Archive of SID

بکارگیری مدل MODFLOW در مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و ارزیابی عملکرد طرح آبخوانداری سرچاهان در استان هرمزگان

*سعید چوپانی[۱]، حسین حسینی پور [۲]، حسین رستگار [۳]، محمود بقایی[۴]
۱-عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان
s_choopani@yahoo.com
۲ -عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان
۴ و ۵ -کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزکان

چکیده

آبخوان داری یکی از روش های مهم تغذیه مصنوعی در آبخوان های غیر محصور است، که دارای بیش از ۲۰ ایستگاه تحقیقاتی در سطح کشور می باشد. ایستگاه آبخوان داری سرچاهان یکی از این ایستگاه ها است که بی شک بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی تاثیر گذار بوده و در توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی منطقه طرح، مفید می‌باشد. لذا بررسی مستمر این اثرگذاری به منظور ارائه راهکارهای مناسب اجرایی و مدیریتی این قبیل طرح اجراها در منطقه ضروری بوده و می تواند ما را در راه رسیدن به این اهداف کمک نماید. در این تحقیق، به منظور ارزیابی تغذیه مصنوعی و طبیعی سفره آب زیرزمینی دشت سرچاهان در استان هرمزگان و پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت مذکور، از مدل آبهای زیرزمینی Modflow استفاده شد. برای شناخت خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان، از اطلاعات لاگهای حفاری، آمار منابع آبی، اطلاعات چاههای مشاهده ای و آزمایشات پمپاژ استفاده شده است. با رسم هیدرو گراف واحد دشت، مهر ماه ۱۳۸۳ به علت نوسانات کمتر در تراز آب زیرزمینی، برای واسنجی در حالت ماندگار مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل در حالت ماندگار، مبنای واسنجی در حالت غیر ماندگار قرار گرفت. در این تحقیق سفره آب زیرزمینی دشت سرچاهان از سال آبی ۱۳۸۴-۱۳۸۳ الی ۱۳۸۸- ۱۳۸۷ به مدت ۵ سال در ۱۰ دوره زمانی مورد واسنجی قرار گرفت. صحت سنجی مدل از مهرماه ۱۳۸۸ لغایت شهریور ماه ۱۳۸۹ بیانگر مقبولیت مدل اجرا شده است. لذا می توان از مدل فوق برای پیش بینی وضعیت آینده و مدیریت آبخوان استفاده نمود. نتایج مدل آب‌های زیرزمینی بیانگر آن است که عرصه های پخش سیلاب سرچاهان در دوره آبی ۱۳۸۳ الی ۱۳۸۹، به طور متوسط باعث تغذیه آبخوان به میزان ۳/۵۸ میلیون متر مکعب در سال شده است، که این مقدار می‌تواند ۰/۲۵ متر از افت متوسط سالانه سفره (۰/۵۳متر) را جبران نماید. یعنی با وجود عملیات پخش سیلاب طی سال های آتی، سفره آب زیرزمینی مذکور همچنان با افت سطح ایستابی مواجه خواهد بود.

کلید واژه‌ها: ارزیابی پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، مدل آب زیرزمینی، شبیه سازی، دشت سرچاهان، ایران.

مقدمه

بهره برداری از منابع آب زیرزمینی باعث ایجاد تغییراتی در سفره آب زیرزمینی می شود که برای مدیریت سفره، بایستی روند این تغییرات و اثرات ناشی از آن را در حال و آینده مورد بررسی قرار داد. بطور کلی در اکثر بررسی های

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبط با علوم زمین و از آن جمله بررسی منابع آب زیرزمینی، عوامل طبیعی و مصنوعی فراوانی وجود دارندکه محاسبات هیدروژئولوژی آنها یا به طور دقیق میسر نیست و یا خطاهایی در آن وجود دارد.

مدل وسیله‌ای مناسب و معتبر برای مطالعه و بررسی منابع آب زیرزمینی است. از مدل برای کنترل نتایج بیلان، تخمین پارامترهای هیدروژئولوژی، پیش بینی وضعیت آینده این منابع، تعیین نقاط ضعف و قوت این منابع و مواردی دیگر استفاده می شود. مدل‌های آبهای زیرزمینی اگر به نحو مطلوبی تنظیم یافته و ساخته شده باشند، می‌توانند به عنوان وسیله ای قابل قبول برای پیش بینی های لازم جهت مدیریت بهره برداری از منابع زیرزمینی در نظر گرفته شوند.

از اولین مدلسازی هایی که می توان به آن اشاره نمود به سال ۱۹۴۴ یعنی نزدیک به ۷۰ سال پیش می رسد. در این سال لورنبرگ (Lurenberg) روشی برای شبیه سازی مسئله حقیقی غیر خطی در روش حداقل مربعات را استفاده نمود. نمونه مذکور از قدیمی ترین کاربردهای مدلسازی در علم هیدروژئولوژی است [۱۰].

میراب زاده (۲۰۰۶)، کاربرد برنامه ریزی پویا در مدلهای ریاضی دو بعدی انتقال محلول و پراکندگی را مورد بررسی قرار داده است. ایشان دقت و صحت نتایج حاصل از مدل را با روش های تحلیلی مقایسه و نتیجه گیری کرد که در تمام مراحل، مدل نتایج خوب و با دقت کافی را ارائه می دهد[۱۲].

- تود (Todd) و همکاران(۲۰۰۱)، عبدالغنی و همکاران (۲۰۰۳) به ترتیب شبیه سازی آب زیرزمینی حوزه رودخانه Duwamish، آبخوان تامین کننده آب شرب شهر Strugeon Bay در ویسکون امریکا و آبخوان شهر موصل در عراق را با نرم افزار Modflow انجام دادند[۱۰].

مدلسازی در ایران اولین بار در سال ۱۹۶۲ با شبیه سازی دشت ورامین آغاز شد. در سال ۱۹۷۲ میراب زاده کاربرد برنامه نویسی پویا در مدل های ریاضی و هیدرولوژیکی را مورد بررسی قرار داد. در سال ۱۹۷۵ شرکت مهندسی آب کاو مطالعات منابع آب حوزه رودخانه کر را توسط مدل های ریاضی انجام داد. پس از آن در ۱۹۷۶ مهندسی آب و خاک تهران پروژه کرمانشاه _غرب شاه آباد را توسط مدل های ریاضی مطالعه کردند[۱۰].

میرعباسی نجف‌آبادی و رهنما (۱۳۸۶) به شبیه‌سازی آبخوان دشت سیرجان و بررسی اثرات احداث سد تنگوئیه روی آن با استفاده از نرم‌افزار MODFLOW پرداختند. آن‌ها واسنجی مدل را برای یک دوره ۹ ساله (۱۳۸۳-۱۳۷۴) و با استفاده از کد PEST انجام دادند و مشخص کردند که احداث این سد موجب کاهش تغذیه آبخوان دشت سیرجان توسط رودخانه و در نتیجه افت سطح ایستابی گردیده است[۸].

بندانی و اژدری‌مقدم (۱۳۸۶) به بررسی اثرات احداث سد گلوگاه روی آبخوان شورو، در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نرم‌افزار MODFLOW پرداختند. واسنجی مدل برای شرایط ناپایدار به مدت یک سال (اسفند ۱۳۸۱ تا اسفند ۱۳۸۲) انجام شد. نتایج نشان داد که تغذیه مصنوعی باید در دو حوضچه شرقی و جنوبی انجام شود تا اثرات مخرب افت بیش از حد سطح آب را در دشت کاهش دهد[۲].

پورجنایی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل ریاضی MODFLOW به ارزیابی پروژه تغذیه مصنوعی دشت سرزه رضوان در استان هرمزگان پرداخت. وی با استفاده از مدل سازی آبخوان، مقدار تخلیه و تغذیه طبیعی و همچنین حجم آب تغذیه شده توسط سیستم تغذیه مصنوعی را برآورد نموده است[۳].

صادقی گوغری (۱۳۹۲) با استفاده از مدل ریاضی MODFLOW تاثیر سد خاکی لاور فین در استان هرمزگان را مورد بررسی قرار داده است. نتایج حاصل از مدل نشان داد که سد خاکی لاور به طور متوسط، سالانه باعث افزایش سطح تراز آب زیرزمینی آبخوان به میزان ۰/۷۸ متر شده است [۷].

اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۴) به پیش‌بینی عملکرد بهینه آبخوان دشت برخوار به روش شبیه‌سازی-بهینه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار MODFLOW پرداختند. در این مطالعه با تقسیم محدوده مورد مطالعه به چهار واحد ژئوهیدرولوژیک و استفاده از کد کامپیوتری PEST واسنجی مدل صورت گرفت. به منظور ارائه یک راهکار عملی برای

www.SID.ir

Archive of SID

بهبود وضعیت آبخوان گزینه کنترل بهره‌برداری آبخوان با اعمال کاهش ۳۰ درصد دبی تخلیه چاه‌های بهره‌برداری بررسی گردید. همچنین با توسعه یک مدل بهینه‌سازی و اعمال محدودیت‌های لازم در نقاط بحرانی منطقه و همچنین انتقال آب از نقاط دیگر منطقه روند افت آب در حد قابل قبولی (کمتر از ۱۰ متر تا سال ۱۳۹۰) قابل کنترل به نظر رسید[۱].

چیت‌سازان و ساعت‌ساز (۱۳۸۴) جهت بررسی گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب دشت رامهرمز به مدل‌سازی آبخوان با استفاده از MODFLOW پرداختند. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل نهایتا" گزینه‌های مختلف مدیریتی شامل ادامه روند کنونی برداشت، توسعه آبخوان با حفر چاه‌های جدید، تأثیر زهکش‌ها در مناطق زه‌دار و بررسی عملکرد آبخوان با انجام عمل انتقال آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد با ادامه روند کنونی بهره‌برداری، چنانچه میزان تغذیه و تخلیه آبخوان برابر متوسط ۳۰ ساله دشت باشد، باعث می‌شود هیدروگراف واحد آبخوان از مهر ۱۳۸۰ تا مهر ۱۳۸۳ حدود ۰/۸۸ متر صعود نماید که این امر مشکلات ناشی از بالاآمدگی را تشدید خواهد نمود. بنابراین گزینه مذکور گزینه مناسبی نخواهد بود. اما حفر چاه‌های بهره‌برداری در مناطق شرقی و مرکزی و اعمال زهکشی در شمال و جنوب دشت گزینه مناسبی برای استفاده توأم منابع آب سطحی و زیرزمینی خواهد بود[۴].

فضل اولی (۱۳۸۵)، به بررسی اثرات پخش سیلاب بر سفره آب زیر زمینی دشت موسیان واقع در استان ایلام با استفاده از مدل عددی سه بعدی پرداخته است . بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، اثر پروژه پخش سیلاب مثبت ارزیابی شده است. ضمنا نتیجه گیری شده که بین تغییرات سطح آب شبیه سازی شده و اندازه گیری شده همبستگی بالایی (۹۹٪= R^2) وجود دارد[۵].

باکر و همکاران (۲۰۰۸) اقدام به توسعه روشی برای کالیبره نمودن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان برای سیستم‌های خطی نمودند .این روش بر اساس سری زمانی پارامترهای ورودی به مدل عمل کرده و تابع پاسخ متناسب با هر پارامتر را در هر چاه مشاهده ای در قالب معادلاتی برای شرایط پایدار و ناپایدار ارائه می نماید .این معادلات که با معادلات دیفرانسیلی آب زیرزمینی در شرایط پایدار و ناپایدار هم خوانی دارد در دو مرحله اقدام به کالیبره نمودن ضرایب هیدرودینامیکی می نماید .نتایج استفاده از این روش برای نمونه های متعدد نشان می دهد که روش پیشنهادی عمدتاً برای شرایط پایدار مناسب است[۱۳].

بررسی های به عمل توسط چوپانی (۲۰۰۰)، نشان داده است که منطقه پخش سیلاب سرچاهان مهمترین محدوده تغذیه دشت فوق بوده و ضریب قابلیت انتقال آن ۱/۵ برابر بیشتر از سایرمناطق تغذیه ای می باشد[۱۱].

مسئله‌ای که باید در استفاده از این مدل‌ها در نظرداشت این است که مدل بر اساس مفروضات گوناگونی در ارتباط با سیستم واقعی است. پارامترهای هیدروژئولوژیک و هیدرولوژیک مورد استفاده در مدل، تقریبی از پارامترهای واقعی روی زمین هستند که هرگز نمی‌توان آنها را با دقت ۱۰۰ درصد تعیین کرد. بنابراین ضروری است که هر نوع مدل آب زیرزمینی تفسیر شود و بطور مناسبی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین محدودیت های مدل نیز باید درک شود.

به هر حال پی بردن به ابعاد مشکلات منابع آب و پیش بینی وضعیت آینده آبخوان با توجه به میزان برداشت فعلی امری ضروری است. که برای دستیابی به این منظور مدل وسیله مناسبی برای ارزیابی فعلی و بررسی وضعیت آینده منابع آب زیرزمینی می باشد.

محققان علوم آب هزینه پروژه‌های سدسازی و تغذیه مصنوعی را در جهان مطالعه نموده و با رسم منحنی‌های لگاریتمی هزینه‌ها در مقابل حجم رواناب قابل ذخیره به این نتیجه رسیده‌اند که برای حجم‌های کم‌تر از ۳۰ میلیون متر مکعب اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی از نظر اقتصادی باصرفه‌تر از سدسازی است (بیز و همکاران، ۱۹۷۲[1]). در کشور ما نیز همه ساله هزینه‌های زیادی صرف احداث پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب می‌گردد. بررسی و ارزیابی اثرات

[1]-Bize

www.SID.ir

Archive of SID

کمی این طرح‌ها روی سفره‌های آب زیرزمینی از اهمیت خاصی برخوردار است تا در صورت مثبت بودن نتایج بر آبخوان، اجرای این طرح‌ها افزایش یابد. عدم آگاهی از عملکرد کمی یک طرح تغذیه مصنوعی احداث شده می‌تواند سبب هدررفت هزینه‌های زیادی گردد. همچنین عدم آگاهی از میزان آب تغذیه شده سبب عدم تنظیم صحیح میزان مصرف آب جهت برنامه‌ریزی‌های آبی خواهد شد.

بنابراین اولین هدف این مطالعه شبیه‌سازی آبخوان دشت سرچاهان با استفاده از مدل ریاضی و سپس تعیین میزان تغذیه آبخوان در محدوده اجرای طرح پخش سیلاب با استفاده از مدل ساخته شده و در نهایت ارزیابی کمی عملکرد طرح پخش سیلاب می‌باشد. هدف دیگر این مطالعه ارزیابی تطابق مدل ریاضی با شرایط طبیعی آبخوان است تا مشخص گردد که آیا در این آبخوان مدل ریاضی می‌تواند جهت کمک به مدیریت آبخوان به کار رود یا خیر. برای مطالعه حاضر اهداف مهم دیگری نیز در نظر گرفته شده که از اهمیت خاصی برخوردارند. این اهداف عبارتند از:

۱- بهینه‌سازی برخی پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان مثل هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه

۲- پیش‌بینی وضعیت آتی آبخوان طی چند سال آینده جهت کمک به مدیریت آبخوان

۳- تعیین مناطق بحرانی و حساس آبخوان به منظور کنترل جدی برداشت غیرمجاز

کلیه اهداف این مطالعه مستلزم شناخت دقیقی از آب‌های زیرزمینی و ساخت یک مدل صحیح می‌باشد.

در مطالعه فوق علاوه بر استفاده از داده‌های آماری ثبت شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان، ۵ حلقه چاه اکتشافی و مشاهده‌ای در محدوده سیستم پخش سیلاب حفر گردید و طی ۵ سال اجرای طرح، ارتفاع سطح آب در شرایط عادی به صورت ماهانه و بعد از بارندگی، هر ۵ روز یکبار تا دو ماه با یک دستگاه عمق یاب بطور دقیق اندازه گیری و ثبت شد. این مهم توانست با برداشت داده ها مطمئن، کارایی مدل را در حد بسیار بالایی به اثبات برساند. چنانکه صحت سنجی مدل از ضریب رگرسیون بسیار بالایی بین داده های مشاهداتی و محاسباتی برخوردار بود.

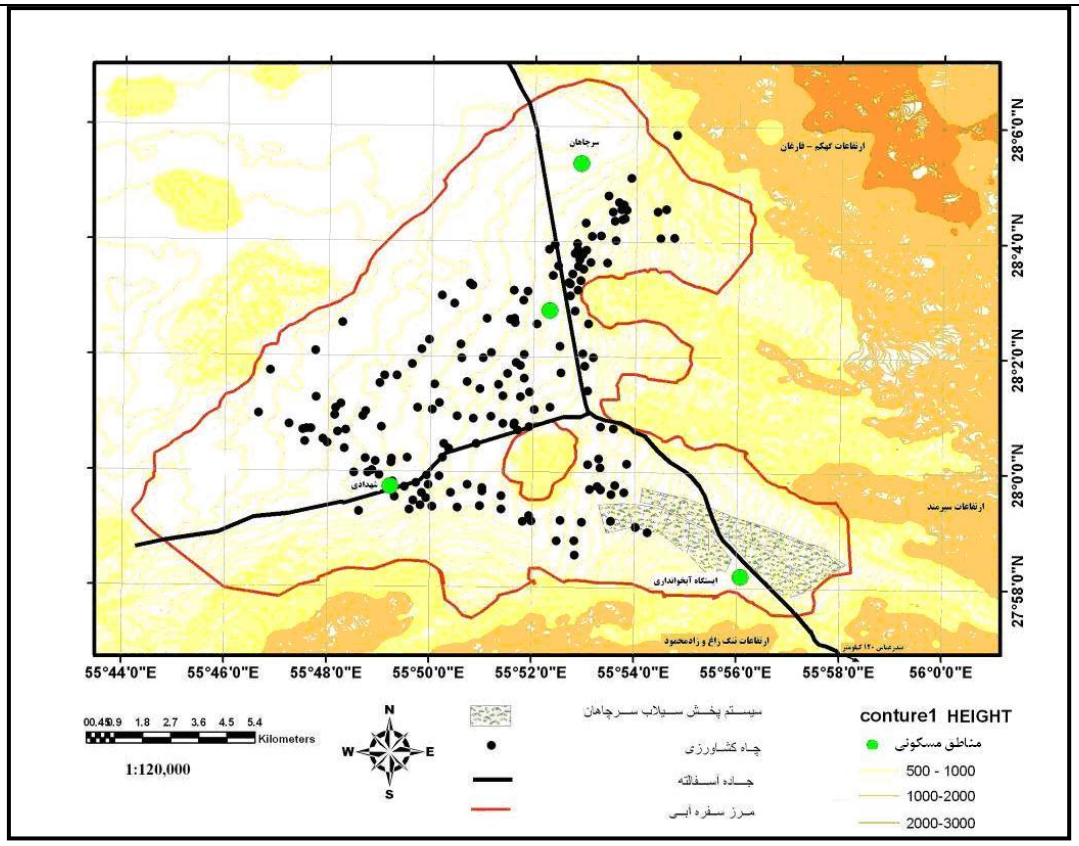
مواد و روش ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۱۲۰ کیلومتری شمال بندرعباس، در استان هرمزگان و در مسیر جاده اصلی بندرعباس سیرجان قرار دارد. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در بین طول جغرافیایی ´۳۵ ،°۵۵ تا ´۵ ،°۵۶ طول شرقی و ´۲ ،°۲۷ تا ´۲ ،°۲۸ عرض شمالی واقع شده است (شکل۱). معدل بارندگی این منطقه طبق اطلاعات ۲۵ ساله (سال آبی ۶۴-۶۳ الی ۸۸-۸۷) ایستگاه سرچاهان ۱۹۱ میلیمتر می باشد. بارندگی ها بیشتر در فصل زمستان وتا حدودی در فصل بهار می بارد و از شدت بالایی برخوردار است. منطقه مورد مطالعه دارای تابستانهای گرم و زمستانهای معتدل می باشد. حداقل دما در ماههای بهمن و اسفند در حدود ۱ درجه سانتی گراد است. حداکثر دما ۴۷ درجه سانتی گراد در ماههای تیر و مرداد و متوسط دمای سالانه ۲۴ درجه سانتی گراد می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۱: موقعیت آبخوان سرچاهان

زمین شناسی عمومی و تکنوتیک منطقه

منطقه مورد مطالعه در محل روراندگی اصلی زاگرس واقع شده که بدلیل عملکرد گسلهای تراستی، چین‌هایی در ارتباط با گسلها تشکیل شده است. از جمله می توان به چین‌های حاصل از خمیدگی گسل، چین‌های حاصل از توسعه گسل و همچنین انفصالی اشاره نمود. منطقه مورد مطالعه دارای طیف گسترده ای از نظر زمین‌شناسی ساختمانی و چینه ای می باشد. به طوری که تشکیلات زمین شناسی منطقه مورد نظر از پرکامبرین تا کواترنری گسترش زمانی دارند.

قدیم ترین سازند موجود در منطقه سازند نمکی هرمز است که با رخنمون در سطح لایه های خود را جابجا و خرد نموده و رسوبات دورانهای مختلف را در سطح ظاهر ساخته است. رسوبات دورانهای اول و دوم در سطوح نه چندان وسیع در ارتفاعات شمالی و شرقی حوزه آبریز منطقه مورد مطالعه گسترش دارند.

رسوبات دوران سوم بیشتر در حاشیه دشت سرچاهان و در بخش شرقی، جنوب و جنوب شرقی منطقه مشاهده می‌گردد. رسوبات ائوسن جهرم پوشش خارجی طاقدیسهای شمالی، جنوبی و جنوب شرقی را در سطح نسبتاً وسیع‌تر تشکیل داده اند. رسوبات کنگلومرایی دوران چهارم با سن پلیو ـ پلیستوسن بنام تشکیلات کنگلومرای بختیاری که معرف فازآلپین پسین و چین خوردگی زاگرس در پلیوسن می باشد با گسترش قابل توجهی درون دره‌ها و حاشیه دشتها را پوشانده است. این تشکیلات توسط رسوبات کواترنری که سفره آب زیرزمینی دشت مذکور را تشکیل می دهد پوشیده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه نقشه های مورد نیاز به صورت رقومی

ابتدا مرز آبخوان مورد نظر با استفاده از عکسهای هوایی, عملیات صحرایی و تصاویر ماهواره ای، به صورت رقومی در محیط نرم افزار Ilwis تهیه گردید. برای این منظور از عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. سپس کلیه نقشه های مورد نیاز با توجه به نقشه مرز آبخوان به صورت رقومی در محیط مذکور به صورت لایه های اطلاعاتی جداگانه ای تهیه شد. جهت تهیه نقشه توپوگرافی سطح آبخوان از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ با فاصله ارتفاعی ۵ متر استفاده گردید. سپس نقشه DEM فوق تهیه و مستقیما به مدل فراخوانی شد. ارتفاع سنگ کف آبخوان نیز با توجه به نتایج برداشت های ژئوفیزیکی، مقاطع ترسیم شده، موقعیت گمانه های ژئوالکتریک و با استفاده از نقشه های ارتفاعی رقومی (با توجه به ارتفاع رقوم سطحی و کف در مقاطع ژئوالکتریک و عمق مشاهده شده در چاههای اکتشافی) از سطح دریا در محل هر گمانه بدست آمد. سپس با استفاده از روش دورن یابی کریجینگ و با استفاده از نرم افزار سورفر، اقدام به تهیه نقشه سنگ کف گردید. سپس نقشه ارتفاع سنگ کف از سطح دریا مستقیما در مدل مورد استفاده قرار گرفت. سطح پیزومتری ثبت شده توسط شرکت آب منطقه ای در ۱۱ حلقه چاه‌های پیزومتری، از مهر ماه ۱۳۸۳ تا شهریور ماه ۱۳۸۹ و سطح پیزومتری ثبت شده در ۴ حلقه چاه پیزومتری و اکتشافی حفرشده در عرصه طرح در زمان اجرای طرح تحقیقاتی برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت.

ساختار مدل

در طراحی مدل اولین مرحله تعیین ابعاد سلولها است . در این تحقیق ابعاد سلولها ۱۵۰*۱۵۰ متر در نظر گرفته شده اند (شکل۲). هرچه تعداد سلول ها بیشتر باشد (ابعادکوچکتری داشته باشند) دقت محاسبات افزایش می یابد. اما انتخاب ابعاد سلولها به دوعامل وسعت سفره آبی و محدودیت تعداد سلول ها در مدل بستگی دارد.

شرایط مرزی

تعیین شرایط مرزی یک مرحله بسیار مهم در طراحی مدل می باشد. در حقیقت در شبیه سازی در شرایط یکنواخت (Steady State) مرزها کاملا بر اساس شکل جریان تعیین می شوند . در این تحقیق مرزها بصورت زیر مشخص شده اند(شکل۲).

۱- در قسمتهای شمالی و جنوبی و شرقی مرزهای فاقد جریان[۲]

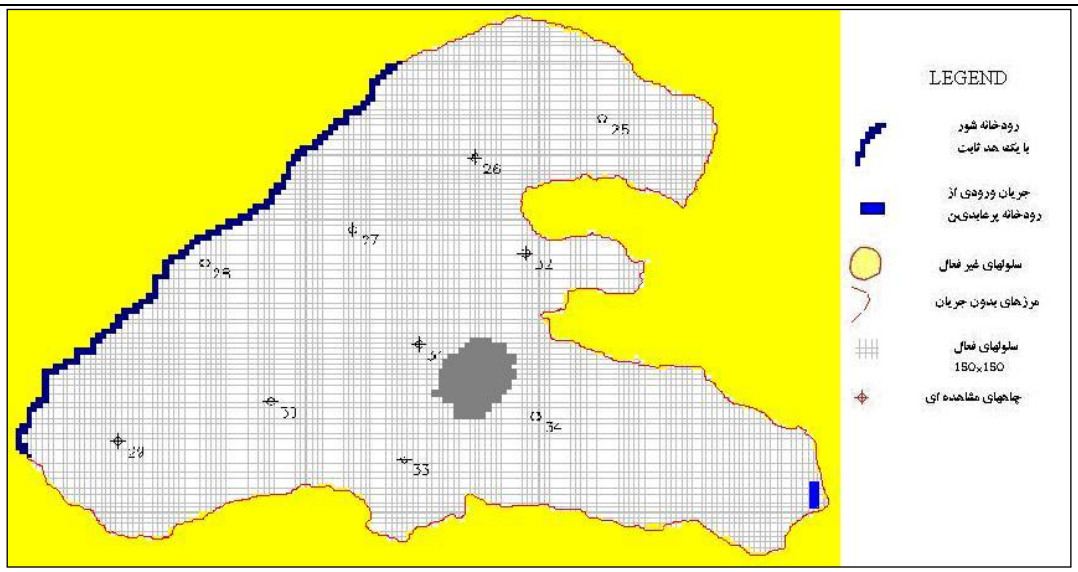
۲- در قسمت غربی, رودخانه شور بعنوان مرز با ارتفاع ثابت[۳] در نظر گرفته شده است .

۳-ورودی از جریان پایه رودخانه پرعابدین بصورت یک جریان ثابت در شرقی ترین قسمت حوزه در نظر گرفته شده است.

[2]- No Flow Boundary
[3] - Constant Head

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۲: شرایط مرزی سفره و ساختمان مدل

واسنجی مدل

ابتدا مدل فوق در شرایط ماندگار برای مهرماه سال ۱۳۸۳ اجرا و میزان هدایت هیدرولیکی با استفاده از کد Pest تخمین زده شد. در معادله حاکم بر آبخوان برای حالت غیر ماندگار ضریب ذخیره نیز اعمال اثر می‌نماید. پس از آنکه واسنجی مدل در حالت ماندگار انجام شد و پارامتر هدایت هیدرولیکی مشخص گردید می‌توان مدل را برای شرایط غیرماندگار واسنجی نمود. با توجه به اینکه میزان تغذیه آبخوان و آبدهی ویژه مجهول می‌باشند. پس ابتدا مدل برای ماههای مهر، آبان و آذر ۱۳۸۳ که میزان تغذیه و تخلیه آبخوان تقریباً در تعادل بودند، واسنجی شد و پارامتر آبدهی ویژه توسط کد Pest تخمین زده شد.

برای انجام محاسبات در مدل آبهای زیرزمینی، نخست باید کل زمان مورد مطالعه (t)را به اجزای کوچک تر (Δt) تقسیم کرد. هر چه Δt کوچک تر باشد، دقت محاسبات بیشتر می‌شود، اما حجم محاسبات نیز زیادتر خواهد شد. معمولا برای مدل آبهای زیرزمینی، Δt را بین ۳ تا ۶ ماه در نظر می گیرند[۱۲].

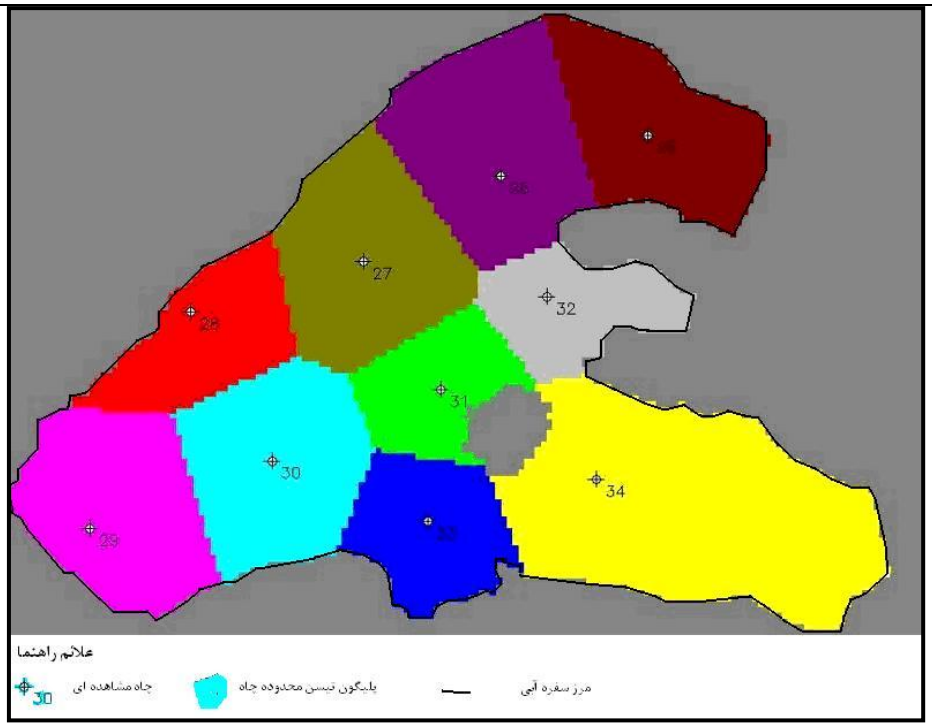
در این تحقیق هر دوره تنش معادل یک دوره زمانی انتخاب شد و هرسال به دو دوره تنش ۶ ماهه تقسیم گردید. به این ترتیب که دوره اول از اول مهر ماه تا پایان اسفند ماه و دوره تنش دوم از اول فروردین ماه تا آخر شهریور ماه سال بعد در نظر گرفته شد. علت این تقسیم و انتخاب دوره های مذکور بررسی هیدروگراف واحد دشت و بررسی های هیدروژئولوژی در دشت مذکور بوده است. زمان شبیه سازی ۵ سال تمام از مهر ماه ۱۳۸۳ تا پایان شهریور ماه ۱۳۸۸ در نظر گرفته شد که به ۱۰ دوره ۶ ماهه با گامهای زمانی یک ماهه تقسیم شده است.

جهت ورود میزان تخلیه، ابتدا اقدام به تهیه نقشه پلیگون تیسن چاههای پیزومتری (شکل۳)گردید. برای این منظور از اطلاعات ۱۰ حلقه چاه مشاهده‌ای که در محدوده تخلیه قرار دارند، استفاده گردید. سپس بر اساس آمار و اطلاعات شرکت آب منطقه ای استان هرمزگان و تعداد چاه های موجود در هر پلیگون، میزان تخلیه برای هر سلول انتخاب و در طول کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت.

میزان تغذیه برای هریک از محدوده های ده‌گانه با استفاده از بسته Recharge، با حدس اولیه ۰/۰۰۰۱ متر بر روز برای مدل تعریف و میزان تغذیه در پریود های مختلف به وسیله کد PEST تخمین زده شد.

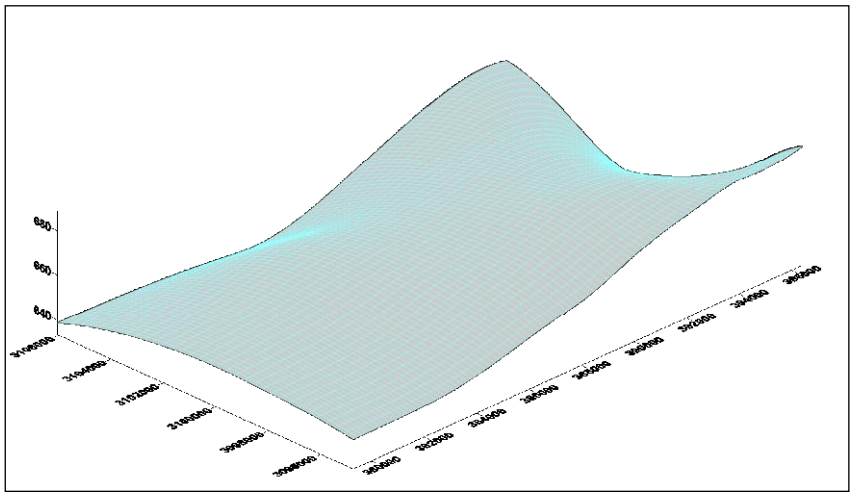
www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۳: نقشه پلیگون تیسن چاههای مشاهده ای در دشت سرچاهان

یکی از شرایط حل معادلات دیفرانسیل جزئی در آب زیرزمینی وجود شرایط اولیه است تا مدل بتواند به وسیله اعداد و ارقام آن از یک نقطه محاسبات را شروع کرده و ادامه دهد. شرایط اولیه از نظر مکانی و زمانی در مدلسازی لازم است. سطح ایستابی مهر ماه سال۱۳۸۳به عنوان بار هیدرولیکی اولیه در محل گره‌ها انتخاب شد و به صورت میانیابی شده وارد سیستم گردید (شکل۴).



شکل شماره۴: سطح ایستابی مهر ماه سال۱۳۸۳ به عنوان بار هیدرولیکی اولیه

www.SID.ir

Archive of SID

صحت سنجی

بعد از واسنجی مدل طی مهر ماه ۱۳۸۳تا پایان شهریور ماه ۱۳۸۸(۱۰ پریود زمانی)، جهت صحت‌سنجی مدل آبخوان دشت سرچاهان، سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ که ترازهای مشاهداتی آن موجود بود، مورد استفاده قرار گرفت. بدین صورت که لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای این ۱۲ ماه، با فرض اینکه روند تغییرات تنش مشابه سال‌های قبل باشد، وارد مدل گردید. ولی ترازهای مشاهده‌ای در این ۱۲ ماه به مدل داده نشد و مدل بر اساس اطلاعات داده شده، تراز آب را شبیه‌سازی و محاسبه کرد.

تعیین میزان تغذیه در محدوده پخش سیلاب سرچاهان

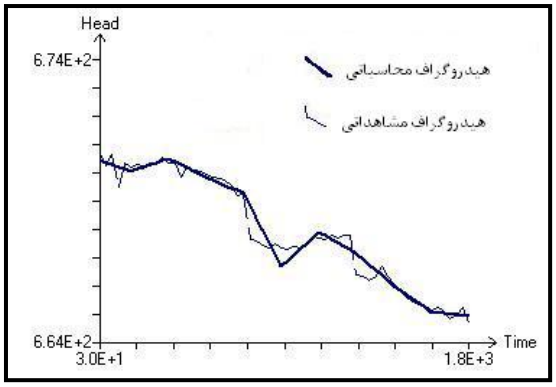
از دیگر قابلیت‌های مدل Modflow، امکان محاسبه خلاصه بیلان آبی برای یک ناحیه خاص از محدوده شبکه مورد بررسی می‌باشد. بدین مفهوم که علاوه بر تعیین خلاصه بیلان آبی برای کل منطقه مورد بررسی می‌توان محدوده های کوچکتری را در شبکه مدل تعیین کرد و از نرم افزار خواست که این محدوده را به عنوان یک سیستم مجزا در نظر بگیرد. سپس پارامترهای ورودی و خروجی را برای این محدوده در هردوره زمانی محاسبه و مقادیر آن را تعیین کند. این قابلیت، امکان بررسی دقیق‌تر محدوده‌های دارای اهمیت بیشتر را میسر می‌سازد.

در قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه آبخوان سرچاهان، وزارت جهاد سازندگی سابق، در سال ۱۳۷۵ اقدام به ایجاد یک عرصه پخش سیلاب نموده است که عملیات تکمیلی آن تا سال ۱۳۸۸ نیز ادامه داشته است. این سیستم توسط خشکه رود پرعابدین که از حوضه های آبخیز شرقی منطقه طرح سرچشمه می‌گیرد، تغذیه می‌شود.

یکی از اهداف این تحقیق، تعیین مقدار آبی است که بر اثر پخش سیلاب به سفره آب زیرزمینی رسیده است. برای این منظور نقشه عرصه پخش سیلاب به وسیله یک دستگاه GPS با مختصات دقیق تهیه شد و علاوه بر آن با انطباق بر روی تصاویر ماهواره‌ای +ETM و توپوگرافی مورد تایید قرار گرفت. سپس محدوده آن بر روی شبکه مدل تعریف گردید. پس از خاتمه شبیه سازی، خلاصه بیلان این ناحیه از مدل استخراج شد.

نتایج و بحث

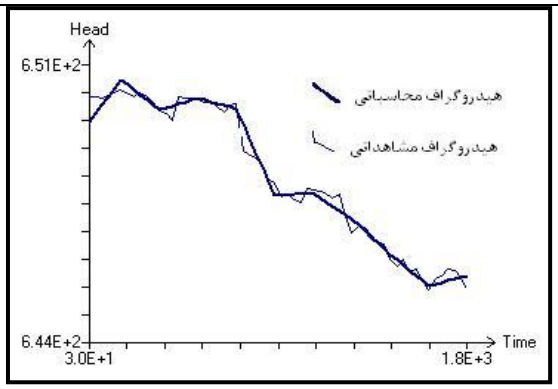
نتایج کالیبراسیون به صورت مقایسه هیدروگرافهای محاسباتی و مشاهداتی بعنوان نمونه در دو چاه ۲۵و ۲۹ در شکلهای۵ و ۶ آورده شده است.



شکل شماره ۵ :مقایسه هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در چاه مشاهده‌ای ۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

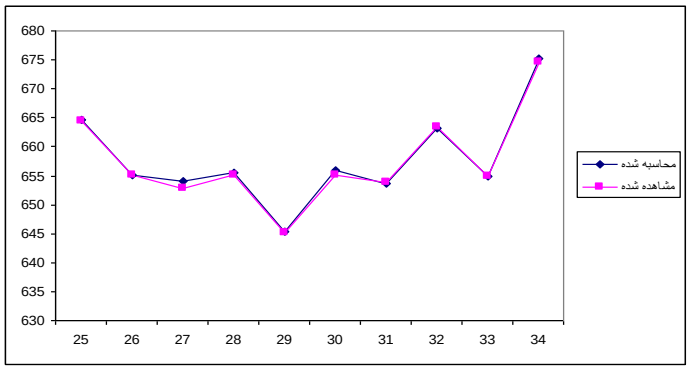


شکل شماره ۶ :مقایسه هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در چاه مشاهده‌ای ۲۹

همان طور که در شکل‌ها مشخص است، سطح آب مشاهداتی و شبیه سازی شده از هماهنگی خوبی برخوردارند (خط پررنگ هیدروگراف محاسباتی و خط کم رنگ هیدروگراف مشاهداتی) و مدل به خوبی شرایط طبیعی آبخوان را شبیه سازی کرده است. نتایج مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهداتی نشان می دهند که واریانس بین داده های محاسباتی و مشاهداتی بسیار پائین می باشد و حداکثر این اختلاف حدود ۰/۰۲۶ متر در پیزومتر شماره ۳۱ و حداقل آن ۰/۰۰۴۶ در پیزومتر شماره ۲۹ است. این خود مؤید آن است که مدل به خوبی واسنجی شده و ورودی های اولیه مدل نسبتاً خوب تخمین زده شده اند.

برای مقایسه نتایج پیش بینی تغییرات سطح آب با مقادیر مشاهداتی، در دوره صحت سنجی، از روشهای گوناگونی می توان استفاده کرد. در این تحقیق، از روش رگرسیون و بدست آوردن ضریب همبستگی برای مقایسه استفاده شده است. ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی، نشان می دهد که این دو مقدار از همبستگی بسیار بالائی برخوردارند. بیشترین میزان همبستگی مربوط به آبان ماه ۸۸ با ضریب رگرسیون ۹۹/. (شکل ۷و۸)و کمترین آن مربوط به شهریور ماه ۸۹ با ضریب رگرسیون ۰/۹۸ می‌باشد.

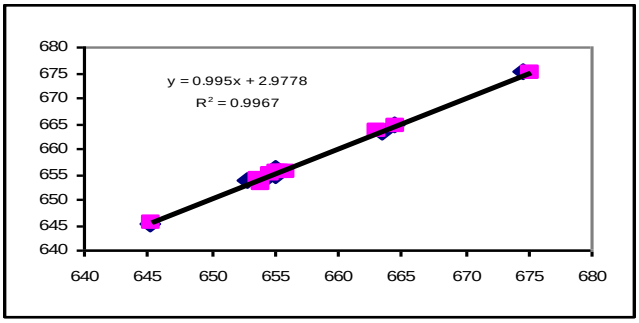
در مجموع مدل واسنجی شده به خوبی توانسته است شرایط حاکم بر آبخوان را شبیه سازی کند، بنابراین از مدل ساخته شده می توان برای پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در آینده استفاده کرد، همچنین می توان با تعریف کردن شرایط مختلف تغذیه و برداشت، نتایج حاصل از اعمال گزینه های مدیریتی گوناگونی را براحتی بررسی کرد.



شکل شماره ۷: مقایسه هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در دوره صحت سنجی آبان ماه ۸۸

www.SID.ir

Archive of SID

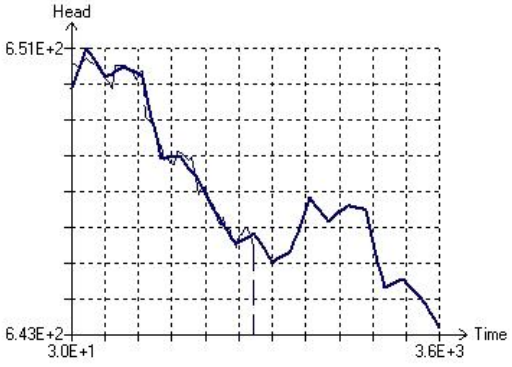


شکل شماره ۸: برازش مقادیر هد محاسباتی و مشاهداتی در دروره صحت سنجی آبان ماه۸۸

پیش بینی نوسانات سطح آب آبخوان

مدلی که مراحل واسنجی و صحت سنجی را پشت سر گذاشته باشد برای پیش بینی وضعیت آینده آبخوان مناسب بوده و قادر است با اعمال استرس های مورد نظر وضعیت آینده آبخوان را مشخص کند. برای پیش بینی وضعیت آبخوان ابتدا باید شرایط احتمالی را به صورت لایه های اطلاعاتی برای مدل تعریف کرد. این شرایط را می‌توان با در نظر گرفتن اهداف ویژه یا وضعیت عادی ایجاد کرد. در این تحقیق رفتار سیستم تا شهریور ماه ۱۳۹۳ پیش بینی شده است. لایه های اطلاعاتی موردنیاز بر اساس روند تغییرات ۵ سال گذشته تهیه شده است. اما باید به این نکته توجه داشت که به علت در دست نبودن تغییرات اطلاعات هیدرودینامیکی و سطح آب آبخوان به ناچار برای پیش بینی روند تغییرات سطح آب از اطلاعات سالهای قبل استفاده می شود. نتایج پیش بینی به عنوان نمونه به صورت نمودارهای تراز سطح آب نسبت به زمان (بر حسب روز) از زمان شروع شبیه سازی یعنی مهر ماه ۱۳۸۳ تا پایان شهریور ماه ۱۳۹۳ در چاههای مشاهده ای شماره ۲۵ و ۲۹ در شکلهای (۹و۱۰) آمده است. همان طور که از مقایسه هیدروگراف چاه‌های مختلف نتیجه گیری می شود، روند نزولی سطح آب در چند سال آینده نیز ادامه خواهد یافت.

شکل شماره ۹: پیش بینی تراز سطح آب زیر زمینی در پیزومتر۲۵



www.SID.ir

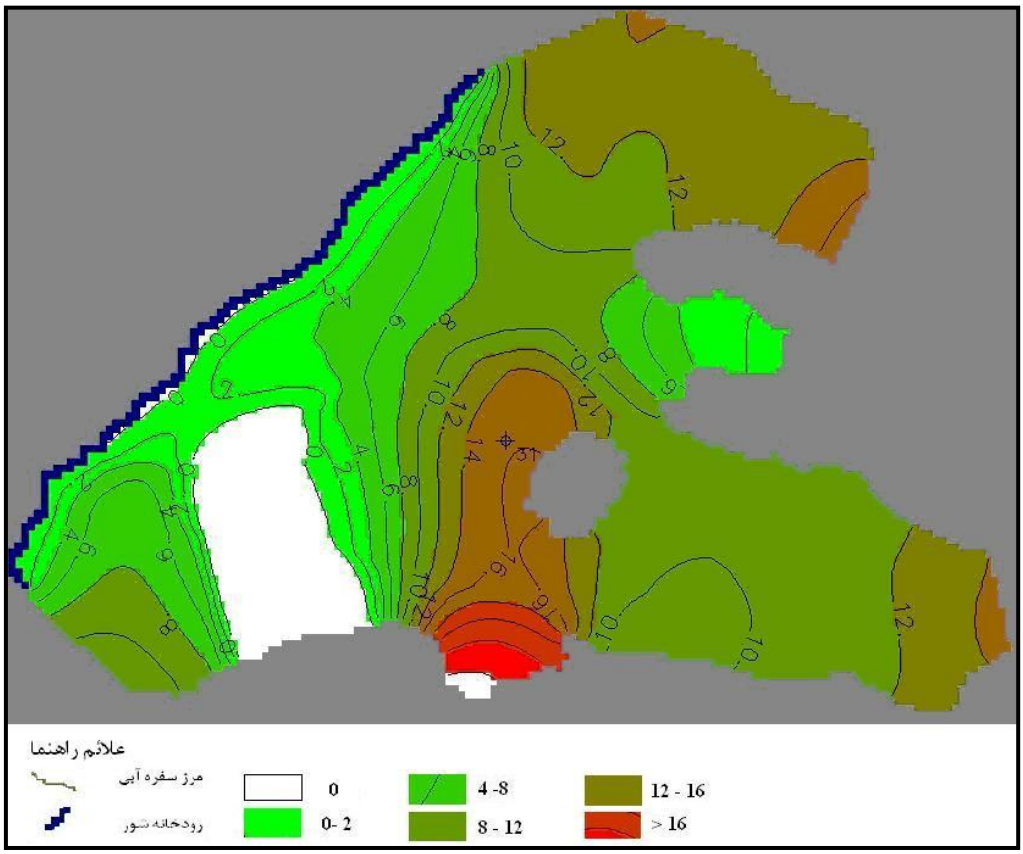
Archive of SID

شکل شماره ۱۰:پیش بینی تراز سطح آب زیر زمینی در پیزومتر ۲۹

همچنین پیش بینی می شود به علت رشد و توسعه منطقه، این روند با سرعت بیشتری ادامه پیدا کند. جدول شماره ۱ پیش بینی بیلان آبی آبخوان، تا سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. همچنین نقشه هم افت سطح آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۳ در شکل ۱۱ آمده است.

جدول شماره ۱: پیش بینی بیلان آبی آبخوان تا سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲

سال آبی	۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۳۹۱-۱۳۹۲	۱۳۹۲-۱۳۹۳
تغذیه به میلیون متر مکعب	۱۸/۷۴	۱۶/۲۲	۱۶/۲۰	۱۸/۶۴
تخلیه به میلیون متر مکعب	۲۳/۵۵	۲۱/۶۶	۲۲/۲۴	۲۴/۱۰
اختلاف به میلیون متر مکعب	-۴/۸	-۵/۴۳	-۶/۰۴	-۵/۴۶



شکل شماره ۱۱: نقشه پیش‌بینی افت سطح ایستابی در شهریور ۱۳۹۳ توسط مدل

تعیین میزان تغذیه در محدوده پخش سیلاب سرچاهان

نتایج حاصل از اعمال تغذیه مصنوعی توسط مدل از سال۱۳۸۳ الی ۱۳۸۸ موید این است که به طور متوسط در هرسال ۳/۵۷ میلیون متر مکعب آب از عرصه های پخش سیلاب به آب زیرزمینی افزوده شده است (جدول ۲).

جدول شماره ۲ : مقادیر تغذیه آبخوان از سیستم پخش سیلاب در هر دوره زمانی

سال آبی	۱۳۸۳-۱۳۸۴		۱۳۸۴-۱۳۸۵		۱۳۸۵-۱۳۸۶		۱۳۸۶-۱۳۸۷		۱۳۸۷-۱۳۸۸	
دوره تنش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

تغذیه مصنوعی	۳/۶۲	۰	۳/۴۶	۰/۴۵۹	۱/۸۰	۱/۲۴	۲/۳۳	۱/۲۹	۱/۰۵۹	۲/۵۶
جمع سالانه به میلیون متر مکعب	۳/۶۲		۳/۹۱		۳/۰۴		۳/۶۲		۳/۶۵	

جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق به کمک مدل MODFLOW، جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت سرچاهان طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ شبیه‌سازی گردید. واسنجی مدل با تخمین برخی پارامترهای لایه آبدار و شرایط مرزی و مقایسه هیدروگراف‌های مشاهداتی و محاسباتی در تمامی پیزومترهای دشت انجام گرفت. صحت مدل ساخته شده در مرحله تصدیق مدل به اثبات رسید و نتیجه گردید که مدل ساخته شده با دقت کافی رفتار آبخوان دشت سرچاهان را شبیه‌سازی می‌کند.

نتایج حاصل از مدل در ارزیابی کمی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی موجود در دشت سرچاهان روی میزان تغذیه آبخوان و نیز واکنش این میزان تغذیه روی سطح تراز آب نشان داد که با توجه به کاهش میزان بارندگی ها و افزایش تعداد چاههای کشاورزی و میزان برداشت از آبهای زیرزمینی نسبت به قبل از احداث سیستم پخش سیلاب (با توجه به آمار و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان) طرح تغذیه مصنوعی دشت سرچاهان باعث افزوده شدن سالانه ۳/۵۸ میلیون متر مکعب آب به آبخوان گردیده است. این مقدار با توجه به محاسبات بیلان کل آبخوان در این دوره، رقمی حدود ۲۰ درصد از کل تغذیه سالانه دشت را در بر می‌گیرد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که سیستم پخش سیلاب سرچاهان بر تغییرات کمی سفره آب زیرزمینی تأثیر مثبت دارد.

میزان تغذیه مصنوعی آبخوان بطور متوسط سالانه باعث افزایش سطح تراز آب آبخوان به میزان ۰/۲۵ متر طی دوره زمانی مورد بررسی شده است. در صورتی که هیدروگراف واحد آبخوان طی این دوره سالانه افتی بالغ بر ۰/۵۳ متر را نشان می‌دهد. پس طرح پخش سیلاب بر آبخوان دشت سرچاهان نتوانسته است تمام افت ناشی از برداشت‌ها را جبران کند. گرچه طرح پخش سیلاب سرچاهان باعث توقف روند افت آبخوان نگردیده است، اما تا حدودی از شدت افت آبخوان کاسته است.

با بررسی نقشه‌های افت خروجی مدل، روشن می‌شود که آبخوان نسبت به سال ۱۳۸۳ دچار افت شدیدی شده است. میزان این افت در حوالی تل سرخ در قسمت مرکزی سفره به حداکثر خود می رسد. مقدار افت در این ناحیه در شهریور ۸۹ به بیش از۱۰ متر بالغ می گردد. پیش‌بینی می‌شود در صورت ادامه این روند، افت سطح آب در شهریور ۱۳۹۳ به بیش از ۱۶ متر برسد(شکل۱۱). در ناحیه حداکثر افت، لایه آبدار تقریبا دارای ضخامت بیشتری نسبت به قسمت های غربی و شمالی بوده و تراکم چاهها در این ناحیه بسیار بیشتر از نواحی دیگر آبخوان می‌باشد. مخروط افت ایجاد شده در این ناحیه دارای شعاع تاثیر برزگی است و بخش بزرگی از آبخوان را در بر می‌گیرد. این ناحیه تقریبا حاصلخیزترین قسمت دشت را تشکیل می‌دهد. از طرفی این ناحیه از سمت شرقی در مجاورت یک مرز نفوذ ناپذیر واقع شده است. در صورت پایین رفتن سطح آب و گسترش مخروط افت به سمت غرب، ورود آب شور از نواحی غربی به شدت منطقه را تهدید می‌کند. برای مقابله با این معضل، بایستی از سوی اداره آب شهرستان حاجی آباد، ممنوعیت دشت برای صدور پروانه حفاری ادامه یابد. همچنین در صورت امکان بایستی از برداشت آب به وسیله چاه‌های غیر مجاز جلوگیری و برداشت فعلی توسط چاه‌ها در این ناحیه کاهش داده شود.

همچنین نتایج حاصل از بررسی های انجام شده توسط چوپانی ۲۰۰۰، میزان ضریب قابلیت انتقال سفره را از ۵۰ مترمربع تا ۲۰۰۰ مترمربع بر روز برآورد نموده و بیشترین مقدار آن را مربوط به نواحی شرقی دشت و درزیر دست محدوده طرح می داند که با نتایج حاصل از واسنجی توسط مدل کاملا مطابقت دارد. به طوری که مدل این مقدار را برای نواحی شرقی دشت بسیار بیشتر از نواحی غربی دشت که ریزدانه می باشد برآورد نموده است. همچنین نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از مدل حاکی از آن است که میزان آبدهی ویژه بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۱ در سطح کل دشت تغییر می‌کند که میزان آن در نواحی شرقی به دلیل درشت‌دانه بودن تشکیلات آبرفتی و قرار داشتن در مسیر مخروط‌افکنه‌ها و مسیل‌ها بیش‌تر است.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر در این زمینه با نتایج تحقیق توسط کتیبه و حافظی (۱۳۸۳)، میر عباسی و رهنما (۱۳۸۶) ، پورجنایی ۱۳۹۰ و چوپانی ۲۰۰۰ مطابقت دارد.

منابع

۱- اصغری، ک. سوری‌نژاد، ج. و ذوالانوار، ع. ر. ۱۳۸۴. پیش‌بینی عملکرد بهینه آبخوان دشت برخوار به روش شبیه‌سازی- بهینه‌سازی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره سوم.

۲- بندانی اسحاق و مهدی اژدری مقدم. ۱۳۸۵، پیش بینی وضعیت آبخوان شورو با استفاده از نرم افزار Visual Modflow 4.2 perminum

۳- پور جنایی علی. ۱۳۹۰. کاربرد نرم افزار Modflow در مدل سازی ریاضی به منظور ارزیابی تاثیر کمی تغذیه مصنوعی دشت سرزه – رضوان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه هرمزگان. ص ۱۰۴.

۴- چیت‌سازان، م. و ساعت‌ساز، م. ۱۳۸۴. کاربرد مدل ریاضی Modflow در بررسی گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب دشت رامهرمز. مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز. شماره ۱۴. قسمت ب.

۵- فضل‌اولی، ر. شریفی، ف. و بهنیا، ع. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر پخش سیلاب در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی دشت موسیان (استان ایلام). مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۹. شماره ۱.

۶- کتیبه همایون و سعید حافظی. ۱۳۸۳، بکارگیری مدل Modflow در مدیریت بهره برداری از آبهای زیرزمینی و ارزیابی عملکرد طرح تغذیه مصنوعی دشت آب باریک بم. مجله آب وفاضلاب، شماره ۵۰. ص ۴۵.

۷- صادقی گوغری حمید. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر سد خاکی لاور فین بر کمیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل Modflow. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه سیستان و بلوچستان. ص ۱۱۲.

۸- میر عباسی نجف آبادی رسول و محمد باقر رهنما. ۱۳۸۶، شبیه سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل Modflow و بررسی اثرات احداث سد تنگوئیه بر آن، مجله پژوهش آب ایران. سال اول. شماره اول. ص ۹-۱.

۹- مهندسین مشاور کاوآب، ۱۳۸۸. گزارش هیدرولوژی وبیلان و چرخه آب محدوده مطالعاتی گهکم – سعادت آباد. ص۲۰۱.

۱۰- نکوآمال کرمانی، م. ۱۳۸۶. شبیه‌سازی و مدیریت آبخوان دشت بوچیر و حمیران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم تحقیقات اهواز.

11- S.Choopani, Groundwater Investigation In the Sarchahan Plain (in the framework of the Sarchahan flood spreading evaluation). ,Hormozgan,Iran ,2000. pp80.

12-Gieske, A. and. M. Miranzadeh. 2000. Groundwater Resources Modeling of the Lenjenat. Aquifer System. IAERI-IWMI Research Reports 15. pp28.

13. Bakker, M., Maas, K., and Von Asmuth, J. R. (2008). “Calibration of transient groundwater models using time series analysis and moment matching.” *Water Resources Research*, 44(4), doi:10.1029/2007WR006239.

www.SID.ir