Archive of SID

بیـــابـــان
جلد ۷، شماره ۲، سال ۱۳۸۱ (٥٤-٤٥)

تهیه مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه یزد

مجید خلقی
استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ وصول مقاله ۸۱/۳/۲۵

چکیده

کویر سیاه کوه یا چاله عقدا یکی از چندین حوزه آبریز ایران مرکزی می باشد که در شمال یزد و اردکان قرار گرفته و نهایتاً کلیه خروجیهای آب زیرزمینی و جریانهای سطحی حوزه خود را جمع آوری می کند. با توجه به محدودیت جریانهای سطحی در منطقه، آبخوان سیاه کوه بعنوان تنها منبع تأمین کننده نیازهای آبی در سالهای اخیر شدیداً مورد بهره برداری قرار گرفته بطوریکه سطح آب زیرزمینی نسبت به چند سال قبل افت شدیدی داشته است. مدیریت بهتر این آبخوان و شناخت از سیستم درونی آن، مستلزم تهیه مدل ریاضی سفره آب زیرزمینی سیاه کوه می باشد. اولین گام در مدلسازی، تهیه مدل مفهومی (Conceptual Model) و شمای پایه سیستم سفره آب زیرزمینی منطقه است که بر اساس آن بتوان مدل ریاضی نمایشگر سیستم را ارائه داد. مدلهای ریاضی آب زیرزمینی که در ایران انجام شده و می شود، اکثراً بدون تهیه مدل مفهومی صورت می گیرد که این کمبود در مراحل مختلف مدلسازی تأثیر منفی گذاشته و منجر به ببار آوردن نتایج غیر واقعی می شوند. هدف از ارائه این مقاله، چگونگی تهیه مدل مفهومی یک آبخوان، بصورت کلی و تهیه مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه بطور خاص می باشد. نتایج این تحقیق می تواند در زمینه مدلسازی آبهای زیرزمینی، چه در بخش تحقیقات و چه در بخش مطالعاتی مفید واقع شده و از هدر رفتن بیهوده زمان و هزینه جلوگیری کند.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی آبهای زیرزمینی، مدیریت، مدل مفهومی، کویر سیاه کوه، مدل ریاضی

مقدمه

افـزایش بـی رویـه جمعیت در سالهای اخیر، محدودیت منابع آبهای سطحی و در نتیجه فشار بیش از انـدازه به سفره‌های آب زیرزمینی باعث ببار آمدن خسـارات جـبران ناپذیـری بـه مـنابع طبیعی کشور، بخصـوص در سـالهای آیـنده خواهـد شـد. جهـت جلوگـیری از وقوع این فاجعه، مدیریت بهره برداری و حفاظـت از آبهای زیرزمینی می بایست بعنوان یک اصـل و پایه در برنامه ریزی های مملکت قرار گیرد. مدیریـت مـنابع آبهـای زیرزمینـی، نـیاز بـه شناخت

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد سفره در شرایط طبیعی، در وهله اول و سپس پیش بینی اثرات برداشت و یا تغذیه می باشد. بدون شک بهترین حالت شناخت رفتارهای یک سیستم سفره آبهای زیرزمینی، انجام یکسری تحقیقات طویل‌المدت برای هر منطقه خاص می‌باشد که با توجه به سقف محدود بودجه های تحقیقاتی عملاً امکان پذیر نیست. در این میان با ابزاری مانند شبیه سازها و یا مدلها می توان با دقت قابل قبولی شرایط مشابه آنچه در طبیعت وجود دارد را ایجاد کرد و به نتایج رضایتبخشی دست یافت . هدف از مدل ریاضی یک سفره آب زیرزمینی، شبیه سازی شرایط طبیعی سفره با استفاده از یکسری روابط ریاضی می باشد. در صورتیکه بتوان مدلسازی یک آبخوان را انجام و با شرایط طبیعی تطبیق داد، بسهولت می توان با تغییر در محل ، مقدار و زمان برداشت به بررسی عکس العمل سفره آب زیرزمینی پرداخت، خلقی (۱، ۲).

اولین گام در مدلسازی آبهای زیرزمینی ، تهیه مدل مفهومی آبخوان است. یک مدل مفهومی در واقع نمایانگر طبیعت سیستم آبهای زیرزمینی، ورودی و خروجی های آبخوان، شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی و ژئوتکتونیکی آن می باشد. طبیعاً مدل مفهومی می بایست براساس مطالعات پایه و کامل آبهای زیرزمینی منطقه انجام شود. (۵ ، ٤) .

مدل مفهومی معمولاً بصورت توصیفی و گرافیکی (نیمرخ زمین شناسی، شکل سه بعدی و یا دوبعدی) ارائه می‌شود، میدلمسین (۸)، ریلی (۹) ، خلقی (۱). مهمترین دستاوردهای تهیه مدل مفهومی در روند مدلسازی یک آبخوان، شناخت خصوصیات سفره آب زیرزمینی، انتخاب روش و مدل عددی مناسب براساس این خصوصیات و سهولت در تعیین شرائط مرزی صحیح در زمان تهیه مدل ریاضی می باشد.(۱، ٦، ۹) . بدین صورت که با توجه به مدل مفهومی، می‌توان به طور مثال اگر رژیم جریان متلاطم باشد معادلات مربوط به جریان متلاطم را درنظر گرفت و مدل ریاضی را براساس آن تهیه کرد. به عبارت دیگر، مدل مفهومی، قالب و چارچوب مدل ریاضی را پایه‌ریزی می‌کند.

یک مدل مفهومی با توجه به آنچه در طبیعت سفره رخ می دهد، مانند مؤلفه های جریان، فرآیند حمل مواد، مکانیسم حاکم بر محیط و خصوصیات طبیعی آبخوان، می بایست طوری تهیه شود که معرف کاملی از سیستم باشد مارسلی (۷) و اسپتیز و مورنو (۱۰). با توجه به اینکه در شبیه سازی، امکان بازسازی کامل سیستم وجود ندارد، و از طرف دیگر شناخت انسان نسبت به آنچه در طبیعت میگذرد، محدود است و همچنین عدم کامل بودن داده‌های هیدروژئولوژیکی،درتهیه‌مدل‌مفهومی‌فرضیات ساده‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

در نظر گرفته می‌شود. ضمن اینکه ساده‌نگری بیش از حد (Oversimplification) منجر به ببار آمدن نتایج منفی در روند تهیه مدل ریاضی و ساده‌نگری کمتر از حد معمولی(Under simplification)، باعث بالا رفتن هزینه مدلسازی و نیاز داده های بیشتر، در مرحله شروع مدلسازی و ایجاد مشکلات در مرحله تنظیم مدل (Calibration) می شود.

انتخاب یک مدل مفهومی مناسب و درجه ساده نگری در مورد هر منطقه خاص بستگی به اهداف مدل و داده های صحرائی دارد.

بر این اساس، برای ایجاد مدل مفهومی، ممکن است، بطور مثال در بعضی از مناطق متوسط سطح آب سفره و یا غلظت آب آبخوان بطور یکنواخت در نظر گرفته شود و یا در بعضی از مناطق سطح آب فقط مربوط به یک نقطه در مدل قرار گیرد، زنگ و بنت (۱۱). به همین ترتیب مقادیر تغذیه طبیعی سفره بصورت متوسط ماهانه، فصلی و سالانه، می تواند بکار گرفته شود. پمپاژ از چاههای بهره برداری با توجه به تعداد و پراکندگی آنها می تواند بطور یکنواخت در منطقه و یا نقطه ای برای دشت در نظر گرفته شود .

هدف از ارائه این مقاله، تهیه مدل مفهومی یک آبخوان بطور عام و تهیه مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه بطور خاص می باشد.

مواد و روشها

بطور کلی تهیه مدل مفهومی براساس مطالعات پایه آبهای زیرزمینی در حد تفصیلی و یا حداقل نیمه تفصیلی یک منطقه صورت میگیرد. بدیهی است بدون مطالعات پایه امکان تهیه مدل مفهومی وجود ندارد کمااینکه بدون تهیه مدل مفهومی نمیتوان شمای مناسب مدل ریاضی یک آبخوان را تهیه کرد. مراحل مختلف تهیه مدل مفهومی را می توان بصورت خلاصه در زیر ارائه کرد:

- تعیین محدوده مورد مطالعه و مرزهای هیدروژئولوژیکی ، نوع تشکیلات زمین شناسی آبخوان اعم ازهمگنی(Homogeneity)، و ناهمگنی (Heterogeneity)، تعیین ابعاد جریان، یک، دو و یا سه بعدی تعیین رژیم جریان، ورقه ای (Laminar) و یا متلاطم (Turbulent) ، تعیین خصوصیات چگالی آب ، بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی، تعیین شرائط اولیه در داخل محدوده مدل شامل مقدار سطح ایستابی آبخوان در ابتدای سال و ماه تعیین تغذیه و تخلیه طبیعی و یا مصنوعی داخل سفره و مرزها ، چه بصورت نقطه ای (چاه) و چه بصورت توزیعی (بارندگی، آبیاری) و خطی (بصورت رودخانه) و تهیه بیلان آب زیرزمینی برای هر منطقه، در صورتیکه بتوان این بیلان را بصورت منطقه ای در محدوده مدل ریاضی ارائه کرد، مرحله

www.SID.ir

Archive of SID

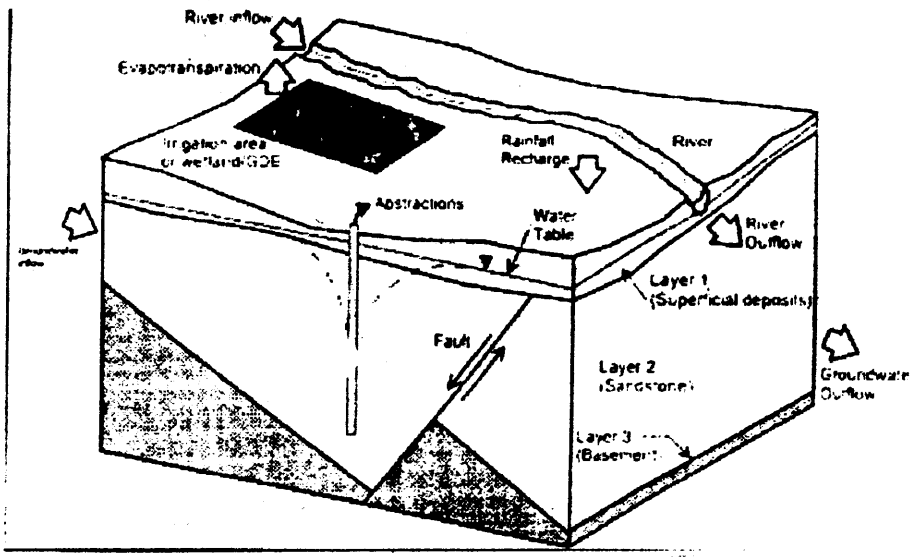
تنظیم مدل به مراتب سریعتر انجام خواهد شد .

بطور خلاصه موارد مهم در تهیه مدل مفهومی را می توان بصورت جدول ۱ خلاصه کرد.

مدل مفهومی معمولا" در شکل سه بعدی تهیه می‌شود و می توان بطور مثال، مدل مفهومی یک آبخوان را بصورت شکل ۱ ارائه کرد.

جدول ۱- مؤلفه های مدل مفهومی

مؤلفه	توضیحات	مثال
مرزها	محل و نوع مرزها در محدوده مدل	مرز با پتابسیل معلوم ، مرز با دبی معلوم و یا تلفیقی از این دو حالت
زمین شناسی	فرآیند زمین شناسی، لایه ها، سنگ کف، خصوصیات زمین شناسی سفره آبدار و حد وسط آبدار و خشک، آبخوان آزاد، آبخوان تحت فشار	واحدهای هیدرواستراتیگرافی سازندهای زمین شناسی منطقه، وجود گسل در منطقه
هیدروژئولوژیکی	فرآیند تغذیه و تخلیه سفره و مکانیسم جریان در آن	تعیین نوع محیط متخلخل یا درز و شکافدار و فرآیند تداخل رودخانه و سفره آب زیرزمینی
فاکتورهای متأثر از عملکرد انسان	اثراتی که انسان بر روی سفره میگذارد	پمپاژ ازچاهها، آبیاری، زهکشی، سدهای مخزنی و انحرافی، پخش سیلاب، تخلیه فاضلابها و ...



شکل ۱- نمونه ای از مدل مفهومی سه بعدی (۸)

www.SID.ir

Archive of SID

مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه

با توجه به آنچه بیان شد، برای تهیه مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه، مطالعات پایه آب زیرزمینی این منطقه در مدت زمانی بیش از ۲ سال انجام شد. برای تهیه مدل مفهومی، سفرهای متعدد به منطقه و تبادل نظر با کارشناسانی که سالها در امر مطالعات آبهای زیرزمینی این آبخوان فعالیت کرده‌اند ضروری بود تا حتی‌الامکان اینکار با حداقل خطا صورت گیرد. در زیر خلاصه ای از وضعیت سفره آب زیرزمینی سیاه کوه ارائه میشود(۳).

آبخوان اصلی دشت سیاه کوه بطور عمومی غربی- شرقی می باشد که از حدود کوههای میان دشتی پنج کوه بالا واقع در شمال غرب تا ایستگاه پاگنده در جنوب غرب و مهدی آباد و حوض آخوند در جنوب و شرق گسترش دارد. (جبهه خروجی این آبخوان در نهایت و در تمام نواحی، کفه سیاه کوه می‌باشد). عرض محدوده آبخوان متغیر است و در جبهه خروجی آب زیرزمینی یزد-اردکان، ۱۵ کیلومتر می باشد. طول آبخوان نیز حدود ٦۵ کیلومتر است. ضمن اینکه بهره برداری از آب سفره فقط در بخشی از آن صورت میگیرد. باتوجه به نتایج پیزومترهای دو سفره ای و بررسیهای میزان اختلاف افت سطح آب در طول دوره (۷۸-۱۳٦٦) و بخصوص عدم اختلاف میزان هدایت هیدرولیکی در عمقهای مختلف، و از طرف دیگر اطلاعات حفاریهای اکتشافی، می توان این آبخوان را از نوع آزاد دانست. بیشترین ضخامت لایه اشباع مربوط به خلیل‌آباد تا قسمتهای شمال روستای حسن آباد انارکی حدود ۲۱۰ متر می باشد. در شمال منطقه این مقدار کمتر است و در بخشهای میانی حدود ۱۵ متر متغیر است. مقدار ضریب قابلیت انتقال سفره در آبخوان سیاه کوه از ۵۰۰ تا ۲۲۰۰ مترمربع در روز متغیر است. در حاشیه‌های شمال شرق، شرق، جنوب و جنوبغربی مقدار این ضریب حداقل است و به سمت مرکز دشت بخصوص در غرب چاه افضل بصورت منحنی بسته ای با ۲۲۰۰ مترمربع در روز خود را نشان می دهد. باتوجه به وضعیت دانه بندی و مشخصات هیدرودینامیکی آبخوان آبدهی ویژه در سفره سیاه کوه برابر با ۱ درصد برآورد گردیده است. حداقل عمق برخورد آب در حاشیه کویر سیاه کوه حدود یک متر است ودر جهت پیشروی به کویر از عمق‌سطح‌آب کاسته شده و تا ۰/۵ متری نیز می‌رسد.

بطورکلی در سطح آبخوان سیاه کوه، سه جریان عمده آب زیرزمینی وجود دارد:

الف) جریان جنوب به شمال در ورودی آبخوان یزد- اردکان به سیاه کوه، ب) جریان جنوب غربی به شمال در حد فاصل ورودی آبخوان یزد- اردکان و ارتفاعات جنوبشرقی هفتادر، ج) جریان

www.SID.ir

Archive of SID

جنوب غرب به شمال شرق که تحت تأثیر مخروط افکنه هفتادر قرار دارد. این سه جریان پس از طی عرض آبخوان به کویر سیاه کوه منتهی می گردند. از نظر افت سطح آب زیرزمینی در مدت ٦ سال، ۷۷-۱۳۷۱، تغییراتی بین صفر تا ٤ متر مشاهده شده است. در ناحیه ورودی دشت یزد- اردکان بدلیل برداشت فوق العاده زیاد، اکثر چاهها بیش از ۳ متر افت داشته‌اند. در نواحی شرق آبخوان بدلیل محدودیت کیفی آب و برداشت کمتر و همچنین وجود منابع تغذیه کننده سطحی، اکثر چاهها کمتر از یک متر افت داشته اند. ضمن اینکه در غرب منطقه نیز چاهها دارای افت معادل یک متر در طی ٦ سال بوده اند. در منطقه سیاه کوه، ٥٦ حلقه چاه فعال شامل، ۲۵ حلقه عمیق و ۳۱ حلقه نیمه عمیق وجود دارد و در مجموع حدود ۱۰/۵ میلیون مترمکعب در سال از آبخوان برداشت می‌شود. آبدهی چاهااز ۲ تا ۵۰ لیتر در ثانیه متغیر است. ضمن اینکه عمق چاهها از ۱۵۰تا ۲۰۰ متر در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد. باتوجه به ورودی و خروجی آبهای زیرزمینی و مقادیر تغذیه و تخلیه طبیعی و برداشت از چاهها و تبخیر از سطح سفره (در شمال و نزدیک کویر)، آبخوان سیاه کوه دارای بیلان منفی به مقدار حدود یک میلیون متر مکعب در سال میباشد که با توجه به محدوده بیلان، ۳۰٦ کیلومتر مربع، دارای افتی معادل ۳۰ سانتی‌متر در سال در سطح آبخوان می باشد.

نتایج و بحث

با توجه به آنچه در مورد مدل مفهومی و در مورد آبخوان سیاه کوه ارائه گردید، مدل مفهومی سیاه کوه بر اساس موارد زیر تهیه گردید:

- آبخوان سیاه کوه با توجه به انواع آبخوانها از نظر ساختار زمین شناسی (آزاد – تحت فشار و نیمه تحت فشار)، از نوع سفره آزاد (unconfined) و یک لایه ای می باشد.
- سطح فوقانی سفره سیاه کوه در واقع همان سطح آزاد آب است که بصورت یک سطح تغذیه تبادل آب روی سفره جریانهای سطحی، بارندگی و یا آبهای راکد را انجام میدهد.
- سطح تحتانی سفره یک سطح غیر قابل نفوذ است و در نتیجه تبادلی از کف سیستم مزبور با سایر آبخوانها وجود ندارد.
- از نظر شرائط مرزی، با توجه به اینکه سفره مذکور جزئی از آبخوان یزد – اردکان است، مرز غیرقابل نفوذ در چهار طرف محدوده آبخوان سیاه کوه وجود ندارد. با توجه به خطوط جریان که در جهت جنوب به شمال است، میتوان مرزهای غربی و شرقی را مرز با آبدهی صفر در نظر گرفت در مرزهای جنوبی (ورودی به سیستم) و شمالی (خروجی از سیستم) را مرز با آبدهی معلوم فرض کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

- با توجه به خصوصیات زمین شناسی منطقه، سفره سیاه کوه از نوع غیرهمگن(Heterogeneous) می‌باشد.
- گرچه در طبیعت محیط متخلخل بصورت سه بعدی می باشد (طول x، عرض y و ارتفاع z)، ولی بعلت فرض افقی بودن حرکت آب در سفره آب زیرزمینی و عدم وجود داده ها و ضرائب هیدرودینامیکی سفره در محور ارتفاعی z ، مدل ریاضی آبخوان سیاه کوه می تواند بصورت دو بعدی تهیه شود.
- برای مقدار شرایط اولیه، باتوجه به بیلان آبهای زیرزمینی برای سالهای آبی ۷۴-۱۳۷۳، از آمار ماهانه و سالانه سطح آب زیرزمینی در این سال در می‌توان استفاده نمود.
- ضرائب هیدرودینامیکی باتوجه به وجود چاههای اکتشافی در منطقه و نقشه های هم قابلیت انتقال آب مشخص است.
- از بین رژیم های مختلف جریان از قبیل ورقه ای، متلاطم و بینابینی، باتوجه به تشکیلات آبرفتی و خلل و فرج دار و همچنین شیب هیدرولیکی موجود در محیط اشباع آبخوان سیاه کوه، رژیم جریان ورقه ای (Laminar) در نظر گرفته می شود. لذا شمای مدل ریاضی، را می توان براساس قانون دارسی تهیه کرد.

باتوجه به موارد فوق، مدل مفهومی آبخوان سیاه کوه در مقیاس دو بعدی بصورت نقشه شماره ۱ تهیه می گردد. متذکر می شود تهیه مدل مفهومی در مقیاس سه بعدی باتوجه به عدم شناخت دقیق از وجود گسل و عدم داده های ژئوفیزیک امکان پذیر نمی باشد.

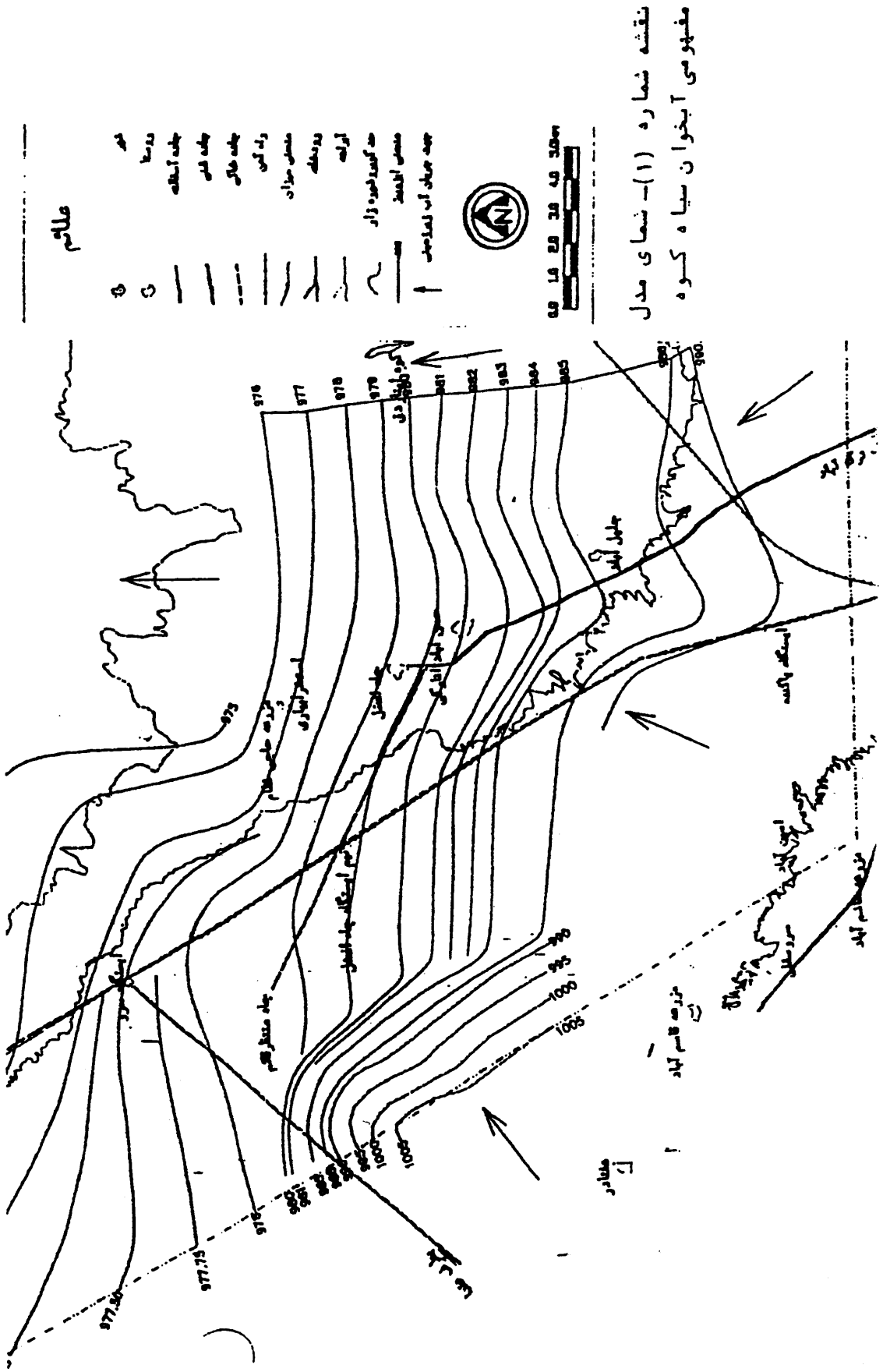
همانطوریکه این نقشه نشان می دهد، کلیه جریانها به سمت کویر سیاه کوه می‌باشد. ضمن اینکه در بعضی مناطق شیب هیدرولیکی بیشتر است. با این اطلاعات پیشنهاد می‌شود در محلهایی با شیب هیدرولیکی زیاد، در خروجی سفره و بخصوص در نزدیک کویر بهره‌برداری صورت نگیرد. در ورودی به آبخوان سیاه کوه که خروجی آبخوان یزد- اردکان می باشد، باتوجه به مدل مفهومی، هر گونه برداشت جدید می تواند بر میزان بهره برداری از چاههای دشت بالادست (یزد- اردکان) تأثیر بگذارد. باتوجه به مدل مفهومی سیاه کوه می توان شمای مدل ریاضی را باتوجه به شرایط مرزی مشخص شده، نوع جریان ورقه‌ای و ورودی‌ها و خروجی‌های زیرزمینی و با وجود ضرائب هیدرودینامیکی تهیه کرد.

سپاسگزاری

از آقای مهندس هخامنش کارشناس ارشد و با تجربه آبهای زیرزمینی که نظرات سودمندشان در تهیه مدل مفهومی، مؤلف را یاری نموده، تشکر و قدردانی می شود.

www.SID.ir

Archive of SID



www.SID.ir

Archive of SID

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱. خلقی، م. ۱۳۸۰. مدلهای ریاضی در جریان آبهای زیرزمینی از تئوری تا کاربرد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.

۲. خلقی، م. ۱۳۷۸. مدلهای ریاضی در مدیریت آبهای زیرزمینی. کنفرانس در سازمان تماب و سازمان آب منطقه ای خراسان- اسفندماه .

۳. سازمان آب منطقه ای یزد. مطالعات منابع آب سیاه کوه- ۱۳۷۸.

4. ASTM (1996)– Standard guide For Sub–Surface Flow and transport Modeling D,5880.
5. Anderson and Woessner, (1992), Applied groundwater modeling Academic Press, 381 PP .
6. L.Franke, T.E.Reilly and G.D. Bennett (1987). Definition of boundary and initial conditions in the analysis of saturated groundwater. U.S.G.S. Publication. 22pp.
7. G.d. Marsily (1987) Quantitative Hydrogeology. Academic Press. 440pp.
8. Middlemis, (2000)– Groundwater Flow modeling guideline, Murray– Darling Basin Comission – Australia.
9. T.E.Reilly (1997). System and boundary conceptualization in groundwater flow simulation. U.S.G.S. Publication. 37pp.
10. Spitz and Moreno, (1996), A practical guide to groundwater and Solute transport Modeling, John Wiley 472 PP.
11. Zheng and Bennett, (1995), Applied Contaminant transport modeling, theory and practice. Van Nostrand Reinhold. 440, P.

www.SID.ir

Archive of SID

A Conceptual Model of Siahkouh Aquifer

M. KHOLGHI
Assistant Professor, Irrigation Dept., Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran
Received June, 15, 2002

ABSTRACT

Siahkouh desert as a collector of surface and groundwater flow in central Iran is located in North of Yazd. Due to limited surface water, the groundwater is used as a principle source for agricultural purposes. In recent years, due to an overexploitation, the water level of Siahkouh aquifer has been highly lowered. A sustainable management of this aquifer, requires a good knowledge of the underground system as well as the inflow-outflow process. In this case, a groundwater mathematical model can be helpful for the management. As a first step in modeling procedure, the conceptual model must be provided. In most cases of groundwater modeling in Iran, this step is ignored, and therefore, the researchers come up whit unreal results. The objective in this study, is firstly to design a general conceptual model of such system and secondly to develop it for the case of Siahkouh aquifer.

Key words: Conceptual model, Management, Groundwater modeling, Siahkouh aquifer.

www.SID.ir