علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره سه، خرداد ماه ۹۹

بررسی اثر سد کرخه بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS

(مطالعه موردی: دشت عباس،دهلران)

محمدرضا رضایی[۱]

شهلا پایمزد[۲]*

Paimozd.ar@hotmail.com

ایاد اعظمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۳ **تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۳۰**

چکیده

زمینه و هدف: بارزترین اثر سدها، تغییر رژیم هیدرولوژیکی مناطق مجاور خود است که از جمله این تغییرات می‌توان به تغییر در سطح اساس آبخوان‌های مجاور اشاره نمود. در این تحقیق سد کرخه و تاثیر آن بر نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت عباس مورد بررسی قرارگرفت است.

روش بررسی: در این تحقیق از آمار ایستگاه‌های مجاور منطقه و ۱۹۲ چاه بهره‌برداری و ۲۴ چاه پیزومتری استفاده شد. مدل سازی عددی آب‌های زیرزمینی به وسیله نرم افزار GMS در آبخوان دشت عباس در جنوب استان ایلام در سال آبی ۹۰-۸۹ انجام یافته است. این مدل در دو حالت ماندگار (سه ماه) و غیر ماندگار (۱۲ ماه) برای یک و نیم سال واسنجی و سپس برای یک سال آبی صحت‌سنجی گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از واسنجی، حاکی از شبیه سازی مطلوب آبخوان دشت عباس و اختلاف اندک مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی تراز سطح ایستابی است. همچنین، نتایج بیلان آبی نشان داد که سطح آب زیرزمینی در سال‌های قبل از ورود آب سد کرخه ۷/۰۳- و بعد از تکمیل کانال‌های آبرسانی بیلان دشت مثبت و مقدار آن به ۲۶/۵۰ میلیون مترمکعب در سال آبی ۹۰-۸۹ افزایش یافته است. لذا سد کرخه اثر مثبتی بر بیلان آب زیرزمینی دشت دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: از بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت عباس چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مدل کالیبره شده در حالت پایدار و ناپایدار با دقت زیادی توانسته است، سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری را شبیه‌سازی کند. هیدروگراف چاه‌های پیزومتری دشت عباس نشان داد که سطح ایستابی دشت عباس رو به افزایش است. نتایج مدل سازی بیلان آب زیر زمینی نشان داد که تغییرات ذخیره ناشی از بیلان آبی دشت عباس مثبت است و سیر صعودی هیدروگراف دشت، افزایش سطح ایستابی و بحران مناطق تبخیری بوجود آمده را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: دشت عباس، GMS، آب زیرزمینی، مدل‌عددی.

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام. ایلام ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.3, May, 2020

Investigation of the Effect of Karkheh Dam on Ground Water Resources Using GMS Model (Case study: Dasht-Abbas, Dehloran)

Mohammad reza Rezaei [1]
Shahla Paimozd [2 *]
Paimozd.ar@hotmail.com
Ayad Aazami [3]

Admission Date:June 20, 2018 Date Received: April 12, 2018

Abstract

Background and Objective: The most obvious effect of the dams is the change of the hydrological regime of the adjacent areas, among which these changes can be referred to the change in the base level of the adjacent aquifers. In this study, Karkheh dam and its effect on groundwater fluctuations in Abbas plain have been studied.

Method: In this study, the statistics of nearby stations, 192 exploitation wells and 24 piezometric wells were used. Numerical modeling of groundwater has been done by GMS software in Dasht-Abbas aquifer in the south of Ilam province in the water year of 2011-2012. This model was calibrated in two permanent (three months) and non-permanent (12 months) for one and a half years and then for one year.

Findings: The results of calibration indicate the optimal simulation of Dasht-Abbas aquifer and small differences in observational and computational values of water table level. Also, the results of water balance showed that the groundwater level in the years before the arrival of water Karkheh dam - 7.03 and after the completion of water supply channels of the positive plain balance and its amount has increased to 26.50 million cubic meters in the water year 2011-2012. Therefore, Karkheh Dam has a positive effect on the groundwater balance of the plain.

Discussion and Conclusion: From the study of groundwater balance in Dasht- Abbas, it is concluded that the calibrated model in stable and unstable state has been able to simulate the water level of piezometric wells with great accuracy. The hydrograph of the piezometric wells of Dasht-Abbas showed that the water level of Dasht-Abbas is increasing. The results of groundwater balance modeling showed that the reserve changes due to the water balance of Abbas plain are positive and show the upward trend of the plain hydrograph, increasing water table and the evaporation crisis.

Keywords: Dasht-Abbas, GMS, Groundwater, Numerical Model.

1- M.Sc., Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran * (*Corresponding Author*)
3- Member of Faculty of Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ilam, Iran

مقدمه

با توجه به اهمیت آب به عنوان عنصر حیات بخش در ایران سدهایی طراحی می شوند تا امکان ذخیره حداکثر آب فراهم شود. ساخت سد گزینه معقولی به نظر می‌رسد ولی احداث سدها اگرچه دارای مزایای بسیاری هستند، معایبی را نیز در پی دارند که از جمله آنها می‌توان به تغییر در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه و منطقه، ایجاد یک سطح موقت و تغییر در روند فرسایش و شورشدن خاک‌ها اشاره نمود. البته باید اذعان داشت که برخی از موارد نامبرده اثرات دوگانه دارند، بدین معنی که در شرایط خاصی می‌توانند جز اثرات مثبت نیز تلقی گردند. از جمله اثرات دوگانه سدها تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی است.

به دلیل نوسانات غیر قابل پیش‌بینی حجم بارندگی و رخداد خشکسالی‌های پی در پی و طولانی مدت در ایران بویژه در نیمه جنوبی ایران، که موجب افت سطح آب‌های زیرزمینی و محدودیت استفاده از آنها می‌شود، ساخت سد گزینه معقولی است. از جمله اثرات دوگانه سدها تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی است. دانش کافی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در یک منطقه می‌تواند در مدیریت بهینه منابع آب مفید و موثر باشد و به کارشناسان و مدیران در جهت افزایش بهره‌وری کمک کند. بیلان آب زیرزمینی از جمله پارامترهای موثر و ضروری برای دشت است و از جمله اطلاعات پایه و اساسی است که باید برای تصمیم گیری‌های کلان در مدیریت منابع آب به آن توجه شود (۱). در زمینه بیلان در داخل و خارج از کشور تحقیقات وسیعی انجام گرفته است که در زیر به تعدادی از آن-ها اشاره می‌شود:

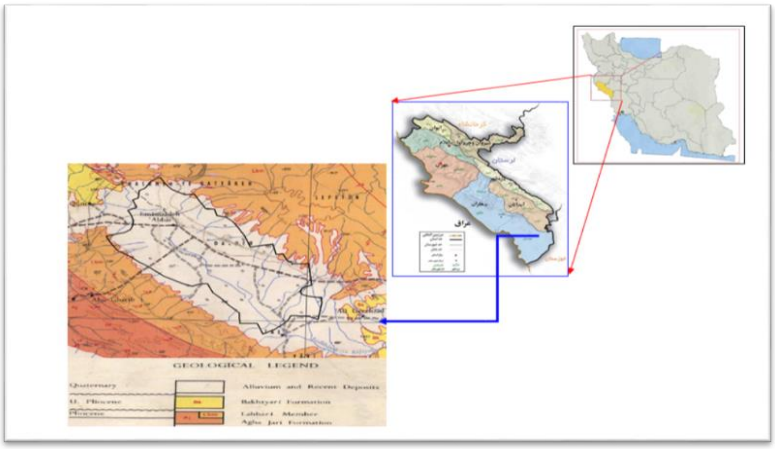
قبادیان و همکاران در سال ۱۳۹۴ در تحقیقی به بررسی تأثیر احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان دربند با استفاده از نرم افزار GMS6.5 پرداختند. نتایج نشان داده بعد از یک سال سطح آب زیرزمینی آبخوان در نواحی مرکزی دشت تا ۱/۸ متر بالا می‌آید. این مقدار برای ۵ سال و ۱۰ سال به ترتیب برابر ۳/۲ و ۵/۲ متر بوده‌است. همچنین بعد از یکسال ۶/۹۵ ٪ اراضی زه دار می-شوند. این مقدار برای ۵ و ۱۰ سال بعد به ترتیب برابر با۳۷/۹۱ و ۵۶/۲۸ ٪ از اراضی دشت است. همچنین مطالعه‌ای که به بررسی تجمیع آب و خاک و محاسبه میزان آن، با استفاده از مدل سازی عددی و ابزارGIS برای تخمین تغذیه آب‌های زیرزمینی در سیستم آبخوان الکادسو(اسپانیا) انجام یافته نشان داد که میزان دبی اصلی ۲ رود لیتور و ایانا به ترتیب برابر ۳۵/۵ و ۵۰ میلی‌متر بر سال است. تخمین ضرایب نیز برابر ۰/۴۹و ۰/۳۶ ٪ است. آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که پارامترهای نفوذ در خاک به صورت نامعینی تخمین زده شده است(۲) . غلامی و فضل اولی در سال ۱۳۹۲ با بررسی شبیه سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS درآبخوان دشت نکا در شهرستان ساری از مدل ترکیبیMODFLOW و GIS و با استفاده از روش عددی تفاضل محدود، تراز آب زیرزمینی را شبیه سازی نموده‌اند، نتایج حاصل از واسنجی، حاکی از شبیه سازی مطلوب آبخوان دشت ساری -نکا و اختلاف اندک مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تراز سطح ایستابی می‌باشد. همچنین، نتایج بیلان آبی نشان داد که سطح آب زیرزمینی این آبخوان در حالت تعادل قرار دارد(۳). محققین دیگری با بررسی مدل‌سازی آب-های زیرزمینی در مقیاس حوضه رودخانه گنگ در کشور هند که با استفاده از مدل MODFLOW در یک دوره۴/۵ ساله انجام گرفته به این نتیجه رسیده‌اند که تجزیه و تحلیل جریان تعامل آبخوان با استفاده از ورودی خروجی منطقه‌ای به ما اجازه می‌دهد که میزان آب به دست آمده و از دست رفته را در طول شاخه اصلی رودخانه گنگ و همچنین دیگر شاخه‌های آن را علامت‌گذاری کنیم (۴). در سال ۲۰۱۲ در تحقیقی با عنوان پیاده سازی مدل جریان آب زیرزمینی سه بعدی در منطقه نیمه خشک زرامدین بنی در شرق منطقه مرکزی تونس که با استفاده از MODFLOW به این نتیجه رسیده‌اند که آبخوان دشت بالاترین حساسیت را به تغییرات نفوذ آب و هدایت هیدرولیکی دارد. شبیه سازی مدل درک بهتری از هیدروژئولوژی آبخوان نشان می‌دهد. این مدل به عنوان یک

ابزار مفید برای تجزیه و تحلیل فرآیندهای هیدرولوژیکی آب-های زیرزمینی که با شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی مشابه به ویژه برای توصیف آبخوان در مناطق خشک و نیمه-خشک کمک شایانی خواهدکرد(۵). در تحقیق دیگری شکوهی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی دشت تویسرکان با استفاده از مدل ریاضی GMS پرداختند. آنالیز حساسیت مدل در شرایط ناپایدار نسبت به پارامترهای مختلف نشان می‌دهد بیشترین حساسیت مدل به هدایت هیدرولیکی است. نرخ پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری و آبدهی ویژه در درجات بعدی اهمیت قرار دارند صحت سنجی برای سال آبی ۸۹-۸۸ دقت و درستی مدل را تائید نموده و درنهایت مدل صحت سنجی شده برای پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان به مدت چهار سال از تاریخ مهر ۱۳۹۲ تا مهر ۱۳۹۶ مورداستفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشترین افت سطح آب در قسمت‌های مرکزی دشت اتفاق می‌افتد (۶).در سال ۲۰۱۵ اثرات انتقال آب سد کرخه در دشت عباس مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور به بررسی وضعیت کمی آب زیرزمینی منطقه با انجام مطالعات هیدروژئولوژیکی و بیلان، تغییرات تراز آب زیرزمینی قبل از آغاز بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی در سال‌های و بعد از بهره‌برداری از شبکه،و به منظور ارزیابی نوسانات سطح آب زیرزمینی پرداخته شده و خیز سالانه از اسفند ۸۴ تا پایان سال ۹۱ معادل ۱/۱۳ متر برآورد گردیده است(۷). بنابراین با توجه به اهمیت منابع آبهای زیرزمینی و افت و خیز آن، بررسی اثر سد کرخه بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت عباس ایلام ضروری می باشد. انتقال آب از سد کرخه به محدوده مطالعاتی دشت عباس، آبخوان آبرفتی این دشت را تحت تاثیر قرار داده‌است. به طوری که همزمان با شروع بهره‌برداری از شبکه آبیاری دشت عباس احتمال افزایش تنش هیدرولیکی شدیدی بر آبخوان دور از ذهن نبوده و در مناطق تحت تاثیر کانال‌های فعال آبیاری، سطح آب زیرزمینی به شدت بالا خواهد آمد. در نتیجه با بالا آمدن سریع سطح آب زیرزمینی دشت عباس در اثر ورود آب کرخه مناطق زه‌دار در منطقه مورد مطالعه ایجاد خواهدشد که در این تحقیق به آن پرداخته می شود.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه دارای موقعیت جغرافیایی "۱۱ ´۴۳ ˚۴۷ تا "۴۱ ´۵۹ ˚۴۷ طول شرقی و "۲۵ ´ ۱۵ ˚۳۲ تا ً۳۰ ´۲۸ ˚۳۲ عرض شمالی می‌باشد. دشت عباس از نظر تقسیمات سیاسی کشور یکی از دهستان‌های بخش موسیان، شهرستان دهلران می‌باشد که در جنوب شرقی استان ایلام واقع شده‌است. این محدوده مطالعاتی بخش غربی حوضه آبریز رودخانه فصلی روفائیه است. مساحت محدوده مطالعاتی دشت عباس بر اساس نقشه‌های محدوده‌های مطالعاتی شرکت مدیریت منابع آب وزارت نیرو و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برابر ۳۸۲/۷۵ کیلومتر مربع بوده که از این میزان حدود ۱۶۱/۶ کیلومتر مربع را ارتفاعات و ۲۲۱/۱۵ کیلومتر مربع را دشت تشکیل می‌دهد . حداکثر ارتفاع حوضه آبریز دشت عباس ۳۵۰ متر و حداقل ارتفاع حدود ۱۳۷ متر است (اطلاعات آب منطقه ای استان ایلام).



شکل۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

Figure1. Location of the study area Figure

روش تحقیق

جمع آوری اطلاعات پایه

در این تحقیق سه دسته کلی داده‌های ورودی نیاز می‌باشد. که عبارتند از:

الف- اطلاعات بلند مدت آمارهواشناسی ۲۵ ساله ایستگاه‌های دشت‌عباس و دهلران شامل (متوسط بارندگی، درجه حرارت سالانه، سرعت باد و ....) جمع آوری گردید. با استفاده از ازین آمار برخی مولفه های همانند نفوذ ناشی از بارش، رواناب و تبخیر و تعرق واقعی محاسبه می گردد.

ب- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه (مرز آبخوان، توپوگرافی، سطح، کف و ضخامت آبخوان)، ضرایب هیدرودینامیک دشت (ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی)، و هیدرولوژیکی(تغذیه، ورودی و خروجی جریان، برداشت از چاه‌های بهره‌برداری و تراز سطح ایستابی) می‌باشد که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

- گرد آوری اطلاعات منابع آب موجود در منطقه دشت عباس از جمله آب ورودی کانال آبرسانی سد کرخه و چاه‌ها و مصارف آب در بخش کشاورزی، شرب و صنعت.

بیلان آب زیر زمینی در محدوده

براساس اطلاعات پایه هواشناسی، هیدرومتری، خصوصیات سفرهآب زیر زمینی و میزان منابع و مصارف و با استفاده از رابطه(۱) بیلان آب در آبخوان دشت عباس تعیین گردید. بیلان آب در گام زمانی ماهانه محاسبه می گردد.

$$\left[\left(\left(Q_{in}+Q_p+Q_r+Q_{AR}+Q_I+Q_{mi}\right)-\left(Q_{out}+Q_w+Q_d+Q_e\right)\right)*t\right]=\pm\Delta V \qquad (۱)$$

عوامل موثر در تغذیه آبخوان در معادله بیلان(رابطه۱) عبارتند از:

Q_{in} میزان جریان ورودی زیرزمینی: به منظور اندازه‌گیری میزان جریان ورودی زیرزمینی با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی جبهه ورودی به آبخوان مشخص شده و از انطباق نقشه هم قابلیت انتقال و نقشه هم تراز متوسط آب زیرزمینی، میانگین قابلیت انتقال در هر یک از مقاطع به دست آمده و با استفاده از رابطه دارسی مقادیر ورودی آب زیرزمینی محاسبه-شده.

Q_p میزان نفوذ از بارندگی: با استفاده از روش F.A.O محاسبه‌گردید (۱۲). در این روش از فرمول زیر استفاده شده

$$F=0.8(R-C\log E)^{1/2} \qquad (۲)$$

F: نفوذ موثر از بارندگی بر حسب میلی‌متر، R : بارندگی ماهانه C : ضریب ثابتی است که اندیس حرارتی گفته می‌شود E: تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه Q_r: آب‌نفوذی از رواناب و

سیلاب‌ها: با در نظر گرفتن مساحت حوضه خارج از محدوده بیلان، رواناب با روش کتاین محاسبه و با در نظر گرفتن درصدی به عنوان نفوذ موثر از رواناب ورودی خارج از محدوده بیلان، میزان آب نفوذی حساب شد،Q_i: آب برگشتی از آبیاری زمین‌های کشاورزی: میزان نفوذ موثر از آبیاری با توجه به نوع بافت خاک و نحوه آبیاری محاسبه شد، برای تغذیه ناشی از آب برگشتی چاه ها ضریب ۳۰ ٪ و آب برگشتی کانال ضریب ۲۰ ٪ در نظر گرفته شد. Qmi : آب برگشتی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی معادل درصدی از آب مصرفی در نظر گرفته شد. Q_{AR}: آب نفوذی از عملیات تغذیه مصنوعی: محدوده مورد مطالعه که فاقد طرح تغذیه مصنوعی می‌باشد(۸).

عوامل موثر در تخلیه در معادله بیلان(رابطه۱) عبارتند از:

Q_{out}: میزان جریان خروجی زیرزمینی: میزان جریان خروجی زیرزمینی نیز مانند جریان‌های ورودی زیرزمینی با استفاده از قانون دارسی محاسبه می‌شود، Q_w: آب خروجی از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات، Q_d: آب خروجی از زهکش‌ها: به عنوان بخشی از زه آب‌های کشاورزی (آب برگشتی کشاورزی) در نظر گرفته شده‌است، Qe : آب تبخیر شده از سفره آب زیرزمینی.

در مرحله بعدی به کمک معادله (۳) تغییرات حجم ذخیره در طول سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به دست آمد. در این معادله S_Y آبدهی ویژه است که با توجه به ویژگی‌های بافت خاک دشت ضریب ۰/۰۵ در نظر گرفته شد، A: مساحت کل دشت و ΔH : میزان افت یا خیز سطح ایستابی چاه های دشت است.

$$\Delta V = A * S_Y * \Delta H \qquad (۳)$$

جریان خروجی و ورودی در محدوده بیلان: دشت عباس ۲ خروجی و ۱۱ ورودی دارد که با توجه به معادله دارسی که در زیر آمده است، میزان جریان ورودی و خروجی از مرزها محاسبه می‌شود.

$$Q=W*I*T \qquad (۴)$$

در این معادله Q دبی ورودی یا خروجی از مرز، W: عرض جریان و T: ضریب قابلیت انتقال در دشت است.

هیدروگراف واحد

بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در طول دوره آماری با استفاده تعداد ۲۴ حلقه چاه‌های پیزومتری، و با استفاده از روش شبکه تیسن و محاسبه میانگین وزنی ماهانه تراز آب زیرزمینی دشت عباس انجام و سپس هیدروگراف واحد دراز مدت برای برای دوره ۹۰- ۱۳۷۰ترسیم می گردد.

مدل GMS

در این تحقیق به منظور مدل سازی آب زیرزمینی از مدل GMS استفاده شد. بعد از شناخت کامل ورودی‌ها و خروجی‌های دشت، و تعیین بیلان دستی آب زیرزمینی جهت ساخت مدل عددی منطقه از کد کامپیوتری GMS7,5 استفاده گردید. GMS محیطی جامع و گرافیکی برای شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی است. این نرم افزار قابلیت تلفیق کد MODFLOW با GIS را دارد. این مدل جریان را به صورت سه‌بعدی و به روش تفاضل محدود برای حالت پایدار و ناپایدار شبیه‌سازی می نماید. معادله حاکم در این مدل سازی عبارت است از (معادله پواسون در حالت سه بعدی):

$$K_{xx}\frac{\partial^2 h}{hx^2} + K_{yy}\frac{\partial^2 h}{hy^2} + K_{zz}\frac{\partial^2 h}{hz^2} - w = s_s\frac{\partial h}{\partial x} \qquad (۵)$$

در حالت ناپایدار

$$K_{xx}\frac{\partial^2 h}{hx^2} + K_{yy}\frac{\partial^2 h}{hy^2} + K_{zz}\frac{\partial^2 h}{hz^2} - w = 0 \qquad (۶)$$

در حالت پایدار که در آن k_{xx} و k_{yy} و k_{zz} ضرایب هیدرولیکی در راستای x ، y و z بر حسب واحد طول بر زمان (L/T)، h: سطح آب بر حسب واحد طول، w: میزان تخلیه بر حسب حجم، s_s: ضریب ذخیره و t: زمان می‌باشد. داده‌های ورودی مدل از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS به محیط مدل منتقل شدند. این داده‌ها شامل: مرز آبخوان، تراز ارتفاعی سطح‌زمین ، تراز سنگ‌کف آبخوان، چاه‌های بهره‌برداری، چاه‌های مشاهده‌ای، لایه هدایت هیدرولیکی و لایه تغذیه سطحی می‌باشد.

مدل مفهومی و عددی

تهیه مدل مفهومی یکی از مهم‌ترین مراحل مدل‌سازی و بر پایه مدل ریاضی است، تهیه آن بستگی به اهداف مدل‌سازی و منابع موجود و آمار و اطلاعات میدانی دارد. این مدل که یک تصویر ساده شده از دنیای واقعی و شامل خلاصه‌ای از ویژگی‌های سیستم هیدروژئولوژیکی است، ضمن برخورداری از دقت لازم معمولاً به صورت توصیفی و گرافیکی(نیم‌رخ زمین‌شناسی

هیدروژئولوژی و یا نمودار بلوکی) ارائه دهنده ویژگی‌های اصلی سیستم است. برای انجام این مرحله، پنج پوشش برای مدل تعریف شد که به ترتیب : پلیگون مرز آبخوان، پلیگون هدایت هیدرولیکی(حاصل تقسیم ضریب قابلیت انتقال بر ضخامت لایه آبدار)، پلیگون تغذیه سطحی، نقاط چاه‌های بهره‌برداری، نقاط چاه‌های مشاهده‌ای دشت عباس وارد مدل شد. شبکه‌بندی استفاده شده برای مدل‌سازی آبخوان دشت دارای سلول‌هایی با اندازه‌های یکسان ۲۰۰*۲۰۰ متر می‌باشد.

مرحله واسنجی

یکی از قسمت‌های مهم مدل‌سازی آب زیرزمینی، کالیبراسیون پارامترها است که با عدم قطعیت همراه بوده و برآورد دقیق آن‌ها در گستره حوضه آبریز یا آبخوان امکان‌پذیر نیست. مقدار تغذیه سطحی و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان از جمله این پارامترها می‌باشند.

مرحله صحت سنجی

صحت مدل با تحلیل بیلان محاسباتی، مقایسه کسری مخزن و افت ناشی از آن با هیدروگراف معرف منطقه مدل و همچنین با اعمال دوره تنشی متفاوت از دوره تنش مرحله کالیبراسیون مورد بررسی و تایید واقع می‌شود.

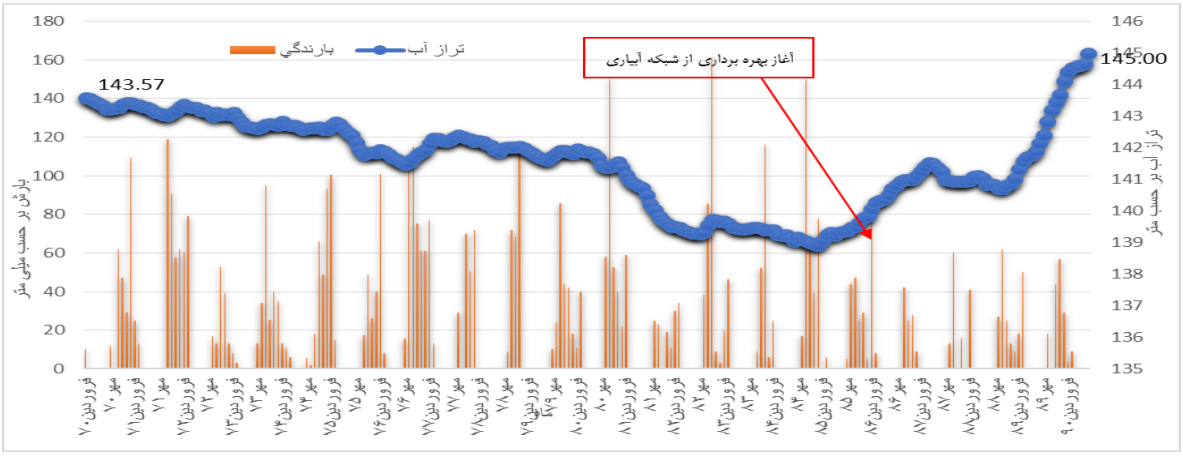
نتایج و بحث

نتایج بیلان دستی

نتایج بیلان آب زیرزمینی به صورت دستی: همان‌طور که در قسمت روش تحقیق بیان شد، ابتدا محاسبات بیلان آب زیرزمینی در دشت به صورت دستی انجام یافت. بنابراین، ابتدا نتایج بیلان دستی و سپس نتایج مدل سازی آب زیرزمینی ارائه خواهد شد. در شکل ۲ هیدروگراف واحد دشت عباس از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ را نمایش می‌دهد که در آن خیز سطح ایستابی حدود ۲/۴ متر در سال است.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

از مهم‌ترین انواع پردازش بر روی تصاویر، انجام عملیات حسابی روی باندها یا نسبت گیری باندها به منظور ایجاد شاخص های گیاهی می‌باشد. شاخص‌های گیاهی تبدیلات ریاضی هستند که بر اساس باندهای مختلف سنجنده ها تعریف شده و برای ارزیابی و بررسی مشخصات بیوفیزیکی گیاهان در مشاهدات ماهواره ای چند طیفی مورد استفاده قرار می گیرند . رابطه بین مقادیر بیوماس روزمینی حاصل از اطلاعات زمینی به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های مختلف محاسبه شده بر مبنای نسبت‌گیری طیفی از تصاویر به عنوان متغیر مستقل، به وسیله مدلهای رگرسیونی محاسبه گردید. این شاخص‌ها بر مبنای مطالعات انجام گرفته (۶ و۱۰) انتخاب شدند. تمام پیکسل های درون هر پلات انتخاب و یک مقدار متوسط از مقادیر شاخص ها در هر پلات برای هر ۳ شاخص با متوسط گیری به دست آمده است و نسبت‌گیری طیفی شاخص‌های پوشش‌گیاهی محاسبه شد.



شکل۲- هیدروگراف واحد دشت عباس در سال‌های (۱۳۹۰-۱۳۷۰)

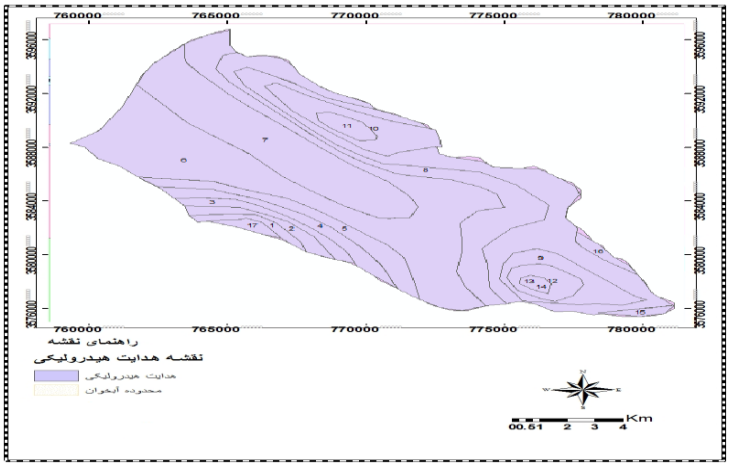
Figure 2. Unit hydrograph of Dasht-Abbas (1991-2010)

با توجه به اعداد اشاره شده در بالا و بررسی عوامل ورودی و خروجی دشت می‌توان به این نتیجه رسید که بیلان در دشت عباس در سال آبی ۹۰-۸۹ مثبت و به میزان ۲۶/۵ میلیون مترمکعب، ورودی‌ها از خروجی‌ها بیشتر بوده است. بین عدد بدست آمده مربوط تغییرات حجم در دوره بیلان و مقدار بیلان بدست آمده ۱۵/. میلیون متر مکعب اختلاف است که به علت تقریبی بودن بعضی عوامل است.

واسنجی مدل GMS

پارامتر هدایت هیدرولیکی

شکل۳ نقشه پهنه‌بندی شده پارامترهای هدایت هیدرولیکی توسط مدل GMS در حالت پایدار را نمایش می‌دهد. مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی با توجه به نتایج آزمایش‌های پمپاژ و گزارش‌ها تخمین زده می‌شود و در شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی در حالت پایدار، مقادیر آن در حالت مختلف کالیبره شده است.

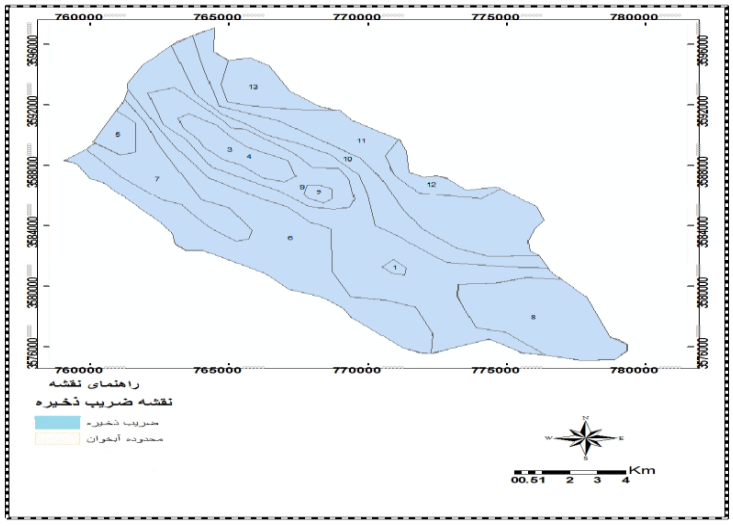


شکل۳- نقشه هدایت هیدرولیکی کالیبره شده مدل دشت عباس

Figure 3. Calibrated Hydraulic Conductivity Map of Dasht-Abbas

پارامتر آبدهی ویژه

در حالت ناپایدار میزان ضریب ذخیره آبخوان باید مشخص شود. به خاطر این که آبخوان در این منطقه از نوع آزاد و غیر محصور است لذا بجای ضریب ذخیره، از آبدهی ویژه استفاده شده است.

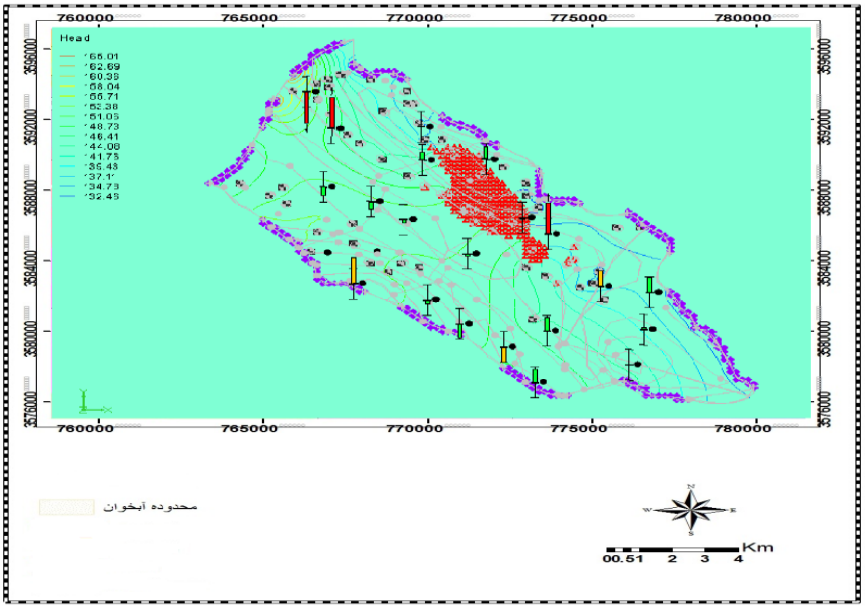


شکل۴- نقشه آبدهی ویژه کالیبره شده مدل دشت عباس

Figure 4. Calibrated Specific Yield Map of Dasht-Abbas

منحنی‌های تراز محاسباتی و مشاهداتی

مقادیر خطای نهایی شبیه‌سازی شده در محل هریک از چاه‌های مشاهداتی در سطح محدوده‌ی مدل‌سازی نیز در شکل ۵ به نمایش درآمده است. رنگ سبز برای هر چاه نشان دهنده‌ی این است که میزان خطای محاسباتی در این چاه بین صفر تا ±۳ متر تغییر می‌کند. رنگ زرد نشان دهنده این است که خطای محاسباتی بیش از ±۳ متر و کمتر از±۵ متر می‌باشد. رنگ سیاه نیز نشانگر این است که خطای محاسباتی کمتر از±۵ متر می‌باشد. چنان که در شکل می‌توان دید، در اغلب چاه‌های مشاهداتی مقدار خطای محاسباتی کمتر از ±۳ متر می‌باشد که نشانگر کالیبراسیون موفقیت آمیز مدل عددی می‌باشد.



شکل۵- منحنی تراز محاسباتی و مقادیر خطای چاه‌های مشاهده‌ای در محدوده مدل سازی (۹۰-۸۹)

Figure 5. Computational balance curve and observation well values in the modeling range (2010-2011)

جدول ۱بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت عباس توسط مدل در شرایط پایدار، ناپایدار، و اعتبار سنجی را نمایش می‌دهد. مدل کالیبره شده در حالت پایدار مربوط به سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ بوده و همان طور تغییرات ذخیره آن در جدول نشان داده شده‌است. از آنجا که در شرایط پایدار، بیلان باید صفر و مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها مساوی باشد، نتیجه مدل سازی بیلان آب زیرزمینی در شرایط پایدار تغیرات ذخیره را نزدیک صفر براورد کرده است که نشان از کالیبراسیون مناسب مدل است. در حالت پایدار چون بسیاری از پارامترها یا اعمال نمی‌شود یا بر فرض ثابت بودن اعمال می‌شود، باید نتایج بیلان و عدد تغییرات ذخیره صفر باشد، یعنی خروجی‌ها و ورودی‌ها در شرایط پایدار یکسان باشد. در حالت ناپایدار به علت در نظر گرفتن پارامترهای به صورت متغیر(در این تحقیق ۱۲ ماه سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ تا حدودی به شرایط واقعی نزدیک شده و مقادیر خروجی‌ها و ورودی‌ها به دشت عباس متفاوت و نزدیک شرایط واقعی بوده و به تبع آن مقدار تغییرات ذخیره عددی منفی یا مثبت خواهد بود. شایان ذکر است بسته‌های تنش به صورت ماهانه و برای مقادیر تغذیه و چاه‌های بهره‌برداری متفاوت در نظر گرفته شده. در جدول ۲ به تفکیک میزان خطای ورودی‌ها و خروجی‌ها مدل در هر سه شرایط پایدار، ناپایدار و اعتبارسنجی نشان داده شده‌است.

جدول۱- بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت عباس توسط مدل

Table 1. Review of the groundwater balance obtained by model

سال	ورودی‌ها (M.C.M)		خروجی‌ها(M.C.M)		تغییرات ذخیره (M.C.M)
حالت پایدار(۳ ماه بهمن، اسفند، فروردین)	تغذیه	۱۰/۲۰	برداشت	۲۰/۹۰	+۰/۲
	ورودی زیرزمینی	۱۳/۱۰	خروجی زیرزمینی	۲/۲۰	
	جمع	۲۳/۳۰	جمع	۲۳/۱۰	
حالت ناپایدار(۹۰-۸۹)	تغذیه	۳۵/۵۵	برداشت	۲۶/۴۰	+۲۶/۵۰
	ورودی زیرزمینی	۲۲/۲۰	خروجی زیرزمینی	۲/۸۶	
	جمع	۵۵/۷۵	جمع	۲۹/۲۶	
اعتبارسنجی(۹۱-۹۰)	تغذیه	۳۱/۹۱	برداشت	۱۴/۳۷	+۳۷/۷۶
	ورودی زیرزمینی	۲۳/۱۰	خروجی زیرزمینی	۲/۸۸	
	جمع	۵۵/۰۱	جمع	۱۷/۲۵	

جدول ۲- آمار خطای مدل در شرایط کالیبراسیون و صحت سنجی مدل

Table 2. Model error statistics in model calibration and verification conditions

آمارهای خطا	شرایط پایدار	شرایط ناپایدار	اعتبار سنجی
میانگین خطا	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۴۸
میانگین خطای مطلق	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۶۷
میانگین خطای استاندارد	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۸۵
ضریب همبستگی	٪۹۸	٪۹۷	٪۹۷

بحث و نتیجه‌گیری

از بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت‌عباس چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مدل کالیبره شده در حالت پایدار و ناپایدار با دقت زیادی توانسته است سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری را شبیه‌سازی کند. با توجه به هیدروگراف چاه‌های پیزومتری دشت‌عباس نشان داد که سطح ایستابی دشت‌عباس رو به افزایش است، نتایج مدل‌سازی بیلان آب زیرزمینی نیز نشان داد که تغییرات ذخیره ناشی از بیلان آبی دشت مثبت است و سیر سعودی هیدروگراف دشت، افزایش سطح ایستابی و بحران مناطق تبخیری به وجود آمده را نشان می‌دهد که با نتایج غلامی و فضل اولی (۱۳۹۲) مخالف بوده و با نتایج قبادیان و همکاران(۱۳۹۴)، هورنر و همکاران(۲۰۱۶)، ماهسواران و همکاران(۲۰۱۶)، وودوارد و همکاران(۲۰۱۶) و ایوالوا و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد(۲، ۳، ۴، ۹،۱۰ و ۱۱). با توجه به افزایش روز افزون سطح زیر کشت آبی و حجم آب ورودی به آن‌ها، مناطق تبخیری در سطح دشت رو به افزایش خواهند بود. همچنین با توجه به عدم استفاده تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی و اجرا نشدن شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی روند ایجاد مناطق تبخیری بسیار شدید بوده و کشاورزی در منطقه را با خطر مواجه می‌کند.

Reference

1. Pour Mohammadi, S., Dastorani, M., T. Masah-Bovani, A., Jafari, H. and Rahimian, M., H. (2015) A Model for Determining the Components of the Surface and Underground Water Balances of the Toyserkan Plain, The Knowledge of Water and Soil. 3: 281-296. (In Persian)
2. Ghobadian, R, Fattahi Chaghbaghi, A, and Zare, M. (2014) Effect of construction of irrigation and drainage network of Gavoshan Dam on groundwater resources of the Mian-Darband plain using GMS6.5 model. Water Research Journal in Agriculture. 28, 4. (In Persian)
3. Gholami, Z., and Fazl Ola, R, (2013) Simulation of Groundwater Fluctuations Using the GMS6 Model (Case Study: Sari-Neka Plain), Sixth National Conference on Watershed Management and Water and Soil Management. (In Persian)
4. Maheswaran, R., Khosa, R., Gosain, A. K., Lahari, S., Sinha, S. K., Chahar, B. R., and Dhanya, C. T. (2016). Regional scale groundwater modelling study for Ganga River basin. Journal of Hydrology, 541, 727-741.
5. Lachaal, F., Mlayah, A., Bédir, M., Tarhouni, J., & Leduc, C. (2012). Implementation of a 3-D groundwater flow model in a semi-arid region using MODFLOW and GIS tools: The Zéramdine–Béni Hassen Miocene aquifer system (east-central Tunisia). Computers & geosciences, 48, 187-198.
6. Shokohi, F., Abde Kolah chi, A., Majidi, A., Yaghobi, B and Bakhshi, J.

(2014). Modeling the groundwater flow of Tuyserkan plain using mathematical model GMS. The first national conference on architecture, civil engineering and urban environment, Hamedan, 45-61. (In Persian)

7. Karami, K., Zehtabian, G., Faramarzi, M and Khosravi, H. (2013). Investigating the effect of Karkheh dam irrigation networks on land use changes Using satellite images, Case study: Dasht-e Abbas semi-arid region Geographical Information Quarterly, 28,106:129-140. (In Persian)
8. Alizadeh, A. (2006) Principles of Applied Hydrology, Imam Reza University Press, p. 808. (In Persian)
9. Woodward, S. J., Wöhling, T., and Stinger, R. (2016). Uncertainty in the modelling of spatial and temporal patterns of shallow groundwater flow paths: The role of geological and hydrological site information. Journal of Hydrology, 534, 680-694.
10. Iwalewa, T. M., Elamin, A. S., and Kaka, S. I. (2016). A coupled model simulation assessment of shallow water-table rises in a Saudi Arabian coastal city. Journal of Hydro-environment Research, 12, 46-58.
11. Hornero, J., Manzano, M., Ortega, L., and Custodio, E. (2016). Integrating soil water and tracer balances, numerical modelling and GIS tools to estimate regional groundwater recharge: Application to the Alcadozo Aquifer System (SE Spain). Science of the Total Environment, 568, 415-432.
12. FAO Organization. (1973). Irrigation, Drainage and Salinity, an international source book. FAO/UNESCO, London, 510pp.