مطالعه پیش بینی واکنش سطح آبخوان دشت قلعه لور اندیمشک در شرایط خشکسالی و تر سالی با مدل MODFLOW

مهدی وفایی کیا، علی ژولا نژاد
کارشناس ارشد منابع آب سازمان آب و برق خوزستان ، مدرس دانشگاه پیام نور واحد دزفول و علمی کاربردی جهاد کشاورزی دزفول(vafae1350@yahoo.com)
۱- کارشناس ارشد عمران مدیریت منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان (ali54joola@gmail .com)

چکیده

کنترل و مدیریت آبخوان های دشتهای منابع آب زیر زمینی در شرایط بحرانی از جمله مسایل با اهمیت مدیران منابع آب کشورایران می باشد . هدف این مطالعه مدلسازی آبخوان قلعه لور شهرستان اندیمشک در استان خوزستان و پیش‌بینی عکس‌العمل سطح افت آبخوان در مواجه با شرایط مختلف خشکسالی، ترسالی و نرمال می‌باشد. پس از جمع‌آوری داده های مورد نیاز به منظور شبیه سازی هیدرولیکی آبخوان ، عوارض با فرمت خط، نقطه و پلیگون در پوشش های جداگانه و سازگار با محیط برنامه مادفلو و رابط گرافیکی GMS برای پیش‌پردازش و پس پردازش داده های ورودی و خروجی مدل انتخاب شدند . ۹ حلقه چاه مشاهده‌ای (پیزومتری) بعنوان نقاط شاهد برای واسنجی و صحت سنجی افت سطح ایستابی آبخوان درنظر گرفته شد . جهت شبیه‌سازی روند افت آبخوان در طول زمان ، آمارسطح آب با ۸۴ گام زمانی ماهانه(بازه هفت ساله) جمع آوری شد که برای پذیرفتن داده های محاسباتی و مشاهده ای ، ۴۸ ماه برای دوره واسنجی و ۳۶ ماه دوره صحت سنجی با تقسیم زمان به دو مرحله ۴ سال اول برای دوره واسنجی و ۳ سال انتهایی صحت سنجی در حالت غیرماندگار مدل اجرا گردید. سپس برای پیش‌بینی وضعیت افت آبخوان، در مواجهه با یک دوره ۶ ساله با اقلیم‌های نرمال، خشکسالی و ترسالی تعریف و مدل اجرا شد.نتایج نشان داد سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای (پیزومترها) حاشیه دز به شماره ۴ و ۵ واکنشی معناداری نسبت به اعمال شرایط اقلیمی از خود نشان نداد و بلعکس در پیزومتر شماره ۶ هرچه فاصله از رودخانه دز بیشتر می شود افت آب در آبخوان بیشتر گردید بطوریکه نمودار هیدروگراف آبخوان (نمودار سطح تراز آب زیرزمینی نسبت به زمان) در شرایط ترسالی و خشکسالی و نرمال از هم فاصله گرفت،و یافته های اجرای مدل بیشترین افت را در آخرین سال (سال ۱۴۰۲) به میزان ۱۹/۲ متر پیش بینی می نماید . همچنین یافته های این تحقیق نشان می دهد که افت آبخوان بواسطه بهره برداری در شرایط خشکسالی و تر سالی متوقف نشده و شدت آن در دوره خشکسالی با شیب بیشتری مواجه می باشد.

واژه‌های کلیدی دشت دزفول اندی‌مشک آب زی‌رزمی‌نی ، مادفلو ، GMS ، بهی‌نه سازی ، قلعه لور اندی‌مشک

مقدمه

افزای‌ش بی رویه جمعی‌ت در کشور، محدودی‌ت منابع آب های سطحی و بهره برداری بی‌ش از اندازه از آبخوار ها باعث افت جبرار ناپذی‌ری در منابع آبهای زی‌ر زمی‌نی در سال های گذشته شده است. علاوه بر افت شدی‌د سطح آب در آبخوار ها، فعالی‌ت های کشاورزی، صنعتی و شهری آلای‌ند های مختلفی را به آبخوار ها تحمی‌ل می کنند که برای جلوگی‌ری از ادامه افت کمی و کی‌فی، بای‌ستی مدی‌ری‌ت بهره برداری و حفا، ت از آبهای زی‌رزمی‌نی به عنوان ی‌ک اصل پای‌ه ای‌ی در برنامه ری‌زی های کشور قرار گی‌رد. در صورت شناخت درست آبخوان و به شرط آماده بودن زمی‌نه، مدل ری‌اضی آب زی‌ر زمی‌نی می تواند بعنوان ی‌ک ابزار کارا برای مدی‌ری‌ت و پی‌ش بی‌نی شرای‌ط آبخوان در اختی‌ار مدی‌ران قرارگی‌رد. مدل ری‌اضی آب زی‌رزمی‌نی شبی سازی ی‌ک سامانه

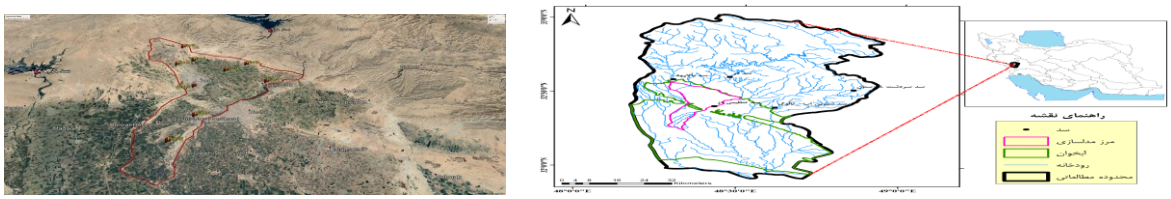
هی‌دروژئولوژی‌کی است که از قوانی‌ن فی‌زی‌ک و ری‌اضی کمک می گی‌رد. دو مولفه اساسی آن ، مدل مفهومی و مـدل ری‌اضـی مـی-باشند. مدل مفهومی در حقی‌قت تصوی‌ر ساده شد ای از سامانه مو باشد. مدل ری‌اضی، مجموع ای از فرمول های ری‌اضـی اسـت کـه بـا توجه به فرضی‌ات خاص، به فرآی‌ندهای فی‌زی‌کی فعال در درون سامانه آبخوان مقدار می بخشد. مدل آب زی‌رزمی‌نی ابزاری در اختی‌ـار مو دهد تا بتوان داده های موجود را تبدی‌ل به وی‌ژگی های عددی برای سامانه آب زی‌رزمی‌نی نمود. چنی‌ن مـدلی تـا حـد قابـل قبـولی نمای‌نده سامانه آب زی‌رزمو نی خواهد بـود و ای‌ـن امکـان را بـه کارشـناس مـو دهـد کـه بتوانـد واکـنش سـامانه در برابـر تـنش هـای هی‌درولوژی‌کی مثل آبی‌اری ی‌ا پمپاژ را بصورت عددی نشان دهد. خوشبختانه در کشور ما نی‌ز در چند سال گذشته اهمی‌ت نقـش مـدل سازی کمی و کی‌فی در مدی‌ری‌ت آبخوان درحال گسترش بوده است. در ای‌ن می‌ان آنچه توجـه جـدی کارفرمای‌ـان و دسـت انـدرکاران مدی‌ری‌ت حوض های آبری‌ز کشور را می طلبد، لزوم گسترش و بازنگری جدی در سامانه پای‌ش کمی و کی‌فی و شبک های نمونه برداری آبخوار ها است. بنابرای‌ن مهمتر از تهی‌ه مدل ری‌اضی در هر حوضه ای‌جاد ی‌ک سامانه پـای‌ش و نمونـ بـر د ری مناسـب بـرای آبخـوان منطقه مو باشد که با توجه به نی‌ازهای مدل ، طراحی و را اندازی شده باشد. روش تفاضلات محدود ی حل معادلات حاکم بـر ج ی ان آب و ر و ی و بطور ی معادلات و فرا ل سالها است که توسط مح ن ب و ی از جمله کرانک ۹۶۵) ، ساوات ول ۱۹۴۶)، ک انک و کلسون ۱۹۵۶)، تاد ۱۹۶۲)، آلز ۱۹۴۵)، کانز ۱۹۷۵)، . چ و ور و مرتز ۹۶۷) و براکن ر ک ۹۶۷) مورد اسـتفاده قـرار گرفته است ۳ توا ی ۳۷۷) و همچ ن ت سازان و توا ی ۱۳۷۷)[۸ و ۹] با استفاده از مدل عناصر محدود مـدل و اخ ی دشـت ر ی ار را و ه کردند و آنها م ل را ی ک دور ک ماهه در حالت ماندگار و ی بره کردند و مقدار ه ت و در ب ی آبخـوان را و نه نمودند و سپس مدل را ی ک دور ۸ ماهه ر حالت ناماندگار واسن ی کردند و مقدار آبد ی و ژه آبخـوان را و نـه نمودنـد. استفاده از مدل های کامپی‌وتری آب زی‌رزمی‌نی در د ه های اخی‌ر به عنوان روشی ارزان و سری‌ع در بررسی چگونگی حرکت، بـی‌لان و مدی‌ری‌ت بهره برداری از آب های زی‌رزمی‌نی پی‌شرفت قابل توجهی داشته است.از جمله مدل هایی کـه دارای قابلی‌ـت هـای بسـی‌ار خوبی در مطالعه آب های زی‌رزمی‌نی می باشد.مدل سه بعدی تفاضل محدود مکدونالد و هار گ با نام ما است که مادفلور سال ۱۹۹۸ ارائه شده است. مادفلو ی‌ک مدل سه بعدی جری‌ان غی‌رماندگار در محی‌ط متخلخل اشباع، غی‌ر اشباع، غی‌ـرهمگن و غی‌رای‌زوتـروپ اسـت (کرسی‌ک ۹۹۷). ای‌ن مدل بطور گسترده ای مورد استفاده پژوهشگران در سراسر دنی‌ا قرار گرفته است. در ای‌ن تحقی‌ق از روش مادفلو برای مدل سازی دشت بهره برداری شده است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

دشت دزفول – اندیمشک با کد مطالعاتی ۲۳۳۵ به عنوان وسیع ترین دشت در حوزه آبریز دز و وسی‌عتری‌ن دشت استان خوزستان است که با وسعتی بالغ بر ۷۹۰۰ کیلومتر مربع از مناطق کوهستانی شمال استان تا مناطق کم ارتفاع مرکز استان را در برمو گیرد. برای سهولت مطالعه هی‌دروژئولوژی ، دشت دزفول – اندیمشک با توجه به وضع رودخان ها و ارتفاعات منطقه به پنج قسمت به ترتیب زیر تقسیم شده است. دشت سبیلی ،دشت دز غربی ،دشت دز شرقی ،د ت دیمچه ،دشت لور

موضوع ای‌ن تحقی‌ق در دشت لور اندیمشک قرار دارد شکل ۱ . وسعت آن حدود ۲۹۵ کیلومترمربع از شمال و شمال غرب و غرب به ارتفاعات ، از شرق به رودخانه دز و از جنوب و جنوب غرب به روستای علی آباد محدود مو گردد . دشت پشمین زار در غرب بالارود نیز جزء محدوده در نظر گرفته شده است. (سازمان آب و برق خوزستان ۳۹۰). گفتنی است منابع آب زی‌رزمی‌نی ای‌ن دشت، تامی‌ن کننده آب شرب و بهداشت شهرستان دزفول ، اندی‌مشک و روستاهای اطراف با جمعی‌تی بالغ بر ۷۰۰ هزار نفر مو باشد که اهمی‌ت مدی‌ری‌ت منابع آب زی‌رزمی‌نی دشت لور را دوچ دان مو کند. (شکل) . دشت قلعه لور اندیمشک ب موقعی‌ت جغرافی‌ای‌ی E ۰ ۳۰ ° ۸ و N ۰ ۳۰ ° ۳۲ از شمال به ارتفاعات از شرق به رودخانه دز و از غرب به رودخانه بالارود محدود مو گردد.



شکل (۱) محدوده مطالعاتی دشت دزفول اندیمشک و منطقه مطالعه شده (سازمان آب و برق خوزستان ۱۳۹۰)

روش تحقیق

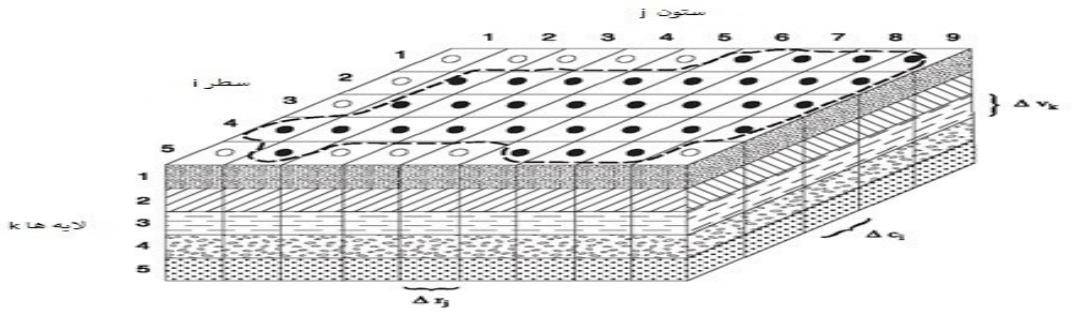
به طور کلی مدل هایی که برای مطالعه جریان آب های زیرزمینی به کار می روند به دو دسته تقسیم می‌شوند:

مدل های فیزیکی و مدل های ریاضی

پیش بینی وضعیت آب زیرزمینی در سال های آتی براساس داده های موجود، فقط از طریق مدل های ریاضی امکان پذیر است. این تحقیق براساس مدل ریاضی آب های زیرزمینی با تاکید بر روش عددی تفاضل محدود استوار می باشد و فرض براین است که روش های تهیه بیلان آب زیرزمینی و برآورد پارامترهای گوناگون آن روشن است. با توجه به ویژگی های کلی و از بین رابط های گرافیکی ، بر امه نرم افزار GMS برای پیش پردازش و پس پردازش داده های ورودی و خروجی مدل انتخاب شده است و کد روش مادفلو جهت به کارگیری در ساخت مدل از این برنامه مورد استفاده قرار گرفته است.

نوع مدل از نظر گسترش مکانی	دو بعدی در سطح
طول مدل در جهت محور X	۱۴ کیلومتر
طول مدل در جهت محور Y	۲۶ کیلومتر
تعداد سلولها در جهت X	۲۸
تعداد سلولها در جهت Y	۵۲
مساحت محدوده مدل	۲۹۵ کیلومتر مربع
تعداد واحد های آب – چینه ای	یک واحد
نوع آبخوان	آزاد
زمان برای واسنجی و صحت سنجی	۷سال–۸۴ ماه–(از سال ۸۹–۹۰ تا ۹۶–۹۷)
زمان برای پیش بینی	۶ سال (از سال ۹۶–۹۷ تا ۱۴۰۱–۱۴۰۲)
داده های مدل که به برنامه معرفی شده اند	توپوگرافی سطح فوقانی ، توپوگرافی سنگ کف، لایه آبدار، قابلیت هدایت شرایط مرزی K هیدرولیک
مادول هایی که در مدل استفاده شده اند	Recharge package well package
حل کننده (solver)	SIP

شکل (۲) مشخصات مدل دشت قلعه لور اندیمشک



شکل (۳) طرح سلول های فعال و غیر فعال ایجاد شده توسط مدل در محدوده مطالعاتی

در این بررسی ابتدا منطقه به سلولهایی تقسیم می شوند نوع سلولهای همگی مربعی و با ابعاد ۰۰ ۵۰۰ متر مربع انتخاب و به تعداد ۱۱۸۰ سلول به مدل معرفی گردید . اگر چه تعداد بیشتر سلولها و یا به عبارتی انتخاب سلولهایی با ابعاد کوچکتر ظاهرا منجر به بالاتر رفتن دقت مدل می شود، اما اگر این کوچک کردن ابعاد سلولها متناسب با آمار و اطلاعات موجود نباشد، این امر غیر منطقی بوده و صرفاً باعث افزایش حجم و وقت گیر شدن مدلسازی می شود. این مدل دارای ویژگی های همچون ابعاد مکانی ، ابعاد زمانی، شرایط اولیه، شرایط مرزی و خصوصیات هیدرولیکی می باشد مشخصات مدل در شکل ۲) ارائه شده است.

در این مدل هر دو رژیم ماندگار و غیرماندگار مورد مطالعه قرار گرفت . در رژیم ماندگار یک دوره تنش و یک گام زمانی مطالعه و سپس رژیم غیر اندگار اجرا شده است. جواب های آبخوان به رژیم ماندگار به عنوان شرایط اولیه برای رژیم غیرماندگار استفاده شده است. ضرایب هیدرودینامکی آبخوان براساس نتایج استخراجی مقادیر اولیه برای هدایت هیدرولیکی بصورت یک لایه پوششی با فرمت افقی K وارد مدل مفهومی شد. توپوگ فی سنگ کف از پروفیلهای ژئوالکتریک موجود که در مرحله مطالعات زمین شناسی و هیدروژئ ژی منطقه تهیه شده بود ، استخراج گردید. از اطلاعات بدست آمده از مطالعات هیدروژئووژیک منطقه برای قابلیت انتقال آبخوان و نیز نفوذ بارندگی استفاده شده است. همچنین از گزارشات سا مان آب و برق خوزستان با فرمت فایل های تهیه شده در قالب اتوکد (DWG) استفاده شد.

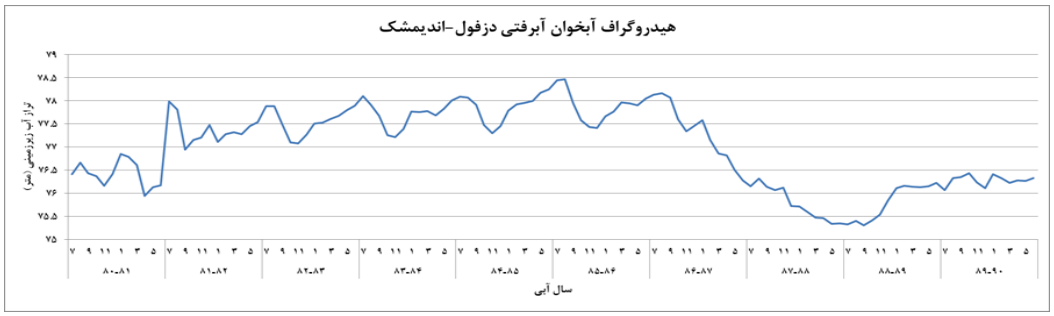
در ای‌ن مطالعه مرزهای آبخوان ، در مدل مفهومی مشخص گردی‌د . علاوه بر آن مرزهای ورودی و خروجی در مدل سازی رژی‌م غی‌رماندگار ، بارهای هی‌درولی‌کی ثابتی نداشته در هر دوره نوسان نشان ی دهند.

برای واسنجی (کالی‌براسی‌ون) مدل از روش سعی و خطا استفاده شده است. بدی‌ن صورت که بار هی‌درولی‌کی به عنوان مقدار واسنجی و هدف واسنجی انتخاب شده است . تعداد ۹ چاه پی‌زوه ی به عنوان شاهد برای مشاهده افت و خی‌ز سطح سفره آبخوان درنظر گرفته شد و با سطح آب بخوان محاسبه ای‌ی از طری‌ق مدل با سطح آب ای‌ن پی‌زومترها مقای‌سه و واسنجی کالی‌براسی‌ون) انجام شد.

سی‌ستم را در سه حالت ترسالی ، نرمال و خشکسالی اجرا نموده و پی‌ش بی‌نی افت آبخوان در ی‌ک دوره ۶ ساله از سال ۳۹۶ - ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ در ای‌ن سه حالت مورد محاسبه و رزی‌ابی قرار گرفت . نتای‌ج آن در نمودارهای چاه های پی‌زومتری (شکلهای ۸ ۲۵) ترسی‌م شد.

ردیف	سناریو پیش بینی	تخلیه MCM	زمان نهایی پیش بینی	اعمال شرایط
۱	خشکسالی	۸۲/۲	مهر۱۴۰۲	کاهش ۱۰٪ بارندگی و ۵٪ آب سطحی ورودی به ابخوان
۲	تر سالی	۸۲/۲	مهر۱۴۰۲	افزایش ۱۰٪ بارندگی و ۵٪ آب سطحی ورودی به ابخوان
۳	نرمال	۸۲/۲	مهر۱۴۰۲	نرمال

شکل (۴) مشخصات سناریوی پیش بینی مدل



شکل(۵ وضعیت تخلیه ، برداشت از منابع آب زیرزمینی (MCM۱) و هیدروگراف دشت(گزارش بیلان سازمان آب و برق خوزستان)

اجرای مدل

قبل از اجرای ، قعی مدل و با فرض صحی‌ح بودن تمام پارامترهای مدل به هر سلول استفاده کننده از مدل باید یکی از بسته های محاسباتی را انتخاب، چندین پارامتر محاسباتی را تشخیص داده و نتایج قابل ذخیره مدل را انتخاب کند. نقطه مشترک در تمام بسته های محاسباتی، معیار تغییر بار هیدر لیکی برای همگرایی و حداکثر تعداد تکرار مجاز است. هنگامی که مقدار حداکثر مطلق تغییر بار هیدرولیکی در هر سلول مدل، کمتر یا مساوی معیار تغییر بار هیدرولیکی شود ، فرآیند تکرار متوقف می شود. گسترده ترین روش های محاسباتی مادفلو عبارتند از: روش به شدت ضمنی (SIP)، روش فوق تخفیف متوالی و روش PCG2 . عملاً بهتر است هر سه روش را مورد بررسی قرار داد تا مشاهده شود که کدام روش نتایج بهتری را برای مساله خاص ارائه می دهد.

داده های ورودی به برنامه

- معرفی مدل مفهمومی منطقه مطالعه شده به برنامه مادفلو با استفاده از نرم افز ر GMS که با مدل مادفلو انطباق دارد
- شبکه بندی و تعری‌ف ابعاد سلولهای منطقه مطالعه شده (در ای‌ن تحقی‌ق ابعاد سلولها ۵۰۰ ۵۰۰ در نظر گرفته شده اند)
- معرفی توپوگرافی سطح زمی‌ن و سنگ بستر منطقه مطالعه شده به برنامه
- معرفی داده های ورودی تغذی‌ه و تخلی‌ه آبخوان شامل رودخانه ها، بارندگی ، تخلی‌ه از مرز آبخوان و چاههای بهره برداری با اعمال کسر ضری‌ب آب برگشتی به آبخوان

[1] Million cubic meter

- ضرایب هیدرودینامکی آبخوان: براساس نتایج استخراجی مقادیر اولیه برای هدایت هیدرولیکی بصورت یک لایه پوشش ۱ با فرمت افقیK وارد مدل مفهومی شد.

واسنجی و تحلیل حساسیت

واسنجی یا کالیبراسیون عبارتست، از فرآیند پیدا کردن مجموعه ای از شرایط مرزی، تنش ها و پارامترهای هیدروژئولوژیک که نتایج بدست آمده از آن به صورت بسیار نزدیکی بر اندازه گیری های بارهیدرولیکی و جریان بار صحرایی برازش دارد. واسنجی هر مدل، باید از قبل دارای هدفی از خطای قابل قبول باشد. دامنه خطای قابل قبول، عمدتاً به هدف مدل بستگی دارد.

واسنجی مدل را می توان برای شرایط ماندگار، غیرماندگار و یا هردو انجام داد. اگرچه واسنجی حالت ماندگار، عملاً در مدل سازی دارای اهمیت است ، ولی بنابه دلایل زیر، باید کوشش کرد که واسنجی حالت غیر ماندگار انجام و تحقق پذیرد :

جریان آب زیرزمینی به طور طبیعی غیر ماندگار و اغلب در معرض تغییرات مصنوعی (ساخته دست انسان) است.

هدف معمول مدل، پیش بینی است که وابسته به زمان می باشد.

واسنجی حالت ماندگار، شامل خواص ذخیره ای آبخوان که برای پیش بینی (حالت غیر ماندگار) بحرانی است، نمی باشد.

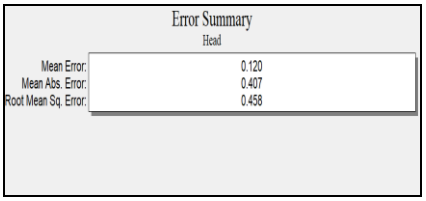
صحت سنجی

زمانی می توان گفت که یک مدل صحت سنجی شده است که ثابت گردد صحت و قابلیت پیش بینی آن در محدوده های قابل قبولی از آزمون های مستقل از داده های واسنجی (کالیبراسیون) بوقوع بپیوندد. اگر پارامترها در مدل واسنجی نظیر شرایط مرزی، تنش ها و توزیع خصوصیات هیدروژئولوژیک (نظیر نفوذ پذیری، قابلیت انتقال، تخلخل موثر) پاسخ صحیح و نزدیک به واقعیت داشته باشند، مجموعه داده های مستقل صحرایی باید به طور نزدیک شرایط مرزی و تنش های جدید مدل را برازش کنند. برای مثال، مجموعه داده های واسنجی، ممکن است نمایشگر دوره مرطوب با سطح ایستابی بالا، سطح بالای آب در رودخانه مجاور و تغذیه جانبی زیاد از آبخوان مجاور باشد . اگر مجموعه داده های صحت سنجی در اثنای دوره فروکش جمع آوری شود، شرایط مرزی وابسته به آن (سطح آب رودخانه، تغذیه جانبی) و تنش ها باید مطابق با آن تغییر یابد. اگر مدل اجرا شده با شرایط تغییر یافته ، به طور نزدیک با مجموعه داده های مذکور سازگار باشد، مدل، صحت سنجی شده است. اما اغلب اوقات لازم است که برخی پارامترهای هیدروژئولوژیک تغییر یابد تا برازش قابل قبولی به دست آید. در چنین مواردی، صحت سنجی در واقع به صورت واسنجی در می آید و به مجموعه داده های جدید مستقل، برای صحت سنجی نیاز است.

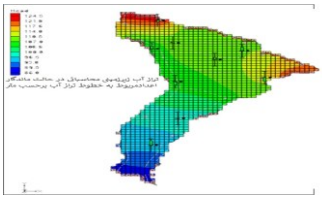
نتایج و بحث

واسنجی مدل ماندگار

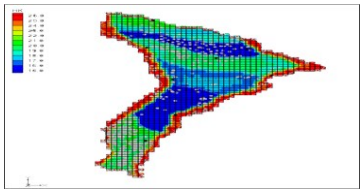
واسنجی مدل ماندگار آب زیرزمینی با تغییر در مقادیر هدایت هیدرولیکی بگونه ای انجام پذیرفت که حداقل خطای ممکن بین تراز آب زیرزمینی مشاهده شده و شبیه سازی شده برقرار باشد. مبنای خطای شبیه سازی در طول دوره مدلسازی اختلاف کمتر از ۵۰ سانتیمتر بین تراز آب مشاهده شده و شبیه سازی شده می باشد که در مجموع خطای مدل کمتر از ۱ درصد می باشد (شکل ۶) میزان خطای مدل نهایی ماندگار را برای آبخوان قلعه لور نشان می دهد . نتایج تحلیل خطا حاکی از دقت مناسب مدل برای مدلسازی غیرماندگار دارد. این نتایج نشان می دهد که میانگین مجذور خطا یعنی اختلاف بین تراز آب زیرزمینی مشاهده شده با تراز آب زیرزمینی شبیه سازی شده در کلیه ۹ پیزومتر مدل کمتر از ۵۰ سانتیمتر است.



شکل(۶) تحلیل خطای مدل ماندگار در آبخوان دزفول–اندیمشک



شکل(۷) مدل نهایی حالت ماندگار



شکل(۸) پهنه‌بندی مقدار هدایت هیدرولیکی واسنجی شده درآبخوان (K)

[1] Coverage

نام چاه مشاهده‌ای	کد اختصاصی	مختصات جغرافیای utm		تراز آب زیرزمینی مشاهده شده(m)	تراز آب زیرزمینی شبیه سازی شده(m)	اختلاف تراز آب (m)
		UTM X	UTM Y			
بهشت آبادقلعه لور AN-39	Piz-1	250657	3600119	108/03	108/26	-0/23
پادگان کلهر AN-2	Piz-2	249087	3604737	123/47	123/26	0/2
پمپ بنزین توتونچی AN-34	Piz-3	250919	3592218	105/76	105/24	0/51
روستای چم گلک AN-6	Piz-4	260150	3593013	115/03	114/46	0/56
شمال زاویهDz-43	Piz-5	248388	3579236	93/56	94/27	-0/71
قلعه لور زیر گذر AN-37	Piz-6	248482	3598909	105/58	106/02	-0/44
گاومیش اباد Dz-42	Piz-7	251187	3584696	98/57	98/56	0
مجاورجاده سد AN-5	Piz-8	257839	3598492	109/35	109/95	-0/6
مرغداری نوید AN-36	Piz-9	254978	3596711	108/38	108/75	-0/37

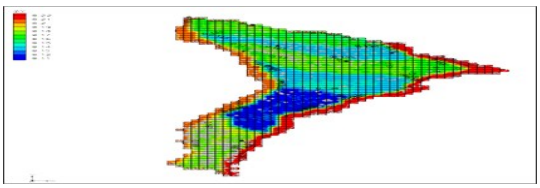
شکل(۹) تراز آب زیرزمینی شبیه‌سازی در حالت ماندگار در چاههای مشاهده ایی طرح

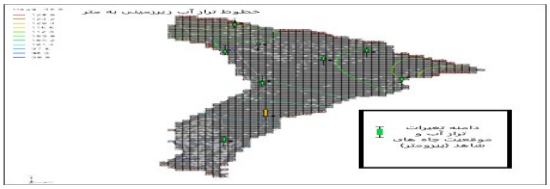
اجرای مدل غیرماندگار

دروضعی‌ت غی‌رماندگار، انتخاب شرای‌ط اولی‌ه مدل بسی‌ار حائز اهمی‌ت می باشد. برای انتخاب شرای‌ط اولی‌ه م‌ بای‌ست ماه های‌ی را در نظ‌ گرفت که سطح آبخوان کمتری‌ن نوسانات را دارد مهرماه سال ۱۳۸۹ با قرار داشتن در نقطه عطف منحنی، کامل بودن داده ها و همچنی‌ن نوسانات کم سطح آب ، متعاقبا دو ماه بعد (پس از کشت تابستانه و عدم برداشت آب از چاههای بهره برداری تا شروع کشت گندم) و نزدی‌ک بودن به بازه زمانی مورد مطالعه به نوان بار هی‌درولی‌کی اولی‌ه به مدل وارد گردی‌د. با توجه به محدود بودن آمار و تعری‌ف شرای‌ط اولی‌ه در محدوده آبخوان قلعه لور ی‌ک دوره آماری ۷ ساله از بازه زمانی سال آبی ۰ ۱۳۸۹ تا ۶ ۱۳۹۵ را به مدت ۸۴ گام زمانی ماهانه جهت مدلسازی آبخوان ، در نظر گرفته شد. به منظور اجرای دقی‌ق مدل در حالت غی‌رماندگار، کلی‌ه پارامترهای موثر در بی‌لان آب زی‌رزمی‌نی در محدود ی قلعه لور، براساس آمار موجود در آرشی‌و سازمان آب و برق خوزستان استخراج و بصورت سری زمانی وارد نرم افزار گردی‌د. به منظور اجرای مناسب مدل ۴ سال اولی‌ه برای دوره واسنجی (کالی‌براسی‌ون) در حالت غی‌رماندگار و ۳ سال انتهای‌ی برای صحت سنجی مدل در نظر گرفته شد .سپس از مدل اطلاعات دوره پی‌ش بی‌نی ازمهرماه سال ۱۳۹۶ تا مهر ماه ۱۴۰۲ به مدت ۷۲ ماه استخراج گردی‌د.

واسنجی مدل در شرایط غیر ماندگار

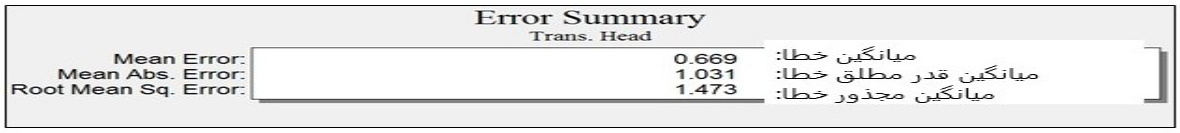
واسنجی در حالت غی‌رماندگار، بر اساس ه ادی‌ر ماهی‌انه نسبت به داده های روزانه و هفتگی ترجی‌ح داده می شود، زی‌را سی‌ستم های آب زی‌رزمی‌نی غالباً با تاخی‌ر معی‌ن نسبت به تنش های آب ورودی سطحی واکنش نشان می دهند، به علاوه داده های ماهی‌انه ، تحلی‌ل بهتر اثرات فصلی که در پی‌ش بی‌نی های دراز مدت مهم هستند را مکان پذی‌ر می سازد. و از طرف دی‌گر آمار برداری سطح آب از چاه های مشاهده ای بصورت ماهانه می باشد. در این نوع واسنجی، هدف تخمین آبدهی مخصوص (y؛) و تصحیح پارامترهای هیدروژئولوژیکی جریان در آبخوان در صورت لزوم می باشد. بنابرای‌ن با تغی‌ی‌ر دادن مقادی‌ر ضری‌ب ذخی‌ره م صوص و آبدهی مخصوص در کنار پارامترهای هی‌دروژئولوژی‌کی جری‌ان ، واسنجی در حالت غی‌ر ماندگار صورت پذی‌رفت ، مبنای قبولی نتای‌ج در ای‌ن حالت مقدار خطا ی مشابه حالت ماندگار است . مدل نهای‌ی اجرا شده در شکل ۱۰) ، با توجه به نتای‌ج مورد قبول در ارزی‌ابی مدل غی. ماندگار، پهن بندی آبدهی وی‌ژه واسنجی شده بصورت شکل ۱۰)و آنالی‌ز خطا در مدل غی‌رماندگار در شکل ۲) ارائه شده است.



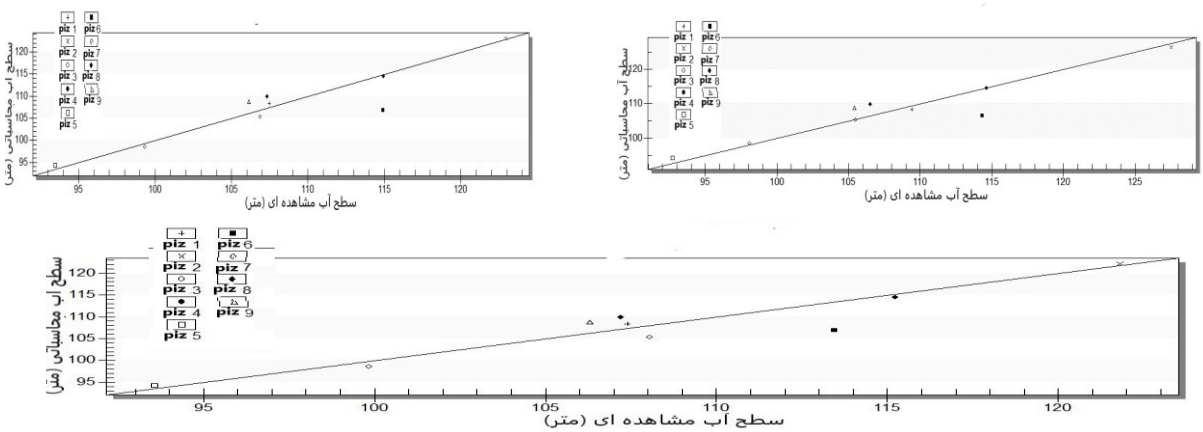


شکل(۱۰) مدل نهایی حالت غیرماندگار در آبخوان قلعه لور

شکل (۱۱) ضریب آبدهی ویژه واسنجی شده در آبخوان قلعه لور

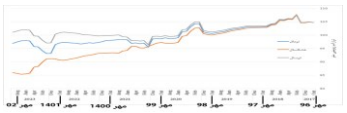


شکل (۱۲)آنالیز خطا در پارامترهای مورد پذیرش واسنجی در حالت غیرماندگار

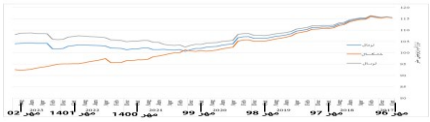


شکل(۱۵،۱۴،۱۳) همبستگی مقادیر سطح آب مشاهده‌ای و محاسباتی در پایان سال پنجم و ششم و هفتم مدلسازی

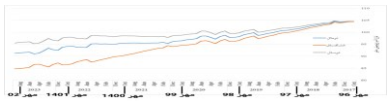
نتایج مدلسازی ضمن این‌که حاکی دقت مناسب نتایج شبیه ، ازی است، افت در کلیه چا های مشاهد ای را در کل دوره نشان می-دهد



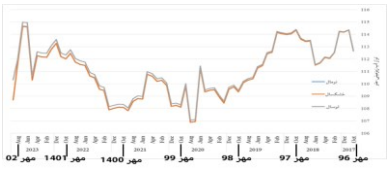
شکل (۱۶) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۱



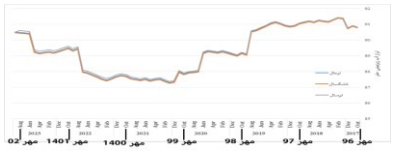
شکل(۱۷) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۲



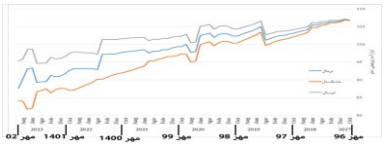
شکل (۱۸) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۳



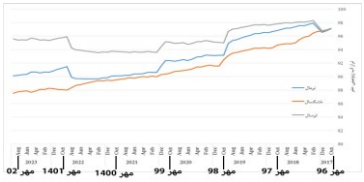
شکل (۱۹) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۴



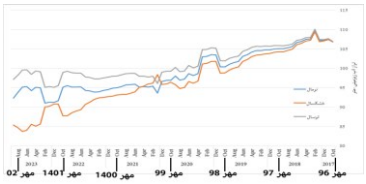
شکل (۲۰) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۵



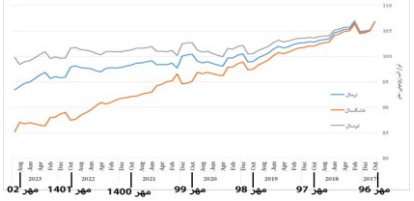
شکل (۲۱) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۶



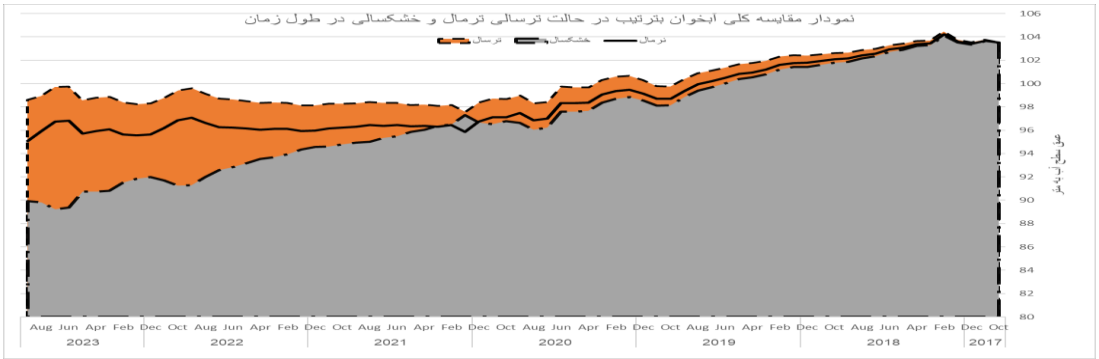
شکل (۲۲) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۷



شکل (۲۳) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۸



شکل (۲۴) هیدروگراف چاه مشاهده‌ای شماره ۹



شکل (۲۵) پیش بینی هیدروگراف آبخوان در شرایط اقلیمی خشک ، نرمال و تر سالی

نتیجه گیری و پیشنهاد

نتایج و نمودارها بدست آمده از اجرای مدل ، بطورکلی افت آبخوان را نشان می دهد. سطح آب چاه های مشاهد ای (پی‌زومترها) شماره ۴ و ۱ د حاشیه دز در طول ۶ سال واکنشی معناداری نسبت به وضعیت اقلیمی مختلف از خود نشان ندا ند (شکل های ۱۹ ،۰) که این امر نشان دهنده تغذیه مناسب رودخانه دز در شعاع تاثیر آن بوده است هرچه فاصله از رودخانه دز (منبع تغذیه سفره) بیشتر می-شود افت آب در آبخوان بیشتر شده بطوریکه در پی‌زومتر شماره ۶ واقع در شمال غرب محدوده مدل بیشترین افت را در طول دوره ۶ ساله و همچنین در حالت نرمال به میزان ۱۹ متر انتظار داریم. بررسی کلی هیدروگراف چاه های مشاهد ای در سطح آبخوان حاکی از افت تراز آب زیرزمینی بوده و میزان افت در شرایط خشکسالی با توجه به کاهش میزان تغذیه آبخوان مشهودتر است. پیشنهاد می گردد با توجه به انطباق مدل با وضعیت موجود آبخوان نسبت به پیش بینی وضعیت آبخوان در شرایط حذف چاههای غیرمجاز بررسی لازم صورت پذیرد.

قدردانی

از مدیریت مطالعات سازمان آب و برق خوزستان بابت در اختیار قراردادن اطلاعات مورد نیاز این تحقیق کمال تشکر را داریم.

منابع

[1].Adhikari, C. (2003). *A GIS - Remote Sensing compatible rainfall-surface runoff model for regional level planning*, Map India Conference

[2].Allison, G.B., Gee, G.W., and Tyler, S.W. (1994). *Vdose zone techniques for estimating groundwater recharge in arid and semiarid regions*, Soil Science Society of America Journal, 58(1), pp.6-14.

[3].Anderson, M. P., & Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling-simulation of flow and advective transport*. San Diego: Academic. Press, Inc.

[4].Anderson, M. P., and W. W. Woessner. (1992). Applied Groundwater Modeling, Simulation of Flow and Advective Transport. San Diego: Academic Press, Inc.

[5].Anuraga, T.S., Ruiz, L., Mohan Kumar M.S., Sekhar, M., Leijnse, A. (2006). *Estimating groundwater recharge using land use and soil data*: A case study in South India. Agricultural water management (84) 65 – 76

[6].Batelaan, O., De Smedt, F. (2007). *GIS-based recharge estimation by coupling surface–subsurface water balances*, Elsevier B.V.

[7]. Tavalainejad, M. Rengzen, k.chrchi, A. Hatef, M.R. (2001). Investigation of Izeh plain balance and the role of tectonics in the hydraulic relationship of inter-basin aquifers, Groundwater Studies Unit, General Department of Water Affairs of Khuzestan Province. (In Persian)

[8]. Chit Sazan, M. Pirhadi, A. (1999). Ramhormoz Plain Water Resources Management Using Mathematical Model, Third Conference of Iranian Geological Society, Shiraz, 1999. (In Persian)

[9]. Chit Sazan, M. Tavassoli Kajani, M. (1998). Management of water resources of Mahyar Shamali plain using mathematical model, the second conference of the Geological Society of Iran, Mashhad, 1998(In Persian)

Abstract

Control and management of aquifers in groundwater resources in critical conditions is one of the important issues of water resources managers in Iran. The aim of this study is to model the Qaleh Lor aquifer in Andimeshk city in Khuzestan province and to predict the reaction level of the aquifer drop in the face of different drought, wet and normal conditions. After collecting the data required for hydraulic simulation of the aquifer, features in line, point and polygon format in separate coatings and compatible with the Madflu application environment and GMS graphical interface for pre-processing and post-processing of input and output data. Models were selected. 9 observational wells (piezometric) were considered as control points for calibration and validation of aquifer water level drop. To simulate the trend of aquifer decline over time, water level statistics were collected with 84 monthly time steps (seven-year interval). To accept computational and observational data, 48 months for calibration period and 36 months validation period by dividing time into two. The first 4 years stage was performed for the calibration period and the last 3 years of the validation period were performed in the non-steady state model. Then, to predict the status of aquifer decline in the face of a 6-year period with normal climates, drought and wet season, the model was defined and the model was implemented. In relation to the application of climatic conditions, it did not show itself and vice versa, in piezometer No. 6, the greater the distance from Dez river, the greater the water drop in the aquifer, so that the aquifer hydrograph diagram Distanced from each other, and the findings of the model predict the largest drop in the last year (1402) at 19.2 meters. The findings of this study also show that aquifer decline has not stopped due to exploitation in drought and wet years and its severity is more steep during the drought period.

Keywords: Dezful Andimeshk Plain, Groundwater, Modflow, GMS, Optimization, Pumping Wells, Lore Andimeshk Castle.