بررسی اثر شبکه آبیاری و زهکشی مارون بر منابع آب زیرزمینی شمال دشت بهبهان با استفاده از مدل MODFLOW

معصومه منابی[۱]، اصلان اگدرنژاد[۲*] و حسن دانشیان[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲) استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳) کارشناس ارشد زمین شناسی، سازمان آب و برق خوزستان.

* نویسنده مسئول: a_eigder@ymail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۹

چکیده

مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی به دلیل کارآیی بالا و هزینه‌های کمتر نسبت به روش‌های دیگر به‌عنوان ابزار مدیریتی منابع آب مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیق حاضر به ارزیابی اثر شبکه آبیاری و زهکشی مارون بر منابع آب زیرزمینی شمال دشت بهبهان با استفاده از مدل عددی تفاضل محدود و به کمک نرم افزار GMS با کد MODFLOW2000 پرداخته شده است. دشت بهبهان با وسعت ۴۸۴ کیلومتر مربع در جنوب شرقی استان خوزستان واقع شده است. بعد از انتخاب بسته نرم‌افزاری مناسب اقدام به ایجاد مدل مفهومی در ماژول نقشه گردید. سپس منطقه مورد مطالعه به شبکه‌ای منظم تقسیم شد. به این ترتیب مدل برای دوره زمانی یک ماهه (شهریورماه ۱۳۹۵) به عنوان حالت ماندگار و در یک دوره زمانی یک‌ساله (مهر الی شهریور ماه سال آبی ۹۶-۱۳۹۵) در حالت غیر ماندگار شبیه‌سازی شد. در نهایت مدل در بازه زمانی یک ساله از مهر ماه ۱۳۹۶ تا شهریور ماه ۱۳۹۷ صحت‌سنجی شد. بعد از انجام واسنجی و صحت‌سنجی مدل و اطمینان خاطر از اینکه مدل می‌تواند شرایط واقعی آبخوان را شبیه‌سازی نماید، از مدل به‌عنوان ابزار مدیریتی مناسب استفاده شد. برخی از سناریوهای مدیریتی نظیر وضعیت آبخوان در شرایط خشکسالی، ترسالی، کاهش بهره‌برداری از شبکه و احداث چاه جدید توسط مدل نیز شبیه‌سازی شد. با توجه به سطح ایستابی پیش‌بینی شده توسط مدل، در صورت تداوم وضعیت کنونی تا ۱۰ سال آینده، سطح ایستابی در پیزومترهای B16 و B18 به ترتیب به میزان ۴/۷۵ و ۳/۰۷ متر بالاتر از وضعیت کنونی پیش‌بینی می‌شود که به علت تاثیر شبکه آبیاری خواهد بود. در چنین شرایطی، زون تبخیری توسعه زیادی نخواهد یافت و از این جهت آبخوان به جز محدوده اطراف پیزومتر B18 که دارای عمق تبخیری است دارای مشکل نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، آب زیرزمینی، GMS، تفاضل محدود، واسنجی و صحت‌سنجی.

مقدمه

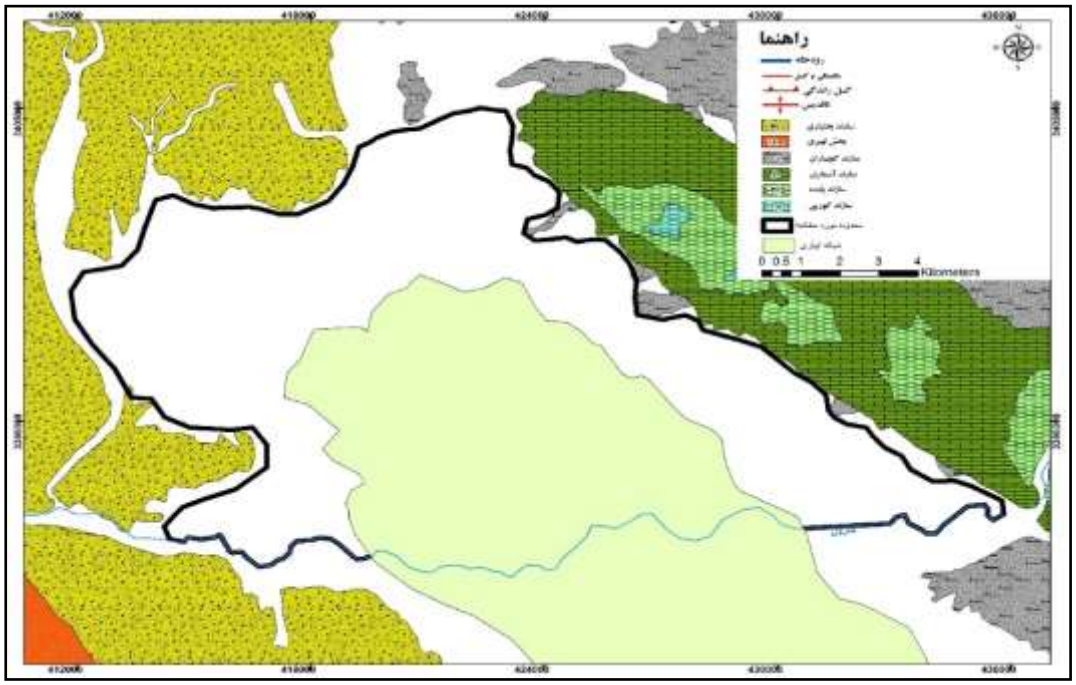
استفاده از منابع آب زیرزمینی در برآورد ساختن نیازهای روز افزون شهری، صنعتی و عمدتا کشاورزی در کشوری با شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک چون ایران که در بسیاری نقاط مهمترین و بعضا تنها منبع تامین نیازهای آبی است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. منابع آب یک کشور، ثروتی ملی است و کمتر فعالیت اجتماعی را می‌توان در نظر گرفت که به‌نحوی با این منبع ارزشمند ارتباط نداشته باشد. رشد سریع جمعیت و متناسب با آن افزایش نیازهای جامعه به فرآورده‌های کشاورزی و صنعتی با توجه به تشدید روز افزون آن، محدودیت منابع آب با کیفیت مناسب و عدم تکافوی منابع تغذیه کننده به‌علت کمبود بارندگی ناشی از موقعیت خاص جغرافیایی کشور، مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از آب-های زیرزمینی می‌بایست به‌عنوان یک اصل و پایه در برنامه‌ریزهای مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی قرار گیرد. به‌منظور کنترل و بهره‌برداری بهینه از سفره‌های آب‌زیرزمینی، مطالعات مدل ریاضی برروی این سفره‌ها انجام می‌پذیرد. اغلب مدل‌های جریان آب زیرزمینی به‌منظور پیش‌بینی تراز سطح آب تهیه می‌شوند. علاوه بر این دو کاربرد مهم دیگر مدل‌ها عبارتند از: استفاده از آن‌ها به‌صورت تفسیری برای دست یافتن به پارامترهای کنترل کننده در یک منطقه یا دست یافتن به شبکه‌ای برای سازماندهی و شبیه‌سازی داده‌های صحرایی. به‌طور مثال از مدل‌های جریان آب زیرزمینی در درک سیستم‌های جریان منطقه‌ای و خصوصیات مرزهای آبخوان و ارزیابی مقدار آب درون سیستم و مقدار تغذیه آبخوان استفاده می‌گردد. کارایی و مفید واقع شدن یک مدل به میزان تقریب و نزدیکی معادلات ریاضی با سیستم فیزیکی مدل شده بستگی دارد. به‌منظور ارزیابی کارایی مدل به فهم دقیق از سیستم فیزیکی مورد نظر و فرضیاتی که در استخراج معادلات ریاضی حاکم اعمال شده است، نیازمندیم. این معادلات بر اساس فرضیات به خصوصی هستند که مسئله را به شکل ساده بیان می‌کنند. بعد از تعیین هدف از مدل‌سازی، طبیعتاً کار مدل‌سازی شروع می‌شود و بدیهی است که مستلزم طی یک-سری مراحلی است که بتوان به یک نتیجه نهایی دست یافت، که به این مراحل پروتکل مدل‌سازی می‌گویند. این مراحل به‌طور خلاصه شامل تعیین هدف، طراحی مدل مفهومی، انتخاب کد یا برنامه کامپیوتری مناسب و صحت‌سنجی‌شده، واسنجی، آنالیز حساسیت و در نهایت پیش‌بینی می‌شوند. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر شبکه آبیاری موجود بر نوسانات آب زیرزمینی، بررسی اثر حفر چاه و بهره‌برداری از آن‌ها بر کاهش سطح ایستابی و تعیین تغییرات ذخیره آبخوان (بیلان) می‌باشد. Parhizkar و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی‌های خود در دشت دامغان با استفاده از نرم‌افزارهای GMS و GEP به بررسی ارتباط نشت زمین و افت سطح آب زیرزمینی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در این دشت، سطح آب زیرزمینی در حال پایین آمدن و میزان نشست زمین در حال افزایش می‌باشد، لذا نرخ پمپاژ در نواحی با خطر بالا باید کاهش داده شود. Roy و همکاران (۲۰۱۴) در دشتی در هند به بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی در مقابل نوسانات

جریان آب سطحی پرداختند. آنها برای انجام این تحقیق با استفاده از پیمایش‌های صحرایی، یکسری مناطقی که دارای نفوذپذیری متوسط و ضخامت حداکثر بود را جهت پمپاژ انتخاب کرده و خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان را تعیین نمودند. Le Page و همکاران (۲۰۱۲) به شبیه‌سازی یک آبخوان نیمه خشک در مراکش پرداختند. در این تحقیق برای شبیه‌سازی آبخوان مورد نظر از مدل MODFLOW استفاده گردید و مقادیر هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره پس از واسنجی دستی مدل به روش سعی و خطا محاسبه شد. Wang و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تلفیق MODFLOW و برنامه سامانه اطلاعات جغرافیایی MAPGIS وضعیت آبخوانی را در شمال دشت چین بررسی کردند. در این تحقیق با استفاده از سامانه اطلاعاتی جغرافیایی لایه‌های ورودی به مدل معرفی شد. نتایج تحقیق آن‌ها نشادن داد که وضعیت منابع آب زیرزمینی در دشت بر اثر برداشت بی‌رویه در شرایط بحرانی قرار دارد. Seneviratne (۲۰۰۷) جهت بررسی سیستم مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی درمنطقه منچای اسپانیا از مدل سه بعدی آب زیرزمینی MODFLOW به روش تفاضل محدود استفاده نمود. نتیجه تحقیق نشان داد که مدل می‌تواند مناطق دیگر را بدون ایجاد تغییر، برنامه‌ریزی و پارامترهای جدید را به طرز با معنایی به پایگاه داده معرفی نماید. Hill و Tiedeman (۲۰۰۰) کد کامپیوتری MODFLOW 2000 را طراحی کردند که قادر به محاسبه مشاهدات از طریق روش معادله حساسیت می‌باشد. علیزاده و همکاران (۱۳۹۳) توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی در دشت ورامین را ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که بر اثر تغذیه آبخوان، وضعیت کمی آب زیرزمینی بهبود یافته است. سربازی و اسماعیلی (۱۳۹۴) در تحقیقی کمیت آب زیرزمینی دشت نیشابور را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که برداشت بی رویه آب زیرزمینی باعث افت سطح آب زیرزمینی در این دشت شده است. خوش‌روش و ولی‌زاده (۱۳۹۶) اثرات احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد مخزنی شهید رجایی را در دشت نکا بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که طرح شبکه آبیاری و زهکشی شهید رجایی باعث بالا آمدن آب زیرزمینی شده است. کاکولکی و اسلامی (۱۳۹۶) تغییرات کمی و کیفی آبخوان میاناب شوشتر را بعد از احداث شبکه آبیاری مطالعه نموده و نتیجه گرفتند که احداث شبکه هیچ تاثیری بر آب زیرزمینی این دشت نداشته است. قربانی و همکاران (۱۳۹۷) آب زیرزمینی دشت جویبار قائم شهر را شبیه‌سازی کرده و نشان دادند که بعد از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی در این دشت، به‌طور متوسط سطح ایستابی به میزان ۳ متر افزایش می‌یابد. چیت‌سازان و همکاران (۱۳۹۱) مدل MODFLOW را به منظور مدیریت کمی و کیفی آبخوان دشت رامهرمز به کار بردند. نتایج این پژوهش نشان داد که آبخوان قابلیت تحمل تنش‌های شدید را دارا است و با مدیریت صحیح می‌توان از آب آبخوان جهت توسعه کشاورزی منطقه استفاده کرد. جنوبی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل MODFLOW اثر احداث شبکه آبیاری و زهکشی را در دشت ارومیه بررسی و نتایج این تحقیق نشان داد که بر اثر افزایش راندمان آبیاری، سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است. قبادیان و همکاران

(۱۳۹۳) با استفاده از مدل GMS تغییرات آب زیرزمینی شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان را ارزیابی نموده و روند افزایشی سطح آب زیرزمینی در دشت را طی ۱۰سال گذشته به دست آورند. برزگری و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده آبریز دشت اردکان یزد، مدیریت تلفیقی منابع آب را با مدل MODFLOW بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد چنانچه بتوان از هر دو منبع آب سطحی و زیرزمینی بهره برداری نمود، نتایج بهتری برای پایداری منابع آب در دشت به دست خواهد آمد. زینعلی و همکاران (۱۳۹۵) مدل MODFLOW را در دشت لور اندیمشک استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش راندمان مصرف آب، افت سطح آب زیرزمینی در حدود ۱/۸ متر کاهش می‌یابد.

مواد و روش ها

شبکه آبیاری مارون در سال ۱۳۶۹ احداث گردید و آب مورد نیاز خود را از سد شهدا تامین نموده و مساحت این شبکه ۱۴۰۰۰ هکتار می‌باشد. دشت بهبهان توسط رودخانه مارون به دو نیمه شمالی و جنوبی تقسیم شده که مساحت شبکه آبیاری نیمه شمالی آن ۶۶۰۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱). به‌طور متوسط سالیانه نزدیک به ۱۸۰ میلیون متر مکعب آب وارد شبکه آبیاری مارون می‌شود که متوسط سهم نیمه شمالی دشت تقریبا ۸۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد.



شکل ۱: موقعیت شبکه آبیاری بهبهان

مدل وسیله‌ای جهت ارائه یک بیان تفهیمی یا ترسیمی از سیستم‌های فیزیکی با استفاده از معادلات ریاضی می‌باشد. هر سیستمی که بتواند عکس‌العمل ذخیره آب زیرزمینی را در مقابل استرس‌های وارده (تخلیه و تغذیه) نشان دهد، مدل

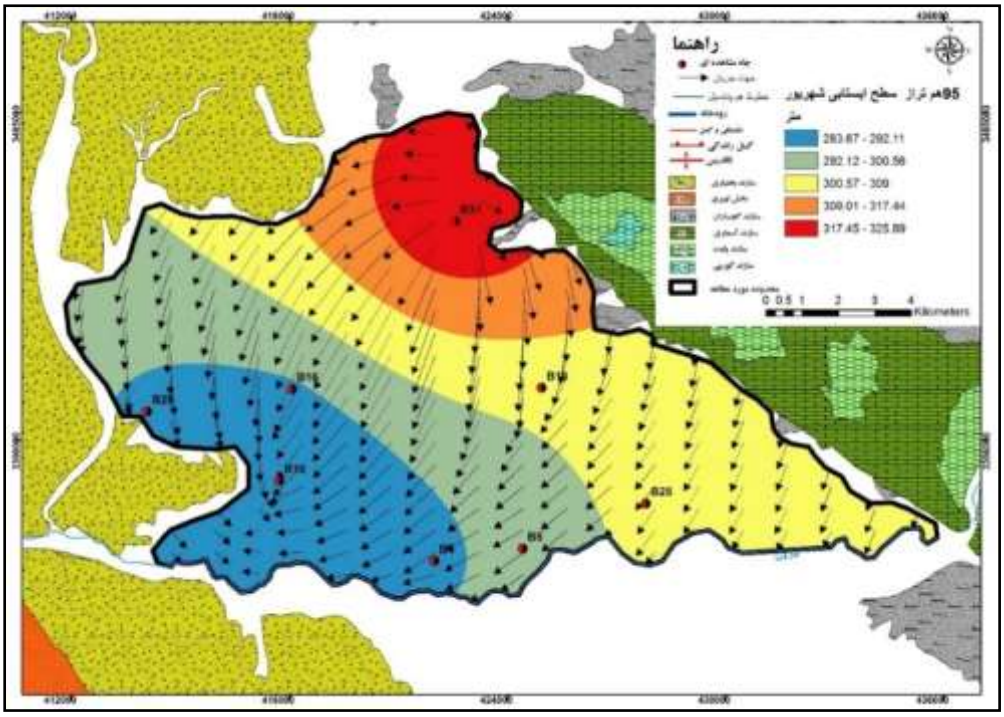
آب زیرزمینی گفته می‌شود. به کاربردن مدل و کنترل نتایج حاصل از آن اصطلاحاً شبیه سازی گفته می‌شود (Prickett, 1975). به‌عبارت کلی‌تر مدل وسیله‌ای است که جهت توجیه حقیقت که با بیان و تفسیر ساده طراحی می‌شود. به‌همین ترتیب مدل‌های آب زیرزمینی نیز توجیهی از حقیقت می‌باشند و اگر به‌نحو مطلوبی تنظیم و ساخته شده باشند، می‌توانند وسیله‌ای قابل قبول جهت پیش‌بینی و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب در نظر گرفته شوند. میزان سودمندی و قابل استفاده بودن یک مدل وابسته به آن است که معادلات ریاضی تا چه اندازه‌ای توانسته باشد واقعیت‌های موجود در طبیعت را شبیه سازی نماید. معادله پیوستگی برای جریان ماندگار در رابطه ۱ آمده است:

رابطه ۱: $$q_y(in) + q_y(out) \pm w = \Delta Storage$$

که در این رابطه w نشان دهنده میزان فرونشست عمودی، Δstorage تغییرات حجم ذخیره، $q_y(in)$ حجم جریان ورودی و $q_y(out)$ حجم جریان خروجی می‌باشد. نرم‌افزار مورد استفاده در این پروژه سیستم مدل‌سازی آب زیرزمینی[1] (GMS) می‌باشد. GMS محیطی جامع و گرافیکی برای شبیه‌سازی‌های جریان آب زیرزمینی است. مدل‌های آب زیرزمینی معمولا برای درک و تجسم سیستم هیدرولوژیکی یا جهت پیش‌بینی نتایج تغییرات آینده در آن به‌کار می‌روند. یکی از مهمترین نکات در این زمینه، انتخاب مدل نرم‌افزاری مناسب می‌باشد، به‌طوری که شاخص‌های لازم را داشته باشد. نرم افزار GMS 10.3 برای مدل کردن این آبخوان انتخاب گردید. GMS 10.3 یک بسته نرم‌افزاری جامع در مدل‌بندی جریان آب در لایه‌های آبدار می‌باشد. از قابلیت‌های این مدل استفاده از اطلاعات سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. بسیاری از مدل‌های عددی در داخل این نرم افزار گنجانده شده است. برای مدل‌بندی دشت بهبهان شمالی از امکانات (GIS) این نرم‌افزار و همچنین مدل MODFLOW 2000 استفاده شده است. با توجه به نقشه‌های خطوط جریان سطح ایستابی در شهریور ماه ۱۳۹۵ (شکل ۲) که به عنوان شرایط اولیه در نظر گرفته شده است، در بخش‌های شرق، شمال شرق و شمال آبخوان مرز ورودی از نوع مرز با بارهیدرولیکی عمومی و همچنین در بخش‌های غرب و جنوب-غربی در مجاورت سازند بختیاری مرز خروجی نیز از نوع مرز با بار هیدرولیکی عمومی در نظر گرفته شده است. بخش کوچکی در شمال آبخوان در مجاورت سازند بختیاری نیز به‌صورت مرز نفوذناپذیر و مرز جنوبی آبخوان که رودخانه مارون است توسط مرز وابسته به بار هیدرولیکی (River) در مدل تعریف شده‌اند. رودخانه مارون به عنوان زهکش اصلی منطقه، با امتداد شرقی ـ غربی در مرز جنوبی بهبهان شمالی قرار دارد. از بسته رودخانه برای شبیه‌سازی این رودخانه در مدل

1- Groundwater modeling system

ریاضی استفاده شده است. با استفاده از مدل MODFLOW که یکی از مدل‌های مجموعه نرم‌افزاری GMS10.3 می‌باشد برای شبیه‌سازی مدل استفاده می‌شود.



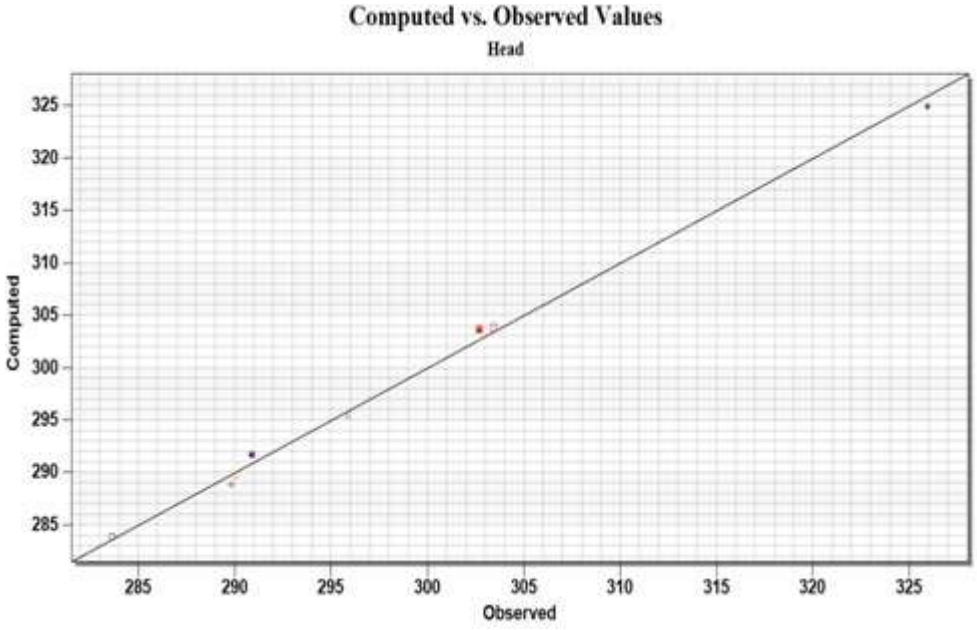
شکل۲: نقشه خطوط جریان سطح ایستابی شهریور۹۵(شرایط ماندگار)

کالیبراسیون مدل شامل انطباق نتایج حاصل از مدل‌سازی با داده‌های مشاهداتی است. در فرایند کالیبراسیون، پارامترهای آبخوان در دامنه قابل قبولی تنظیم می‌شوند تا اینکه انطباق رضایت بخشی حاصل شود. در طی عملیات واسنجی مجموعه جواب‌هایی برای پارامترهای آبخوان و تنش‌ها به‌دست می‌آید که تقریبا با مقادیر اندازه‌گیری شده یا مشاهده شده همخوانی دارد. در این روش تغییر دادن پارامترها و برآورد مقدار بهینه به روش دستی و نظر کارشناسی صورت می‌گیرد. از مزایای این روش انطباق بیشتر مدل کالیبره شده با واقعیت‌های صحرایی و درصد بالای اطمینان به پارامترهای کالیبره شده می‌باشد. از معایب این روش وقت‌گیر بودن آن است.

نتایج و بحث

هدف از اجرای مدل در شرایط ماندگار بررسی صحت هدایت هیدرولیکی داده شده به مدل و به دست آوردن بار آبی اولیه برای اجرای مدل در شرایط غیرماندگار می‌باشد. مدل جریان در شرایط پایدار به منظور کم کردن مجهولات معادله حاکم بر سیستم جریان آب زیرزمینی و استفاده از نتایج آن در تهیه مدل جریان حالت ناپایدار ساخته می‌شود. در اولین اجرای مدل در حالت پایدار هم‌خوانی چندانی بین روند منحنی‌های تراز محاسباتی و مشاهده‌ای وجود نداشت که احتمالاً

به‌دلیل عدم قطعیت پارامترهای مربوط به شرایط مرزی و هدایت هیدرولیکی می‌باشد. خصوصیات هیدرولیکی برای رسیدن به انطباقی نزدیک بین سطوح تراز آب زیرزمینی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای به‌صورت دستی تنظیم و تعدیل گردید. شکل ۳ برازش بار هیدرولیکی محاسباتی و مشاهداتی آخرین اجرای مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۳: برازش بار هیدرولیکی مشاهداتی و محاسباتی در حالت پایدار

صحت سنجی در واقع آزمون ضرایب هیدرودینامیک K و S_y به‌دست آمده از واسنجی مدل است. برای اطمینان از صحت مدل ساخته شده در آبخوان دشت بهبهان شمالی، نتایج واسنجی دشت برای مدت ۳۶۵ روز از مهر ماه ۹۶ الی اردیبهشت ماه ۹۷ مورد صحت‌سنجی قرار گرفتند. پس از تهیه و تصحیح پارامتر های هیدروژئولوژی توسط مدل در حالت ماندگار و نیز در حالت ناماندگار (در دوره‌های زمانی مختلف) و اجرای مدل، بیلان نهایی آبی مدل دشت بهبهان شمالی در حالت ماندگار و در حالت ناماندگار محاسبه گردید. تفاوت ناشی از پارامترهای بیلان آبی در دو حالت ماندگار و ناماندگار بسیار کم است و مقدار آن در دو حالت ماندگار و ناماندگار به ترتیب برابر ۰/۰۲۶۳۷۶۸۴۲۱۸۹- و ۰/۰۰۰۸۱۱۸۲۵۶۱۹۴ می‌باشد که دقت مدل سازی را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده توسط مدل، پارامترهای ورودی مدل شامل ۹۷۷۷۴۹۶ متر مکعب تغذیه ناشی از نفوذ پساب کشاورزی و بارندگی، ۱۴۹۳۲۰۷۵ متر مکعب ناشی از جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به منطقه مورد مطالعه و ۱۴۶۳۳۸۹۶ متر مکعب نفوذ از رودخانه به آبخوان و پارامترهای خروجی، شامل ۱۸۱۰۸۹۹/۷۵ متر مکعب ناشی از پمپاژ

چاه‌های بهره برداری، ۱۴۱۵۸۴۷۹ متر مکعب ناشی از جریان های آب زیرزمینی خروجی و ۲۳۴۵۱۷۶۸ متر مکعب ناشی از زهکشی رودخانه است. در ادامه اجزا و مقادیر بیلان آبی دشت بهبهان شمالی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی

بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۲۸۶۶۰۲۹۴	۲۸۵۸۰۶۶۸
چاه‌ها	۰	۱۸۱۰۸۹۹/۷۵
تغذیه	۹۷۷۷۴۹۶	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۴۹۳۲۰۷۵	۱۴۱۵۸۴۷۹
رودخانه	۱۴۶۳۳۸۹۶	۲۳۴۵۱۷۶۸
مجموع	۳۹۳۴۳۴۶۷	۳۹۴۲۱۱۴۶/۷۵
ورودی- خروجی	-۷۷۶۷۹/۷۵	

برای بررسی وضعیت آبخوان نسبت به شرایط خشکسالی، مدل با استفاده از مقادیر بارش مربوط به کمترین بارندگی سالیانه در دوره آماری۲۸ ساله (۶۹-۱۳۶۸ الی ۹۶-۱۳۹۵) که مربوط به سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (برابر با ۹۷/۶ میلی‌متر) است اجرا شد. با توجه به نتایج در شرایط خشکسالی بیلان آبی سالیانه مدل آبخوان بهبهان شمالی برابر ۱۶۱۶۸۰۷/۲۵- متر مکعب است. نتایج خروجی مدل در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط خشکسالی

بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۲۹۳۱۱۷۱۰	۲۷۶۹۵۴۹۴
چاه‌ها	۰	۱۸۱۰۸۹۹/۷۵
تغذیه	۷۲۷۶۸۷۲/۵	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۵۲۰۷۹۴۲	۱۳۸۱۹۳۶۴
رودخانه	۱۴۷۱۱۳۹۰	۲۳۱۸۲۷۴۸
مجموع	۳۷۱۹۶۲۰۴/۵	۳۸۸۱۳۰۱۱/۷۵
ورودی- خروجی	-۱۶۱۶۸۰۷/۲۵	

برای بررسی وضعیت آبخوان نسبت به شرایط تر سالی، مدل با استفاده از مقادیر بارش مربوط به بیشترین بارندگی سالیانه در دوره آمار ۲۸ ساله (۶۹-۱۳۶۸ الی ۹۶-۱۳۹۵) که مربوط به سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ (برابر با ۶۴۷ میلی متر) است

اجرا شد. با توجه به نتایج، در شرایط ترسالی بیلان آبی سالیانه مدل آبخوان بهبهان شمالی برابر ۲۵۳۴۳۲۵ متر مکعب است. نتایج خروجی مدل در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط ترسالی

بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۲۷۶۸۰۶۸۲	۳۰۳۹۳۰۴۰
چاه‌ها	۰	۱۸۱۰۸۹۹/۷۵
تغذیه	۱۴۱۸۶۸۳۸	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۴۳۰۵۴۴۸	۱۴۸۸۵۴۷۱
رودخانه	۱۴۴۶۳۸۶۰	۲۳۷۲۵۴۵۰
مجموع	۴۲۹۵۶۱۴۶	۴۰۴۲۱۸۲۰/۷۵
ورودی- خروجی	۲۵۳۴۳۲۵	

با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از دشت توسط شبکه آبیاری تامین می‌شود به منظور مشخص شدن تاثیر شبکه آبیاری و زهکشی بر بیلان دشت، سناریو عدم بهره‌برداری از شبکه آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. در اثر اجرای این گزینه بیلان دشت به میزان ۴۸۸۶۲۷۶ متر مکعب منفی‌تر خواهد بود. اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل در شرایط عدم بهره‌برداری از شبکه آبیاری در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط عدم بهره برداری از شبکه آبیاری

بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۳۰۹۰۱۷۴۸	۲۵۹۳۴۷۳۶
چاه‌ها	۰	۱۸۱۰۸۹۹/۷۵
تغذیه	۳۷۱۲۵۶۹/۷۵	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۴۹۳۷۳۰۴	۱۴۱۰۸۸۰۱
رودخانه	۱۴۸۹۲۵۹۳	۲۲۵۸۶۷۲۲
مجموع	۳۳۵۴۲۴۶۶/۷۵	۳۸۵۰۶۴۲۲/۷۵
ورودی- خروجی	-۴۹۶۳۹۵۶	

با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه چاه‌های بهره‌برداری در بخش‌های غرب و جنوب غرب متمرکز هستند، در این سناریو شرایط آبخوان پس از احداث چاه‌های بهره‌برداری جدید در بخشی از آبخوان که سطح ایستابی نسبتا بالا است

بررسی گردید. در این سناریو احداث چند حلقه چاه (در اطراف پیزومتر B_{18}) با حجم تخلیه ۱/۲ میلیون متر مکعب فرض گردید. بر اثر اجرای این گزینه بیلان دشت به میزان ۹۴۸۰۲۳/۳ متر مکعب منفی‌تر خواهد بود. اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل در شرایط احداث چاه‌های بهره‌برداری در جدول ۵ ارائه گردیده است.

جدول۵: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط حفر چاه جدید

بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۲۹۰۱۵۰۸۸	۲۷۹۸۷۲۱۴
چاه‌ها	۰	۲۷۷۹۹۳۶
تغذیه	۹۷۴۳۲۷۴	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۴۹۳۲۲۶۵	۱۴۱۲۳۴۰۶
رودخانه	۱۴۶۴۲۷۱۲	۲۳۴۴۰۶۱۲
مجموع	۳۹۳۱۸۲۵۱	۴۰۳۴۳۹۵۴
ورودی- خروجی	-۱۰۲۵۷۰۳	

در این بخش مدل در شرایط کاهش بهره‌برداری از شبکه به میزان ۱۰ درصد و احداث چاه‌های بهره‌برداری جدید بررسی گردید. در این سناریو احداث چند حلقه چاه با حجم تخلیه ۱/۲ میلیون متر مکعب فرض گردید. بر اثر اجرای این گزینه بیلان دشت به میزان ۹۶۸۸۶/۲۵ متر مکعب منفی‌تر خواهد بود. اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل در شرایط کاهش بهره‌برداری از شبکه به میزان ۱۰ درصد و احداث چاه‌های بهره‌برداری جدید در جدول ۶ ارائه گردیده است.

جدول۶: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط کاهش بهره‌برداری از شبکه آبیاری و احداث چاه-های جدید

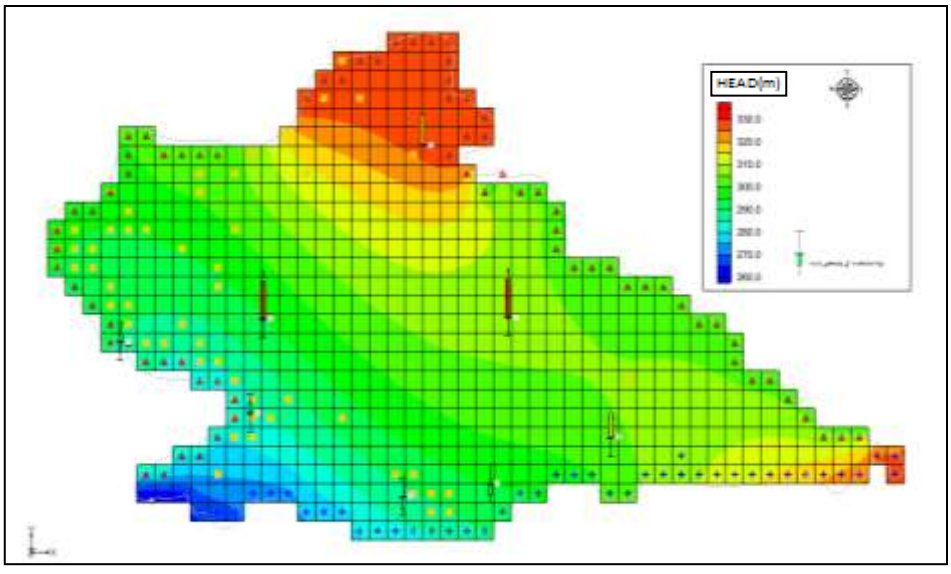
بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۲۹۰۱۴۰۷۲	۲۷۹۶۵۲۸۲
چاه‌ها	۰	۲۲۹۵۴۲۱
تغذیه	۹۱۴۰۲۰۲	۰
جریان‌های زیرزمینی	۱۴۹۳۲۷۰۰	۱۴۱۳۵۸۰۷
رودخانه	۱۴۶۶۵۷۴۲	۲۳۳۵۳۹۸۲
مجموع	۳۸۷۳۸۶۴۴	۳۹۷۸۵۲۱۰
ورودی- خروجی	-۱۰۴۶۵۶۶	

با توجه به افزایش حجم آب زیرزمینی، اراضی دشت بهبهان شمالی زه‌دار شده و از حیز انتفاع خارج شده و قابل استفاده نخواهند بود. نتایج خروجی مدل در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول۷: اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت بهبهان شمالی در شرایط ادامه وضع کنونی تا ۱۰ سال آینده

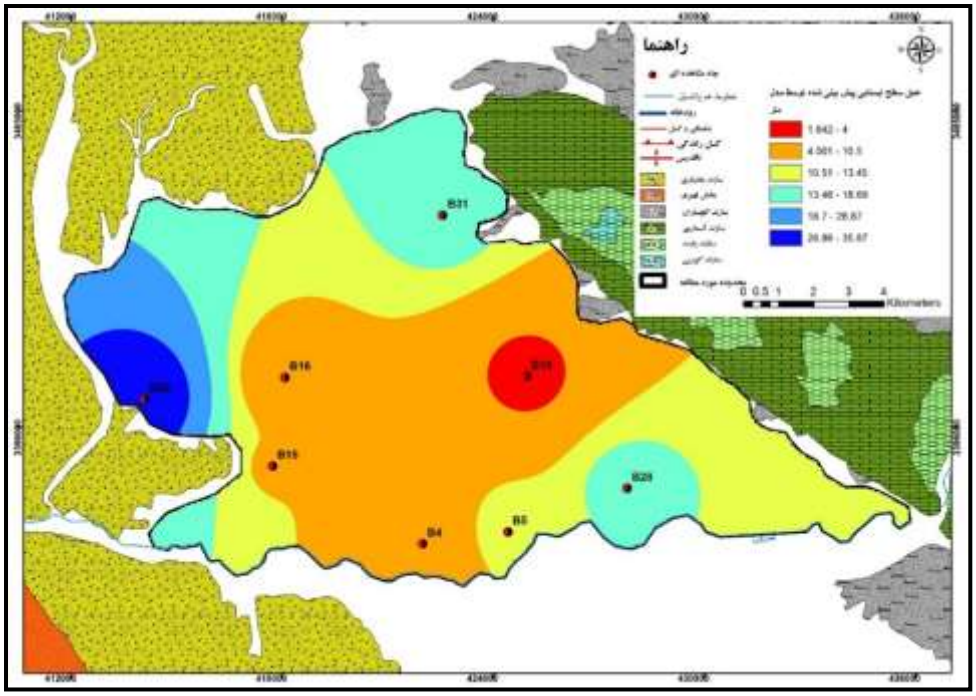
بیلان حجمی مدل (متر مکعب)		
اجزاء بیلان	ورودی	خروجی
تغییرات ذخیره	۷۳۰۶۲۲۴۸	۹۷۴۷۹۲۰۰
چاهها	۰	۱۸۲۵۴۶۱۰
تغذیه	۹۸۲۹۹۹۷۶	۰
جریانهای زیرزمینی	۱۱۳۴۷۰۰۴۸	۱۰۴۲۲۹۹۶۰
رودخانه	۸۵۷۱۴۴۷۲	۱۵۰۵۶۲۲۴۰
مجموع	۲۹۷۴۸۴۴۹۶	۲۷۳۰۴۶۸۱۰
ورودی- خروجی	۲۴۴۳۷۶۸۶	

برای بررسی وضعیت آبخوان با فرض ادامه وضع کنونی، با نسبت دادن تمام اطلاعات آبخوان برای استرس دوره‌های زمانی مشابه در سال‌های آینده مدل به مدت ۱۰ سال (۱۲۰ استرس دوره زمانی) اجرا شد. با توجه به نتایج، بیلان آبی ۱۰ ساله مدل آبخوان بهبهان شمالی برابر ۲۴۴۳۷۶۸۶ متر مکعب است. با توجه به سطح ایستابی پیش‌بینی شده توسط مدل در صورت تداوم وضعیت کنونی، سطح ایستابی در پیزومترهای B16 و B18 به ترتیب به میزان ۴/۷۵ و ۳/۰۷ متر بالاتر از وضعیت کنونی پیش بینی می‌شود که به علت تاثیر شبکه آبیاری خواهد بود.



شکل۴: سطح ایستابی آخرین استرس دوره زمانی (گام زمانی ۱۲۰) مدل در شرایط ادامه وضع کنونی تا ۱۰ سال آینده

افزایش سطح ایستابی در این پیزومترها نشان دهنده کاهش درصد عملکرد زهکش‌های موجود در این مناطق است که با توجه به عدم لایروبی آن‌ها امری طبیعی به‌نظر می‌آید. شکل ۴ سطح ایستابی در آخرین ماه (استرس دوره زمانی ۱۲۰) و شکل ۵ نقشه عمق سطح ایستابی پیش بینی شده توسط مدل برای شهریورماه سال ۱۴۰۶ را نشان می‌دهد.



شکل۵: نقشه عمق سطح ایستابی پیش بینی شده توسط مدل برای ۱۰ سال آینده (شهریور ماه ۱۴۰۶)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش آبخوان بهبهان شمالی در یک دوره زمانی یک ماهه در حالت ماندگار (شهریورماه ۱۳۹۵) و در یک دوره زمانی یک‌ساله (مهر الی شهریورماه سال آبی ۹۶-۱۳۹۵) درحالت غیر ماندگار شبیه‌سازی گردید. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از دشت توسط شبکه آبیاری تامین می‌شود به‌منظور مشخص شدن تاثیر شبکه بر بیلان دشت، سناریو عدم بهره‌برداری از شبکه آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. بر اثر اجرای این گزینه بیلان دشت به میزان ۴۸۸۶۲۷۶ متر مکعب منفی‌تر خواهد بود. در آبخوان شمالی دشت بهبهان پس از شبیه‌سازی مدل و پیش‌بینی عمق آب زیرزمینی با شرایط کنونی و با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه چاه‌های بهره‌برداری در بخش‌های غرب و جنوب غرب متمرکز هستند، در بخشی از آبخوان که سطح ایستابی نسبتا بالا است زون‌های تبخیری را به‌وجود خواهد آورد. لذا با حفر چند حلقه چاه در این مناطق می‌توان از تلفات و تبخیر آب زیرزمینی جلوگیری نمود. شرایط کاهش بهره‌برداری از شبکه به‌میزان ۱۰درصد و احداث چاه‌های بهره‌برداری جدید بررسی گردید. در این سناریو تعدادی چاه با حجم تخلیه ۱/۲ میلیون متر

مکعب فرض گردید. بر اثر اجرای این گزینه بیلان دشت به میزان ۹۶۸۸۸۶/۲۵ متر مکعب منفی‌تر خواهد بود. افزایش سطح ایستابی بر اساس شبیه‌سازی و پیش بینی مدل برای ۱۰ سال آینده با شرایط یکسان، نشان دهنده کاهش درصد عملکرد زهکش‌های موجود در این مناطق است که با توجه به عدم لایروبی آن‌ها امری طبیعی به نظر می‌آید.

منابع

برزگری بنادکوکی، ف.، ملکی نژاد، ح. و مهدی حسینی، س.م. ۱۳۹۴. مدیریت تلفیقی منابع آب در محدوده حوضه آبریز دشت یزد- اردکان با تاکید بر پایداری زیست محیطی. مجله انجمن علوم و مهندسی منابع آب. ۲: ۱۱۹-۱۰۴.

جنوبی، ر.، رضایی، ح. و بهمنش، ج. ۱۳۹۲. تاثیر احداث شبکه های آبیاری و زهکشی مدرن برمنابع آب زیرزمینی دشت ارومیه. مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک. ۳: ۲۵۱-۲۴۱.

خوش روش، م. و ولی زاده، م. ۱۳۹۶. اثرات احداث شبکه و زهکشی سد مخزنی شهید رجایی روی تغییرات زمانی و مکانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت سازی- نکا. نشریه علوم و خاک. ۲: ۵-۲.

چیت سازان، م.، جواد چاوشی، ز. و ناصری، ح. ۱۳۹۴. پیش بینی اثر متقابل آبخوان رودخانه در دشت دوسلق استان خوزستان با استفاده از مدل MODFLOW. مجله پژوهشی آب ایران. ۴: ۱۴۷-۱۳۹.

زینعلی، م.، گلابی، م،ر. آذری، ا. و فرزی، س. ۱۳۹۷. بررسی عملکرد مدل مفهومی و فرامدل شبیه ساز برنامه ریزی ژنتیک در مدل سازی هیدروگراف معرف آبخوان(دشت لور- اندیمشک). مجله آبخوان و قنات. ۱: ۱۵-۱.

سربازی، ا.ح. و اسماعیلی، ک. ۱۳۹۱. بررسی و مدل سازی کمی آب های زیرزمینی (مطالعه موردی:دشت نیشابور). نشریه علوم و مهندسی آبیاری. ۴: ۸۷-۷۴.

علیزاده، ح،ع.، لیاقت، ع.ا. و سهرابی، ت. ۱۳۹۳. ارزیابی سناریورهای توسعه سیستم های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل سازی پویایی سیستم. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۴: ۸-۲.

قبادیان، ر.، بهرامی، ز. و دباغ باقری، س. ۱۳۹۵. اعمال سناریوی مدیریتی در پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی با مدل مفهومی و ریاضی MODFLOW دشت خزل ـ نهاوند. مجله اکو هیدرولوژی. ۳: ۳۱۹-۳۰۳.

قربانی سرهنگی، ز.، شاهنظری، ع.، غلامی سفیدکوهی، م،ع. و جنت رستمی، س. ۱۳۹۷. شبیه سازی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قائمشهر جویبار در شرایط اجرای طرح شبکه آبیاری و زهکشی البر. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. ۱۷: ۲۵۷-۲۴۶.

کاکولکی، م. و اسلامی، ح. ۱۳۹۶. تغییرات کمی و کیفی آبخوان میان آب شوشتر بعد از احداث شبکه آبیاری و زهکشی. دو فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب. بهار و تابستان: ۶۰-۴۷.

Hill, M.C.,Tiedeman,C.R. 2007. Effective GroundwaterModel Calibration Published 2007 by John Wiley Sons,Inc.,Hoboken, NEW Jersey.

Le Page, M., Berjamy, B., Fakir,Y., Bourgin,F., Jarian,L., Abourida,A., Benrhanem, M., Jacob,Huber, M., Sghrer,F. and Simonneaux,V. 2012. An integrated DSS for ground water management based on remote sensing. The case of a semi-arid aquifer in Morocco. Water resources management, 26(11): 3209-3230.

Parhizkar,S.,Ajdari,K., Kazemi,G.A. and Emamgholizadeh, S. 2015. Predicting water level drawdown and assessment of land subsidence in Damghan aquifer by combining GMS and GEP models Geopersia ,5(1),pp.63-80.

Prickett, T. A. 1975. Modeling technique for groundwater resource evaluation, Advances in hydroscience, Vol,10.Academic prees Inc.,418 pp.

Roy, P.K., Roy, S.S., A,. Banerjee, G,. Majumder, A. and Mazumader, A. 2015. Study of impact on surface water and groundwater around flow fields due to changes in river stage using groundwate modeling system. Clean Technologies and Environmental Policy, 17(1): 145-154.

Seneviratne, A. 2007. Development of steady state groundwater flow model in lower Walawa basin, Sri Lanka.

Wang, H.F.and M.P. Anderson. 1982. Introduction to Groundwater Modeling. Finite Difference and Finite Element methods, W.H. Freeman and Company.

Evaluation of Maroon Irrigation and Drainage Network Effect on Groundwater Resources in North Behbahan plain using Modflow Model (GMS Software Code)

M. Manabi[1], A. Egdernazhad[2*] and H. Daneshian[3]

1) M.Sc. Student of Irrigation and drainage, Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2) Assistant professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

3)M.Sc of Geology, Khuzestan Water and Power Organization.

*** Corresponding author: a_eigder@ymail.com**

Received Date: 2018.03.06 **Accepted Date: 2018.05.30**

Abstract

Groundwater modelling is considered as a water resource management tool due to its high efficiency and low cost. In this study, we evaluated the effect of Maroon irrigation and drainage network on groundwater resources in northern Behbahan plain using numerical finite difference model using GMS software with Modflow 2000 code. Behbahan plain with 484 square kilometres is located in southeast of Khuzestan province. After selecting the appropriate software package, a conceptual model was created in the module and the study area was discretized into a regular network. In this way, the model was simulated for one month period (September 2016) as steady state and for one year period (Octobar 2016 to September 2017) in unsteady state. Finally, the model was validated over a period of one year from (Octobar 2017 to September 2018). After performing the model calibration and verification and making sure that the model can simulate the actual aquifer conditions, the model was used as a suitable management tools. Some management scenarios such as, aquifer status in drought conditions, wetlands conditions, reduced network utilization and new well construction were simulated by the model. According to the predicted water level of the model if initial condition persists for the next 10 years, the water level in the b16 and b18 piezometers is expected to be 4.75 and 3.07 meter respectively higher than the current situation, this will be due to the impact of the irrigation network. Nevertheless, evaporation zone would not extend very much and therefore aquifer except for the area around b18 piezometer which is susceptible to evaporate encounters no problem.

Keywords: Groundwater Modeling, GMS, Numerical Model of finite Difference, Calibration and Verification.