فرض شد که در این سه ماه بین میزان تخلیه و تغذیه آبخوان تعادل برقرار بوده است، بنابراین میزان تخلیه چاه‌های بهره‌برداری و میزان تغذیه آبخوان برابر در نظر گرفته شدند و درمعادله (۱) این دو پارامتر حذف گردیدند($I = 0$). مدل تهیه شده دراین سه ماه در حالت ماندگار واسنجی گردید و تنها مجهول معادله در حالت ماندگار، یعنی ضریب هدایت هیدرولیکی افقی آبخوان، توسط کد PEST تخمین زده شد. پس از واسنجی مدل در حالت ماندگار مدل برای شرایط غیرماندگار نیز واسنجی گردید. با توجه به نامشخص بودن میزان تغذیه آبخوان و آبدهی ویژه مانند حالت قبل، ابتدا مدل برای ماه‌های دی، بهمن و اسفند ۱۳۸۱ که میزان تغذیه و تخلیه آبخوان تقریباً در تعادل هستند واسنجی شد و پارامتر آبدهی ویژه توسط کد PEST تخمین زده شد. سپس با داشتن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان و میزان برداشت از چاه‌های تخلیه، میزان تغذیه آبخوان تخمین زده شد. مقادیر تغذیه در طی شش سال(۱۳۸۶-۱۳۸۱) در دوره‌های ۳ ماهه و با حدس اولیه ۰،۰۰۰۱ متر در روز در بسته تغذیه[2] نرم افزار وارد و توسط کد PEST تخمین زده شدند.

آنالیز حساسیت[3]

برای بررسی حساسیت مدل ساخته شده به پارامترهای ورودی، مقادیر کالیبره شده هدایت هیدرولیکی افقی، ضریب آبدهی ویژه و میزان تغذیه به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد افزایش و کاهش داده شدند و پس از هر افزایش و کاهشی مدل اجرا شد و میزان بار آبی محاسبه شده توسط مدل با مقادیر مشاهداتی مقایسه گردید و مقادیر جذر میانگین مربعات خطا برای هر چاه مشاهده‌ای محاسبه شدند.

صحت سنجی[4]

پس از واسنجی و آنالیز حساسیت، برای تأمین اعتبار مدل و سنجش دقت آن و اثبات اینکه مدل قابلیت پیشگویی‌های صحیح را خواهد داشت، صحت سنجی مدل صورت گرفت. مدلی که با دقت مناسبی واسنجی شده باشد چنانچه تحت استرس‌های مختلفی غیر از استرس‌های دوره واسنجی قرار گیرد، باید نتایج قابل قبولی را ارائه کند. بنابراین آمار دوره صحت سنجی باید مربوط به دوره‌ای غیر از دوره زمانی واسنجی باشد(۱۰). برای اطمینان از مدل ساخته شده، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای شش ماه (فروردین ماه ۱۳۸۷ تا مهر ماه ۱۳۸۷) با فرض اینکه تغییرات تنش در سیستم روند سال‌های گذشته را داشته باشد به مدل وارد گردید.

نتایج و بحث

پس از بازدیدهای مکرر از نواحی مختلف دشت جیرفت و جمع آوری اطلاعات لازم نتایج به‌دست آمده از واسنجی مدل برای محاسبه هدایت هیدرولیکی و ضریب آبدهی ویژه با وضعیت زمین‌شناسی منطقه و شواهد جمع‌آوری شده مقایسه گردیدند. همان‌گونه که از نقشه زمین شناسی دشت جیرفت پیداست (شکل۱)، نواحی شمالی، شمال‌شرقی و شرقی دشت به دلیل درشت دانه بودن مخروط افکنه‌ها[6] و تشکیلات آبرفتی[7] دارای بیشترین هدایت هیدرولیکی افقی و آبدهی ویژه می‌باشند، هرچه از این نواحی به مرکز و جنوب دشت نزدیکتر شویم به دلیل ریزدانه‌تر شدن تشکیلات آبرفتی[8] هدایت هیدرولیکی افقی و آبدهی ویژه کاهش می‌یابد (شکل‌های۵ و۶). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نتایج به‌دست آمده برای هدایت هیدرولیکی افقی و آبدهی ویژه در محدوده قابل قبولی قرار دارند و با طبیعت حاکم بر آبخوان سازگاری خوبی را نشان می‌دهند.

بر اساس آمار بارندگی و گزارش شرکت مهندسین مشاور یکم(۵) میزان بارندگی در تغذیه آبخوان نقش عمده‌ای ندارد(حدود۳۰ میلیون مترمکعب در سال). بیشترین میزان تغذیه آبخوان توسط جریان‌های زیرزمینی در بالادست صورت می‌گیرد (۲۸۸ میلیون مترمکعب در سال). در شکل(۷) اختلاف ارتفاع سطح آب زیرزمینی شمال و جنوب دشت در مسافتی حدوداً ۵۰ کیلومتر، نشان داده شده است .

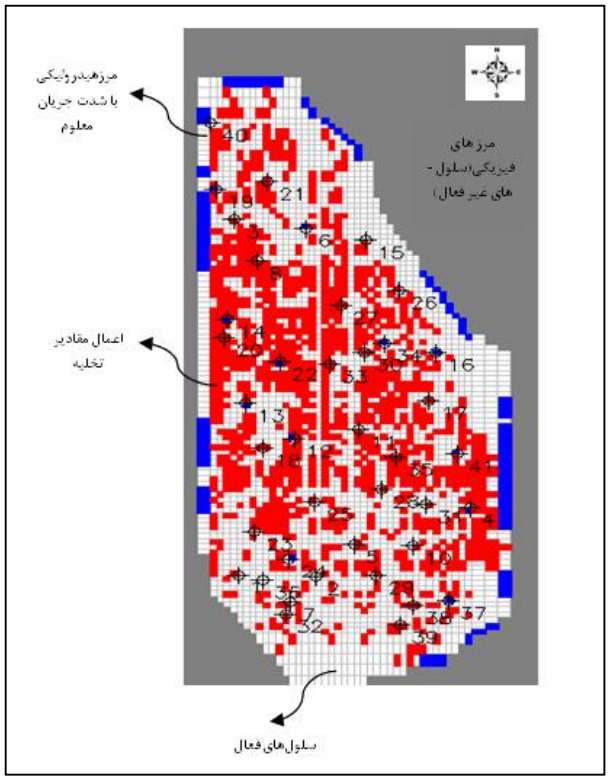
نتایج واسنجی به صورت مقایسهٔ بار آبی محاسباتی و مشاهداتی در دو چاه مشاهده‌ای شماره ۶ و ۴۰ در شکل‌های (۸) و (۹) نشان داده شده است. در این شکل‌ها سطح آب مشاهداتی و شبیه سازی شده از هماهنگی خوبی برخوردارند و مدل به خوبی شرایط طبیعی آبخوان را شبیه‌سازی کرده است. لازم به ذکر است که مدل‌سازی آبهای زیرزمینی یک فرایند طولانی مدت است و باید با به دست آوردن داده‌های جدیدتر و کاملتر در آینده، واسنجی مدل مرتباً تکرار شود و با توجه به داده‌های جدیدتر واسنجی‌های قبلی اصلاح شوند.

1- Calibration
2- Sensitivity analysis
3- Recharge
4- Verification

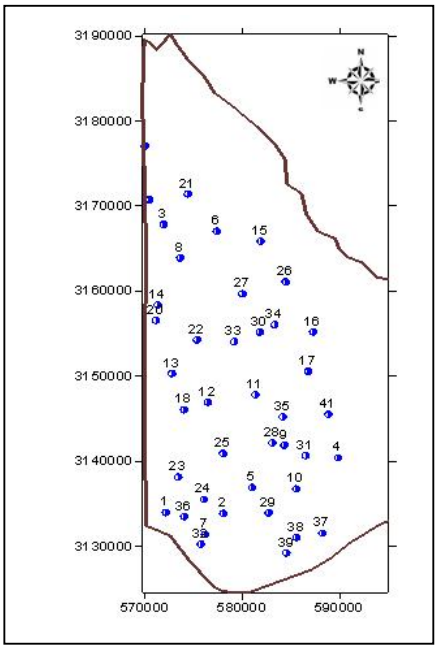
6- Alluvial channel deposits
7- River channel deposits
8- Clay flat

www.SID.ir

Archive of SID



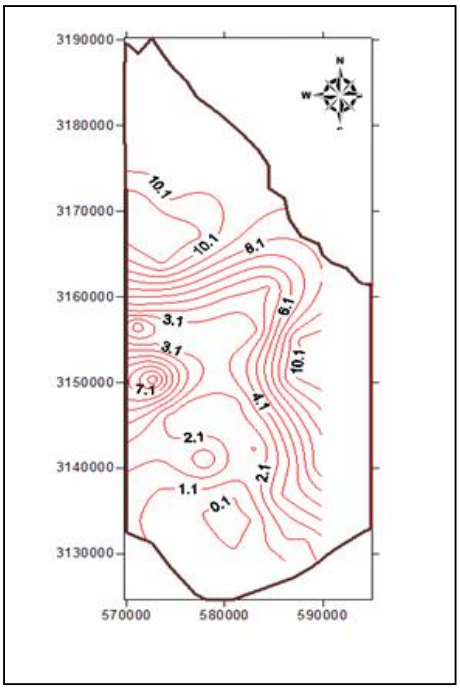
شکل۳- اعمال مقادیر تغذیه، تخلیه و شرایط مرزی



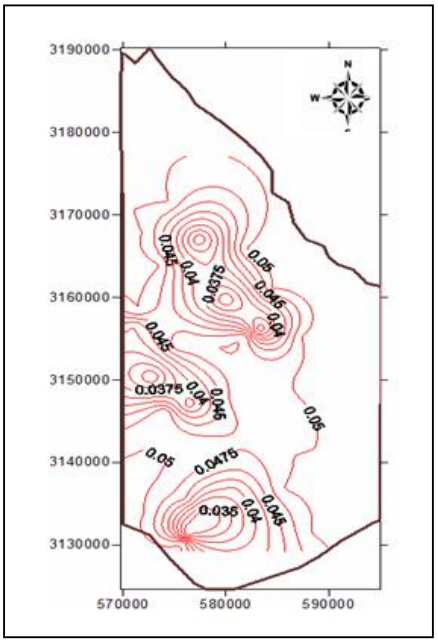
شکل٤- جا نمایی چاه‌های مشاهده‌ای

www.SID.ir

Archive of SID



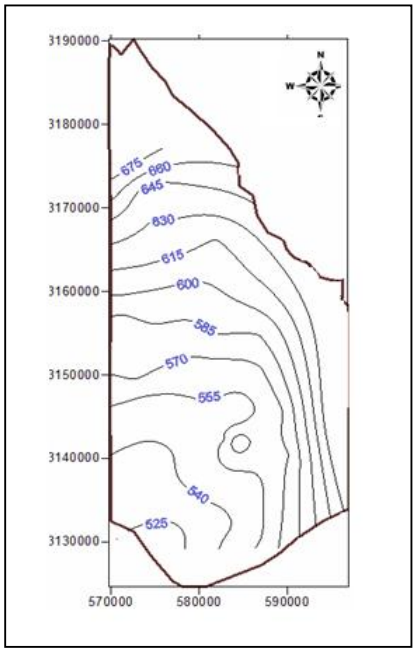
شکل۵- نقشه هدایت هیدرولیکی افقی بر حسب متر بر روز



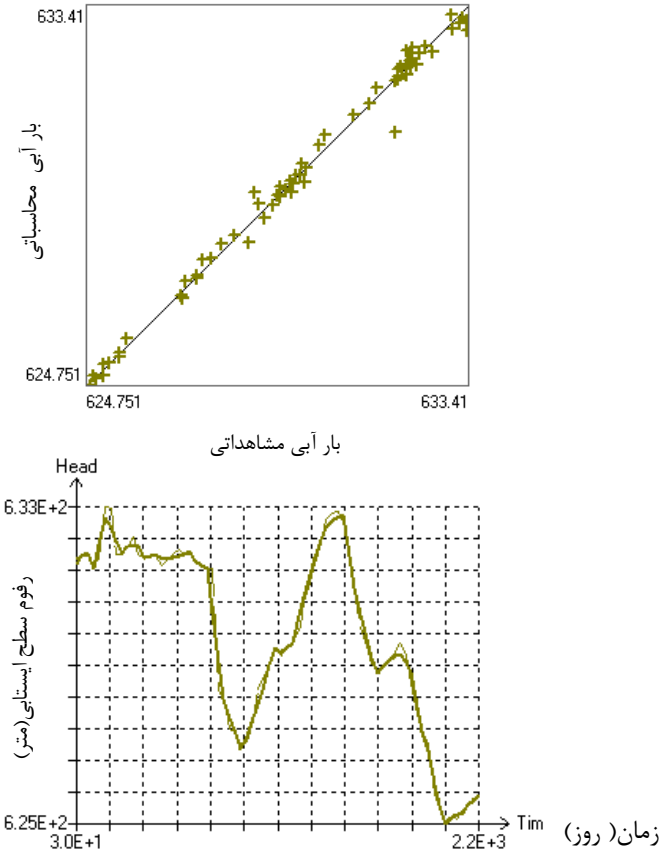
شکل٦- نقشه ضریب آبدهی ویژه

www.SID.ir

Archive of SID



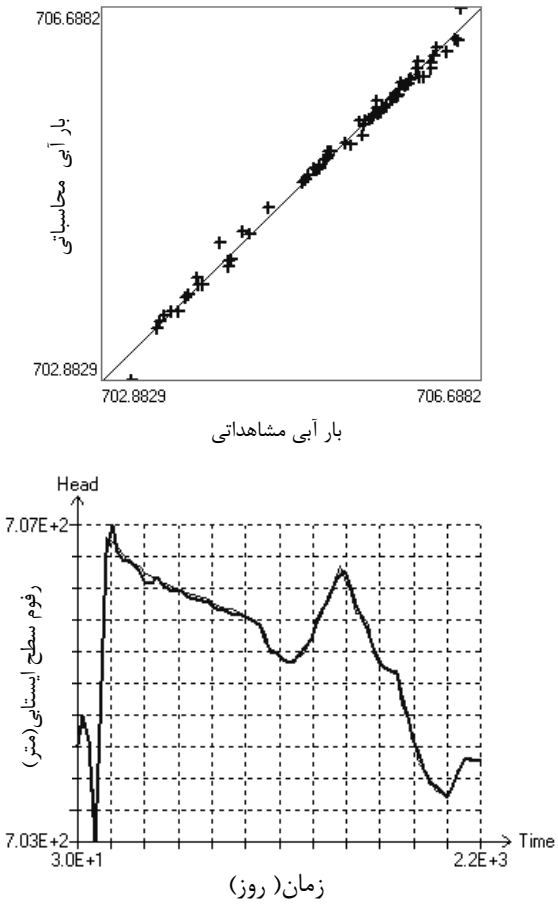
شکل۷- نقشه میانگین خطوط تر از سطح



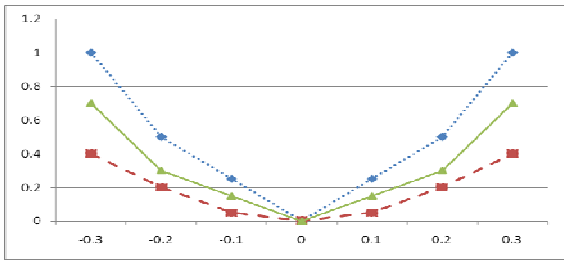
شکل۸- مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهداتی چاه مشاهده‌ای شماره٦

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹- مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهداتی چاه مشاهده‌ای شماره۴۰



کاهش و افزایش ۱۰،۲۰و۳۰ درصدی مقادیر ورودی(نمودارنقطه

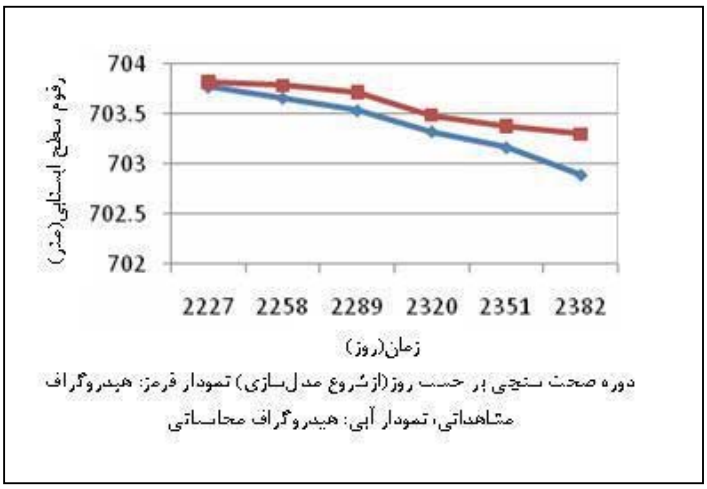
چین : مقدار تغذیه ، نمودار خط ممتد: هدایت هیدرولیکی،

نمودارخط مقطع : ضریب آبدهی ویژه)

شکل۱۰- نتیجه آنالیز حساسیت مربوط به ناحیه شامل چاه مشاهده‌ای شماره۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۱- مقایسه هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در انتهای دوره صحت سنجی در چاه مشاهده‌ای شماره۴۰

پس از بررسی نتایج آنالیز حساسیت تمامی چاه‌های مشاهده‌ای، مشخص شد که مدل ساخته شده نسبت به تغییرات تغذیه نسبت به دو پارامتر دیگر از حساسیت بیشتری برخوردار است و همچنین حساسیت مدل نسبت به مقادیر آبدهی ویژه حداقل می‌باشد. در شکل(۱۰) نتیجه آنالیز حساسیت برای ناحیه شامل چاه مشاهده‌ای شماره۶ نشان داده شده است. برای مثال در این چاه مشاهده‌ای با افزایش ۱۰ درصدی میزان تغذیه ۰,۲ متر و با افزایش۲۰ درصدی میزان تغذیه ۰,۸ متر و با افزایش ۳۰ درصدی میزان تغذیه یک متر اختلاف مابین سطح آب مشاهداتی و محاسباتی ایجاد گردیده است. کاهش ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصدی میزان تغذیه نیز به ترتیب ۰,۲، ۰,۸ و یک متر اختلاف مابین سطح آب مشاهداتی و محاسباتی ایجاد نموده است. به همین صورت مقادیر خطاهای ایجاد شده بر اثر کاهش و افزایش هدایت هیدرولیکی افقی و ضریب آبدهی ویژه در شکل(۱۰) نشان داده شده است.

در بررسی صحت مدل، مقادیر سطح آب شبیه سازی شده برای شش ماه فروردین ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۷ با مقادیر مشاهداتی، مقایسه گردید و جذر میانگین مربعات خطا برای تمام چاه‌های مشاهده‌ای برابر ۰,۸۶۵ محاسبه شد. در شکل‌های(۱۱)و(۱۲) نتیجه حاصل از اجرای مدل در پایان دوره صحت سنجی برای چاه مشاهده‌ای شماره ۴۰ آورده شده است.

مدلی که مراحل واسنجی و صحت سنجی را پشت سر گذاشته باشد برای پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان مناسب می‌باشد. در این تحقیق رفتار سیستم تا پایان اسفند۱۳۹۰ پیش‌بینی شده. لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز بر اساس روند تغییرات چهار سال گذشته تهیه شد، اما باید به این نکته توجه داشت به علت در دست نبودن تغییرات اطلاعات هیدرودینامیکی و سطح آب آبخوان در این دوره، به ناچار برای پیش‌بینی روند تغییرات سطح آب، از اطلاعات سال‌های قبل استفاده گردید. برای مثال با توجه به هیدروگراف‌های شکل(۱۳) تا پایان سال ۱۳۹۰ سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای شماره ۶ و ۴۰ به ترتیب ۹ و ۴ متر افت پیدا می‌کند.

یکی از اهداف مدل‌سازی تعیین میزان کاهش برداشت از آبخوان به منظور رسیدن به حالت تعادل است. نظر به اینکه میزان تغذیه غیر قابل کنترل می‌باشد در کلیه مراحل کار مقادیر تغذیه آبخوان مطابق سال‌های گذشته در نظر گرفته شد ولی میزان برداشت مطابق برنامه پیشنهادی کاهش داده شد. درمرحله اول۱۰ درصد از میزان تخلیه چاه‌ها برای دو سال (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) کاهش داده شد و پس از اجرای مدل در هر سال، افت سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای به‌دست آمد. در مرحله دوم ۱۵ درصد از تخلیه چاه‌ها مانند حالت اول برای مدت مشابه کاسته شد که در این وضعیت نیز نزول سطح آب مشاهده گردید تا در نهایت با کاهش ۲۰ درصدی از تخلیه چاه‌ها نه تنها از روند نزولی سطح آب در بیشترچاه‌های مشاهده‌ای جلوگیری به عمل آمد بلکه در تعدادی از آنها باعث صعودی شدن سطح آب گردید. البته لازم به ذکر است مراحل بالا درمورد سه چاه مشاهده‌ای که درحومه شهر بودند اجرا نشد زیرا هیدروگراف این چاه‌های مشاهده‌ای به دلیل تغذیه از فضلاب شهری در بیشتر ماه‌های سال روند صعودی را نشان می‌دادند شکل (۱۴). در شکل(۱۵) روند کاهش ۲۰ درصدی از تخلیه چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ و تاثیر آنها بر سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای۱۶ و۴۱ نشان داده شده است.

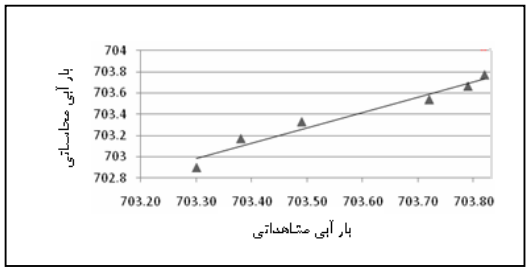
نتیجه‌گیری

آبخوان دشت جیرفت در ۲۱۹۶ روز و۲۴ دوره تنش و ۷۲ گام زمانی شبیه‌سازی گردید. نتایج حاصل از مدل در انتهای دوره واسنجی و صحت سنجی نشان دهنده مقبولیت مدل تهیه شده می‌باشد و در طول دوره‌های زمانی اجرای مدل، رقوم سطح آب محاسبه شده با رقوم سطح آب مشاهده شده چاه‌های مشاهده‌ای

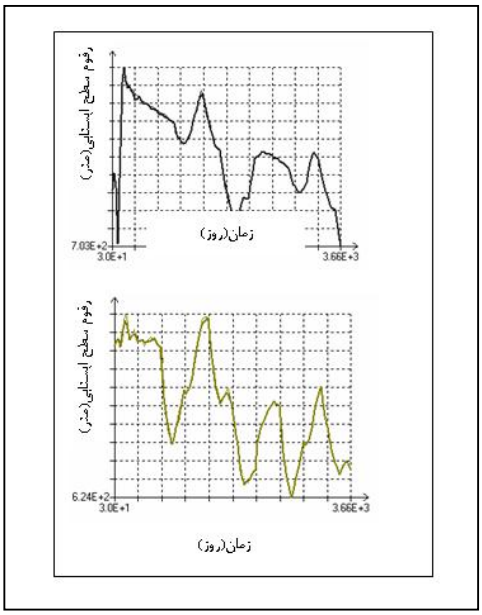
www.SID.ir

Archive of SID

تطابق خوبی داشتند. بنابراین می‌توان از آن جهت بررسی بیلان آب زیرزمینی، پیش‌بینی تنش‌های مختلف و پارامترهای مدیریتی استفاده نمود. با توجه به حساسیت بالای مدل به میزان تغذیه توصیه می‌شود طرح‌های تغذیه مصنوعی در دشت جیرفت مورد بررسی قرارگیرند. نظر به اینکه بیشترین تغذیه جریان‌های زیرزمینی از قسمت‌های شمالی، شمال شرقی و شرقی می‌باشد و در این حاشیه‌ها هیچ چاه مشاهده‌ای وجود ندارد توصیه می‌شود جهت انجام مطالعات تکمیلی در آینده تعدادی چاه مشاهده‌ای در این مناطق حفر شود. با توجه به برداشت بیش ازحد از سفره آب زیرزمینی دشت جیرفت، سطح آب در اکثر چاه‌های مشاهده‌ای روندی نزولی را طی می‌کند که این امر می‌تواند بخش کشاورزی منطقه را تحت‌الشعاع قرار دهد و اثر اقتصادی زیانباری را برای ساکنین منطقه به وجود آورد. برای مقابله با این وضعیت باید میزان برداشت از آبخوان کاهش یابد تا بین تغذیه و تخلیه آبخوان تعادل برقرار گردد.



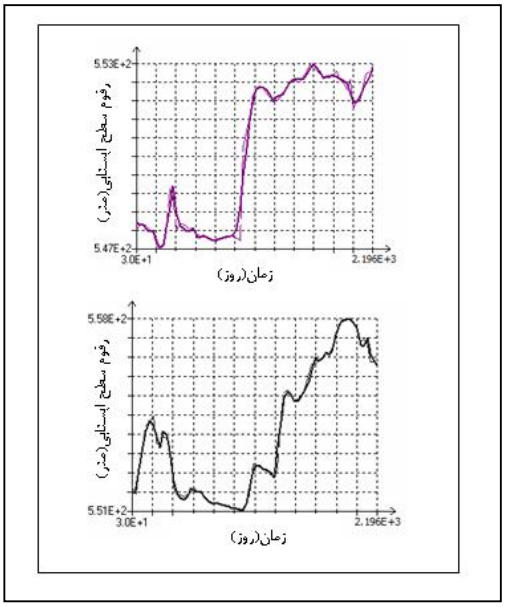
شکل۱۲-برازش مقادیر محاسباتی و مشاهداتی در انتهای دوره صحت سنجی در چاه مشاهده‌ای شماره۴۰



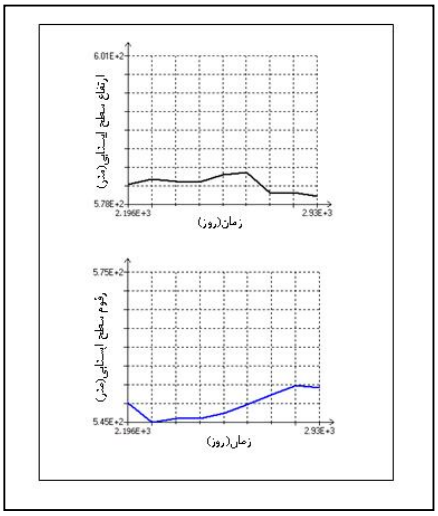
شکل۱۳- پیش‌بینی تراز سطح ایستایی چاه های مشاهده‌ای ٦ و ٤٠ به ترتیب از راست به چپ

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱٤- مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهداتی چاه‌های مشاهده‌ای ۳۹ و ۵ به ترتیب از راست به چپ



شکل۱۵- روند کاهش ۲۰ درصدی از تخلیه چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ و تأثیر آن‌ها بر سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای ۱٦ و ٤۱

منابع

۱- توسلی، م. وم. چیت سازان . ۱۳۷۷. مدیریت منابع آب دشت مهیار شمالی با استفاده از مدل ریاضی. دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران.

۲- زارع باغابری، م. و ع. رئیسی .۱۳۸۱. مدیریت بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی لایه آبدار آبرفتی در سال‌های خشکسالی. پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی(آبشناسی)، دانشگاه شیراز.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- سروری، م. ۱۳۸۲. هیدروژئولوژی و شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت دوسلق (چنانه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس۱۳۶۹ . جلد سوم مطالعات آبهای زیرزمینی جیرفت . ۸۲ صفحه.

۵- شرکت مهندسین مشاور یکم.۱۳۸۷. جلد چهارم، مطالعات آبهای زیرزمینی هلیل میانی شامل دشت‌های جیرفت و فاریاب شرقی.۳۰ صفحه.

۶- کاظمی آذر، م. ۱۳۸۵. شبیه سازی جریان آب زیرزمینی و اثرات زیست محیطی ناشی از پمپاژ آب زیرزمینی در دشت رفسنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشکده آب دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۷- ماجدی، ح. ر.۱۳۸۰. مطالعه هیدروژئولوژی آبخوان دشت نی ریز با استفاده از مدل ریاضی. پایان نامه کارشناسی ارشدزمین شناسی. دانشگاه شهیدچمران اهواز.

۸- نکوآمال، م. ۱۳۸۶. مدل‌سازی آبهای زیرزمینی و بررسی مشکلات ناشی از پمپاژ در دشت بوچیر حمیران در استان هرمزگان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز.

۹- واحد معاونت مطالعات پایه منابع آب استان کرمان.۱۳۸۷. گزارش سیمای آب استان کرمان. ۴۰ صفحه.

10- Anderson M. P. and W.W. Woessner. 1992. Applied groundwater modelling simulation of flow and transport. Academic Press, INC, 102 pp.

11- Barthel, R. 2008. Aspects of choosing appropriate concepts for modelling groundwater resources in regional integrated water resources management - examples from the Neckar(Germany) and Que´me´catchment (Benin), Physics and Chemistry of the Earth. 33:92 - 114.

12- Haddad, M. and N. Mizyed.1996.Water resources in the middle east conflict and solutions. Water peace and the middle east negotiating resources of Jordan River Basin. In: tony Allan, Library of modern middle East. New York, USA Tauris Academic Studies.

13- Kumar, A. N., Hartmann, D., Charlesworth, P., Kemei, J. K. and K. L. Bristow 2004. Modeling effects of Val-Bird weir height on water tables along the Haughton River. CSIRO Land and Water Client Report for Burdekin, Dry Tropics Board.

14- Mc Donald, M.G. and A.W. Harbaugh. 1988. Modflow a modular three-dimensional finite differences groundwater flow model. U. S. Geological Survey, Open File Report,140 pp.

15- Poeter, E. P. and M. C. Hill.1997. Inverse models: a necessary next step in groundwater modelling. Groun dwater, 35(2): 250-260.

16-Prikett, T. A .1979. Groundwater computer models : state of the art. Ground water, 17(2): 167-173.

17-Reynolds J.W. and R.K. Spruill. 1995. Groundwater flow simulation for management of a Regulated aquifer system: A Case Study in the North Carolina Coastal Plain. Groundwater. 33(5): 741-748.

18- Ronkanen, A.-K. & Kløve, B. 2007. Use of stabile isotopes and tracers to detect preferential flow patterns in a peatland treating municipal wastewater. Journal of Hydrology, 397(3-4): 418-429.

www.SID.ir