Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال چهاردهم- شماره ۵۰- پاییز ۱۳۹۹

Vol. 14, No. 50, Fall 2020

ارزیابی تغییرات تراز سفره آب زیرزمینی دشت جعفریه با استفاده از نرم‌افزار GMS و کد MODFLOW

بهاره جبالبارزی[۱]، غلامرضا زهتابیان[۲]، علی طویلی[۳] و حسن خسروی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳

چکیده

دشت جعفریه بخشی از حوزه آبخیز دریاچه نمک می‌باشد که به علت خشکسالی‌ها و استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی آن، دچار بحران شده است، لذا مطالعه آب‌های زیرزمینی به عنوان اصلی‌ترین منبع آب در کل دشت، ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی آبخوان دشت جعفریه با کد MODFLOW در قالب نرم‌افزار GMS به عنوان مدلی کارآمد در مباحث آب زیرزمینی می‌باشد. مدل کمی آبخوان دشت جعفریه با استفاده از آمار سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری، در طی دو دوره آماری ده ساله(۱۳۸۱-۱۳۷۱ و ۱۳۹۱-۱۳۸۱) شبیه‌سازی گردید و در دو حالت ماندگار و غیرماندگار واسنجی مدل صورت گرفت. سپس صحت‌سنجی مدل با داده‌های مشاهداتی بررسی گردید. نتایج نشان داد که مدل نسبت به تغییرات تغذیه آب زیرزمینی بیش‌ترین حساسیت را نشان می‌دهد و متوسط افت آبخوان در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۰ از ۰/۰۵ به ۱/۵- متر رسیده است. به‌طوری‌که بیش‌ترین افت منطقه در مناطق شرقی محدوده مورد مطالعه می‌باشد. هم‌چنین متوسط افت آبخوان در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۱، از ۰/۲۶- به ۷/۲- متر رسیده است که نشان‌دهنده این است در این دوره آبخوان با شدت بیش‌تری افت پیدا کرده است و بیش‌ترین افت آن در مناطق شمال‌غربی و جنوب‌شرقی منطقه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: *آب زیرزمینی، دشت جعفریه، GMS، MODFLOW.*

۱- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- نویسنده مسئول و دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: hakhosravi@ut.ac.ir

مقدمه

کشور ایران در منطقه گرم و خشک قرار دارد و یکی از جدی‌ترین بحران‌های پیش‌رو حداقل برای دو دهه آینده بحران آب و کمبود شدید آب شرب، صنعتی و کشاورزی است. بر مبنای پیش‌بینی‌های سازمان ملل، تا سال ۲۰۲۵ ایران به جمع کشورهای شدیدا کم آب اضافه می‌شود. افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی منجر به تغییر اساسی در تداوم جریان سطحی و افت شدید تراز سطح آب زیرزمینی شده است [۵]. در همین راستا مطالعه حاضر سعی بر بررسی و مدل‌سازی عددی آبخوان زیرزمینی دشت جعفریه دارد که از این قاعده در دو دهه اخیر مستثنا نیست. در مطالعات هیدروژئولوژی مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی یکی از روش‌های پیش‌بینی رفتار سیستم آب‌های زیرزمینی است. استفاده از مدل‌های آب زیرزمینی و تکنیک‌های شبیه‌سازی به عنوان یکی از راه‌های نظارت، کنترل و اعمال مدیریت منابع آب است [۶]. مدل جریان آب زیرزمینی در واقع مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل است و برای ارزیابی جریان‌های پیچیده زیرزمینی و عکس‌العمل سفره‌های ناهمگن، ناهمسان و ناپایدار با چاه‌های پمپاژ متعدد و شرایط مرزی پیچیده به‌کار گرفته می‌شوند [۲].

امروزه به‌طور گسترده مدل‌های آب زیرزمینی جهت شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و اهداف مدیریتی مختلف استفاده می‌شوند [۴]. از این رو مطالعات گسترده‌ای در سطح جهان با توجه به اهمیت و ضرورت بررسی آب زیرزمینی با استفاده از این مدل صورت گفته است که می‌توان به موارد زیر در سطح داخل و خارج کشور اشاره نمود.

صابری مهر و همکاران [۱۲] جهت تهیه مدل کمی و کیفی دشت شبستر واقع در حاشیه شمال شرق دریاچه ارومیه از مدل GMS استفاده کردند. ایشان بیان کردند با افزایش نرخ برداشت آب زیرزمینی در دو قسمت مرکزی و شمال‌غربی این دشت در اثر تشکیل[5] میدان چاه یا حوضه تغذیه‌کننده چاه، شورابه‌های ذخیره شده در میان رسوبات انتهایی دشت به سمت چاه‌ها جریان یافته و باعث شور شدن این مناطق گردیده است.

پورحقی و همکاران [۱۰] با کاربرد مدل MODFLOW در شبیه‌سازی آبخوان دشت لرستان دلفان اظهار داشتند که مقدار افت سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال آینده، با کاهش ۲۰ درصدی آبدهی چاه‌های بهره‌برداری، به‌طور چشم‌گیری بهبود پیدا خواهد

5. well field

www.SID.ir

Archive of SID

نمود. جانگ و همکاران [۷] در یک بررسی در دشت Pingtung، مدل عددی جریان آب زیرزمینی دشت را توسط MODFLOW تهیه نمودند و میزان بازیابی و بهبود سطح آب ایستابی با جایگزین نمودن آب زیرزمینی برای تأمین نیاز آب شرب و آب سطحی جهت تأمین نیازهای کشاورزی بررسی گردید. نتایج بررسی نشان داد که استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی در دشت Pingtung تایوان، موجب کاهش قابل ملاحظه سطح ایستابی و نفوذ آب دریا و تخریب اراضی شده است.

سعیدی و همکاران [۱۳] در مطالعه خود با بهینه‌سازی مدل شبیه‌ساز کمی و کیفی آبخوان در محیط نرم‌افزار GMS نشان دادند که گرادیان غلظت هدایت الکتریکی در چاه‌های منتخب، در صورت اعمال سیاست برداشت بهینه نسبت به عدم اجرای این سیاست، به میزان ۱۲ درصد کاهش خواهد داشت.

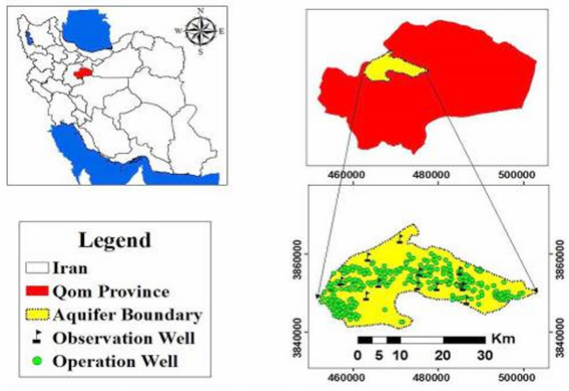
طاهری و کمالی [۱۵] در مدل‌سازی دشت تویسرکان با مدل MODFLOW، دو سناریو ده ساله لحاظ کردند که در سناریوی اول ادامه روند کنونی برداشت و در سناریوی دوم افزایش بازده آبیاری منطقه به میزان ۲۰ درصد و در نتیجه کاهش برداشت‌ها مد نظر قرار گرفت. نتایج هر دو سناریو حاکی از کاهش سطح ایستابی در سطح دشت بود.

با توجه به جمع‌بندی پیشینه تحقیق، می‌توان اذعان نمود که بر اساس وضعیت اقلیمی حاکم بر کشور ایران که توام با خشک‌سالی‌های با شدت و تداوم‌های مختلف می‌باشد، لزوم انجام تحقیقات کاربردی در رابطه با منابع آب زیرزمینی امری ضروری است. از طرفی با توجه به قرار گرفتن دشت جعفریه در منطقه خشک و نیمه‌خشک و به دلیل بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در این دشت، تصمیم به ارائه تحقیقی جهت بررسی تغییرات کمیت آب‌های زیرزمینی گردید. هدف از این مطالعه ارزیابی تغییرات تراز سفره آب زیرزمینی دشت جعفریه با استفاده از نرم‌افزار GMS و کد MODFLOW می‌باشد. بنابراین به منظور مدیریت بهتر و جلوگیری از افت بیشتر و هجوم سفره آب شور به سمت آبخوان، شبیه‌سازی تراز سطح آب زیرزمینی دشت جعفریه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی

دشت جعفریه واقع در استان قم می‌باشد، که در فاصله ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. مساحت آن ۶۳۴/۸۷۷ کیلومترمربع هست. منطقه موردنظر به‌طور متوسط ۹۳۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. متوسط حداقل درجه حرارت سردترین و متوسط حداکثر گرم‌ترین ماه سال به ترتیب ۱۶/۵ و ۴۲/۵ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه آن ۱۴۰ میلی‌متر است. به‌طور کلی بر اساس مطالعات انجام شده به روش دومارتن، آمبرژه جدول‌های بیوکلیماتیک به‌عنوان اقلیم خشک و نیمه‌بیابانی شناخته می‌شود. [۳]. موقعیت دشت جعفریه در کشور و استان قم در شکل شماره(۱) ارائه شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مطالعه در ایران و استان قم

Fig 1. Location map of the study area in Iran and Qom province

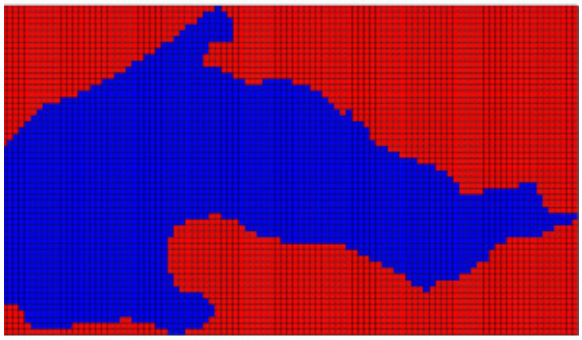
روش تحقیق

در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات آب زیرزمینی دشت جعفریه قم طی ۲ دوره ۱۰ ساله(۱۳۸۰-۱۳۷۱ و ۱۳۹۱-۱۳۸۱)، مجموعه‌ای از اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژی و زمین‌شناسی آبخوان دشت جعفریه قم از سازمان هواشناسی استان قم و مدیریت منابع آب ایران(تماب) تهیه گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات، به منظور بررسی مدل‌سازی آب زیرزمینی از نرم‌افزار GMS10.0.5، کد MODFLOW و روش تفاضل محدود استفاده شد، که توانایی شبیه‌سازی سه‌بعدی جریان در حالت پایدار(حالت پایدار بیانگر حالتی است که جریان ورودی با جریان خروجی آبخوان در یک سطح باشد.) را دارد. در این نرم‌افزار کاربر می‌تواند با ساخت مدل مفهومی، شبکه‌بندی و حل معادله جریان نتایج را مشاهده کند. برای ایجاد مدل جریان در نرم‌افزار GMS از روش مدل مفهومی[1] استفاده می‌شود. ساختار مدل مفهومی آبخوان شامل محدوده مدل‌سازی و توزیع اولیه پارامترهای هیدروژئولوژیک، تخلیه چاه‌های بهره‌برداری و میزان آب برگشتی آن‌ها، چاه‌های مشاهداتی، میزان تغذیه از سطح به آبخوان و شرایط مرزی آبخوان خواهد بود. در مدل‌سازی آبخوان دشت جعفریه، برای ایجاد شبکه یکنواخت، ابعاد شبکه‌ها با توجه به وسعت منطقه و نیز میزان آمار و اطلاعات موجود ۵۰۰*۵۰۰ متر، تعداد ستون‌ها ۵۳ و تعداد سطرها ۱۰۵ در نظر گرفته شد. شکل(۲) شبکه‌بندی استفاده شده برای مدل‌سازی آبخوان دشت جعفریه را نشان می‌دهد. در این شکل سلول‌های قرمزرنگ معرف سلول‌های غیرفعال و سلول‌های آبی‌رنگ معرف سلول‌های فعال در مدل‌سازی می‌باشند.

1. Conceptual Model Approach

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نقشه شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه

Fig 2. Networking map of the study area

سپس شبکه ایجاد و مدل مفهومی به مدل شبکه‌ای[1] تبدیل شد. محدوده دشت به مدل وارد گردید، سپس هر یک از ویژگی‌های آبخوان، منابع تغذیه و تخلیه و چاه‌های مشاهده‌ای در یک پوشش جداگانه تعریف شدند. در مدل مفهومی، جهت ورود اطلاعات به مدل هیدروژئولوژیکی از آمار سطح آب زیرزمینی ۳۲۴ چاه بهره‌برداری، تراز آب ۱۱ چاه مشاهده‌ای، خصوصیات هیدروژئولوژی آبخوان، اطلاعات مربوط به نوع مرزهای ورودی، سنگ کف و توپوگرافی منطقه، استفاده گردید. در نهایت از بسته PCG2 در کد عددی MODFLOW، برای حل جریان آب زیرزمینی و تخمین سطح آب، استفاده شد. این بسته، هر ساختار هیدرولوژیکی را جداگانه شبیه‌سازی و جریان در هر سلول را محاسبه و در سطح آبخوان تعیین می‌نماید.

مهم‌ترین پارامترهای هیدرودینامیکی که در تهیه مدل مؤثر هستند شامل قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و آبدهی ویژه آبخوان است. با توجه به نبود اطلاعات هدایت هیدرولیکی در منطقه مورد مطالعه داده‌های مربوط به ضریب قابلیت انتقال دشت جعفریه از شرکت مدیریت منابع آب ایران(تماب) تهیه گردید و از تقسیم ضریب قابلیت انتقال به ضخامت لایه اشباع آبخوان، هدایت هیدرولیکی قسمت‌های مختلف دشت تخمین زده شد، مراحل آماده‌سازی پارامترهای هیدرودینامیکی در نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. با توجه به مطالعات انجام‌شده توسط وزارت نیرو [۱۶]، ضریب ذخیره آبخوان دشت جعفریه به‌طور متوسط ۴ درصد در نظر گرفته شد و به مدل معرفی گردید. نفوذ بارندگی و آب برگشتی کشاورزی از مهم‌ترین منابع تغذیه سطحی آبخوان هستند و در مدل توسط بستهٔ تغذیه[2] شبیه‌سازی شدند. با توجه به مقدار بارش(۱۴۰ میلی‌متر در سال) و ضریب نفوذپذیری مقدار تغذیه ناشی از بارندگی مشخص شد. با توجه به مطالعات پایه انجام شده ضریب نفوذ بارندگی در تمام سطح دشت برابر ۵ درصد در نظر گرفته شد [۱۴]. در نتیجه مقدار تغذیه آبخوان توسط بارندگی برابر با ۰/۰۰۰۰۱۹۲ متر در روز به‌دست آمد. از اطلاعات۳۲۴ چاه بهره‌برداری جهت پهنه‌بندی استفاده شده است ولی از ابتدا تا انتهای دوره فقط اطلاعات ۱۸ چاه به صورت کامل وجود دارد. بعضی چاه ها خشک شده اند یا فقط آمار چند سال وجود داشت. به‌طور کل ۱۸ چاه مشاهداتی در دشت جعفریه وجود دارد [۱۴]. در دوره‌های زمانی مورد نظر جهت مدل‌سازی به دلیل خشک شدن چاه‌های پیزومتری و نواقص آماری در نهایت از ۱۱ پیزومتر سطح ایستابی اولیه در مهرماه سال ۷۱ استفاده و به مدل معرفی شد.

در این تحقیق سال آبی ۷۲-۷۱ و ۸۲-۸۱ به علت کامل بودن اطلاعات در این سال به‌عنوان سال پایه شبیه‌سازی در نظر گرفته شدند و مقادیر ارتفاع سطح ایستابی در مهرماه ۷۱ و ۸۱ که ماه حداقل سطح آب در منطقه بود به‌عنوان شرایط اولیه در حالت پایدار انتخاب شدند؛ بنابراین در این مطالعه واسنجی مدل در حالت ماندگار در سال آبی ۷۲-۷۱ و ۸۲-۸۱ در ماه مهر انجام گردید. هم‌چنین شبیه‌سازی سطح آب و واسنجی مدل در حالت غیر ماندگار در مهرماه سال آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۱ و ۱۳۹۱-۱۳۸۱ انجام گردید. بدین‌منظور نقشه متوسط تراز سطح آب در سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ و ۱۳۸۲-۱۳۸۱ با استفاده از آمار روزانه ۱۱ چاه مشاهداتی در محدوده مورد نظر برای حالت پایدار تهیه شد و از آن برای وارد کردن شرایط اولیه حالت ناپایدار و مقادیر هد مرزهای ورودی و خروجی آب زیرزمینی مدل استفاده گردید. در این حالت بعد از اجرای مدل، ابتدا از روش واسنجی اتوماتیک(PEST) جهت واسنجی مقادیر هدایت هیدرولیکی، میزان تغذیه و انیزوتراپی استفاده شد و محدوده تقریبی پارامترها مشخص شد و برای رسیدن به واسنجی دقیق‌تر از روش سعی و خطا(دستی) استفاده شد. پس از آنکه واسنجی مدل در شرایط ماندگار انجام شد، واسنجی مدل در حالت ناپایدار در دو دوره ده ساله ۸۰-۷۱ و ۹۱-۸۱ انجام گردید و به روش آزمون سعی و خطا و روش واسنجی اتوماتیک PEST برای تخمین میزان ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی استفاده گردید. دقت کالیبراسیون مدل با پارامترهای آماری ریشه میانگین مربع خطا(RMSE)، میانگین خطای مطلق(MAE) و میانگین خطا(ME) بررسی شد(معادلات ۱ تا ۳). قابل ذکر است که برای واسنجی در دو حالت ماندگار و غیرماندگار حداکثر اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تراز آب ۱± در نظر گرفته شد.

$$RMSE = \sqrt[2]{\frac{1}{n}\sum_{i}^{n}(h_m - h_s)^2} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n}|(h_m - h_s)|_i \quad (۲)$$

1. Grid Model
2. Recharge Package

www.SID.ir

Archive of SID

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n}(h_m - h_s)_i \quad (۳)$$

نتایج

معیارهای عملکرد مدل حاکی از صحت پارامترهای هیدرودینامیکی به‌دست آمده طی واسنجی هست. مقادیر ME، MAE، RMSE بعد از واسنجی در حالت پایدار یکساله ۷۲-۷۱ به ترتیب برابر ۰/۱۳-، ۰/۱۳ و ۰/۱۶ و در حالت ده ساله ۸۰-۷۱ به ترتیب برابر با ۱/۴۳-، ۲/۰۷ و ۲/۳۴ بدست آمد؛ هم‌چنین مقادیر خطا در مرحله ناپایدار یکساله(۸۲-۸۱) به ترتیب برابر ۰/۰۱-، ۰/۰۲ و ۰/۰۷ بدست آمد. این خطا در مرحله واسنجی ۱۰ ساله(بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۱) به ترتیب برابر با ۱/۲۷-، ۱/۹۰ و ۲/۹۰ بود. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت مدل واسنجی شده از دقت قابل قبولی برخوردار بوده و مدل ریاضی می‌تواند به خوبی شرایط طبیعی حاکم بر آبخوان دشت جعفریه را شبیه‌سازی کند.

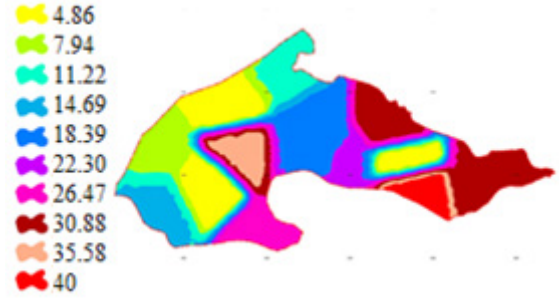
جدول ۱- مقادیر خطا در دوره‌های مختلف واسنجی(پایدار و ناپایدار یک و ده ساله، صحت سنجی)

Table 1. Error values in different periods of calibration (stable and unstable one and ten years, validation)

RMSE	MAE	ME	Year
0.16	0.13	-0.13	71-72
2.34	2.07	-1.43	71-80
0.07	0.02	-0.01	81-82
2.90	1.90	-1.27	81-91

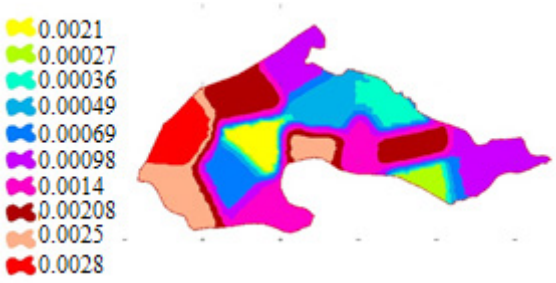
نتایج مقادیر واسنجی شده هدایت هیدرولیکی، تغذیه و آبدهی ویژه به‌دست آمده را پس از کالیبراسیون مدل در محدوده مدل‌سازی و در شرایط پایدار در شکل‌های(۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین هدایت هیدرولیکی در شرق منطقه و کم‌ترین آن در غرب منطقه است. لازم به ذکر است که ارقام تغذیه آبخوان در بخش‌هایی از منطقه بیشتر است که می‌تواند به دلیل تفاوت در توپوگرافی منطقه و بافت ذرات خاک باشد به‌طوری که بیش‌ترین مقدار تغذیه در غرب منطقه می‌باشد و بر اساس نتایج واسنجی در شرایط غیرماندگار، میزان پارامتر آبدهی ویژه برابر با ۰/۰۰۶ تا ۰/۰۹۴ هست که بیش‌ترین مقدار آن در مناطق غربی و شرقی محدوده مورد مطالعه است.

نتایج تأثیر چاه‌های بهره‌برداری در دوره مذکور بر سطح آبخوان دشت جعفریه، مدل تهیه شده در دوره ۱۳۸۰-۱۳۷۱ نسبت به سال پایه(۱۳۷۲-۱۳۷۱) و دوره ۱۳۹۱-۱۳۸۱ نسبت به سال پایه(۱۳۸۲-



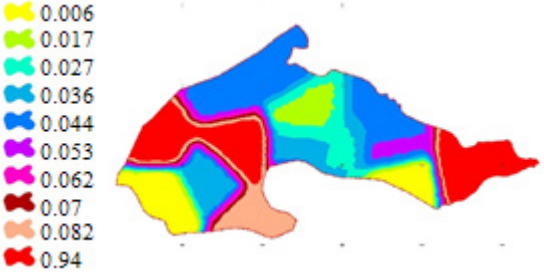
شکل ۳- مقادیر واسنجی شده هدایت هیدرولیکی طی کالیبراسیون مدل در شرایط پایدار، واحد متر بر روز

Fig 3. Calibrated values of hydraulic conductivity through model calibration in steady state, m /day



شکل ۴- مقادیر واسنجی شده تغذیه طی کالیبراسیون مدل در شرایط پایدار

Fig 4. Calibrated values of feeding through model calibration at steady state

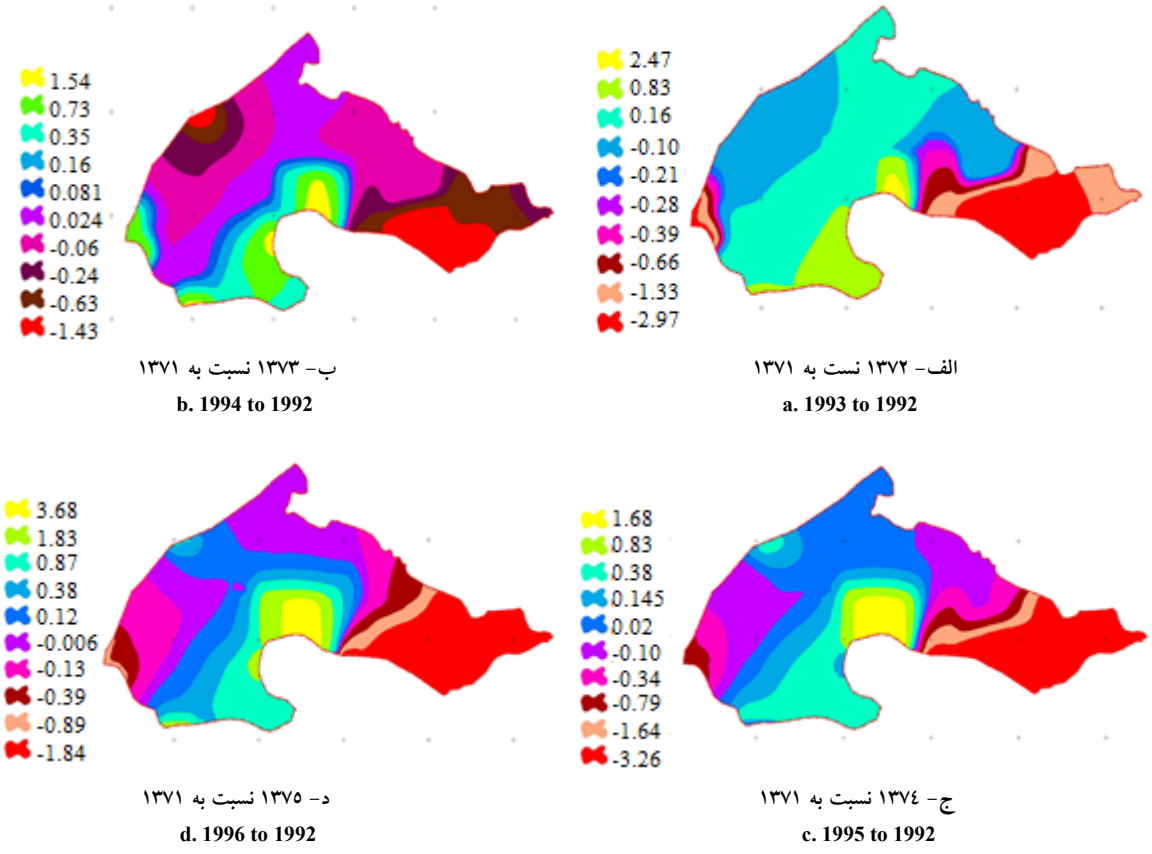


شکل ۵- مقادیر واسنجی شده آبدهی ویژه در محدوده مدل‌سازی

Fig 5. Calibrated EIA values in the modeling range

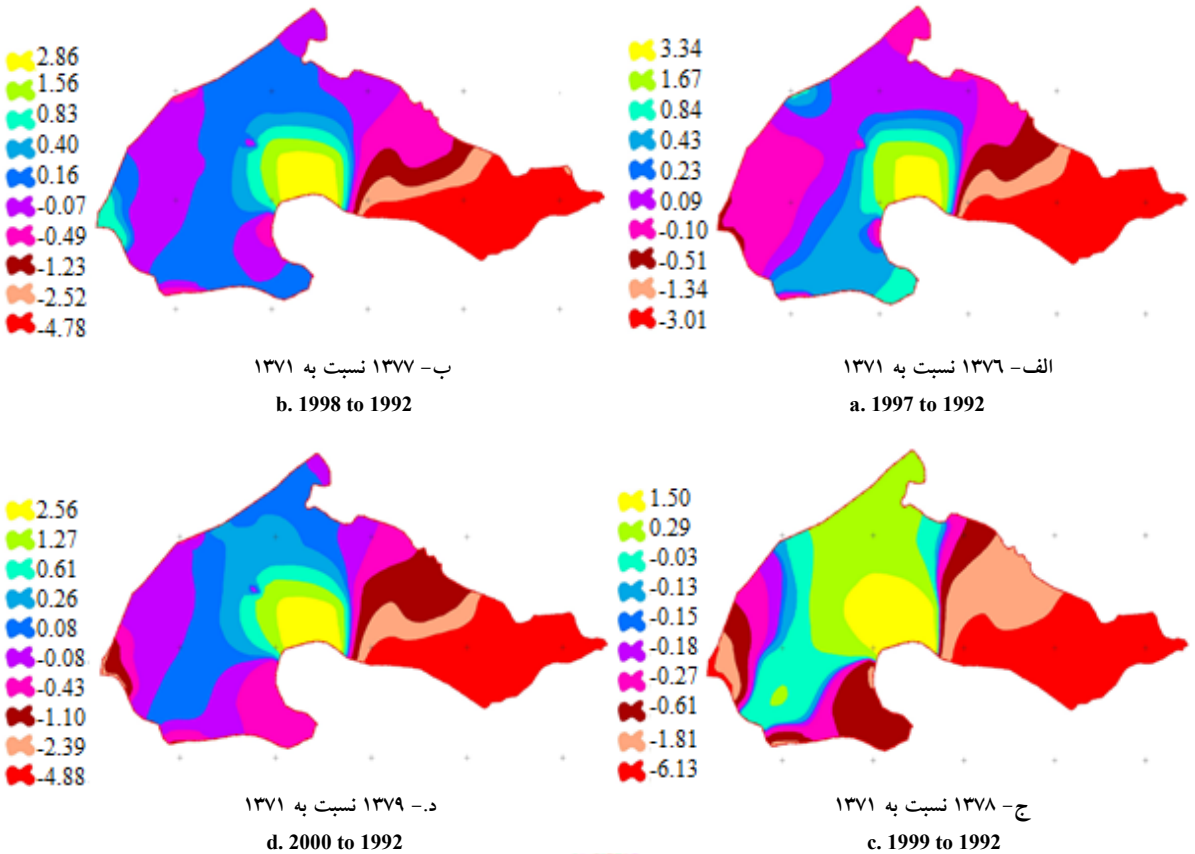
www.SID.ir

Archive of SID



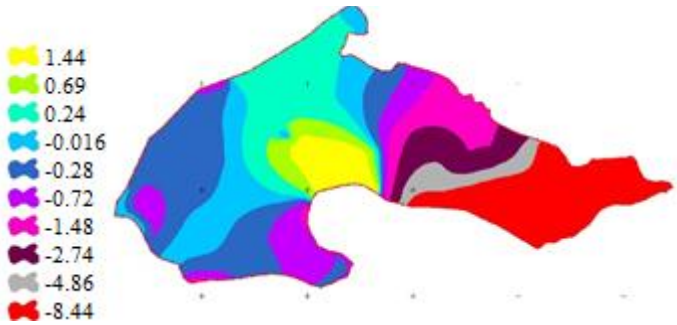
شکل ۶- تغییرات تراز سطح آب در سال‌های ۱۳۷۲(الف)، ۱۳۷۳(ب)، ۱۳۷۴(ج) و ۱۳۷۵(د) نسبت به سال ۱۳۷۱

Fig 6. Water level changes in 1993(a), 1994(b), 1995(c) and 1996(d) compared to 1992



www.SID.ir

Archive of SID

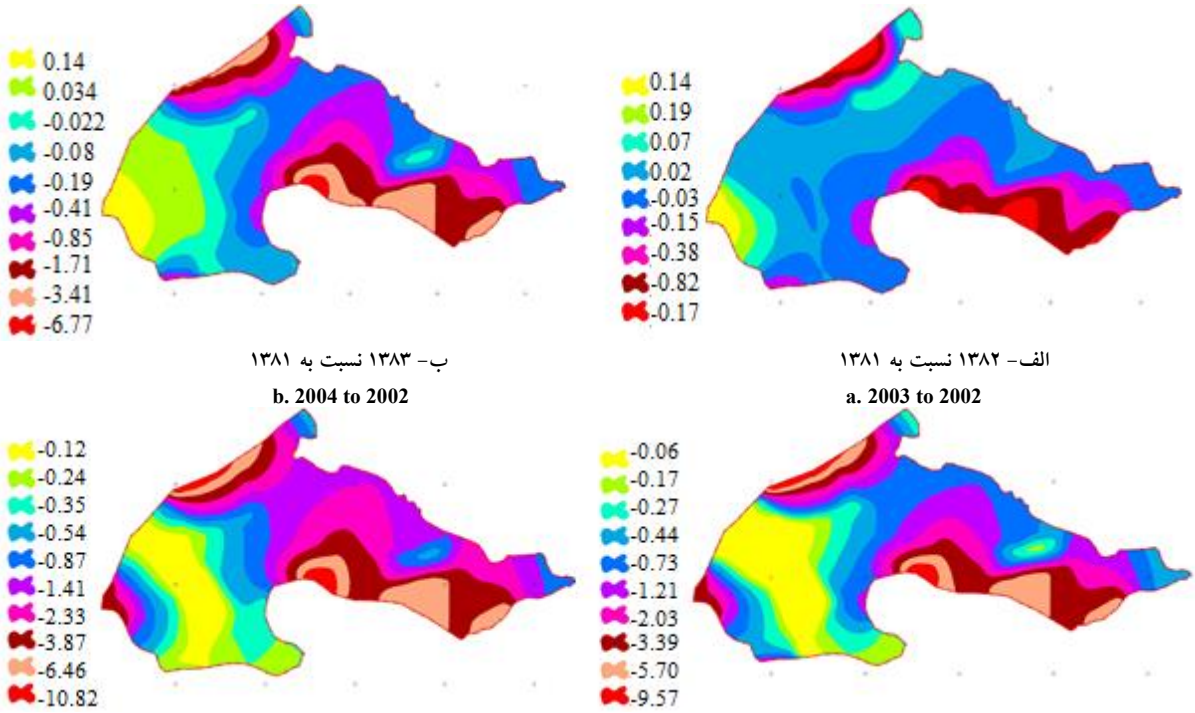


ه- ۱۳۸۰ نسبت به ۱۳۷۱

e. 2001 to 1992

شکل ۷- تغییرات تراز سطح آب در سال‌های ۱۳۷۶(الف)، ۱۳۷۷(ب)، ۱۳۷۸(ج)، ۱۳۷۹(د) و ۱۳۸۰(ه) نسبت به سال ۱۳۷۱

Fig 7. Water level changes in the years 1997(a), 1998(b), 1999(c), 2000(d) and 2001(e) compared to 1992



ب- ۱۳۸۳ نسبت به ۱۳۸۱

b. 2004 to 2002

الف- ۱۳۸۲ نسبت به ۱۳۸۱

a. 2003 to 2002

د- ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۸۱

d. 2006 to 2002

ج- ۱۳۸٤ نسبت به ۱۳۸۱

c. 2005 to 2002

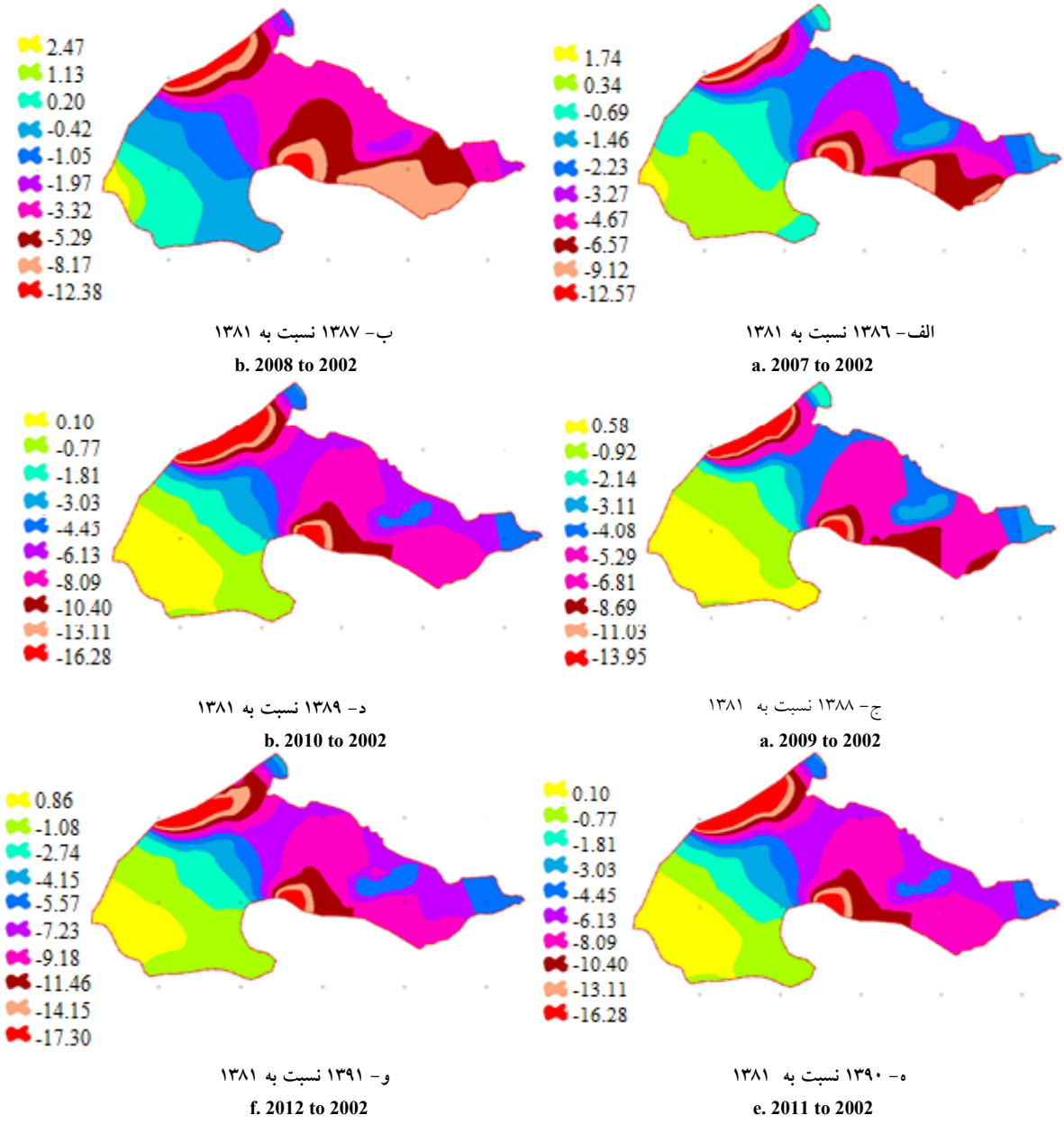
شکل۸ - تغییرات تراز سطح آب در سال‌های ۱۳۸۲(الف)، ۱۳۸۳(ب) ، ۱۳۸۴(ج) و ۱۳۸۵(د) نسبت به سال ۱۳۸۱

Fig 8. Water level changes in 2003(a), 2004(b), 2005(c) and 2006(d) compared to 2002

۱۳۸۱) مطابق با شکل(۶ تا ۹) نشان داده شده است. متوسط افت آبخوان در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۰ از ۰/۰۵ به ۱/۵- متر رسیده است. به طوری که بیش‌ترین افت منطقه در مناطق شرقی محدوده مورد مطالعه می‌باشد. هم‌چنین متوسط افت آبخوان در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۱، از ۰/۲۶- به ۷/۲- متر رسیده است که نشان‌دهنده این است در این دوره آبخوان با شدت بیش‌تری افت پیدا کرده است و بیش‌ترین افت آن در مناطق شمال غربی و جنوب‌شرقی منطقه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



الف- ۱۳۸۶ نسبت به ۱۳۸۱

a. 2007 to 2002

ب- ۱۳۸۷ نسبت به ۱۳۸۱

b. 2008 to 2002

ج- ۱۳۸۸ نسبت به ۱۳۸۱

a. 2009 to 2002

د- ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۱

b. 2010 to 2002

ه- ۱۳۹۰ نسبت به ۱۳۸۱

e. 2011 to 2002

و- ۱۳۹۱ نسبت به ۱۳۸۱

f. 2012 to 2002

شکل ۹- تغییرات تراز سطح آب در سال‌های ۱۳۸۶(الف)، ۱۳۸۷(ب) ، ۱۳۸۸(ج)، ۱۳۸۹(د)، ۱۳۹۰(ه) و ۱۳۹۱(و) نسبت به سال ۱۳۸۱

Fig 9. Water level changes in 2007(a), 2008(b), 2009(c), 2010(d), 2011(e) and 2012(f) compared to 2002

بحث و نتیجه‌گیری

از جمله عوامل موثر در مدیریت یکپارچه منابع آب، شناخت علمی و دقیق از منابع آب است تا بتوان بهترین راهکار را جهت مدیریت آبخوان به کار بست. در این تحقیق به کمک کد MODFLOW در نرم‌افزار GMS تراز آب زیرزمینی آبخوان دشت جعفریه در استان قم طی سال‌های ۷۱ تا ۹۱ شبیه‌سازی گردید. واسنجی مدل با تخمین پارامترهای هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه و میزان تغذیه، برآورد و مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسباتی در تمامی پیزومترهای دشت انجام گرفت. صحت مدل ساخته شده در مرحله صحت‌سنجی مدل به اثبات رسید و نتیجه گردید که مدل ساخته شده با دقت کافی رفتار آبخوان دشت را شبیه سازی می‌کند که با نتایج الطافی دادگر و همکاران [۱] و مازاده و همکاران [۸] که در مطالعاتشان دقت بالای مدل MODFLOW را تأیید کرده بودند مطابقت دارد. در نهایت با بررسی بیلان آبی مدل مشاهده گردید که سالانه حدود ۲۵ میلیون متر مکعب اضافه برداشت از آبخوان صورت می‌گیرد و این بدان معنا است که ورودی و خروجی آب با یکدیگر همخوانی ندارد و نتیجه آن میزان افتی است که در منطقه شاهد هستیم و سالانه به میزان ۰/۷۳ متر افت صورت می‌گیرد که با نتایج نوحه‌گر و همکاران [۹]، که منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت میناب را مود بررسی و ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که طی دوره ده ساله ۹۱-۸۱ متوسط افت آبخوان ۵/۸۵ متر است، مطابقت دارد. هم‌چنین نتایج بررسی میزان افت در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ نشان دهنده این نکته است که افت آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت صورت می‌گیرد اما شدت آن در مناطق مختلف متفاوت است که این به دلیل ساختار پیچیده آبخوان، میزان برداشت و تراکم چاه‌های بهره‌برداری،

www.SID.ir

Archive of SID

بافت خاک و هم‌چنین نوع کاربری‌های موجود در منطقه(افزایش اراضی کشاورزی در دهه اخیر) می‌باشد که فرونشست‌هایی در سطح دشت در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی ایجاد شده است که یکی از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت سفره می‌باشد و با نتایج رزندی و همکاران [۱۱]، در زمینه بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از شبیه‌سازی رفتار آبخوان توسط مدل MODFLOW ، بیان داشتند که با توجه به توزیع مکانی اراضی کشاورزی و چاه‌های بهره‌برداری، گزینه ترکیبی کاهش برداشت به میزان ۱۵ درصد در شرایط ترسالی باعث توقف افت سطح ایستابی می‌شود مطابقت دارد. با توجه به این‌که تحقیق مورد نظر در رابطه با خصوصیت کمی آب زیرزمینی دشت جعفریه هست، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی خصوصیت کیفی آب زیرزمینی این دشت بررسی گردد. لذا مدیریت منابع آب در راستای توسعه پایدار بایستی به عنوان یک اصل در دستور کار مدیران و کارگزاران قرار گیرد.

منابع

1. Altafi Dadgar, M. Mohammadzadeh, H. and Naseri, H. 2012. Groundwater flow simulation of Bojnourd aquifer with emphasis on climate change using mathematical model. National Conference on Water Pollution Flow. 200 p.(In Persian).

2. Azizi, F. Asgharimoghaddam, A. and Nazemi, A. 2019. Simulation of groundwater flow and infiltration of water in Malkan plain aquifer Iran-Watershed Management Science & Engineering. 13,(45), 32-44.(In Persian).

3. Arast, M. Zehtabian, GH. Jafari, M. Khosravi, H. and Shojaei, S. 2016. Effect of municipal wastewater, saline and brackish water on some soil properties in Qom plain. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research. 23, 543-554.(In Persian).

4. Fernandez, A. lvarez, P. lorena, A. lvarez, L. and Diaz-Noriega, R. 2016. Groundwater numerical simulation in an open pit mine in a limestone formation using MODFLOW, Mine water and the environment, 35(2), 145–155.

5. Ghobadian, R. Fatahi chaghabogi, A. and Zare, M. 2014. Impact of construction of irrigation and drainage network of Gavoshan Dam on groundwater resources of intercontinental plain using GMS model. Journal of Water Research in Agriculture 28, 760-772.(In Persian).

6. Gorgani, S. Bafkar, A. and Fatemi, S. 2017. Prediction of groundwater pollution potential using the DRASTIC index and annual time series analysis(case study: Plain Mahidasht, Kermanshah). Iranian Journal of Health and Environment. 10(3), 317-28.(In Persian).

7. Jang, Sh. Fang Chen, Ch. Liang, Ch. and Chen, J. 2016. Combining groundwater quality analysis and a numerical flow simulation for spatially establishing utilization strategies for groundwater and surface water in the Pingtung Plain, Hydrology, 533, 541–556.

8. Mazadeh, Y. 2013. Groundwater quantitative modeling using GMS software in Quchan plain. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.(In Persian).

9. Nohegar, A. Ghashghaiezadeh, N. Heydarzadeh, M. Eydoun, M. and Panahi, M. 2016. Evaluation of Drought and its Impact on Surface and Groundwater Resources of the Minab Plain. Earth Knowledge Research. 27, 28-43. (In Persian).

10. Pourhaghi, A. Radmanesh, F. and Maleki, A. 2016. Simulation of Delfan-Lorestan aquifer and investigation of management scenarios by using MODFLOW model. Journal of Water and Soil. 29(4):886-97.(In Persian).

11. Razandi, Y. Malekian, A. and Khaliqhi, Sh. 2013. Investigating the status of groundwater resources using simulation of aquifer behavior by Modflow model: A case study of Varamin plain. University of Tehran Thesis. P. 132.

12. Saberimehr, S. Asghari Moghaddam, A. and Nadiri, A. 2017. Modeling groundwater flow and salinity intrusion at Shabestar plain aquifer using GMS software model. Quaternary journal of Iran, 3(9), 41- 50.(In Persian).

13. Saeedi, H. Akbarpour, A. Baghvand, A. Niksokhan, MH. and Sadeghi-Tabas, S. 2017. Presetting a simulation-optimization quantitative and qualitative model operation of aquifer in order to adjust pollutant concentrations using Cuckoo algorithm. Journal of Water and Soil Conservation, 23(5), 87-103. (In Persian).

14. Salt Lake Basin Update Study Report. Saveh aquifer. 2013. (In Persian).

15. Taheri Tizro, A. and Kamali, M. 2017. Groundwater modeling by MODFLOW model in Toyserkan aquifer and evaluation of hydrogeological state under present and future conditions. Journal Management System, 9(31), 45-60.

16. Water Resources Management Consulting Engineers Company. 2016. Volume 5, Updating the balance of water resources in the study areas of the salt lake watershed (2010-2011), the balance of water resources in the study area of Jafarieh plain. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management Science & Engineering

Vol. 14, No. 50, Fall 2020

سال چهاردهم- شماره ۵۰- پاییز ۱۳۹۹

Evaluation of Changes in Groundwater Level of Jafaria Plain Using GMS Software and MODFLOW Code

B. Jabalbarezi[1], Gh. Zehtabian[2], A. Tavili[3] and H. Khosravi[4]

Received: 09-01-2020 Accepted: 23-06-2020

Abstract

Jafarieh plain is part of Salt Lake watershed that is experiencing a crisis due to drought and excessive use of groundwater resources, so it is necessary to study groundwater, which is the main source of water in the whole plain. This study aimed to model the MODFLOW code of Jafarieh plain aquifer in GMS software as an efficient model in groundwater issues. The quantitative model of the Jafarieh aquifer was simulated over two ten-year statistical periods(1992-2002 and 2002-2012) using the water level statistics of the piezometric wells in the study area, and model calibration was performed in both steady and non-steady states. Finally, the model was validated with observational data. The results showed that the model is most sensitive to changes in groundwater recharge, and the average aquifer loss in the years 1992 to 2002 was from 0.05 to -1.5 m. So, the highest decline occurs in the eastern part of the study area. Also, the average aquifer loss in the period 2002-2012 has decreased from -0.26 to -7.2 m, indicating that the aquifer has declined more strongly during this period, with the highest decline in the northwest and southeast regions. Its consequence is the annual decline of 0.73 meters seen in these two-10-year periods in the region.

Keywords: Groundwater, Jafarieh plain, MODFLOW, GMS.

1. Ph.D student in desert management and control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
2.Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
3.Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
4.Corresponding Author and Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Email: hakhosravi@ut.ac.ir

www.SID.ir