

Research Article

Quantitative changes assessment of Myandarband groundwater resources due to irrigation and network of Gaveshan Dam in wet and dry periods

Mohammad Nakhaei¹, Hosna Kianinasab^{1*}, Haji Krimi²

1-Faculty of Geology, Kharazmi University, Tehran, Iran

2-Agriculture Faculty, Ilam University

Keywords: *Modelling, Myandarband Plain, Hydraulic conductivity, Specific yield, GMS10.1*

1- Introduction

Proper management of surface water resources (including dams and rivers) and groundwater resources requires paying special attention to all parameters of the hydrological balance. In arid and semi-arid regions, the management of water consumption is essential. The agricultural sector is the largest consumer of water, accounting for about 70% of the consumption of freshwater resources (Sheikha BagemGhaleh et al., 2023). Under these circumstances, water resource management is crucial in order to maintain the balance between water demand and consumption (Kayhomayoon et al., 2021). Numerical methods based on the computers are becoming the main tool for solving problems in the natural environment (Eslamian et al., 2023). In this research, in order to investigate the nutritional effects of irrigation and drainage network of Gaveshan Dam in wet and dry periods on groundwater resources of Myandarband Plain, after collecting geological, meteorological, hydrological and hydrogeological information, geophysical tests and exploratory boreholes, rainfall statistics and the level of the groundwater water level in the discharge wells and constructing a conceptual model, simulation, calibration and verification of the underground water level were carried out using the GMS10.1 software. The Myandarband Plain in Kermanshah province has geographical coordinates of 46° 48' to 47° 14' east longitude and 34° 25' to 34° 43' north latitude. Razavar and Garahsou are the main rivers that located in the region. The investigated aquifer with an approximate area of 304 Km² is an Unconfined, single layer and alluvial aquifer and is located in the Zagros orogenic belt. The General trend of flow follows the topographic level of the region and is generally from the north to the south. With the construction of Myandarband irrigation and drainage network and the reduced use of groundwater resources, also the infiltration of irrigation water and its connection with groundwater resources, the water table rises up and causes numerous problems. The irrigation and drainage network of Gavshan Dam delivers 29.57 million cubic meters of water to agricultural lands of Myandarband Plain with an annual allocation of 36.18 million cubic meters with an efficiency of 82%.

2- Material and methods

Therefore, to study the effect of Gaveshan Dam water transfer to irrigation and drainage network on the groundwater of Myandarband Plain, GMS10.1 software with computer code of MODFLOW2000 was used for mathematical modelling of groundwater flow. The steady state model was built and calibrated for October 2007. The RMS error of 0.67 meter shows an acceptable correlation of observational and computational water level. The steady-state hydraulic conductivity were optimized using the pilot point automatic optimization method, which has high degree of accuracy, and its results also reflect the condition of the aquifer. The transient groundwater flow model was calibrated according to the existing facts and characteristics of operational wells from April to December 2008 and was validated for January to March 2008. The transient specific yield was optimized and calibrated. The results of calibration and validation show a good and acceptable correlation between observed and calculated water levels.

* Corresponding author: h.kianin68@gmail.com

DOI: 10.22055/AAG.2023.43552.2366

Received: 2023-04-29

Accepted: 2023-10-19

3- Results and discussions

Results from different scenarios of return water from Myandarband irrigation and drainage network in wet and dry conditions indicate that with increasing percentage of infiltration, groundwater level will have significant increase in spring season of 2017. Around Razavar River, the water level depth reaches less than 2 meters, which is completely natural. As in conceptual model, sub-branches of rivers and springs are defined as natural drainage in areas that region of groundwater level is high. With the increase of infiltration percentage of return water from irrigation and drainage network, the increase of drainage volume from natural drainages and springs is calculated by the model.

4- Conclusion

The results of the calibration of the model indicate a very good fit between the observed and calculated water level data of the model with $R^2=0.99$. According to the recalibrated model, the effects of return water from the irrigation and drainage network of Gaveshan Dam in two periods, wet and dry, which were determined through the trail test, were predicted with the percentage of infiltration of 10, 20 and 40% for the spring season of 2016. The results of the research clearly show the positive effect of the construction of the irrigation and drainage network on the increase of the groundwater level, as well as the difference of the positive effect in wet and dry conditions (Kiani N, 2016).

5- References

- Eslamian, S., Harooni, Y., Sabzevari, Y., 2023. Simulation of nitrate pollution and vulnerability of groundwater resources using MODFLOW and DRASTIC models. *Scientific Reports* 13, 8211. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35496-8>
- Sheikha BagemGhaleh, S., Babazadeh, H., Rezaie, H. Rezaie, H., Sarai Tabrizi, M., 2023. The effect of climate change on surface and groundwater resources using WEAP-MODFLOW models. *Water Science* 13, 121. <https://doi.org/10.1007/s13201-023-01923-4>
- Kayhomayoon, Z., Ghordoyee Milan, S., Arya Azar, N., Kardan Moghaddam, H., 2021. A new approach for regional groundwater level simulation: clustering, simulation, and optimization. *Natural Resources Research* 30(6), 4165-4185. <https://doi.org/10.1007/s11053-021-09913-6>
- Kiani Nasab, H., 2016. Quantitative evaluation of water transfer effects from Gaveshan Dam on groundwater resources of Miyandarband Plain. Msc thesis. Kharazmi university of Tehran

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Nakhaei, M., Kianinasab, H., Krimi, H., 2024. Quantitative Changes Assessment of Myandarband Groundwater Resources Due To Irrigation and Network of Gaveshan Dam in Wet and Dry Periods. *Adv. Appl. Geol.* 13(4), 1015-1031.

DOI: 10.22055/AAG.2023.43552.2366

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_18655.html

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

ارزیابی تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی دشت میاندر بند در اثر شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان در دوره های تر و خشک

محمد نخعی

عضو هیات علمی دانشگاه خوارزمی تهران

حسنا کیانی نسب *

گروه زمین شناسی کاربردی دانشگاه خوارزمی تهران گرایش آب زیرزمینی

حاجی کریمی

عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

*h.kianin68@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

چکیده

جهت مدیریت منابع آب، شناخت وضعیت موجود منابع و پیش‌بینی آن در آینده امری ضروری است. در تحقیق حاضر، برای بررسی اثرات تغذیه‌ای شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان و در دو دوره تر و خشک بر منابع آب زیرزمینی دشت میاندر بند، پس از جمع‌آوری اطلاعات زمین شناسی، هواشناسی، هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی، آزمایشات ژئوفیزیکی و گمانه‌های اکتشافی، آمار بارندگی و تراز سطح آب زیرزمینی در چاه‌های بهره‌برداری و ساخت مدل مفهومی، شبیه‌سازی، واسنجی و صحت‌سنجی سطح آب زیرزمینی با استفاده از نرم افزار GMS10.1 صورت گرفت. نتایج واسنجی مدل گویای انطباق بسیار مناسب داده‌های سطح آب مشاهده‌ای و محاسبه‌ای مدل با $R^2=0.99$ است. طبق مدل واسنجی شده اثرات آب برگشتی از شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان در دوره‌های تر و خشک که از طریق آزمون دنباله‌ها مشخص گردید، با درصد نفوذهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد برای فصل بهار سال ۹۶ پیش‌بینی شد. نتایج تحقیق تاثیر مثبت احداث شبکه آبیاری و زهکشی بر افزایش سطح آب زیرزمینی و همچنین تفاوت اثر مثبت در شرایط تر و خشک را به وضوح نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی ریاضی، دشت میاندر بند، نرم افزار GMS10.1، دوره‌های تر و خشک، عوامل تغذیه

۱- مقدمه

در بحث مدیریت سیستم آب زیرزمینی، مدل و مدل‌سازی به عنوان ابزاری توانمند جهت شناخت بیشتر خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان و دستیابی به اطلاعاتی در مورد عکس‌العمل آینده سیستم نسبت به تصمیمات مدیریتی، لازم و ضروری است (Ghasempour, 2011). امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی به منظور شبیه‌سازی آبخوان و شرایط حاکم بر آن به امری متداول در مبحث آب‌های زیرزمینی تبدیل شده است (Chitsazan et al., 2012). تا کنون مطالعات فراوانی جهت بررسی تغییرات کمی و کیفی آبخوان‌های مختلف در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. از جمله مطالعات خارج از کشور، مدل معکوس

توسط کد MODFLOW جهت محاسبه حساسیت آبخوان (Hill et al., 1998)، مشخص کردن محدوده تغذیه چاه-های آب شرب استران گون بای در ویسکونسین آمریکا با استفاده از شبیه‌سازی دو حالت پایدار و ناپایدار توسط MODFLOW (Todd et al., 2001)، بررسی دینامیک جریان آب زیرزمینی و تغییرات سطح آب با استفاده از Visual MODFLOW در منطقه تانگلیائو در چین (Yang et al., 2011)، برنامه‌ریزی خطی مدل بهینه سیستم مخروط افکنه چو-شویی در تایوان (Chen et al., 2014)، شبیه‌سازی تاثیر تغییر اقلیم بر چرخه آب در حوضه رودخانه هیبه با استفاده از مدل SW-GW (Huo et al., 2016) و ایجاد میدان جریان آب زیرزمینی قبل و

درجه و ۴۳ دقیقه در غرب ایران و شمال شهر کرمانشاه در حوضه آبریز کرخه قرار گرفته است. راه ارتباطی کرمانشاه- کامیاران از داخل محدوده دشت میاندربند عبور می کند. دو رودخانه رازآور و قره سو در منطقه مورد مطالعه واقع شده اند. عمده جریان سطحی ناحیه، رودخانه رازآور است که از تنگه پیرمزد از قسمت شمالی وارد دشت شده و در طول دشت جریان داشته و در بخش جنوبی در محل دو آب به رودخانه قره سو می پیوندد. شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان با تخصیص سالانه (سال ۱۳۹۳) ۳۶/۱۸ میلیون متر مکعب با راندمان ۷۸٪، ۲۹/۵۷ میلیون متر مکعب آب به اراضی کشاورزی دشت میاندربند تحویل می دهد.

منطقه مورد مطالعه در کمربند کوهزایی زاگرس قرار دارد که نتیجه باز و بسته شدن پوسته اقیانوسی نئوتتیس است. رسوبات آبرفتی قسمت اعظم دشت میاندربند را شامل می شوند. این رسوبات از جنس قلوه سنگ در نواحی مخروط افکنه همراه با شن و ماسه و رسوبات ماسه ای و سیلتی و رسی در نواحی مرکزی و خروجی دشت است (شکل ۱).

۳- مواد و روش ها

۳-۱- آماده سازی و تهیه نقشه ها و لایه های

اطلاعاتی مورد نیاز

به منظور تهیه لایه های اطلاعاتی رقومی شده مورد نیاز، از نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰، لایه اطلاعاتی آبخوان های کشور و نرم افزار ARCGIS 10.2 استفاده شد. در محدوده مطالعاتی ۲۴ حلقه چاه مشاهده ای با اطلاعات کامل واقع شده است. با استفاده از نرم افزار Surfer 11 خطوط تراز آب زیرزمینی و نقشه جهت جریان آب زیر زمینی مشخص شد پس از تطبیق با شرایط زمین شناسی نوع مرزهای مدل با استفاده از جهت جریان تعیین گردید. به منظور تهیه هیدروگراف معرف دشت و بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت میاندربند از آمار تراز آب مربوط به ۸۰-۸۱ تا ۹۲-۹۳ استفاده شد. لایه مربوط به چاه های بهره برداری با بیان خصوصیات از قبیل نام چاه، موقعیت مکانی، دبی چاه با علامت منفی که نشان دهنده برداشت از آبخوان است در نرم افزار اکسل تهیه شد. در این مطالعه سعی بر این شد که از کامل ترین اطلاعات موجود مربوط به چاه های بهره برداری استفاده شود. با توجه به نتایج حاصل از

بعد از حفاری تونل با استفاده از Visual MODFLOW (Yuxiang et al., 2022) را می توان نام برد. از مطالعات داخل کشور نیز می توان به شبیه سازی کمی و کیفی آبخوان دشت میاندربند جهت بررسی هیدروژئوشیمی و ارزیابی کمی این آبخوان با استفاده از کد MODFLOW و MT3D (Izadi Kharameh, 2005)، شبیه سازی دشت زیدون توسط مدل ریاضی PMWIN3.5 به منظور مدیریت و بهینه نمودن مقادیر هیدرولوژیکی (Fazeli, 2010)، شبیه سازی دشت میاندربند به لحاظ کشاورزی و با روشی متفاوت بدون کالیبره کردن پارامترهای هیدرولوژیکی اصلی از جمله ضریب ذخیره و بدون انجام تحلیل حساسیت مدل (Zare, 2011)، بررسی تبادلات آبخوان لور اندیمشک و رودخانه دز نیز توسط مدل MODFLOW (Chitsazan et al., 2015)، بررسی اثرات احداث سد روداب بر روی سیستم جریان آب زیرزمینی دشت روداب سبزوار با استفاده از کد MODFLOW در محیط نرم افزار (Parsasadra et al., 2016) بررسی تاثیرات کف شکنی چاه ها بر پتانسیل برداشت از آبخوان دشت علی آباد ساوه با استفاده از مدل سازی در نرم افزار GMS با کد کامپیوتری MODFLOW (Bijani et al., 2017). پیش بینی رفتار آبخوان دشت مهران در واکنش به سناریو های مدیریتی با استفاده از مدل سازی آبخوان توسط نرم افزار GMS (Ghamari Ghaleh et al., 2019). بررسی تغییرات غلظت TDS در آبخوان ورامین با استفاده از مدل MODFLOW 2000 در نرم افزار GMS (Nakhaei et al., 2019) و بررسی اثرات سد بار بر منابع آب زیرزمینی کرج با استفاده از کد MODFLOW در محیط نرم افزار GMS (Karbasi Marouf et al., 2022) اشاره کرد. در تحقیق حاضر سعی بر آن بوده که کاستی های مدل پیشین رفع گردد و تاثیر آب برگشتی با درصد نفوذهای مختلف در دوره های تر و خشک احتمالی در آینده بررسی گردد.

۲- منطقه مورد مطالعه

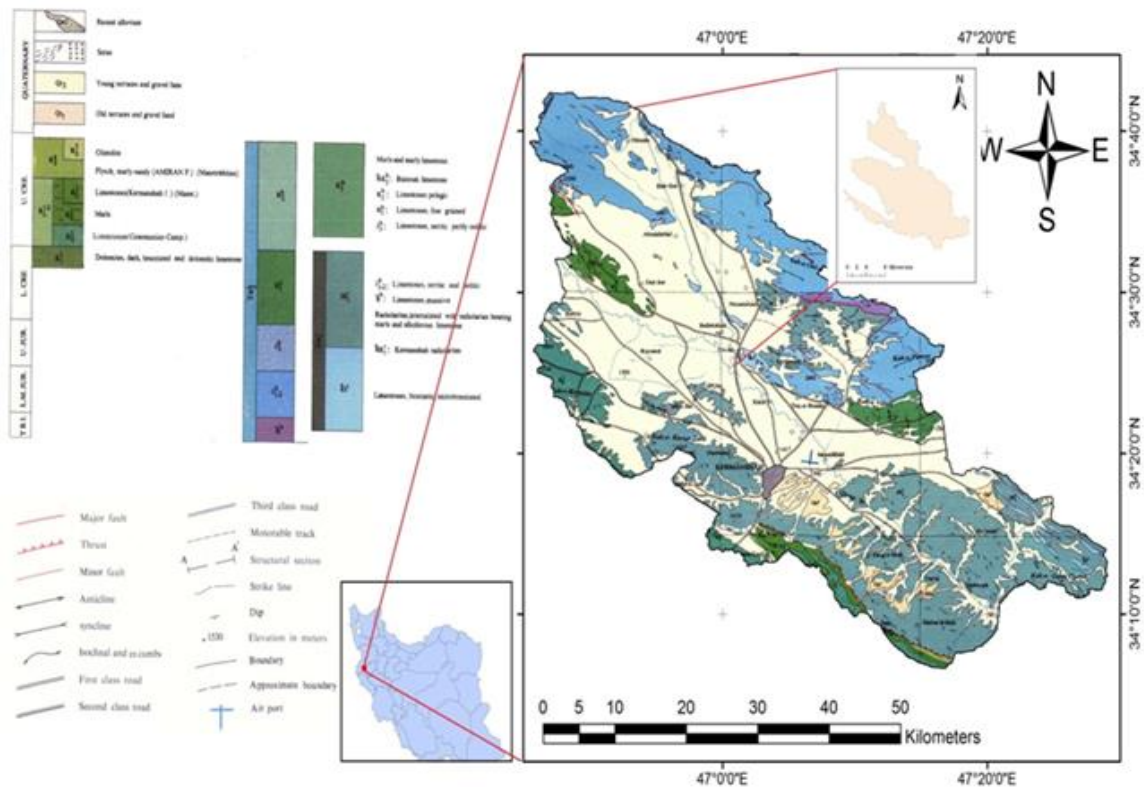
آبخوان دشت میاندربند با مساحت تقریبی ۳۰۴ کیلومتر مربع به صورت آزاد و تک لایه ای و آبرفتی با مختصات جغرافیایی طول شرقی ۴۶ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۴ دقیقه و عرض شمالی ۳۴ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۴

۲-۳- طراحی و اجرای مدل

با استفاده از داده های مذکور تهیه مدل مفهومی آبخوان دشت میاندربند که مهم ترین گام در مدلسازی است در نرم افزار GMS10.1 با استفاده از کد MODFLOW 2000 صورت گرفت (شکل ۲).

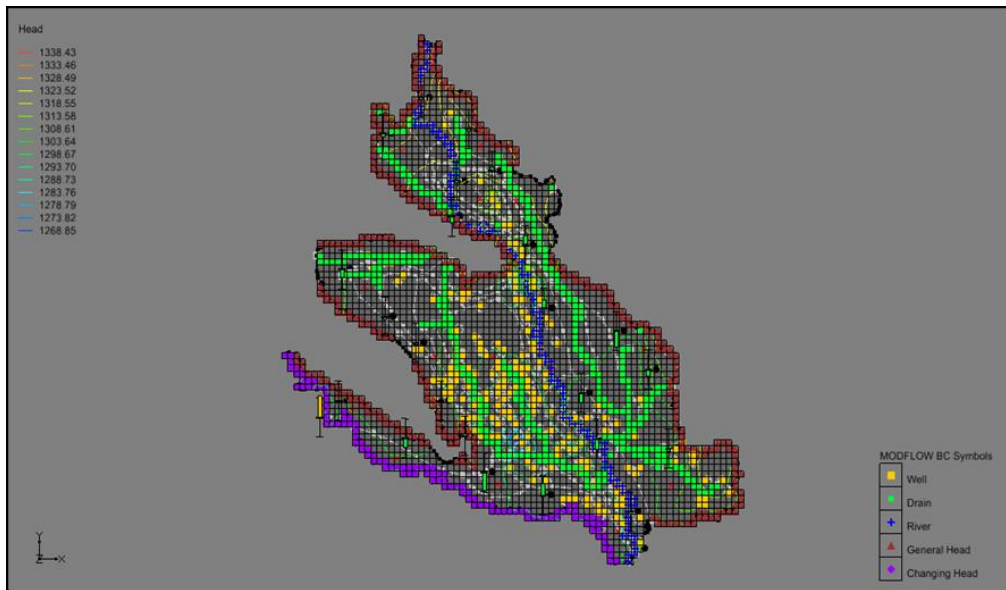
طراحی مدل، قرار دادن مدل مفهومی به شکل مناسب در مدل است که شامل طراحی شبکه، انتخاب گام های زمانی، تعیین شرایط مرزی و اولیه، تعیین مقدار اولیه پارامترهای آبخوان و تنش های هیدرولیک است (Altafi, 2012). پس از تهیه مدل مفهومی، محدوده مورد نظر به ۸۴ ستون و ۹۲ ردیف از نوع مرکز شبکه ای با فاصله ردیفی و ستونی یکسان ۳۵۰ در ۳۵۰ متر که ایجاد ۷۷۲۷ سلول را می کند، شبکه بندی گردید. سپس سلول های فعال و غیرفعال مشخص شدند (شکل ۳) در واقع به اندازه محدوده آبخوان، تعداد ۲۷۳۰ سلول فعال تفکیک شد.

آماربرداری سراسری سال ۱۳۸۷ منابع آب استان کرمانشاه ۵۳۵ حلقه چاه در منطقه در حال بهره برداری است که از این تعداد ۶۱ چاه مربوط به مصارف شرب و صنعت و ۴۷۴ چاه مربوط به مصارف کشاورزی است. لایه تغذیه نیز که شامل تغذیه از باران و آب برگشتی چاه های بهره برداری است تهیه گردید. جهت محاسبه آب برگشتی چاه های بهره برداری به منظور مشخص کردن منطقه تحت پوشش هر چاه در محیط GIS برای چاه ها شبکه تیسن رسم شد و ضریب نفوذ برای آب باران ۱۰٪، آب برگشتی چاه های کشاورزی ۳۰٪ و آب برگشتی چاه های شرب و صنعت ۶۵٪ در نظر گرفته شد. با استفاده از shape file رودخانه های کشور، رودخانه های محدوده مورد مطالعه در محیط GIS جدا شد و روخانه های اصلی به عنوان River و شاخه های فرعی رودخانه ها و چشمه های فعال به عنوان زهکش در نظر گرفته شد. با استفاده از اطلاعات تبخیر نیز لایه مربوطه آماده گردید و در نهایت دو لایه بسیار مهم و مورد نیاز هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه تهیه شد.

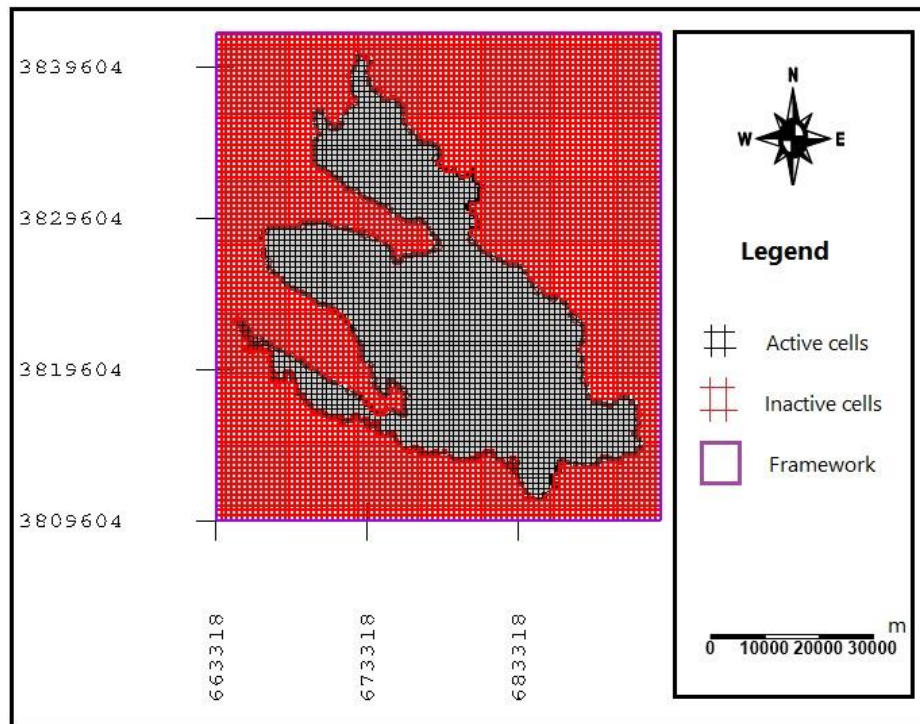


شکل ۱- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

Fig. 1. Geology map of case study



شکل ۲- مدل مفهومی آبخوان دشت میاندربند
Fig. 2. Conceptual model of myandarband plain



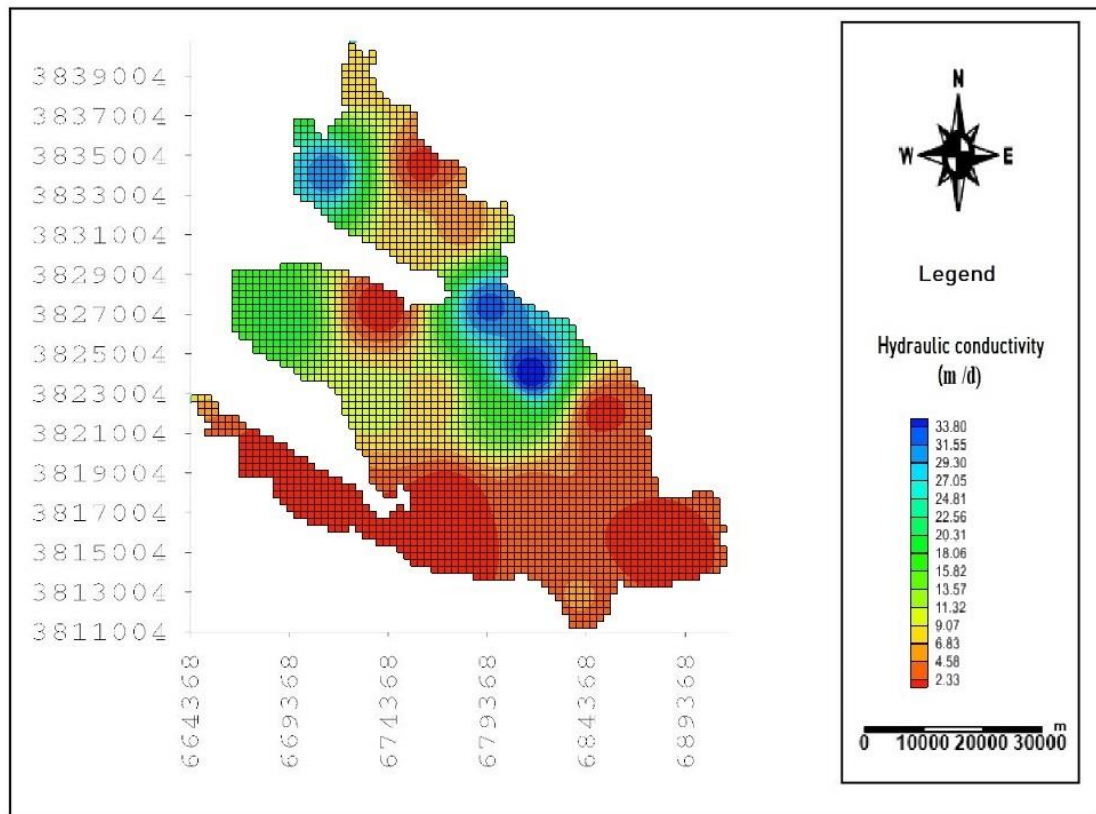
شکل ۱- شبکه بندی مدل دشت میاندربند
Fig. 3. Grid of Myandarband plain model

عنوان مرز GHB و در قسمتهایی از دشت که تغذیه یا تخلیه‌ای صورت نمی‌گرفت و خطوط جریان موازی مرز آبخوان بود مرز فاقد جریان یا نفوذناپذیر در نظر گرفته شد.

از آنجایی که آبخوان تک لایه آزاد است تعداد سلول‌ها در بعد z ، 1 در نظر گرفته شد. عمده مرزهای آبخوان با توجه به موقعیت آبخوان و جهت جریان آب زیرزمینی به

استرس‌ها، مرزها رفتار غیرواقعی نشان دهند، نتایج مدل کمتر تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (Sedghi et al., 2005). با استناد به آمار و اطلاعات موجود و تطابق زمانی مدل در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی با اطلاعات دقیق پیژومتری و چاه‌های بهره‌برداری (بهترین هم‌پوشانی زمانی از جهت کامل بودن اطلاعات مورد نیاز با مدل‌سازی) واسنجی مدل در شرایط پایدار برای مهرماه ۱۳۸۶ انجام گرفت و میزان هدایت هیدرولیکی اولیه در ابتدا به روش سعی و خطا و سپس با استفاده از روش کالیبره خودکار نقطه‌ای به وسیله بسته تخمین پارامترها به دست آمد (شکل ۴).

همچنین در قسمت جنوب غربی آبخوان مرز بر رودخانه قره‌سو منطبق بوده و از این جهت به عنوان مرز با بار مشخص در نظر گرفته شد. علت استفاده از مرز نوع GHB این است که برخلاف مرز با بار مشخص، سطح آب و دبی جریان در این نوع مرز ثابت نیست و ممکن است با رسیدن اثر استرس‌های داخلی به مرز و با توجه به گرادپان هیدرولیکی در مرز و گذردهی سلول مرزی، سطح آب و دبی جریان تغییر نماید. از طرف دیگر حساسیت بارهای هیدرولیکی محاسباتی مدل به پارامتر مرزی نوع GHB کمتر از سایر مرزها است. بنابراین اگر فرضیات مرزی به‌کاررفته در مرز درست نباشد و یا در اثر رسیدن اثر



شکل ۲- مقادیر بهینه هدایت هیدرولیکی آبخوان دشت میاندربند

Fig. 4. Optimized hydraulic conductivity value of Myandarband plain aquifer

مدل تا رسیدن به خطای قابل قبول RMSE (مجذور میانگین مربعات خطا)، ۰/۶۷ متر ادامه یافت (شکل ۵). با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای، یکی از بهترین معیارهای مقایسه و واسنجی

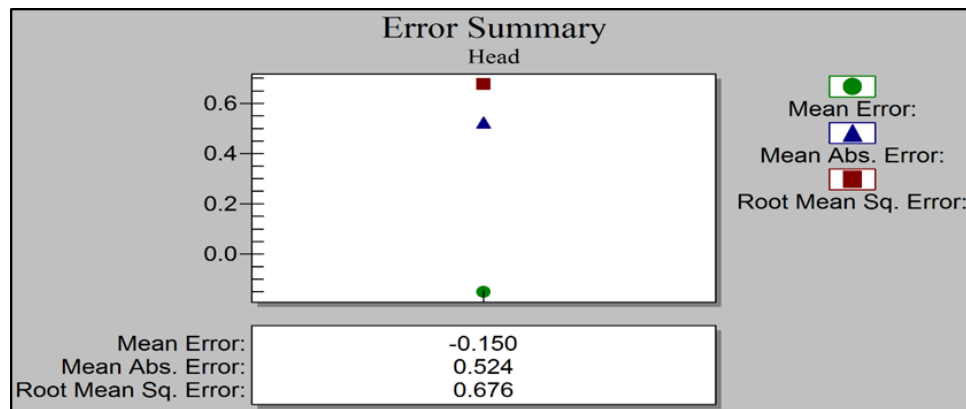
در مرحله واسنجی در شرایط پایدار درصد نفوذ از بارندگی و آب برگشتی از چاه‌های بهره‌برداری نیز به روش خودکار ناحیه‌ای، ضریب رسانایی رودخانه، مرزها و زهکش-ها به روش دستی در دامنه معقول تغییر داده شد و واسنجی

داشت که هنگام کالیبراسیون شرایط ناپایدار تغییر مقدار هدایت هیدرولیکی مجاز نیست.

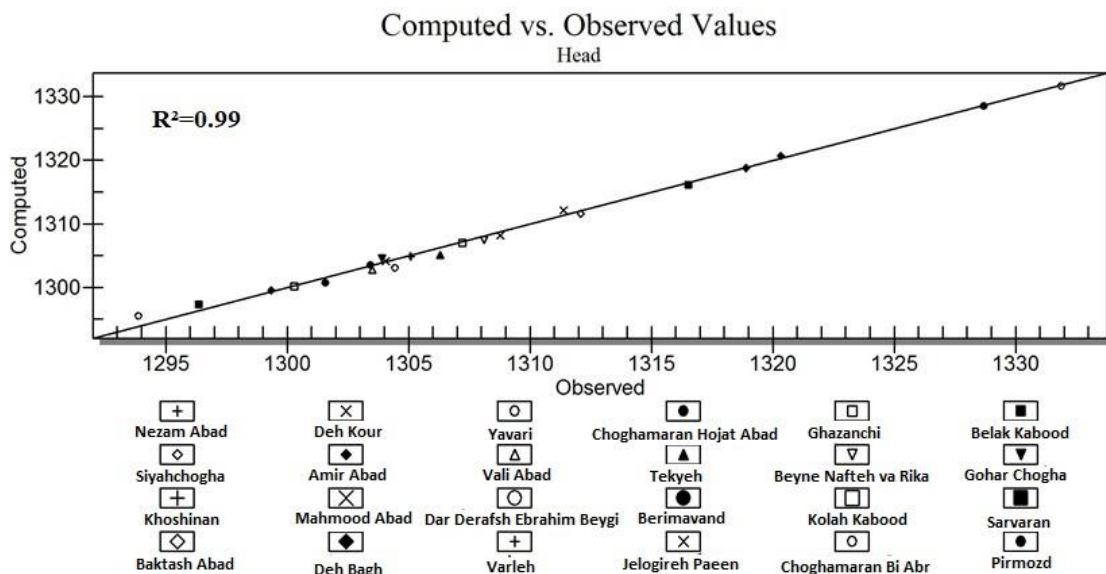
طبق نتایج به دست آمده با توجه به مساحت بالای محدوده مطالعاتی نسبت به پراکندگی و تعداد پیژومترها در دشت و محدودیت زمانی اطلاعات و آمار موجود برای انتخاب گام‌های زمانی، مدل با مقدار قابل قبول میانگین خطای RMSE برابر با 2/24 متر برای ۹ گام زمانی بخوبی توانسته سطح آب زیرزمینی را در حالت ناپایدار شبیه‌سازی کند (شکل ۸ و ۹).

مدل، استفاده از نمودار مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای است (شکل ۶).

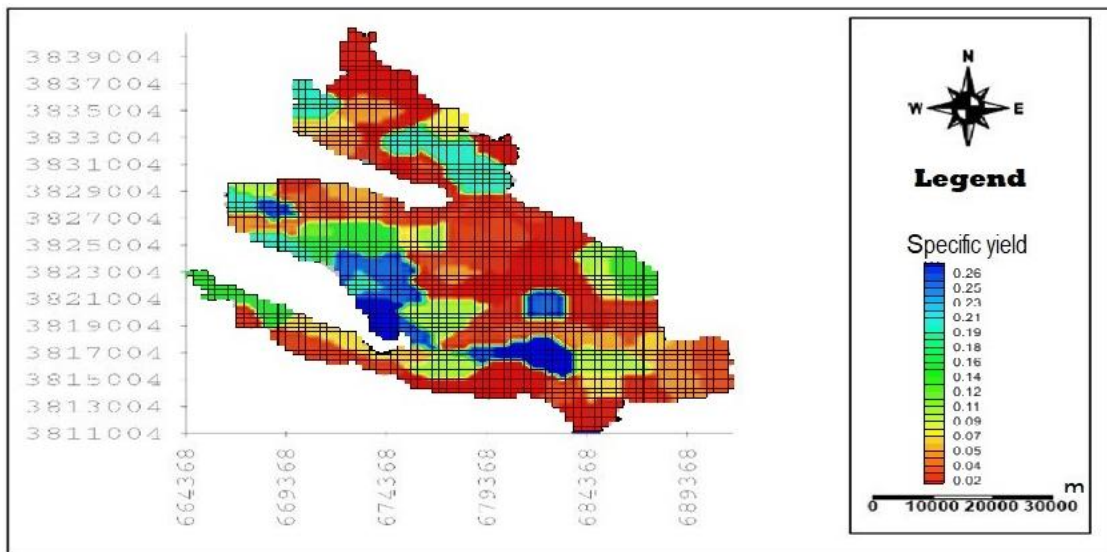
از آنجا که طبق آخرین آمار آب منطقه‌ای استان کرمانشاه آمار سال ۱۳۸۷ کامل و در دسترس است بنابراین بازه زمانی فروردین ماه ۱۳۸۷ تا آذر ماه ۱۳۸۷ به عنوان شرایط ناپایدار در مرحله واسنجی در نظر گرفته شد. به این منظور ابتدا ۳ دوره تنش و ۹ گام زمانی برای مدل تعریف شد و مدل مفهومی پس از کالیبراسیون مدل در شرایط پایدار به حالت ناپایدار تغییر داده شد. در شرایط ناپایدار آبدهی ویژه آبخوان واسنجی گردید (شکل ۷). باید توجه



شکل ۳- مقادیر انواع خطا در پایان دوره واسنجی در شرایط پایدار
Fig. 5. Values of error in steady condition at the end of calibration

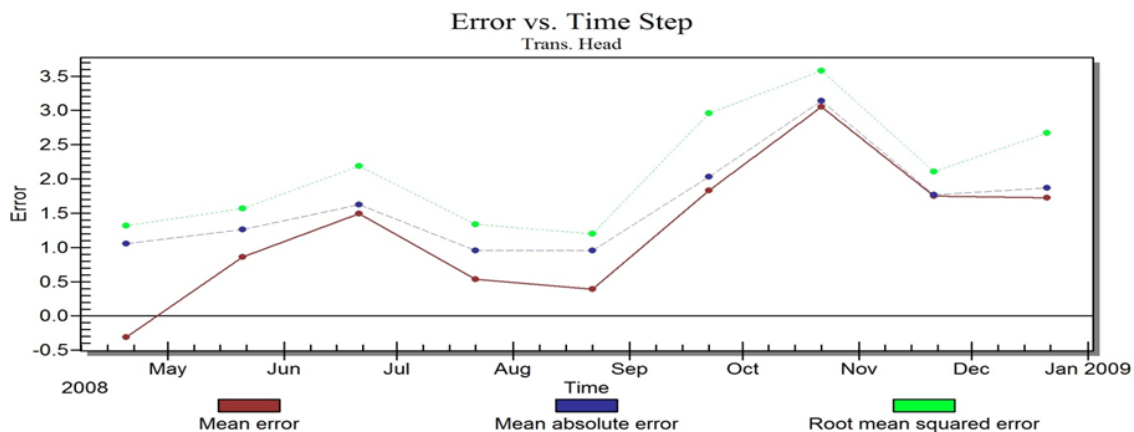


شکل ۴- مقایسه بار هیدرولیکی مشاهده و محاسبه شده در حالت پایدار
Fig. 6. Comparison of observed and calculated hydraulic head in steady state



شکل ۵- مقادیر بهینه آبدهی ویژه در شرایط ناپایدار

Fig. 7. Optimized specific yield value in unsteady condition

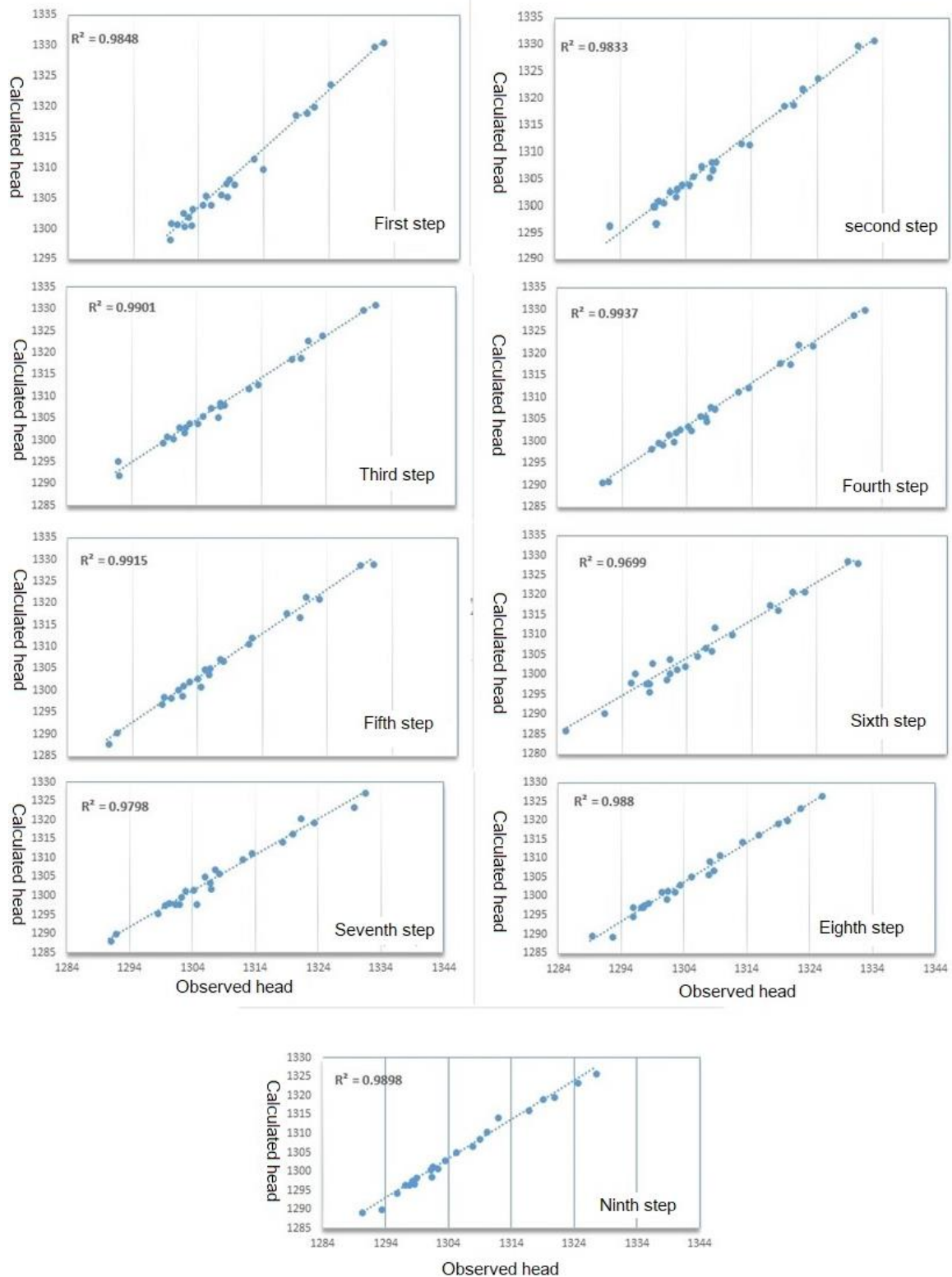


شکل ۶- مقادیر انواع خطا در پایان دوره واسنجی در شرایط ناپایدار

Fig. 8. Values of error in unsteady condition at the end of calibration

مرحله اساسی در همه کاربردهای مدل‌سازی است و در طی آن، پارامترهای مختلف به صورت سیستماتیک در دامنه معقولی که قبلاً تعیین شده است، تغییر داده می‌شوند. تحلیل حساسیت پس از واسنجی میزان اعتبار مدل را معین می‌سازد. بزرگی تغییرات در بارهای هیدرولیکی نسبت به حالت واسنجی می‌تواند حساسیت مدل واسنجی شده را نشان دهد. تحلیل حساسیت، یک ارزیابی کمی از تاثیر-پذیری خروجی‌های مدل در اثر تغییر ورودی‌هاست و برای جلوگیری از تغییرات غیرمنطقی پارامترها برای انجام فرایند واسنجی انجام می‌گیرد. اگر مدل نسبت به پارامتری حساسیت کمتری داشته باشد، تغییرات خیلی زیاد و

۳-۳- تحلیل حساسیت مدل و صحت‌سنجی مدل
با توجه به این‌که شناخت کامل سیستم آب‌های زیرزمینی با استفاده از داده‌های اندک موجود امکان‌پذیر نیست، بنابراین طبیعی است که عدم قطعیت‌هایی به دلیل کم بودن داده‌های اولیه وجود داشته باشد. درجه اهمیت پارامتر مورد نظر و تأثیر بازه عدم قطعیت آن بر نتایج شبیه‌سازی را می‌توان با استفاده از تحلیل حساسیت ارزیابی نمود. به عبارت دیگر هدف از تحلیل حساسیت به کمیت درآوردن عدم قطعیت‌های موجود در مدل واسنجی شده است (Anderson and Woessner, 1992) تحلیل حساسیت

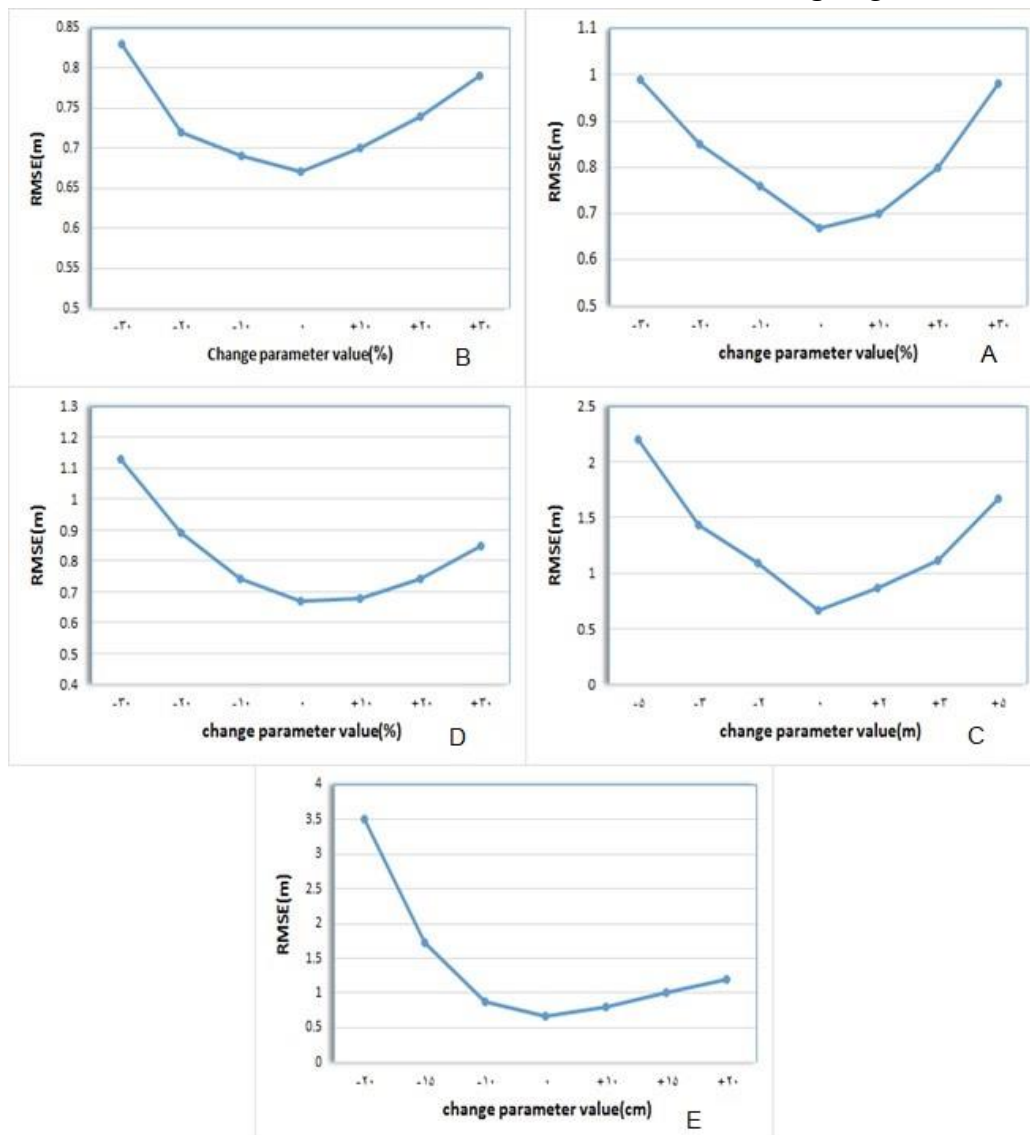


شکل ۷- مقایسه بار هیدرولیکی محاسبه‌ای و مشاهده‌ای در پیزومترها در شرایط ناپایدار

Fig. 9. Comparison of calculated and observed hydraulic head in piezometers in unstable conditions

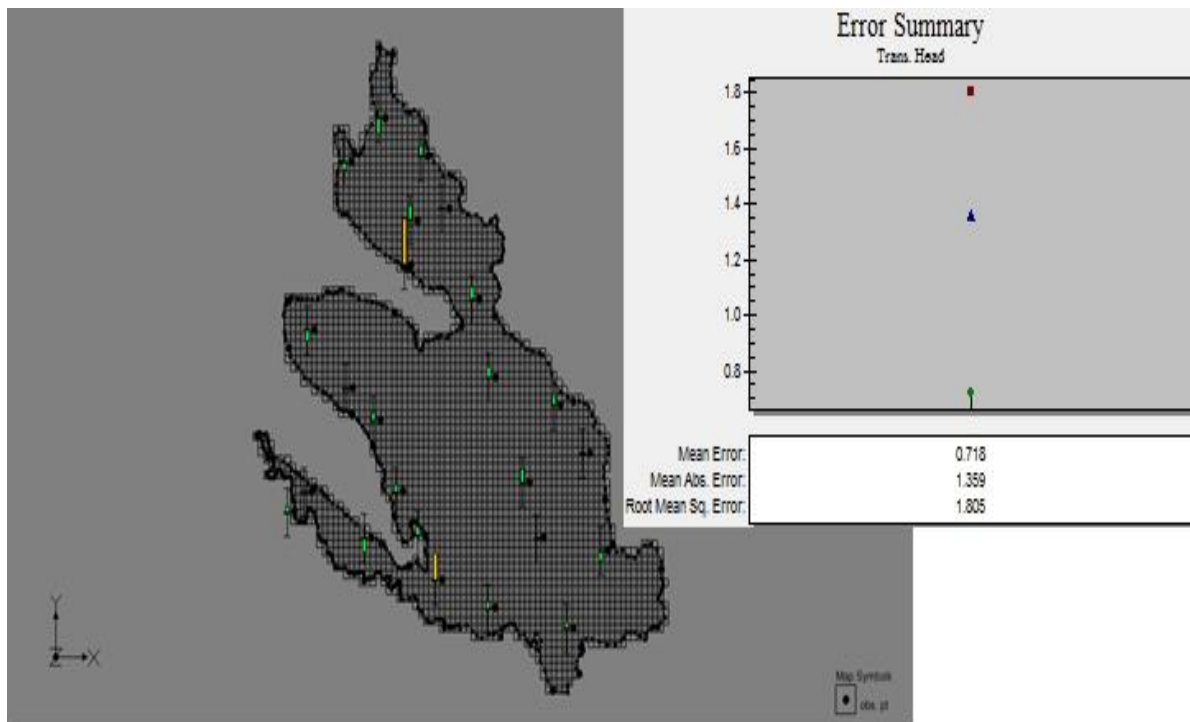
تغییرات ± 20 سانتی متر و بار هیدرولیکی در مرزهای مدل با دامنه تغییرات ± 5 متر، مدل پایدار اجرا و حساسیت آن با توجه به تاثیر هر یک از پارامترها بر میزان خطای RMSE محاسبه شده برای سطح آب زیرزمینی، مقدار حساسیت مدل به هر یک از این پارامترها مشخص شد. برای تعیین حساسیت پارامتر آبدهی ویژه باید از مدل واسنجی شده در شرایط ناپایدار استفاده شود. (Kianinasab et al., 2016) (شکل ۱۰).

غیر مجاز آن باعث واسنجی مدل می گردد. در حالی که تغییرات جزئی در پارامترهایی که نسبت به آن‌ها حساسیت زیادی دارد، موجب واسنجی سریع و درست مدل می گردد (Mahdavi, 2012). طبق این تفاسیر بعد از واسنجی مدل و بهینه سازی پارامترهای عدم قطعیت در آن و تعیین مقادیر آن‌ها، با تغییر هر یک از پنج پارامتر مهم نرخ پمپاژ چاه‌های بهره برداری، نرخ تغذیه از آب برگشتی کشاورزی و شرب و صنعت و باران، هدایت هیدرولیکی، با دامنه تغییرات ± 30 درصد، ارتفاع سطح آب در رودخانه با دامنه

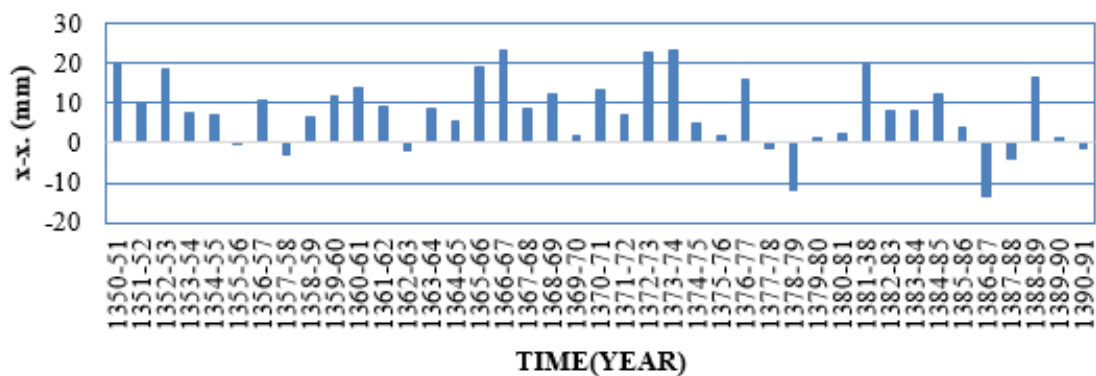


شکل ۱۰- حساسیت مدل در برابر تغییر پارامترهای (a) نرخ پمپاژ، (b) هدایت هیدرولیکی، (c) بار هیدرولیکی در مرزها، (d) نرخ تغذیه و (e) ارتفاع سطح آب در رودخانه

Fig. 10. The sensitivity of the model to the change of parameters (a) pumping rate, (b) hydraulic conductivity, (c) general head boundary condition, (d) recharge rate and (e) water level in the river



شکل ۹- صحت‌سنجی مدل در دوره سه ماهه زمستان ۱۳۸۷
 Fig. 11. Validation of the model in the three-month period of winter 87



شکل ۱۰- دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی در آزمون دنباله‌ها
 Fig.12. Droughts and wet periods in test sequences

واسنجی می‌شود. ترکیب نهایی زمانی مقبولیت می‌یابد که کاربر بدون تغییر مقادیر هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره در دوره زمانی دیگری که می‌تواند قبل یا بعد از زمان واسنجی باشد به نتایج قابل قبول برسد. از سوی دیگر زون بندی نهایی و شرایط مرزی دوره واسنجی در طی دوره صحت‌سنجی باید ثابت بماند.

صحت‌سنجی فرآیندی است که در طول آن مدل از نظر پارامترهای به‌دست‌آمده از مرحله واسنجی مورد ارزیابی قرار داده می‌شود. واسنجی مدل به دست آوردن ترکیبی از پارامترهای مختلف (ضرایب هیدرودینامیک، مقادیر تغذیه تخلیه و...) است که این ترکیب منجر به کمینه کردن خطاها بین سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در طول دوره

در سال برآورد گردید. از آنجا که شبکه آبیاری زهکشی سد گاوشان تمام اراضی کشاورزی دشت میاندربند را تحت پوشش قرار می‌دهد میزان آب تحویلی برای هر ماه بر حسب متر مکعب بر ماه برمساحت کل محدوده محاسبه شد سپس مدل با اعمال سناریوهای مختلف درصد نفوذ آب انتقالی از شبکه آبیاری زهکشی سدگاوشان، در شرایط متفاوت اجرا و شرایط آبخوان برای سال ۱۳۹۶ پیش‌بینی شد.

سناریوهای اعمال شده به مدل به ترتیب در شرایط ترسالی با ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد نفوذ آب تحویلی شبکه آبیاری و زهکشی و در شرایط خشک‌سالی با ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد نفوذ آب تحویلی شبکه آبیاری و زهکشی هستند. در جدول‌های ۱ و ۲ محاسبات انجام گرفته بر روی میزان آب برگشتی در هر دو دوره تر و خشک ارائه گردیده است.

صحت‌سنجی درواقع آزمون ضرایب هیدرودینامیک K و S به‌دست‌آمده از واسنجی مدل است.

در این تحقیق مدل با داده‌های متفاوت از مرحله واسنجی در شرایط ناپایدار برای دی‌ماه ۱۳۸۷ تا اسفندماه ۱۳۸۷ اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل به‌خوبی قادر به شبیه‌سازی دوره‌های تنش است (شکل ۱۱).

۳-۴- پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان

پس از تایید مدل در مرحله صحت‌سنجی، می‌توان وضعیت آبخوان را با تعریف سناریوهای مدیریتی و با توجه به میزان بارش در آینده پیش‌بینی کرد. به این منظور ابتدا با استفاده از داده‌های دراز مدت منطقه و با استفاده از روش آزمون دنباله‌ها، دوره‌های تر و خشک مشخص شد (شکل ۱۲). مقدار میانگین بارندگی در شرایط ترسالی ۳۳۶/۷۹ میلی‌متر در سال و در شرایط خشک‌سالی ۲۸/۲۷۰ میلی‌متر

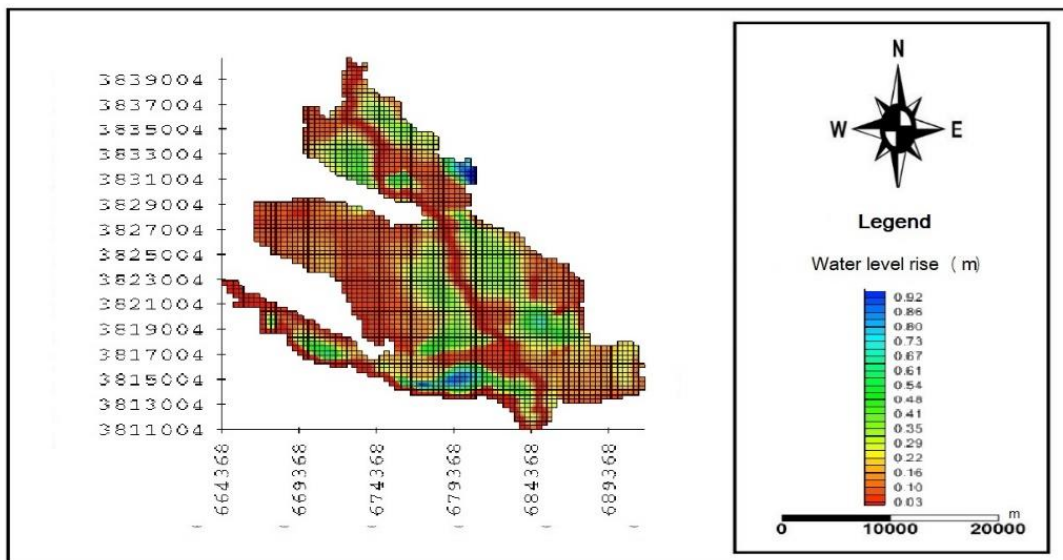
جدول ۱- آب برگشتی با احتساب ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد نفوذ (شرایط تر)

Table 1. Recharge water, including 10, 20 and 40 percent infiltration (wet condition)

Month	Water delivery (m ³ /d)+	Recharge (m/d)I=10%	Recharge (m/d)I=20%	Recharge (m/d)I=40%	10%Rain infiltration in wet (m/d) condition	Total recharge (m/d)1	Total recharge (m/d)2	Total recharge (m/d)3
April	10967.74194	3.60201E-06	7.20403E-06	1.44081E-05	0.00018262	1.86E-04	0.000189824	0.000197028
May	223548.3871	7.34175E-05	0.000146835	0.00029367	0.000121706	1.95E-04	0.000268541	0.000415376
June	252258.0645	8.28463E-05	0.000165693	0.000331385	4.93646E-06	8.78E-05	0.000170629	0.000336322
July	262258.0645	8.61305E-05	0.000172261	0.000344522	3.27468E-07	8.65E-05	0.000172589	0.00034485
August	165483.871	5.4348E-05	0.000108696	0.000217392	9.28641E-07	5.53E-05	0.000109625	0.000218321
September	1290.322581	4.23766E-07	8.47533E-07	1.69507E-06	2.93255E-07	7.17E-07	1.14079E-06	1.98832E-06
October	39333.33333	1.29178E-05	2.58356E-05	5.16712E-05	2.75253E-05	4.04E-05	5.2473E-05	7.83086E-05
November	0	0	0	0	0.000139066	1.39E-04	1.39E-04	1.39E-04
December	0	0	0	0	0.000167551	1.68E-04	1.68E-04	1.68E-04
January	0	0	0	0	0.000144652	1.45E-04	1.45E-04	1.45E-04
February	0	0	0	0	0.00019898	1.99E-04	1.99E-04	1.99E-04
March	0	0	0	0	0.000232043	2.32E-04	2.32E-04	2.32E-04

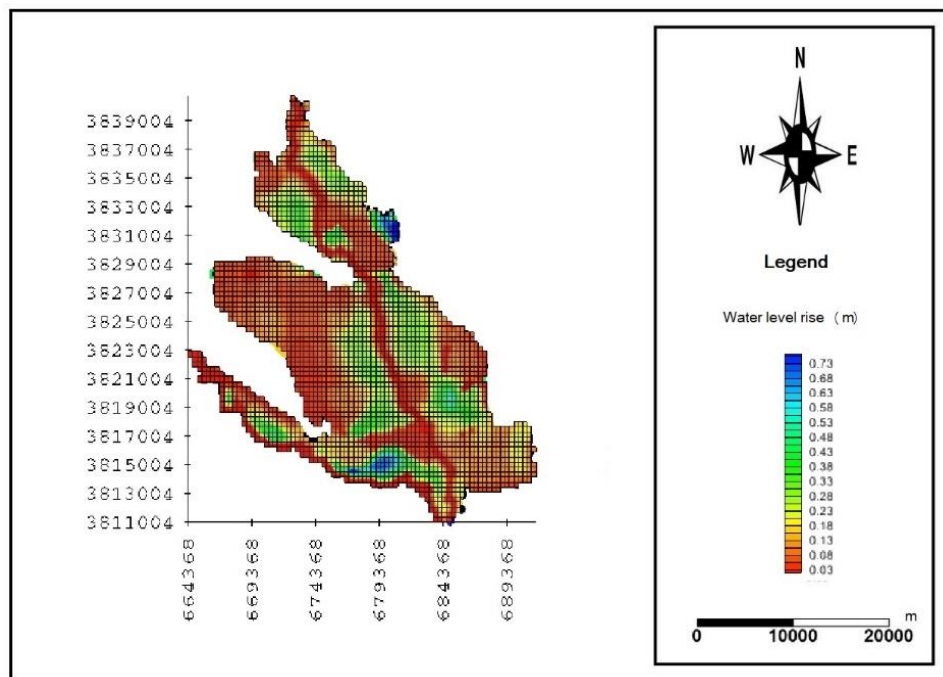
جدول ۲- آب برگشتی با احتساب ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد نفوذ (شرایط خشک)
Table 2. Recharge water, including 10, 20 and 40 percent infiltration (dry condition)

Month	Water delivery (m ³ /d)	Recharge (m/d)I=10%	Recharge (m/d)I=20%	Recharge (m/d)I=40%	10%Rain infiltration in dry (m/d) condition	Total recharge (m/d)1	Total recharge (m/d)2	Total recharge (m/d)3
April	10967.74194	3.60201E-06	2.88161E-06	1.44081E-05	0.000133407	1.37E-04	0.000140611	0.000147815
May	223548.3871	7.34175E-05	5.8734E-05	0.00029367	6.56855E-05	1.39E-04	0.000212521	0.000359356
June	252258.0645	8.28463E-05	6.62771E-05	0.000331385	1.33065E-05	9.62E-05	0.000178999	0.000344692
July	262258.0645	8.61305E-05	6.89044E-05	0.000344522	9.07258E-07	8.70E-05	0.000173168	0.000345429
August	165483.871	5.4348E-05	4.34784E-05	0.000217392	0	5.43E-05	0.000108696	0.000217392
September	1290.322581	4.23766E-07	3.39013E-07	1.69507E-06	8.46774E-06	8.89E-06	9.31527E-06	1.01628E-05
October	39333.33333	1.29178E-05	1.03342E-05	5.16712E-05	0.000021875	3.48E-05	4.77106E-05	7.35462E-05
November	0	0	0	0	0.000150542	1.51E-04	0.000150542	0.000150542
December	0	0	0	0	0.000113917	1.14E-04	0.000113917	0.000113917
January	0	0	0	0	0.000130063	1.30E-04	0.000130063	0.000130063
February	0	0	0	0	0.000162792	1.63E-04	0.000162792	0.000162792
March	0	0	0	0	9.57974E-05	9.58E-05	9.57974E-05	9.57974E-05



شکل ۱۳- منحنی افزایش سطح آب زیرزمینی در شرایط نفوذ ۱۰ درصدی آب تحویلی از سد گاوشان (تر)

Fig. 13. Contours of rising water table in 10% infiltration of water delivered through the Gaveshan dam (Wet)



شکل ۱۱- منحنی افزایش سطح آب زیرزمینی در شرایط نفوذ ۱۰ درصدی آب تحویلی از سد گاوشان (خشک)

Fig. 14. Contours of rising water table in 10% infiltration of water delivered through the Gaveshan dam (dry)

۴- نتیجه گیری

از آنجا که اخیراً کشور با مشکل خشکسالی مواجه است در این تحقیق سعی بر این بود که تاثیر شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان در دوره های تر و خشک بر منابع آب زیرزمینی دشت میاندربند بررسی گردد. جهت اعتبار سنجی مدل ساخته شده پارامتر اصلی و تاثیرگذار تحلیل حساسیت شدند و پس از آن صحت سنجی مدل با موفقیت انجام گرفت و سپس سناریوهای آب برگشتی از شبکه آبیاری و زهکشی میاندربند در شرایط خشکسالی و ترسالی اجرا شد.

جهت بررسی اثر شبکه آبیاری زهکشی سد گاوشان در شرایط مختلف بر منابع آب زیرزمینی میاندربند مدلسازی ریاضی آبخوان مذکور با استفاده از نرم افزار GMS10.1 با کد کامپیوتری MODFLOW2000 در دو حالت پایدار و ناپایدار در سال آماری ۱۳۸۷ انجام گرفت. بهینه سازی مقدار پارامتر هدایت هیدرولیکی با استفاده از روش کالیبراسیون نقطه ای در شرایط پایدار در مهرماه ۱۳۸۶ انجام گرفت، مقادیر بهینه بدست آمده به خوبی بازگوی شرایط آبخوان بود. به نحوی که بیشترین مقدار هدایت

هیدرولیکی را ورودی (قسمت شمالی) و مرکز دشت و کمترین مقدار را در حواشی دشت وجود دارد. مقادیر بهینه ضریب ذخیره از واسنجی شرایط ناپایدار در بازه زمانی اول فروردین ماه تا آخر آذرماه ۱۳۸۷ به دست آمد. این مقدار در مساحت گسترده ای از دشت بین ۰/۱۵- ۰/۱۵ متغیر است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل حاکی از این است که مدل جریان آب زیرزمینی نسبت به تغییرات بار هیدرولیکی در مرزها و همچنین نسبت به کاهش سطح آب رودخانه بیشترین حساسیت را دارد. قابل ذکر است که هدایت هیدرولیکی کمترین حساسیت را دارد که این امر خود می تواند گواهی بر دقت بهینه سازی این پارامتر باشد. این مدل نسبت به تغییرات نرخ تغذیه از آب برگشتی کشاورزی، شرب و صنعت و بارندگی و پارامتر آبدهی ویژه حساسیت متوسطی را نشان می دهد. با استفاده از روش دوماتن میانگین بارندگی در شرایط ترسالی برای یک دوره آماری ۴۱ ساله ۴۵/۹۵ میلیمتر و در شرایط خشک-سالی ۳۰۷/۰۶ میلیمتر برآورد گردید. در شرایطی که ضریب نفوذ برای باران به طور ثابت ۱۰ درصد و آب برگشتی از شبکه به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد در نظر

برگشتی شبکه آبیاری و زهکشی میاندربند، میزان زهکشی توسط چشمه‌ها و زهکش‌های طبیعی در دشت به میزان $۴۵۶۴/۷۲۹$ ، $۶۱۵/۳۸۶$ و $۹۷۰۵/۰۱۵$ متر و در دوره خشکسالی به ترتیب با در نظر گرفتن درصد نفوذ ۲۰ ، ۱۰ و ۴۰ درصد برای آب برگشتی شبکه آبیاری و زهکشی میاندربند، میزان زهکشی توسط چشمه‌ها و زهکش‌های طبیعی در دشت به میزان $۳۵۵۹/۰۲۲$ ، $۵۲۰۳/۹۲۵$ و $۸۵۷۱/۴۶۸$ متر افزایش می‌یابد. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مطالب ذکرشده نتیجه می‌گیریم که با افزایش درصد نفوذ آب برگشتی سطح آب به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد و افزایش سطح آب در صورتی که سال ۱۳۹۶ ترسالی باشد به‌طور آشکار بیشتر از شرایط خشک است.

گرفته شود در شرایط ترسالی با توجه به مقدار بارندگی به‌دست‌آمده از میانگین بارندگی سال‌های مرطوب، سطح آب زیرزمینی نسبت به حالت اولیه به ترتیب حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۳$ و $۰/۹۲$ متر، حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۴$ و $۱/۲۵$ متر و حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۷$ و $۱/۹$ و ۱۳۹۶ افزایش می‌یابد. در حالی که با احتساب ۲۰ ، ۱۰ و ۴۰ درصد نفوذ آب برگشتی از شبکه آبیاری و زهکشی میاندربند و ۱۰ درصد نفوذ از میانگین باران سال‌های خشک به طور ثابت، افزایش سطح آب زیرزمینی به ترتیب حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۳$ تا $۰/۷$ تر، حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۴$ تا ۱ متر و حداقل و حداکثر حدود $۰/۰۶$ تا $۱/۷$ متر در فصل بهار سال ۱۳۹۶ پیش‌بینی گردید. به‌طور کلی در دوره ترسالی به ترتیب با در نظر گرفتن درصد نفوذ ۲۰ ، ۱۰ و ۴۰ درصد برای آب

مراجع

- Altafi Dadgar, M., 2012. Prediction and the effect of exploitation development on the Bojnourd plain aquifer using GMS code. MSc thesis. Ferdowsi Mashhad University.
- Anderson, M.P., Woessner, W.W., 1992. Applied Groundwater Modeling: simulation of flow and advective transport. Academic Press, Inc., San Diego, CA. P.381.
- Bijani, M., Moridi, A., Majdzadeh Tabatabaie M.R., 2017. Investigation of well deepening effects on aquifer yeild using numerical model. Iran-water resources research 12(4), 83-92
- Chen CW., Wei CC., Jen H.J., Sheng Hsu N., 2014. Application of neural network and optimization model in conjunctive use of surface water and groundwater. Water Resource Manage 28(10), 2813-2832
- Chitsazan, M., Mousavi F., 2012. Quantitative and qualitative management of Ramhormoz Aquifer using a mathematical model by MODFLOW and MD3DMS. Advanced Applied Geology 5(1), 1-8
- Citsazan, M., Nozarpour, L., Nadri, A., Farhadimanesh, M., 2015. Evaluate of hydraulic relationship between Lour Plain Aquifer and Dez River by MODFLOW model. Advanced Applied Geology 5(17), 36-23
- Fazeli, M., 2010. Simulation of Zeydoun plain groundwater resource by mathematic model. MSc thesis. Shahid Chamran University
- Ghamari Ghaleh, Y., Karimi, H., Saeidi, M., 2019. Predicting the behavior of Mehran plain aquifer in Ilam province using GMS model. Journal of Advanced Applied Geology 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.22055/aag.2019.24171.1799>
- Ghasempour, L., 2011. Effect of Narmab dam on quantitative groundwater of Minoodashat. MSc thesis. Kharazmi University of Tehran
- Hill, M.C., 1998. Methods and guidelines for effective model calibration. US Geological Survey Water-Resources Investigations Report No.98-4005:90p
- Huo, A., Dang, J., Song, J., Chen, X., Mao, H., 2016. Simulation modeling for water governance in basins based on surface water and groundwater. Agricultural Water Management 174, 22-29 <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.027>
- Izadi Khareme, E., 2005. Hydrogeochemistry and qualitative model of the alluvial aquifer of Kermanshah Mian Darband Plain. MSc thesis. Shahid Beheshti University

- Karbasi Marouf, M., Naseri, H., Alijani, F., 2022. The effect of Bar Dam on Neyshabur conjunctive use of surface and groundwater resources. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 16(2), 399-412
- Kianinasab, H., Nakhaei, M., Karimi, H., 2016. Sensitivity analysis of the hydraulic behavior of Kermanshah Myandarband Plain aquifer using GMS software. *Proceeding of the 34th national and 2th international geosciences congress the geological survey of Iran* 22-24 February
- Mahdavi, G., 2012. Optimizing the utilization of the Bazman aquifer by MODFLOW. MSc thesis. Sistan and Balouchestan University
- Nakhaei, M., Mohebi Tafreshi, A., Mohebi Tafreshi, G., 2019. Modeling and prediction of TDS concentration changes in Varamin aquifer using GMS software. *Advanced Applied Geology Journal* 9(1), 25-37 <https://doi.org/10.22055/aag.2019.27539.1903>
- Parsasadr, H., Mohammadzadeh, H., Naseri, H., 2016. Numerical simulation of Sabzevar Rudab plain aquifer and investigation of the effects of construction of Rudab dam on it. *Water and Soil Conservation Research* 23(5), 119-135 <https://doi.org/10.22069/jwfst.2016.3022>
- Sedghi, M., Chitsazan, M., 2005. Determine the boundary conditions for groundwater flow model Arsanjan Plain. 23th congress of Earth Sciences, Tehran
- Todd, W.R., Kennet, R.B., Maureen, A.M., 2001. Delineation of capture zones for municipal wells in fractured dolomite. Sturgeon Bay, Wisconsin, USA. *Hydrogeology Journal* 9(5), 432-450 <https://doi.org/10.1007/s100400100154>
- Yang, Q., Lu, W., Fang, Y., 2011. Numerical modelling of three dimension groundwater flow in tongliao, china. *Procedia Engineering* 24, 638-642 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2709>
- Yuxiang, L., Jing Jiang, L., Chen, W., Yongjun, J., 2022. Elaborate simulation and predication of the tunnel drainage effect on karst groundwater field and discharge based on Visual MODFLOW. *Journal of Hydrology* 612, p.128023. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128023>
- Zare, M., 2011. Evaluate the effects of irrigation and drainage network Gavashan dam on groundwater resources Myandarband by mathematics and conceptual model GMS6.5. MSc thesis. Razi University