Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 4، مهر – آبان 1394، ص. 897-886

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 4, Sept.-Oct. 2015, p. 886-897

شبیه سازی آبخوان دشت لرستان-دلفان و بررسی سناریوهای مدیریتی با استفاده از مدل MODFLOW

امیر پورحقی[1*]- فریدون رادمنش[2]- عباس ملکی[3]

تاریخ دریافت: 1392/10/09
تاریخ پذیرش: 1394/06/18

چکیده

در سالهای اخیر، منابع آب زیرزمینی دشت دلفان-لرستان به دلیل بهره‌برداری بیش از حد مجاز با افت شدیدی مواجه شده است به طوری که در سال‌های 1388تا 1391 به طور متوسط سالانه 0/81- متر افت داشته است. از این رو نیاز به مدیریت بهینه منابع آب در این بخش اهمیت ویژهخود را نمایان می‌نماید. این تحقیق با هدف مطالعه و بررسی تاثیر عملیات مدیریتی بر وضعیت آبخوان دشت مذکور با روش مدل‌سازی عددی انجام شده است. برای این منظور با استفاده از مدل MODFLOW برایبک دوره پنج ساله با 60 دوره تنش مدلسازی انجام شد. به علت نوسانات کمتر تراز آب زیرزمینی مهر 1386 به عنوان شرایط پایدار مورد واسنجی قرار گرفت. کالیبراسیون مدل برای شرایط ناپایدار آبان 1386 تا آبان 1391 انجام شد. در ادامه آنالیز حساسیت انجام و صحت سنجی مدل نیز برای آبان 1391 تا آبان1393 صورت پذیرفت. سپس وضعیت آبخوان برای آبان 1393 تا آبان 1403 پیش بینی گردید. در ادامه، به منظور پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان دو گزینه ادامه روند فعلی بهره‌برداری وگزینه کاهش 20 درصدی بهره‌برداری در شرایط خشکسالی و ترسالی تدوین و مدل مجدداً برای10 سال آینده اجرا شد. اجرای مدل در شرایط خشکسالی و ترسالی نشان داد سطح آب زیرزمینی در 10 سال آیندهبه ترتیب (7/8-) متر و (5/83-) متر افت می‌کند که با کاهش 20 درصدی آبدهی چاه‌های بهره برداری این مقدار افت به طور چشمگیری بهبود پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آبزیرزمینی، ترسالی، خشکسالی، مدل‌های ریاضی

مقدمه

مسأله کلیدی در توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی، مدیریت علمی آن است. این امر نیازمند ارزیابی مناسب منابع موجود و فهم رفتار سیستم و ارتباط متقابل آب سطحی و زیرزمینی است. در این راستا، مدل سازی آب زیرزمینییکی از ابزارهای مورد استفاده در علوم هیدروژئولوژی برای ارزیابی و پیش بینی تأثیرات آینده تحت تنش‌های مختلف و تصمیم گیری های آتی است.مطالعات بیلان آب زیرزمینی و بررسی سناریوهای مختلف مدیریتی، نیازمند مدلسازیعددی آبخوان است. مدل سازی عددی در آب زیرزمینی مبانی شناخته شده‌ای دارد و این مبانی در کتاب های متعدد به خوبی تبیین شده است (4، 5 و 11). دشت دلفان در سال‌های اخیر به علت افزایشجمعیت و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی با کاهش شدید تراز آب زیرزمینی مواجه می‌باشد. این روند می‌تواند در کنار تنش‌های طبیعی مشکلات آبخوان را در مباحث کمی و کیفی آب افزایش دهد. در حال

حاضر مقالات متعددی در دنیا برای مدل‌سازی آبهای زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW ارائه شده است (1 و 14) که در ادامه مطلب برخی از آنها آورده شده است. شاکی و آدلوی (13)، مدل کامپیوتری دشت ایروان را در کشور لیبی با استفاده از کد Modflow ارائه دادند. نتایج نشان داد در شرایطی که روش‌های کشاورزی و آبیاری فعلی در دشت وجود دارد، سطح آب در مرکز منطقه مورد مطالعه در سال 2033 در 470 متری از سطح آزاد دریا حفظ می شود. چاو و همکاران (7)، در تحقیقی به منظور بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رژیم جریان زیرزمینی حوضه رودخانه روآنک در آمریکا، هشت سناریوی تغییر کاربری اراضی تدوین، و تاثیر آنها را بر روی تراز آب زیرزمینی با استفاده از مدل Modflow بررسی کردند. نتایج نشان داد توسعه اراضی کشاورزی، بیشترین تاثیر را بر روی تراز آب

1 و 2- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email: Pourhaghiamir@yahoo.com
3- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان

www.SID.ir

Archive of SID

زیرزمینی دارد و همچنین با توسعه اراضی غیر قابل نفوذ سطح آب زیرزمینی بیشترین کاهش را نشان می‌دهد. چیت سازان و ساعت ساز (6)، به منظور بررسی گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب دشت رامهرمز، از مدل ریاضیModflow استفاده نموده و گزینه‌هایمختلف مدیریتی، شامل ادامه روند کنونی، توسعه آبخوان با حفر چاه‌های جدید، تاثیر زهکش‌ها در مناطق زهدار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج شبیه سازی نشان داد که ادامه روند کنونی برداشت از نظر مدیریتی گزینه قابل قبولی نمی‌باشد. کرامتی و محمدی (10)، در تحقیقی به بررسی تحلیل حساسیت پارامترهای مهم شبیه‌سازی آب زیرزمینی با کمک مدل Modflow پرداختند. بررسی نتایج نشان داد که حساس‌ترین عوامل به ترتیب شامل جریان برگشتی، پمپاژ، هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و بارندگی می‌باشند. زمزم و همکاران (15) تغییرات سطح ایستابی دشت رفسنجان را با استفاده از مدل Pmwin شبیه سازی کردند. ایشان از مدل کالیبره شده به منظور پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی تحت سناریوهای مختلف، برای پنج سال آینده استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر لزوم کاهش برداشت و افزایش تغذیه طی سالهای آتی در دشت مذکور می‌باشد.مهدوی و همکاران (12)، با هدف مطالعه و بررسی تاثیر عملیات مدیریتی بر وضعیت آبخوان دشت همدان مطالعه‌ای صورت دادند. نتایج نشان داد که سناریوی تغییر الگوی کشت و تغییر شیوه آبیاری به ترتیب به دلیل صرفه جویی در مصرف آب بیشترین تاثیر را بر کاهش میزان افت سطح تراز آبخوان نسبت به سناریوی حذف چاه‌های غیر مجاز در آینده خواهند داشت.

با توجه به مطالب گفته شده می‌توان به اهمیت سناریوی‌های مدیریتی به منظور کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و بهبود وضعیت آبخوان در سال‌های آتی پی برد. در این مطالعه برای رسیدن به مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی از مدلسازی ریاضی آبخوان استفاده شده است. از طرفی دیگر با توجه به تطابقزیاد مدل‌های پیشرفته شبیه سازی آب زیرزمینی با سیستم هیدروژئولوژی آبخوان و امکان استفاده از این مدل‌ها برای پیش بینی وضعیت آینده، مدل های مذکور شرایط مناسبی را به منظور مدیریت و استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی فراهم آورده اند (9). به همین دلیل، در تحقیق حاضر پس از مطالعه و بررسی مدل های موجود یکی از معتبرترین و پرکاربردترین آنها تحت عنوان مدل عددی modflow، برای تعیین پتانسیل برداشت مناطق مختلف آبخوان به کار گرفته شد. این مدلدر واقع یک حل تفاضلات محدود برای معادلات دیفرانسیلی جزئی حاکم بر جریان اب زیرزمینی می باشد (8).

در این تحقیق تأثیر شرایط خشکسالی و ترسالی بر نوسانات سطح ایستابی آبخوان دشت دلفان با استفاده از مدل ریاضی عددی MODFLOW مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت دلفان یکی از دشت‌های استان لرستان است که در شمال این استان و در اطراف شهر نورآباد (دلفان) قرار گرفته است. این دشت در بین طولهای جغرافیایی 47 درجه و 21 دقیقه تا 48 درجه و 19 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 33 درجه و 48 دقیقه تا 34 درجه و 22 دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل 1). این دشت در ارتفاع 1700 متری از سطح دریا و در بین رشته کوه‌های زاگرس واقع شده و مساحت کل دشت در حدود 300 کیلومتر مربع می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ارتفاعات بلند منطقه از آهکهای ضخیم لایه و مناطق کم یا متوسط ارتفاع دشت از سنگهای آذرین، دگرگونی و سری آهکی همراه با سنگهای دگرگونی بخصوص شیت‌ها تشکیل شده است. واحد مرفولوژیکی دشت شامل مخروط افکنه‌ها، پادگانه‌های آبرفتی، واریزه‌ها و آبرفتهای سیلابی و آبرفتهای بین دشتی می باشد. رسوبات کنگلومرایی با پهنه‌ی وسیعی در انتهای جنوب شرقی دشت قابل روُیت است و در شمال دشت آبرفتها و واریزه‌های بادبزنی به صورت نواری حاشیه دشت را می پوشاند و قسمت اعظم دشت را رسوبات واریزه ای اشغال نموده است (3). مساحت محدوده مورد مطالعهحدود 77/183 کیلومتر مربع است. چاه‌های بهره برداری در این منطقه اکثرا برای تامین آب کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. بررسی بارندگی منطقه نشان می‌دهد میانگین بارندگی سالانه در دشت 480 میلی متر و آبخوان این منطقه دارای 10 چاه پیزومتری می باشد که آمار آنها از سال 1381 تاکنون (شهریور 1393) به صورت ماهیانه در دسترس می‌باشد (جدول 1).

ترسیم هیدروگراف تغییرات آب زیرزمینی منطقه از سال 83 تا سال 92 نشان می‌دهد که روند کلی تراز آب زیرزمینی منطقه نزولی می‌باشد که نشان دهنده کاهش منابع آب زیرزمینی منطقه می باشد(شکل 2).

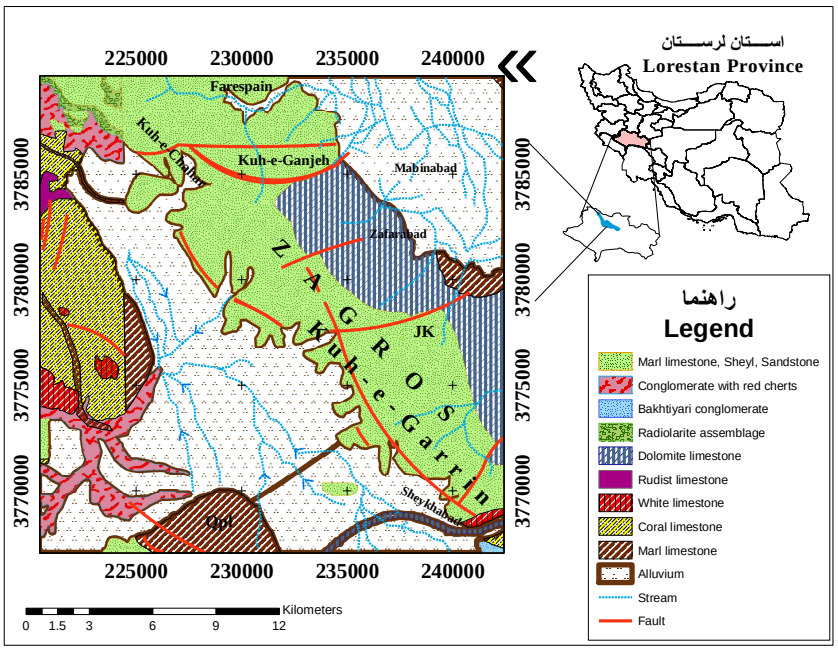
طراحی مدل دشت، تعیین مرزها

در ابتدای فرایند مدل سازی پس از جمع آوری کلیه اطلاعات مورد نیاز مدل، مدل مفهومی دشت جهت درک شرایط آبخوان شامل تعیین هندسه، نوع و مواد تشکیل دهنده آبخوان، نحوه ارتباط آبخوان زیرزمینی با تشکیلات زمین شناسی پیرامون دشت و مجموعه‌های آب سطحی، شناسایی و حدود مرزهای هیدرولوژیکی با توجه به محدوده حوضه آبرفتی، سیستم جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی براساس شرایط مرزیGHB[1]در مدل تعریف شد.

1-General-Head Boundary

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Case study

جدول 1- چاه‌های پیزومتری دشت دلفان

Table 1- Piezometric wells of plain Delfan

پیزومتر Pisometre	مختصات X UTM X	مختصات Y UTM Y	ارتفاع Hight	مساحت پلیگون (km^2) Area (km^2)
عزیز آباد Aziz abad	226497	3777856	1803	11.9
چراغ Cheragh	238479	3770067	1915	3.08
دفروزوند Dehfirozvand	224747	3781415	1807	7.343
حسین طلایی Hosseintalaee	229824	3778861	1818	6.1
کرم الهی Karamolla	232175	3776457	1835	9.9
محمد میرزایی Mohammad mirzaee	236038	3773265	1873	11.38
شریف آباد Sharif abad	226755	3783865	1835	6.87
شیخ آباد Sheykh abad	240339	3770418	1945	4.35
یوسفی Usefi	231678	3773823	1845	10.41
سیکوند Sykavand	222420	3785082	1827	5.85

همچنین در مناطقی که عمق آب در کمتر از 5 متـری قـرار دارد تبخیر لحاظ و برابر ده درصد تبخیر در سطح زمین در نظر گرفته شد (شکل 3). میزان نشت رودخانه به آبخوان بر اسـاس پـارامتر هـدایت هیدرولیکی بستر لحاظ گردید.

در تهیـه ایـن مـدل از داده‌هـای مختلفـاز جملـه نقشـه‌هـای توپوگرافی،اطلاعات ژئوفیزیک، لاگ چـاه‌هـا، آزمـون‌هـای پمپـاژ و داده‌های چاه‌های مشاهداتی و دبی برداشتی از چاه‌های بهره بـرداری استفاده گردید (شکل 3). نقشه تراز آب زیرزمینی براسـاس اطلاعـات 10 حلقه چاه پیزومتری موجود در دشت دلفان تهیه شده است (شکل 4). جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب به سمت مرکز و شمال مدل شده است.

واسنجی مدل

در از داده‌های سـطح آب مهـر مـاه 1386 کـه دارای کمتـرین نوسان است، استفاده شده واسنجی حالت ماندگار، است. در این مرحله با اجرای پیاپی مدل، هدایت هیدرولیکی بهینه شود (شکل5) تـا بـین

www.SID.ir

Archive of SID

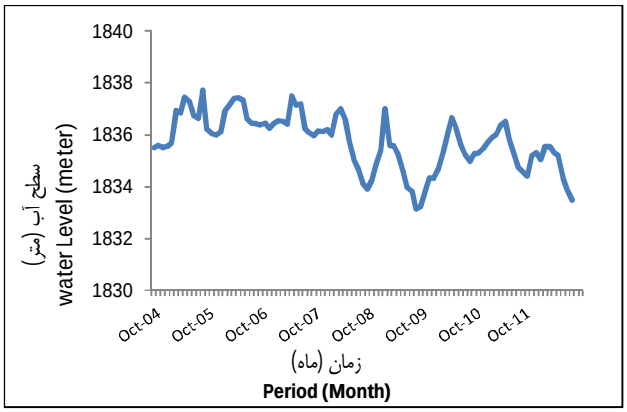
سطح آب محاسبه‌ای توسط مدل و سطح آب مشاهده‌ایانطباق مطلوبی حاصل شود. (شکل 6). در واسنجی حالت پایدار RMSE=0.561 است، که مقدار قابل قبولی است.

بعد از واسنجی مدل درحالت پایدار، این کار در حالت ناپایدار صورت می گیرد.در این مرحله آبدهی ویژه بهینه شد. برای واسنجی مدل درحالت ناپایدار از آمار سطح آب مربوط به آبان 1386 تا آبان 1391 استفاده شده است. نقشه آبدهی ویژه بهینه شده در (شکل 7) نشان داده شده است. در آخر نمودار پراکندگی بارهای آبی محاسباتی در مقابل مشاهداتی ترسیم گردید (شکل 8).

تحلیل حساسیت

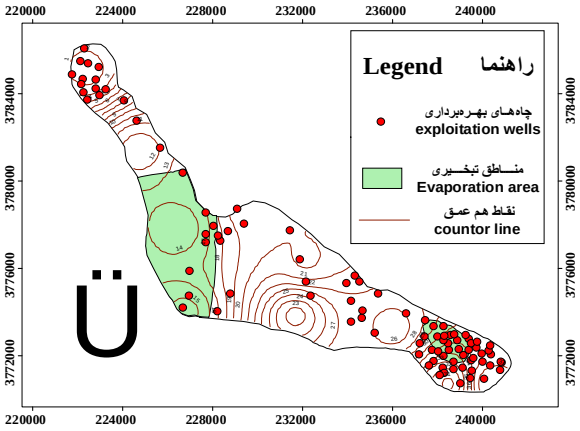
در حالت ماندگار، حساسیت مدل نسبت به تغییرات مقدار هدایت هیدرولیکی و آبدهی چاه‌های پمپاژ و در حالت ناپایدار نسبت به آبدهی ویژه و سایر پارامترها بررسی شده است. بر اساس این تحلیل در حالت پایدار، به طور کلی می توان گفت که مدل بیشتر به چاه‌های بهره برداری حساس می باشد (شکل 9).

در حالت ناپایدار، مدل بیشتر نسبت به آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی حساسیت نشان می‌دهد و دیگر پارامترهادر رده‌ی بعدی قرار دارند (شکل 10).



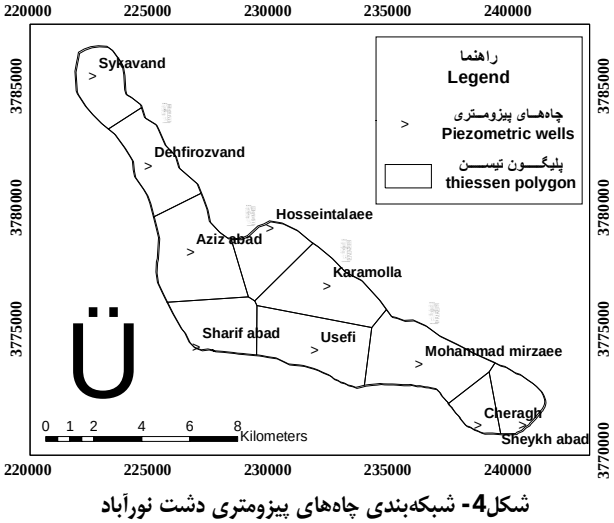
شکل 2- هیدروگراف واحد آب زیرزمینی دشت دلفان

Figure 2- Unit hydrograph of Delfan plain



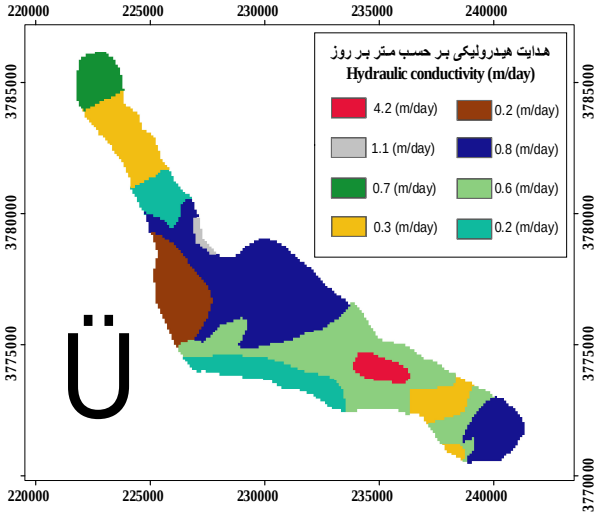
شکل 3-موقعیت چاه‌های بهره برداری و پیزومتری دشت

Figure 3- Locations of Piezometric and exploitation wells



شکل4- شبکه‌بندی چاه‌های پیزومتری دشت نورآباد

Figure 4- networking piezometric wells of plain Nurabad

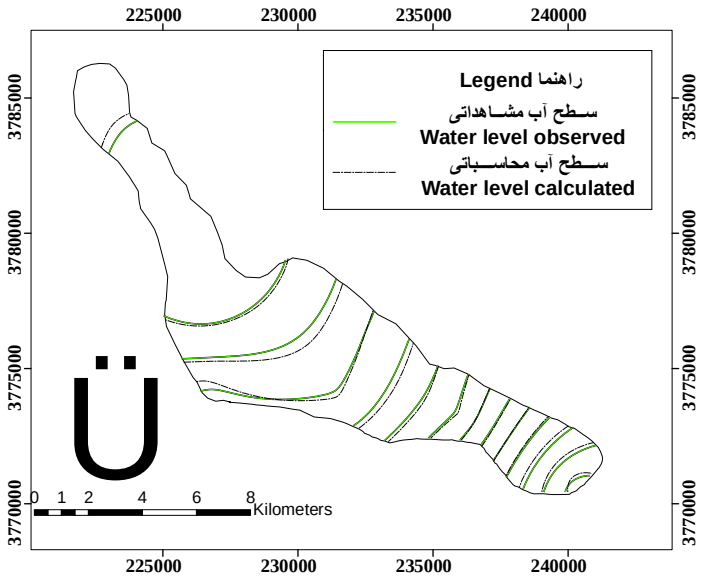


شکل5- هدایت هیدرولیکی بعد از کالیبراسیون (متر بر روز)

Figure 5- Hydraulic conductivity after the calibration (m/day)

www.SID.ir

Archive of SID

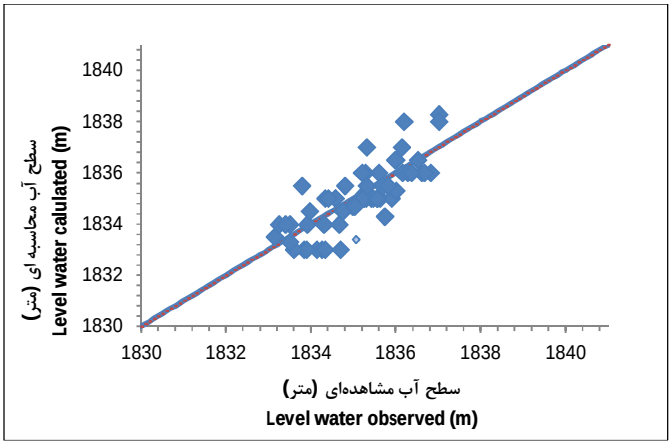


شکل 6- مقایسه سطح آب اندازه گیری شده و محاسبه شده

Figure 6- Comparison of measured and calculated water levels

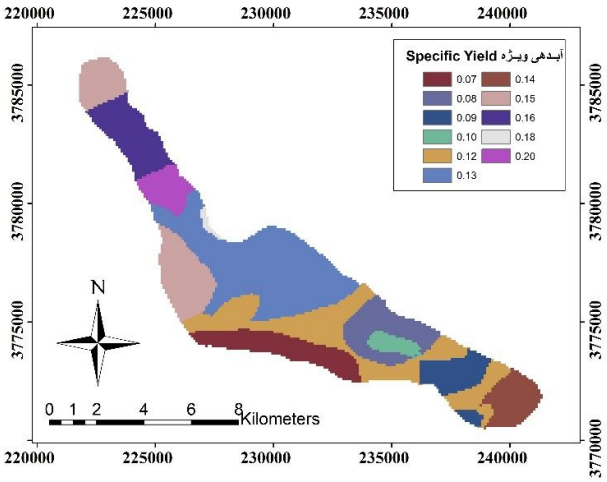
صحت سنجی مدل

بعد از واسنجی در حالت ناپایدار مدل نیازمند تایید یا صحت سنجی می باشد تا بتوان به آن اطمینان کرد. بدین منظور صحت سنجی از آبان 91 تا آبان 93 انجام پذیرفت. در جدول 2 مقادیر خطای محاسباتی در طی 12 دوره تنش نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که دردوره صحت سنجی روند تغییرات ترازهای محاسباتی به طور کامل از روند تغییراتترازهای مشاهداتی پیروی نموده است. این نشان می‌دهد که مدل با دقت بالایی واسنجی شده است و چنانچه تحت استرس‌های مختلف غیر از استرس‌های دوره کالیبره قرار گیرد بدون تغییر زون بندی‌های بدست آمده برای مقادیر هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه، نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد.



شکل8- میانگین مقایسه ای سطح آب مشاهده‌ای و محاسباتی در دوره ناپایدار

Figure 8- Comparison of the mean water level observational and computational

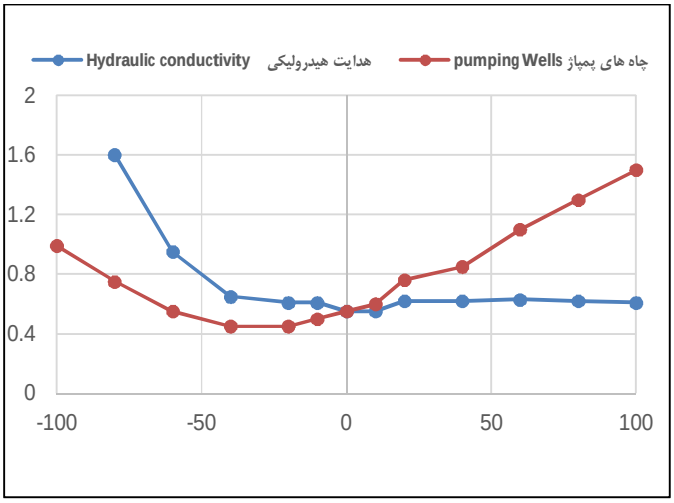


شکل7- مقادیر آبدهی ویژه بعد از کالیبراسیون

Figure 7- Specific after the calibration

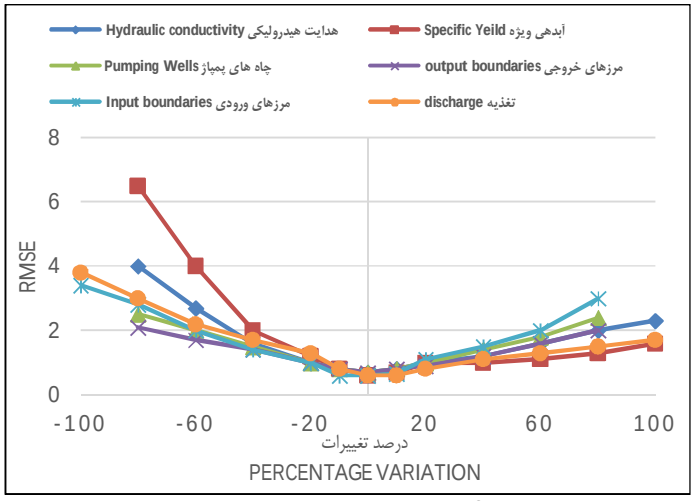
www.SID.ir

Archive of SID



شکل 9- تحلیل حساسیت در حالت پایدار

Figure 9- Sensitivity analysis in steady state



شکل 10- تحلیل حساسیت در حالت ناپایدار

Figure 10- Sensitivity analysis in unsteady state

جدول2 – مقادیر میانگین خطای محاسباتی در 12 پریود در دوره صحت سنجی

Table 2- Computational error average in validation Period

دورهPeriod	Oct 2012-2013	Nov2012-2013	Dec 2012-2013	Jan 2012-2013	Feb 2012-2013	Mar 2013-2014
خطا (متر)Error (meter)	1.323	1.012	0.776	1.651	1.248	0.857
دورهPeriod	Apr 2013-2014	May 2013-2014	Jun 2013-2014	Jul 2013-2014	Aug 2013	Sep 2013
خطا (متر)Error (meter)	0.463	1.318	1.008	0.889	1.048	0.970

محاسبه شاخص SPI و اعمال سناریوهای مختلف

خشکسالی یکی از بلاهای محیطی است که وقوع آن می‌تواند چالش‌هایی در زمینه کمیت و کیفیت آب به وجود بیاورد. چون خشکسالی و کمبود بارندگی بر منابع آب زیرزمینی و رطوبت خاک و جریان رودخانه ها موثر است ازنمایه‌ای به نام شاخصاستاندارد بارندگی[1] استفاده می‌شود تا بتوان تاثیر کمبود بارندگی را در دوره های 3، 6، 12، 24 و ... ماهه کمی کرد. محاسبه این شاخص براساس آمار طولانی مدت استوار است. ابتدا داده‌های بارندگی در آن دوره را بر یک توزیع احتمالی برازش داده و سپس به توزیع نرمال تبدیل می‌شود به طوری که میانگین داده‌ها برای دوره و منطقه مورد نظر صفر شود. حال مقادیر مثبت SPI بالاتر از میانه و مقادیر منفی SPI پایین تر از میانه بارندگی داده ها خواهد بود. بنابراین چون SPI نرمالیزه شده است طبقه بندی خشکسالی و ترسالی از نظر بازه تقسیم بندی متقارن خواهد بود. بر اساس نمایه SPI میتوان برای هر سال یا هر دوره مورد نظر 7 حالت مختلف را مشخص کرد که نشان دهنده وضعیت آب و هوایی در آن منطقه است (جدول3). از هر زمان که SPI از 1- کوچکتر شده باشد خشکسالی آغاز و تا زمانی که این نمایه کمتر از 1- باشد نشان دهنده آن است که خشکسالی هنوز ادامه داشته باشد و هر زمان که برعکس نمایه SPI از 1 تجاوز کرده باشد نشان دهنده آغاز یک دوره ترسالی بوده است (2).

1-Standard Precipitation Index

اعمال شرایط خشکسالی و ترسالی مجازی

با توجه به آمار 30ساله دشت دلفان که از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه شده بود (9) پایش خشکسالی و ترسالی منطقه بر اساس شاخص SPI انجام گرفت. میانگین و انحراف از معیار بارندگی دشت دلفان به ترتیب 484 و 150 میلی‌متر می‌باشد. کمترین بارندگی دشت در سال 1377 با میزان 252 میلی متر است که دشت در این سال وضعیت بسیار خشک را داشته است. با بررسی 120 ماهه شاخص بارندگی دیده شد که دشت در سال‌های 1363 تا 1372 دارای کمترین شاخص 120 ماهه بارندگی به میزان 1/08- (با میانگین بارندگی سالانه 423 میلی‌متر) می‌باشد. وقتی که مدل اجرا شد و تمام پارامترهای مدل کالیبرهشدند برای اعمال شرایط خشکسالی مجازی مدل با بارندگی سال‌های 1363 تا 1372 اجراو شرایط آبخوان برای 10 سال آینده شبیه سازی شد. برای اعمال ترسالی مجازی، با بررسی بارندگی 30 ساله ملاحظه شد سال‌های

www.SID.ir

Archive of SID

1380 تا 1389 دارای بیشترین شاخص 120 ماهه بارندگی به میـزان 1/86 (با میانگین بارندگی سالانه 587 میلی‌متر) می‌باشد. در مرحلـه بعد برای اعمال شرایط ترسالی مجازی، مدل با بارنـدگی سـال‌هـای 1380 تا 1389 شبیه سازی شد. در تمامی سناریوهای فوق با توجه به ضریب نفوذ پذیری خاک منطقه، 20 درصد بارندگی به عنوان تغذیـه در نظر گرفته شد.

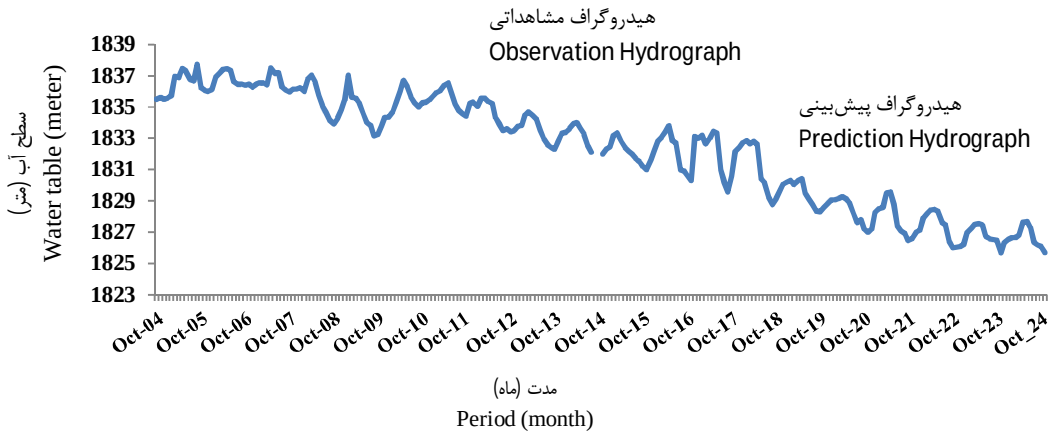
جدول 3- نمایه SPIبرای پایش خشکسالی

Table 3- SPI Index for drought monitoring

SPIنمایه (SPI Index)	وضعیت آب و هوایی (Weather condition)
2 و بیشتر	Extremely wetشدیدا مرطوب
بین 1/5 تا 1/99	Very wetبسیار مرطوب
بین 1 تا 1/49	Average wetمرطوب متوسط
بین 0/99-تا 0/99	Normalنزدیک نرمال
بین 1-تا 1/49-	Average Dryخشک متوسط
بین 1/5-تا 1/49-	Very Dryبسیار خشک
2- و بیشتر	Extremely Dryشدیدا خشک

نتایج و بحث

بعد از صحت سنجی، مدل آماده اجرا و وضعیت آبخوان برای 10 سال آینده (آبان 93 تا آبان 1403) پیش‌بینی شد. با استخراج داده‌های سطح آب محاسبه شده توسط مدل برای کل پیزومترها در طـی 120 ماه، هیدروگراف واحد دشت رسم گردیـد و جهـت آگـاهی از صـحت مدل، در ادامه با هیدروگراف واحد مشاهده‌ای دشت در سال‌های قبل مورد مقایسه قرار گرفت. در بین زمان مشاهده‌ای و زمان پیش بینی، محدوده‌ای وجود دارد که فاقد آمار و اطلاعات در زمـان جمـع آوری اطلاعات بود ولی با نگاهی به هیدروگراف واحد محاسبه‌ای می‌تـوان فهمید که با ادامه توالی آن از انطباق خوبی برخوردار است که باز هم دلیل محکمی بر اجرای دقیق مدل می باشد و همانطور که در شـکل 11 دیده می‌شود هیدروگراف روند سینوسی بودن و نزولی بودن خود را حفظ کرده است. با توجه به هیدروگراف واحد مشاهده‌ای دشت، مقدار تغییرات متوسط سالانه 0/81- متر بوده است و مقدار تغییـرات متوسط سالانه در دوره‌ی پیش بینی شده برابـر بـا 0/71- متـر و در مجموع این 10 سال 7/1- متر بدست آمده است که بسـیار بـه هـم نزدیک می باشـند. در دوره پـیش‌بینـی همـانطور کـه در شـکل 12 مشاهده می‌شود سطح آب در تمام پیزومترها افت میکند. در این حالت نیز لازم است منحنی‌های هم افت سطح آب را نیز مورد بررسی قرار دهیم تا نقاط بحرانی سفره مشخص شوند. در شکل 12 منحنی‌هـای افت سطح آب برای 10 سال آورده شده است. همانطور که ملاحظـه می‌شود بیشترین افت در قسمتهای مرکزی، شمالی و جنـوبی سـفره بوده است که علت آن تمرکز بیشتر چاه‌هـای بهـره بـرداری در ایـن مناطق بیشتر است. قسمت شمال شرقی حوضه به علت کمتر بـودن چاه‌های بهره برداری و آبدهی ویژه نسبتا بـالا دارای افـت کمتـری است. برای کاهش افت سطح آب سفره در ایـن نـواحی، بـا در نظـر گرفتن مقدار افت و نیاز آبی منطقه، اجراهایمختلفی صورت گرفت که نهایتا نتایج نشان داد برای جبران افتسطح آب سفره در این سه ناحیه بهره برداری، باید آبدهیچاه‌های بهره‌بـرداری بـه میـزان 20 درصـد کاهش یابد. شکل 13 میزان افت سطح آب را برای 10 سـال آینـده نشان میدهد. به وضوح دیـده میشـود کـه افـت سـطح آب کـاهش چشمگیری داشته است.

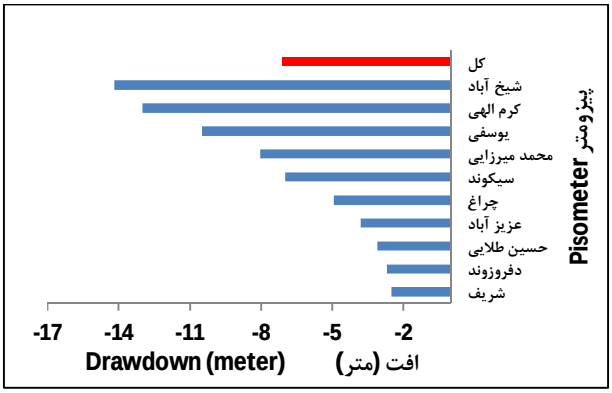


شکل 11- هیدروگراف واحد دشت دلفان

Figure 11- Prediction unit hydrograph of Delfan plain

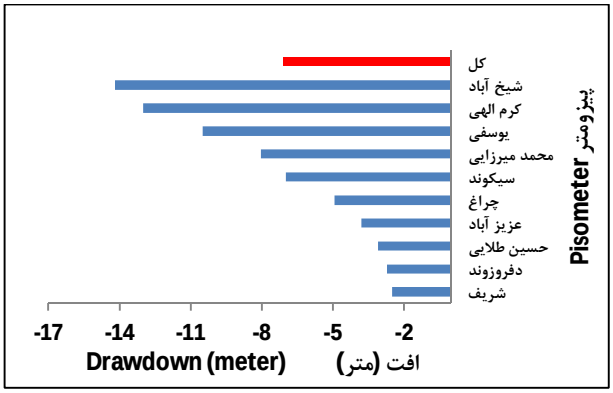
www.SID.ir

Archive of SID



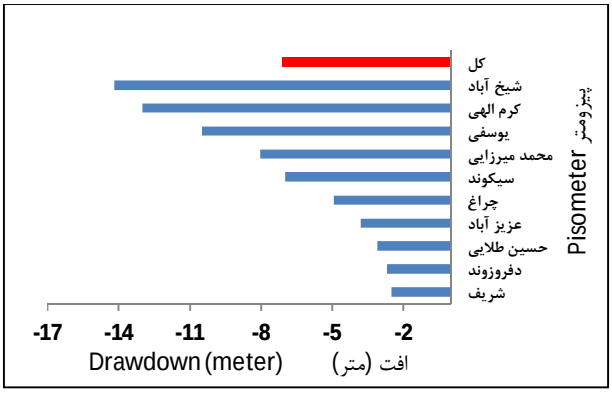
شکل 12- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده در شرایط عادی

Figure 12- Drawdown water table in the next 10 years with normal condition



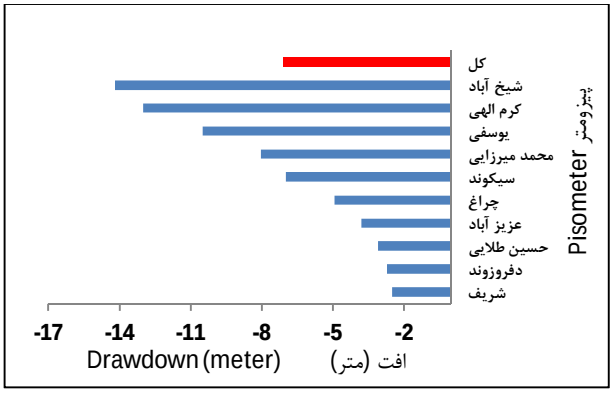
شکل 13- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده باکاهش 20 درصدی بهره‌برداری

Figure 13- Drawdown water table in the next 10 years with normal conditionand 20% reduction in harvest wells



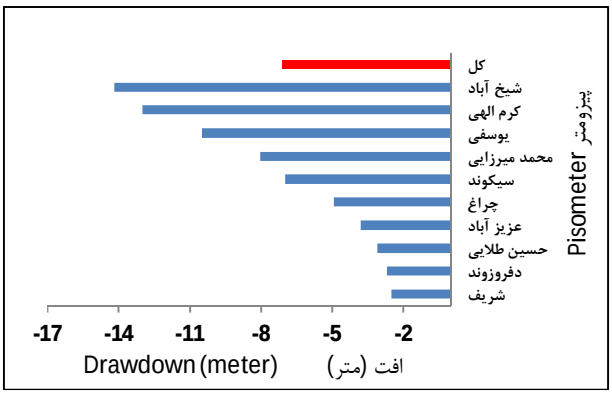
شکل 14- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده با اعمال خشکسالی مجازی

Figure 14- Drawdown water table in the next 10 years with drought condition



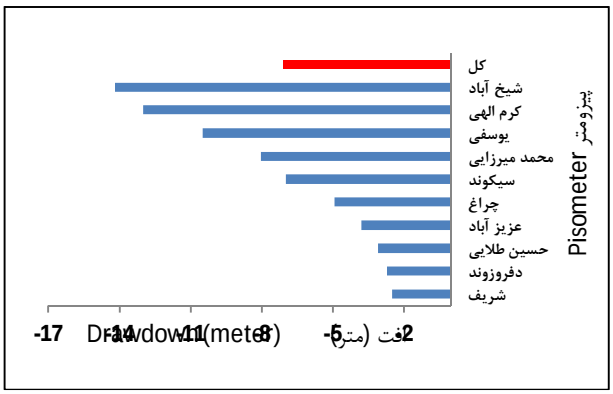
شکل 15- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده با اعمال خشکسالی مجازی و کاهش 20 درصدی بهره‌برداری

Figure 15- Drawdown water table in the next 10 years with drought condition and 20% reduction in harvest wells



شکل 16- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده با اعمال ترسالی مجازی

Figure 16- Drawdown water table in the next 10 years with wet condition



شکل 17- افت سطح ایستابی در 10 سال آینده با اعمالترسالی مجازی و کاهش 20 درصدی بهره‌برداری

Figure 17- Drawdown water table in the next 10 years with wet condition and 20% reduction in harvest well

www.SID.ir

Archive of SID

جدول4- اجزا و مقادیر بیلان آبی دشت دلفان برای ده سال آینده (میلیون متر مکعب)

Table 4- groundwater balance of Delfan plain in the next ten years (MM^3)

سناریوی مدیریت آبخوان Aquifer management scenario		چاه‌ها Wells	تبخیر Evaporation	تغذیه Discharge	جریان زیرزمینی Groundwater flow	رودخانه River	مجموع Total	ورودی- خروجی Inflow-Outflow
شرایطعادی normal conditions	Inflow	-	-	73	115	7.8	195.8	-83.2
	Outflow	-222	-10	-	-13	-34	-279	
شرایط کاهش بهره‌برداری normal conditions with Discharge reduce of exploitation wells	Inflow	-	-	73	115	7.8	195.8	-41.2
	Outflow	-180	-10	-	-13	-34	-237	
شرایط خشکسالی Drought condition	Inflow	-	-	65	115	7.8	187.7	-91.2
	Outflow	-222	-10	-	-13	-34	-279	
شرایط خشکسالی و کاهش *برداشت* از چاه‌های بهره برداری Drought conditions with Discharge reduce of exploitation wells	Inflow	-	-	65	115	7.8	187.7	-49.2
	Outflow	-180	-10	-	-13	-34	-237	
شرایط ترسالی Wet condition	Inflow	-	-	9.1	115	7.8	213.8	-65.2
	Outflow	-222	-10	-	-13	-34	-279	
شرایط ترسالی و کاهش برداشت از چاه‌های بهره برداری Drought conditions with Discharge reduce of exploitation wells	Inflow	-	-	9.1	115	7.8	213.8	-23.2
	Outflow	-180	-10	-	-13	-34	-237	

این استراتژی توانسته است که میـزان افـت متوسـط سـالانه در دشت برای 10 سال آینده را تا 3/95- متر کاهش دهد که با توجه به شرایط اجتماعی موجود در منطقه برای جبران این مقدار افت باقیمانده باید طرح کاهش آبدهی سال‌های بیشتری ادامه یابد. با بررسی دشت در شرایط خشکسالی پیش بینی شد که در این شرایط تراز سـطح آب به طور متوسط 7/8-متر کاهش می‌یابد (شکل 14). در این وضـعیت برای مدیریت دشت اجراهای مختلفی انجام گرفت که در نهایت نتایج نشان داد با توجه به شرایط منطقه می‌توانیم با کـاهش 20 درصـدی آبدهی چاه‌های بهره برداری، میـزان افـت تـراز آب زیرزمینـی را تـا 4/40- متر کاهش دهیم (شکل 15) که این کاهش برداشت می‌تواند میزان افت را به میزان 3/40 متر بهبود بخشـد. در ادامـه بـا اعمـال شرایط ترسالی در منطقه ملاحظه شد تراز آب زیرزمینی برای 10 سال آتی 5/83- متر افت می‌کند (شکل 16). با اعمال سـناریوی کـاهش 20 درصدی برداشت از آبخـوان میـزان افـت تـراز آب زیرزمینـی تـا 2/60- متر کاهش یافت (شکل 17). در آخـر بعـد از اجـرای مـدل و محاسبه افت پیزومترها، از مدل دشت جهت به دست آوردن بیلان آب زیرزمینی آبخوان در زمان اجرای مدل استفاده گردیـد کـه نتـایج آن برای سال آبی 1403-1393 در جدول 4 ارائه گردیده است.

نتیجه گیری کلی

تصمیم گیری و مدیریت منابع آب بر اساس مـدل‌سـازی آبهـای زیرزمینی و بررسی سناریوهای مختلف بهره‌برداری اهمیت بالایی در بهبود وضعیت آبخوان داشته و می‌تواندیک دید جامع از رونـد بـیلان آب زیرزمینی نمایش دهد.برای رسیدن به این امـر نیـاز اسـت یـک مدل‌سازی صحیح و دقیق از آبخوان انجام شود.با استخراج داده‌هـای سطح آب مشاهده شده، هیدروگراف واحد دشت رسـم گردیـد. طبـق هیدروگراف واحد در دو سال اخیر آبخوان دلفان روندی نزولی داشته و تراز آب زیرزمینی به طور متوسط به میزان 0/81 متر کـاهش نشـان می‌دهد که این موضوع نشان دهنده فشار برداشت بـر آبخـوان مـی باشد.این کاهش در سال‌های آتی ادامـه داشـته و طبـق نتـایج تـراز آبخوان در ده سال آینده روند نزولـی داشـته و سـطح آن 7/1- متـر کاهش مییابدکه با کاهش 20 درصدی بهره برداری از چاه‌ها با بیلان 41/20- میلیون متر مکعب میزان افت 4- متر پیش بینی می‌شود.

با اعمال شرایط ترسالی، میزان افت سطح ایستابی آب زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

5/83- متر با بیلان 65/2- میلیون مترمکعب پیش‌بینی می‌شود که با کاهش 20 درصدی برداشت از آبخوان این میزان افت تا 2/60- با بیلان 23/2- میلیون متر مکعب بهبود پیدا خواهد کرد.در شرایط خشکسالی نیز طی دو سال بیلان آبخوان دلفان 91/20- میلیون متر مکعب پیش‌بینی شد که با کاهش 20 درصدی برداشت از چاه‌ها این بیلان تا 49/20- میلیون متر مکعب افزایش پیدا می‌کند و میزان افت سطح آب زیرزمینی از 7/8- متر تا 4/4- متر بهبود می‌یابد.

منابع

1- Alhassan A.M., Goto A., and Mizutani M. 2003. Effect of conjunctive use of water for paddy field irrigation on groundwater budget in an alluvial fan. Agricalture Engineering International, 19(5):743-752.

2- Alizadeh A. 2009. Applied Hydrology. Imam Reza Publication, Mashhad, 870 Pages.

3- Anonymous. 2012. Office of studies, Power Ministry.

4- Anderson M.P., and Woessner W.W. 1992. Applied ground water modeling: simulation of low and defective transport. Academic Press, Inc, 381 pages.

5- Boonstra J., de Ridder N.A. 1981. Numerical modeling of Ground Water asins user oriented manual, International Institute Foreland Reclamation and Improvement/ ILRI P.O.Box 45,67000 AA Wageningen, The Netherlands.

6- Chitsazan M., and Saatsaz M. 2006. The Application of Modflow Mathematical Modelto Evaluate Different Options for Water Resource Management of Ramhormuz Plain. Journal of Sciences, 14(2):1-15. (In Persian)

7- Cho J., Barone V.A., and Mostaghimi S. 2008. Simulation of land use impacts on groundwater levels and stream flow in a Virginia watershed. Agricultural Water Management, 96(1):1-11.

8- Duherty G. 2001. Quantitative Hydrogeology. Academic Press, Inc, Orlando, Florida.

9- Fetter C.W. 1994. Applied Hydrogeology. Third Edition, Prentice-Hall, Inc, New Jersey, USA: 691 p.

10- Keramati M., and Alimohammadi S. 2008. Simulation and sensitivity analysis of groundwater level by model Modflow. P. 1130-1139. Proceedings of the 7th Iranian Hydraulic Conference, 11-13 Nov. 2008. Hydraulics of the porous media, Tehran, Iran. (In Persian).

11- Kinzelbach W. 1986. Ground water modelling an introduction with sample programs in BASIC Development in Water Science. Elsevier, 344 pages.

12- Mahdavi M., Farokhzadeh B., Salajeghe A., Malakian A., and Souri M. 2012. Simulation of Hamedan- Bahar Aquifer and Investigation of Management Scenarios by Using PMWIN. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 98:108-116. (In Persian with English abstract).

13- Shaki A.A., and Adeloye, A.J. 2007. Mathematical modeling of effects of Irawan irrigation project water abstractions on the Murzuq aquifer systems in Libya, J. Arid Environ, Elsevier. pp: 133-156.

14- Yanhui D., Guomin L, and Haizhen X. 2012. An areal recharge and discharge simulating method for MODFLOW. Computers & Geosciences, 42:203-205.

15- Zamzam A., Rahnama M., and Ameri A. 2011. Simulation and evaluation of groundwater resources quantity in Rafsanjan plain by PMWIN. p. 1820-1832.Proceedings of the 2nd national conference on utilization integrated managment of water resources, 29-30 Jan 2011, Kerman, Iran. (In Persian with English abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 4, Sept.-Oct. 2015, p. 886-897

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 4، مهر – آبان 1394، ص. 897-886

Simulation of Delfan- Lorestan Aquifer and Investigation of Management Scenarios by Using MODFLOW Model

A. Pourhaghi[2*]- F. Radmanesh[3]- A. Maleki[4]

Received: 30-12-2013
Accepted: 09-09-2015

Introduction : Sustainable development of groundwater resourcesrequires a proper assessment of available resources, understanding of system behavior and interaction between groundwater and surface water.In recent years, a Delfan plain (in Iran) is facing a sharp decline in groundwater levels due to increasing in population and exploitation of groundwater resources.In this study, using modflow model effect of drought and wet conditions on water table fluctuations of Delfan plain aquifer was evaluated.

Materials and Methods: Delfan plain is one of the Lorestan Plains (in Iran Country) and located in the north of the Lorestan Province, around the city ofNurabad (Delfan).Precipitation survey of the region shows that the average annual rainfall in the plains is 480 mm and aquifers of the region has 10 piezometric wells. Drawing of the groundwater hydrograph from 2004 to 2013 shows that the general trend of the groundwater level is downward, which represent decreasing in groundwater resources of the region. At the beginning of the modeling process using Modflow model, after gathering all the required information, conceptual model of the plain was generated. To preparing this model, various data such as topographic maps, geophysical data, logs of wells, pumping tests and observation wells data and flow data taken from exploitation wells was used. Water level data of October 2007 which has the lowest fluctuation was used for the calibration of steady state.In this step with model successive run, hydraulic conductivity is optimized. After model calibration in the steady state, do same in the unsteady state.Specific discharge was optimized at this step.After calibration in the unsteady state, model needs verification to be trusted.For this purpose, verification was done in November 2012 to November 2014. After calibration and validation of the model, the model was carried out under drought and wet conditions.Drought is one of the environmental disasters that its occurrence could bring the water challenges in the field of quality and quantity. Because of drought and lack of rainfall affect groundwater resources, soil moisture and river flow, used index called Standard Precipitation Index (SPI) to quantify the impact of rainfall in of 3, 6, 12, 24-month period.This index is calculated based on long-term statistics.

Results Discussion : In steady state, the model's sensitivity is studied according to changes in hydraulic conductivity value and discharge of pumping wells and in the unsteady state according to specific yield and other parameters was investigated. Based on this analysis in steady state, generally it can be said that the model is more sensitive to the exploitation wells. In unsteady state, the model is more sensitive to specific yield and hydraulic conductivity and other parameters are in the next level.With SPI reviewing of 120-months, it was seen that the plain in 1984 and 1993 has the lowest 120-month SPI with the value of -1.08 (with average precipitation value of 423 mm).For applying virtual wet period with 30-years precipitation reviewing, it was observed that years of 2001 and 2010 have the most 120-month SPI value with value of 1.86 (with average precipitation value of 587 mm).For applying the virtual wet conditions in the next step, the model was simulated with the rainfall data of 2001 and 2010.To decrease the water table drop, considering the amount of drop and water needs of the region, several runs were performed which ultimately results showed to offset the drop in these three exploitation areas, the discharge of exploitation wells must be reduce 20% that This strategy is able to reduce the average annual rate of water table drop for the next 10 years. Finally, after model's run and piezometers drop, plain model was used to obtain groundwater balance.

Conclusion: The model implementation in drought and wet conditions shows that in these conditions the groundwater level decreases with the average of (-7.80m) and (-5.83m), respectively. which with the 20 % decrease of the discharge of the exploitation wells in these conditions, the level groundwater and aquifer balance improves.For the next ten years in the normal condition or present situation of exploitation, plain balance is -83.20 million cubic meters which by 20% reduction in wells exploitation, this water balance is predicted -41.20

1,2 - Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Water Resource Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University of Iran
(*- Corresponding Author Email: Pourhaghiamir@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

million cubic meters for next 10 years.In the drought conditions Delfan aquifer water balance is predicted as -91.20 million cubic meters during ten years which by 20% reduction of wells exploitation this water balance increases to -49.20 million cubic meters.

Keywords: Drought, Groundwater, Mathemathical Models, Wet Condition

www.SID.ir