

## Quantitative Changes in Groundwater Resources of Miandoab Plain under the Influence of Contractionary Water Allocation Policies

Ehsan Javadi<sup>1</sup>, Behzad Hessari<sup>\*2</sup>, Mahsa Mohammad Hoseinzadeh<sup>3</sup>

1. M.Sc. Graduate of Water Recourses Engineering, Dept. of Water Engineering, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: [ehsanj03@gmail.com](mailto:ehsanj03@gmail.com)
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Water Engineering, College of Agriculture and Urmia Lake Research Institute, University of Urmia, Urmia, Iran. E-mail: [b.hessari@urmia.ac.ir](mailto:b.hessari@urmia.ac.ir)
3. Ph.D. Student of Water Recourses Engineering, Dept. of Water Engineering, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: [m.mohammadhoseinzadeh@urmia.ac.ir](mailto:m.mohammadhoseinzadeh@urmia.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Full Paper	<b>Background and Objectives:</b> Due to limitations in renewable freshwater resources, proper management of resources and demands is one of the key factors for achieving sustainable management. This is a critical factor in achieving sustainable water management. This study aims to investigate the impact of government contractionary policies on the reduction of surface and groundwater rights in the Miandoab plain and quantitatively examining their impacts on groundwater resources.
<b>Article history:</b> Received: 08.05.2023 Revised: 01.03.2024 Accepted: 02.06.2024	
<b>Keywords:</b> GMS, Groundwater quantity, Modflow, Urmia Lake	<b>Materials and Methods:</b> The quantitative modeling of groundwater in the Miandoab plain utilized data from 120 observation wells. Geological, soil layer, and recharge layers pertinent to the region were collected. Groundwater level changes from October 2010 to September 2016 were modeled and analyzed in both stable and unstable transient states using the MODFLOW code. The model calibration stages were performed based on adjusting the hydrodynamic parameters of the aquifer, such as hydraulic conductivity and recharge, for 50 time steps from November 2010 (70% of the modeling period). The best fit between computational and observational values was achieved both manually and automatically. 30% of the data was used for model validation. The model's sensitivity to the aquifer's hydrodynamic coefficients was examined. Finally, various scenarios related to water allocation reduction policies of the region and their effects on groundwater behavior, such as reducing extraction and recharge by decreasing surface water entering the plain, were quantified.
	<b>Results:</b> The results demonstrated that the Root Mean Square Error (RMSE) was approximately 1 and 1.68 meters for the stable and unstable (transient) states, respectively. The hydraulic conductivity values within the aquifer ranged between 3.5 and 28 meters per day, and the specific yield values varied between 3 to 24 percent. The model exhibited the highest sensitivity to surface recharge and the least sensitivity to specific yield. The Pearson coefficient for the calibration and validation period of the unstable state exceeded 0.98, indicating a high degree of model accuracy. All effects of the government's contractionary policies on reducing 40% of surface water and balancing the aquifer with the levels of natural aquifer recharge were implemented. Given that the average drop in groundwater level is approximately 0.1 meters per year, a scenario of reducing extraction from all operating wells has been applied to balance the

---

aquifer. With a 5% reduction in extraction, the aquifer is projected to experience a half-meter increase in the static level. The Miandoab aquifer, due to the low slope of the plain, is sensitive and shows a part of the plain as a water ponding in reducing extraction at a high rate, hence any policy-making should be based on modeling.

**Conclusion:** To improve the conditions of the Miandoab aquifer, one of the country's most unique aquifers, suggestions have been made for changes in the cultivation pattern of agricultural products, monitoring of water extraction from operating wells, and examination of the impact of climate change and drought on groundwater resources in terms of quantity and quality. Various scenarios, including optimization and change of cultivation pattern, as well as the construction of drainage in areas where evaporation from the aquifer is high, should be evaluated to improve the aquifer situation.

---

Cite this article: Javadi, Ehsan, Hessari, Behzad, Mohammad Hoseinzadeh, Mahsa. 2024. Quantitative Changes in Groundwater Resources of Miandoab Plain under the Influence of Contractionary Water Allocation Policies. *Journal of Water and Soil Conservation*, 31 (1), 27-49.



© The Author(s).

DOI: [10.22069/jwsc.2024.21638.3677](https://doi.org/10.22069/jwsc.2024.21638.3677)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی دشت میاندوآب تحت تأثیر سیاست‌های انقباضی تخصیص آب

احسان جوادی<sup>۱</sup>, بهزاد حصاری<sup>۲\*</sup>, مهسا محمدحسین‌زاده<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.  
رایانame: [ehsanj03@gmail.com](mailto:ehsanj03@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.  
رایانame: [b.hessari@urmia.ac.ir](mailto:b.hessari@urmia.ac.ir)
۳. دانش‌آموخته دکتری مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.  
رایانame: [m.mohammadhosseinzadeh@urmia.ac.ir](mailto:m.mohammadhosseinzadeh@urmia.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	مقاله کامل علمی- پژوهشی
تاریخ دریافت:	۰۲/۰۵/۱۴
تاریخ ویرایش:	۰۲/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش:	۰۲/۱۱/۱۷
واژه‌های کلیدی:	نوع مقاله: مطالعات تجزیه و تحلیل مقدار آب زیرزمینی دریاچه ارومیه GMS Modflow
مواد و روش‌ها:	سابقه و هدف: به عنوان محدودیت‌های منابع تجدیدشونده آب شیرین، مدیریت صحیح میان منابع و مصارف، یکی از عوامل اصلی برای دستیابی به مدیریت پایدار است. هدف در این پژوهش بررسی تأثیرات سیاست انقباضی دولت در قبال کاهش حق آبه سطحی و زیرزمینی در دشت میاندوآب و بررسی اثرات آن‌ها در آبخوان، به صورت کمی است.
یافته‌ها:	تاریخ دریافت: ۰۲/۰۵/۱۴ تاریخ ویرایش: ۰۲/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۰۲/۱۱/۱۷ واژه‌های کلیدی: دریاچه ارومیه، کمیت آب زیرزمینی، GMS Modflow

یافته‌ها: نتایج نشان داد مقدار خطای RMSE به ترتیب برای حالت پایدار و ناپایدار در حدود ۱/۶۸ متر بوده و مقادیر هدایت هیدرولیکی در آبخوان بین ۳/۵ و ۲۸ متر در روز و مقادیر

آبدھی ویژه در آبخوان بین ۳ تا ۲۴ درصد متغیر است. مدل به تغذیه سطحی بیشترین حساسیت و برای آبدھی ویژه کمترین حساسیت را از خود نشان داد. ضریب پرسون دوره واسنجی و صحت‌سنجی حالت ناپایدار بالای ۰/۹۸ بوده و مدل از دقت بالایی برخوردار است. کلیه تأثیرات سیاست‌های انقباضی دولت در قبال کاهش ۴۰٪ آب سطحی و تعادل بخشی آبخوان با سطوح کاهش تغذیه طبیعی آبخوان اعمال گردید. با توجه به این که مقدار افت متوسط تراز آب زیرزمینی حدود ۰/۱ متر در سال است بهمنظور تعادل بخشی به آبخوان و هم‌چنین راهکارهای مدیریتی سناریو کاهش برداشت از همه چاه بهره‌برداری اعمال شده است که با کاهش ۵٪ برداشت، آبخوان نیم متر افزایش سطح ایستابی را تجربه خواهد کرد. آبخوان میاندوآب به خاطر کم شیب بودن دشت، حساس بوده و در کاهش برداشت با نرخ بالا، قسمتی از دشت زهداری را نشان می‌دهد؛ بنابراین هرگونه سیاست‌گذاری باید مبنی بر مدل‌سازی باشد.

نتیجه‌گیری: بهمنظور بهبود شرایط آبخوان میاندوآب که یکی از خاص‌ترین آبخوان‌های کشور است، پیشنهادهایی مبنی بر تغییر در الگوی کشت محصولات کشاورزی، نظارت بر برداشت‌هایی آب از چاههای بهره‌برداری مورد توجه سازمان‌ها قرار گیرد و اثر تغییر اقلیم و خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی از نظر کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد. سناریوهای مختلفی از جمله بهینه‌سازی و تغییر الگوی کشت و هم‌چنین احداث زهکش در مناطقی که تبخیر از آبخوان زیاد است در جهت بهبود وضعیت آبخوان مورد ارزیابی قرار گیرد.

استناد: جوادی، احسان، حصاری، بهزاد، محمدحسین‌زاده، مهسا (۱۴۰۳). تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی دشت میاندوآب تحت تأثیر سیاست‌های انقباضی تخصیص آب. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳۱(۱)، ۴۹-۲۷.

DOI: [10.22069/jwsc.2024.21638.3677](https://doi.org/10.22069/jwsc.2024.21638.3677)



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(سال‌تر) نشان داد میزان تغذیه ناشی از نفوذ آب بارندگی و جریانات برگشتی آب کشاورزی در هر سه سال متفاوت است. همچنین، ارتباط بین منابع آب سطحی و زیرزمینی بین سال‌های آبی از حدود ۳۰ تا ۵۰ میلیون مترمکعب متغیر است که نشان‌دهنده ارتباط قابل توجه بین این منابع است (۳). جنویی و همکاران (۲۰۱۸)، مدل آب‌زیرزمینی آبخوان دشت میاندوآب توسط مدل MODFLOW-NWT را تهیه کردند. ایشان پس از واسنجی و صحبت‌سنگی، سه سناریو را بررسی کردند. در این پژوهش سناریوهای افزایش ۱۰ و ۲۰ درصدی بازده آبیاری در دشت و کاهش پمپاژ از آب‌زیرزمینی و عدم پمپاژ آب توسط موتورپمپ از رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود و تأمین نیاز آبی از آب‌زیرزمینی بررسی گردید. ایشان نتیجه گرفتند در سناریوهای اول و دوم، با افزایش بازده، کل آب مصرفی را می‌توان از ۹۲۴ میلیون مترمکعب در وضع موجود به ترتیب به ۷۷۶ و ۶۶۴ میلیون مترمکعب کاهش داد. با تأمین ۶۴۲ میلیون مترمکعب از طریق آب سطحی می‌توان پمپاژ از آب‌زیرزمینی را به ترتیب به میزان ۱۴۸ و ۲۸۲ میلیون مترمکعب نسبت به وضع موجود کاهش داد. نتایج نشان داد از مقدار آبی که دیگر پمپاژ نمی‌شود، به ترتیب میزان ۳۴ و ۴۱ میلیون مترمکعب به صورت جریان آب‌زیرزمینی از پایین دست به سمت دریاچه ارومیه خارج شده است و به ترتیب میزان ۴۰ و ۵۱ میلیون مترمکعب به منابع آب سطحی تخلیه شده و بقیه در دشت ذخیره شده است. ادامه این شرایط بعد از ۵ سال منجر به زه دار شدن اراضی میانی دشت خواهد شد. مقدار آب برگشتی کشاورزی در وضع موجود ۳۳ درصد و در سناریوهای اول و دوم به ترتیب ۲۸ و ۲۰ درصد است که نسبت به وضع موجود ۵ و ۱۳ درصد کاهش یافته است. در سناریوی سوم، سطح آب‌زیرزمینی به طور متوسط بعد از ۱ و ۵ سال به ترتیب ۱/۵ و ۳ متر پایین رفت، اما توانست در

## مقدمه

به علت محدودیت‌های منابع تجدیدشونده آب شیرین، مدیریت صحیح میان منابع و مصارف، یکی از عواملی است که برای دستیابی به مدیریت پایدار نقش اساسی دارد. در بسیاری موارد نیز آب‌زیرزمینی یک منبع مقرر به صرفه، امن و کافی هست (۱). با این حال توجه و لزوم مدیریت آب جهت استفاده از آب‌های زیرزمینی، و در عین حال جلوگیری از اثرات زیان‌آور مانند برداشت مازاد آب‌زیرزمینی به جهت افزایش زیرکشت، نامناسب شدن کیفیت و نشست زمین بر اثر پمپاژ بیش از حد جلوگیری نماید. در مناطق دلتایی با فرونشست زمین احتمال نفوذ آب‌شور هم در پی دارد (۲). کشاورزی غیراصولی و ناپایدار در دشت‌های ایران و حفر چاه غیرمجاز فشار زیادی بر کمیت و کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی وارد می‌کند. مدل‌سازی ریاضی باسابقه بیش از سه دهه، یکی از ابزار مفید برای بررسی رفتار آبخوان‌ها و اعمال سناریوهای اجرایی قبل از پیاده‌سازی در عرصه هست. در این زمینه استفاده از نرم‌افزار GMS به همراه کد MODFLOW بسیار رایج هست. در ادامه سوابق تحقیقاتی داخلی و خارجی از این مدل‌سازی‌ها ارائه می‌گردد. رجا و همکاران (۲۰۲۲)، تأثیر مقادیر تغذیه حاصل از مدل SWAT به عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های ورودی مدل‌های آب‌زیرزمینی در شبیه‌سازی تراز سطح ایستابی و مؤلفه‌های بیلان آب‌زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW-NWT به عنوان یک مدل جامع و یکپارچه منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت مهاباد بررسی کردند. نتایج نشان داد به طور متوسط حدود ۹ درصد از آب بارندگی و ۳۶ درصد از مصارف آب در بخش کشاورزی به آبخوان نفوذ می‌کند. بررسی نتایج اجزای اصلی بیلان آب‌زیرزمینی برای سه سال آبی ۱۳۹۵-۹۶ (سال خشک)، ۱۳۹۶-۹۷ (سال نرمال) و ۱۳۹۷-۹۸ (سال خشک)،

تحلیل حساسیت و واسنجی مدل، بین نتایج به دست آمده محاسباتی و مشاهداتی اختلاف زیادی مشاهده نشد و سطح آب‌زیرزمینی به خوبی شبیه‌سازی گردید (۹). شمسایی و فرقانی (۲۰۱۳)، در بررسی آبخوان شهر یزد، به منظور ارائه یک برنامه مدیریتی تلفیقی از آب سطحی و زیرسطحی از مدل MODFLOW استفاده کردند. با افزایش ۴۰ درصدی انتقال آب، علاوه بر این‌که آب به طورقطع در طول سال تأمین می‌گردد، افت آبخوان در طول سال نیز به صفر می‌رسد (۱۰). یاری و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهش‌های خود به بررسی اثرات تخلیه و تغذیه از طریق شبکه آبیاری و زهکشی دشت با رودخانه زرینه‌رود روی سیستم آب‌زیرزمینی آبخوان دشت با استفاده از MODFLOW پرداختند. نتایج پژوهش آنان این نتیجه را نشان داد که در شرایط موجود حاضر در دشت اختلاف زیادی بین تغذیه و تخلیه آب‌زیرزمینی وجود ندارد. اما با افزایش برداشت چاههای پمپاژ و بهره‌برداری منطقه سطح آبخوان به ترتیب ۱/۲۳ و ۳/۳ متر افت خواهد داشت (۱۱). اکبرپور و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از کد مدل MODFLOW در محیط GMS مدل ریاضی آن را در سفره دشت مختاران بیرونی تهیه کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان می‌دهد که با شرایطی که آبخوان دارد هرگونه بهره‌برداری جدید از این آبخوان باعث تشدید در روند خسارت فعلی به جای مانده از سال‌های گذشته به منابع آب‌زیرزمینی و تا حدودی باعث غیراقتصادی شدن بهره‌برداری از آبخوان می‌شود (۱۲).

چپکمویی و همکاران (۲۰۲۳) منابع آب‌زیرزمینی در کشور کنیا شهر کریچو را مورد بررسی قرار داده و با هدف پتانسیل‌های زیرزمینی این شهر انجام گرفته است. در این مقاله بررسی واکنش آبخوان به سناریوهای مختلف از جمله رشد جمعیت، اثرات تغییر

مدت ۵ سال، ۴۹۵ میلیون مترمکعب آب برای احیای دریاچه تأمین نماید (۴). کرامتی و همکاران (۲۰۱۷) به شبیه‌سازی مدل و تحلیل حساسیت مدل تراز آبهای زیرزمینی با کد MODFLOW پرداختند. حساس‌ترین عوامل جریان برگشتی، پمپاژ، هدایت هیدرولیکی، ضربی ذخیره و بارندگی هستند که باید در وهله اول در جمع‌آوری آمار و اطلاعات لازم برای بهینه‌سازی توجه ویژه‌ای به پارامترهای حساس‌تر شود و اطلاعات آن‌ها دقیق‌تر برداشت گردد (۵). میرعباسی و همکاران (۲۰۱۶)، منابع آب‌زیرزمینی دشت سیرجان در استان کرمان را با استفاده از MODFLOW در دوره ۹ ساله مدل‌سازی کردند. ضمن بررسی میزان تغذیه در زمان قبل و بعد از احداث سد تنگوئیه مشخص کردند که احداث این سد موجب کاهش تغذیه آبخوان دشت سیرجان شده است. همچنین روند بهره‌برداری‌های سال‌های اخیر ذخیره آب شیرین با خطر شدید تداخل آب‌شور روبرو خواهد بود (۶). حسنی و قادری (۲۰۱۵)، به شبیه‌سازی تأثیرات ساخت و احداث سد گاوشنان بر میزان افت آب‌زیرزمینی در پایین‌دست سد با استفاده از مدل MODFLOW پرداختند. نتیجه‌گیری آنان از این پژوهش این بود که سد احداث‌شده مخزنی گاوشنان به صورت یک منع تغذیه مصنوعی رفتار کرده است و سطح ایستایی آبخوان در حضور سد، تراز بالاتری نسبت به شرایط بدون سد دارد (۷). آقاری و همکاران (۲۰۱۴)، در این پژوهش به شبیه‌سازی هیدرولیک جریان آب‌زیرزمینی دشت زرین‌آباد گل‌تپه پرداختند. نتایج در این پژوهش نشان داد که مدل، تراز سطح آب‌زیرزمینی را با دقت قابل بسیار خوبی شبیه‌سازی کرده و توانست به مدل کردن جریان آب‌زیرزمینی در آبخوان مذکور شود (۸). جباری و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی تغییرات کمی آبخوان ساحلی با استفاده از مدل ریاضی - دشت مراغه - بناب پرداختند. بعد از

۱۰ حلقه چاه با دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه امکان‌پذیر ساخت (۱۶). المھیلان و همکاران (۲۰۲۰)، آنان در این پژوهش از کد MODFLOW برای شبیه‌سازی سفره آبخوان مدل‌لار که با چالش‌های شرایط مرزی نامشخص مواجه است پرداختند. در نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد پمپاژ آب در این منطقه که با خطر کاهش سطح ایستابی مواجه هست می‌تواند در ۵۰ سال آینده ۱۰۵ متر کاهش سطح ایستابی را به همراه داشته باشد. حفاظت از میزان پمپاژ آب موجود می‌تواند تأثیر بر کاهش آبخوان را ۳۳٪ کاهش دهد (۱۷). جالوت (۲۰۲۰)، با استفاده از کد MODFLOW با شبیه‌سازی ناپایدار نشان دادند که در ده سال آینده کاهش تراز را خواهند داشت. هم‌چنین مدل نشان داد که حداقل مقادیر برداشت از دو منطقه کنان و بهریز بسیار زیاد است و باید تصمیمات مدیریتی اتخاذ شود (۱۸). چاکرابورتی و همکاران (۲۰۱۹) که در بنگال غربی در هند انجام شده داده‌های تخلیه چاه‌های پمپاژ از آب‌های زیرزمینی در دوره‌های مختلف بررسی و شبیه‌سازی شدند. نتایج نشان داد که جریان آب‌زیرزمینی از جهت جنوب به شمال‌شرق دشت است؛ زیرا نفوذ آب‌شور از دریای مجاور به سفره‌های زیرزمینی به سمت جهت داخلی صورت می‌گیرد (۱۹).

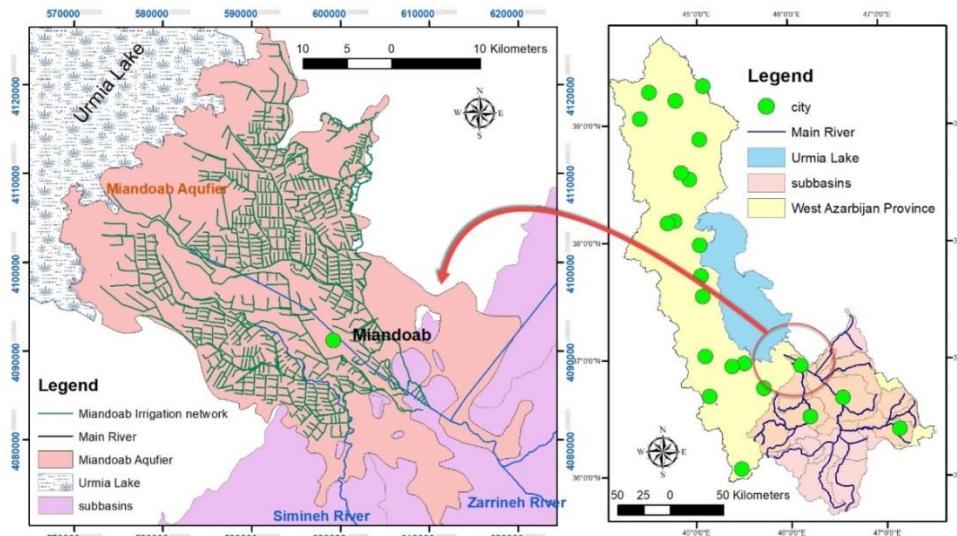
در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی ریاضی آبخوان دشت میاندوآب به عنوان بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین آبخوان شمال‌غرب کشور تحت تأثیر سد شهید کاظمی بوکان و شبکه آبیاری و زهکشی ۶۵۰۰۰ هکتاری دشت میاندوآب و دو رودخانه زرینه و سیمینه‌رود در راستای اخذ سیاست‌های جدید که از سال ۱۳۹۳ اجرا می‌شود پرداخته شده است. شبیه‌سازی جریان آب‌زیرزمینی توسط کد ریاضی «MODFLOW» تهیه گردیده و سناریوهای مطرح در منطقه به صورت ریاضی مدل‌سازی شده است.

اقليم مورد بررسی قرار داده و نتایج نشان می‌دهد که با وجود آب کافی باید استفاده مؤثر و پایدار در این دشت مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۳). هیدالگو و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی مدل‌های منطقه‌ای در مقیاس بزرگ با اعمال شرایط و روابط بین آبخوان منطقه‌ای و تالاب‌های کوچک که گنجانده نشده‌اند. آنان در این پژوهش از کد MODFLOW LGR-V2 استفاده کرده برای نشان‌دادن حوضچه سانتا در جنوب اسپانیا در مقیاس کوچک. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از شرایط مرزی دریاچه استفاده از کد مذکور بسیار مفید است و هم‌چنین آنان در این پژوهش دستورالعمل‌هایی برای استفاده از این کد ارائه داده‌اند (۱۴). خیانگ و DSSAT (۲۰۲۰)، در پژوهشی ارتباط بین MODFLOW که به ترتیب مدل زراعی و مدل آب‌زیرزمینی هستند که MODFLOW می‌تواند برای بروزرسانی ضخامت اشباع شده و درنتیجه ظرفیت‌های چاه پمپاژ در حوزه مدل استفاده شود و سپس از ظرفیت چاه‌های شبیه‌سازی شده برای محدود کردن کاربردهای آبیاری در شبیه‌سازی‌های DSSAT در طول رشد بعدی استفاده شود. آنان در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که ظرفیت چاه‌های پمپاژ بیش از ۵۰٪ کاهش یافته است. یک سناریو عدم آبیاری برای همین دوره زمانی منجر به افزایش میانگین ارتفاع سطح ایستابی به میزان ۲ متر و هم‌چنین کاهش ۷۰٪ در عملکرد محصول شد (۱۵). لیازیدی و همکاران (۲۰۲۰)، با هدف کنترل سطح آب‌زیرزمینی سفره ساحلی گراب بوراگ مراکش با استفاده از کد MODFLOW به عنوان بخشی از سیستم مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در GMS برای بازگرداندن سطح آب به حد اینمی. با نتایج به دست آمده از سناریوها کاهش سطح پیزو متري ۵/۴۲ متری را در مساحت ۱۴ کیلومترمربع با اعمال پمپاژ ۳۰۰ لیتر بر ثانیه بر روی

نشان داده شده است. آب نمود واحد آبخوان نشان می‌دهد که متوسط تراز فعلی آب زیرزمینی حدود ۲/۷ متر کمتر از تراز متعادل سطح آبخوان تا پیش از سال ۱۹۹۸ است. جهت بررسی تأثیرات کاهش ۴۰ درصدی آب سطحی بر منابع آب زیرزمینی دشت میاندوآب از اطلاعات سطح آب زیرزمینی، ضریب ذخیره، ضریب قابلیت انتقال دشت میاندوآب و میزان برداشت آب زیرزمینی و موقعیت چاههای بهره‌برداری که به تعداد زیاد در دشت موجود است از شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی در یک دوره ۱۸ ساله (۲۰۰۲-۲۰۱۹) استفاده شده است.

## مواد و روش‌ها

آبخوان آبرفتی دشت میاندوآب در استان آذربایجان غربی بزرگ‌ترین آبخوان حوضه آبگیر دریاچه ارومیه است که به طور عمده توسط رودخانه‌های زرینه‌رود، سیمینه‌رود، لیلان چای و مردق‌چای تغذیه می‌شود. آبخوان آبرفتی دشت میاندوآب با موقعیت جغرافیایی "۳۶° ۵۰' ۴۰" تا "۳۷° ۳۰' ۵۰" عرض شمالی و "۴۵° ۲۰' ۰" تا "۴۶° ۱۵' ۰" طول شرقی با وسعتی حدود ۱۱۴۵ کیلومترمربع در جنوب دریاچه ارومیه و محدوده استان آذربایجان غربی قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه و دشت میاندوآب



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه: دریاچه ارومیه، رودخانه زرینه و سیمینه، آبخوان و شبکه آبیاری میاندوآب.

**Figure 1. The location map of the study area: Lake Urmia, Zarineh and Simineh river basin, Miandoab aquifer and Irrigation Network.**

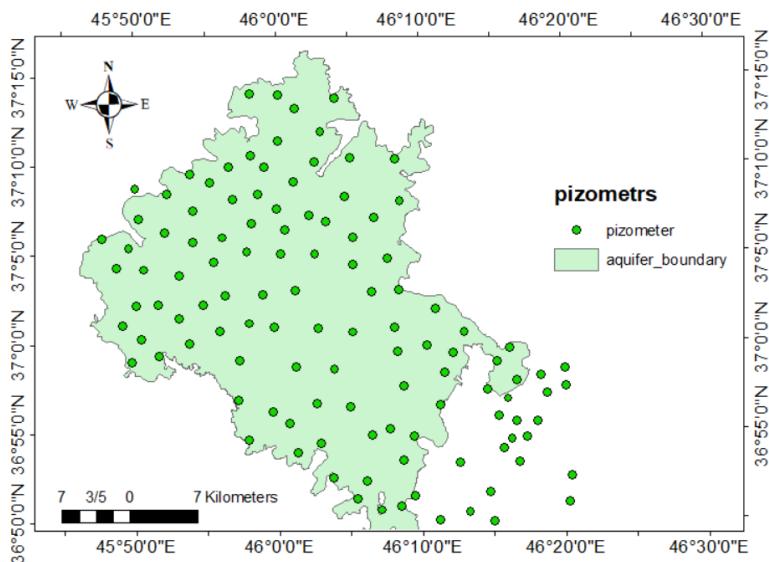
- ۲- انتخاب کد کامپیوتروی: برای تهیه مدل مفهومی و مدل عددی آبخوان دشت میاندوآب در GMS از کد عددی MODFLOW استفاده شده است.
- ۳- اعمال سطح آب چاههای مشاهده‌ای و بهره‌برداری: آمار و اطلاعات سطح آب چاههای مشاهده‌ای و منابع بهره‌برداری (چاه، چشم، قنات) در محدوده مطالعاتی آبخوان دشت میاندوآب از ۲۰۱۱ تا

## -مراحل مدل‌سازی آبخوان دشت میاندوآب

- ۱- مدل مفهومی: به منظور تهیه مدل مفهومی آبخوان دشت میاندوآب اطلاعات لازم مانند اطلاعات زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هیدرولوژی، لاغهای حفاری و مطالعات ژئوفیزیکی برای محدوده موردنظر تهیه شد و پس از بررسی و تصحیح و تکمیل داده‌ها، به مدل معرفی شدند.

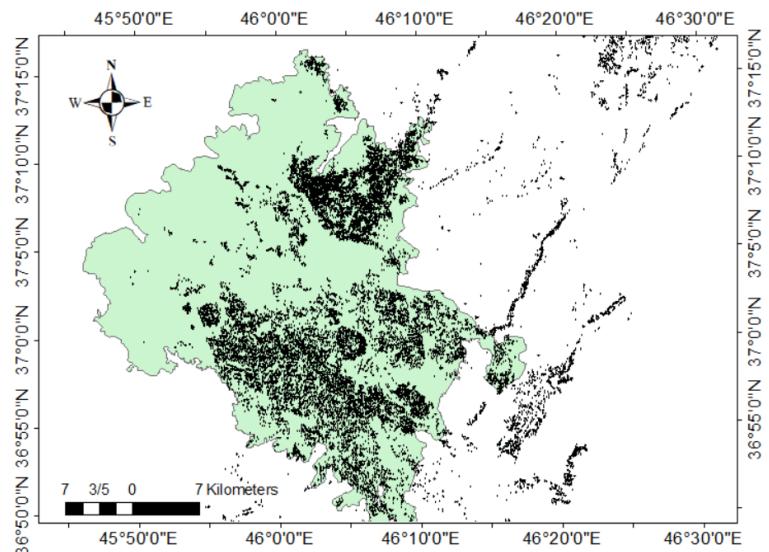
هیدروگراف ۵ ساله آبخوان نشان می‌دهد که به طور متوسط حدود ۰/۵ متر افت داشته است که این مقدار به متوسط سالانه افتی در حدود ۰/۱ متر هست. روند نزولی تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهد که اگر تصمیمات مدیریتی مناسبی اتخاذ نگردد در آینده نزدیک چهار مشکلات جدی در این آبخوان شاهد خواهیم بود.

سال ۲۰۲۰ از طریق سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه شد و پس از تصحیح و تکمیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تراز آب زیرزمینی میاندوآب توسط حدود ۱۲۰ چاه مشاهداتی کنترل می‌گردد. موقعیت چاههای مشاهداتی در شکل ۲ نشان داده شده است و شکل ۳ موقعیت چاههای بهره‌برداری آبخوان دشت میاندوآب را نشان می‌دهد.



شکل ۲- موقعیت چاههای مشاهداتی محدوده مطالعاتی آبخوان دشت میاندوآب ورودی به مدل GMS.

Figure 2. The location of observation wells in the study area of Midandoab aquifer input to GMS model.



شکل ۳- موقعیت چاههای بهره‌برداری محدوده مطالعاتی آبخوان دشت میاندوآب.

Figure 3. The location of exploitation wells in the study area of Midandoab aquifer.

سطحی مربوط به رودخانه است که میزان تغذیه از این رودخانه حدود ۲۳/۷۵ میلیون مترمکعب برآورد گردیده و از طریق (Recharge River) به مدل وارد شده است. همچنین با احتساب ضریب ۱۷٪ برای برگشت آب از مصارف کشاورزی، درصد برای برگشت آب از مصارف شرب و صنعت به عنوان تغذیه در مدل استفاده شده است.

۶- شبکه‌بندی آبخوان: شبکه‌بندی مدل به صورت ۵۰۰\*۵۰۰ تهیه و در مدل اعمال شد.

۷- اعمال توپوگرافی سطح زمین و سنگ‌بستر آبخوان به محدوده مدل مطالعاتی: نقشه توپوگرافی سطح آبخوان با استفاده از داده‌های DEM و ارتفاع مطلق GIS محل سونداژهای رئوالکتریکی و پیزومترها، در استخراج شد و سپس به صورت فایل Txt به مدل MODFLOW وارد گردید و سپس در GMS، با مدل Scatter point با روش درون‌یابی کریگینگ به یک سطح پیوسته تبدیل شد (شکل ۴). نقشه رقومی سنگ کف آبخوان هم با توجه به مطالعات رئوالکتریک و مشخص بودن ارتفاع مطلق سنگ کف در محل سونداژها و تطابق این ارتفاع با سدون چینه‌شناسی چاههای منطقه، ساخته شد و برای تمامی بلوك‌ها درون‌یابی گردید. شکل ۵ رقوم ارتفاعی سنگ‌بستر آبخوان میاندوآب را نشان می‌دهد.

۸- اعمال شرایط مرزی به مدل مطالعاتی: با توجه به همسایگی دشت میاندوآب با دریاچه ارومیه در شمال‌غربی دشت موردنظر این دشت شب ملایمی به سمت دریاچه داشته و از سمت جنوب‌شرقی و شرق با توجه به وجود دامنه رشته‌کوه‌ها تغذیه می‌شود. شرایط مرزی در آبخوان میاندوآب مطابق شکل ۶ براساس تحلیل خطوط هم‌پتانسیل آب‌زیرزمینی مشخص شد. با توجه به تغذیه آبخوان از

۴- تعیین مقادیر هدایت هیدرولیکی آبخوان: با توجه به نتایج آزمایش پمپاژ چاههای اکتشافی در دشت میاندوآب و بررسی و تجزیه و تحلیل ارقام آزمایش، ضرایب قابلیت انتقال از روش‌های تیس، ژاکوب و آبدهی مخصوص، به دست آمدند و سپس نقشه قابلیت انتقال با پراکنده‌گی مناسب در سطح محدوده مطالعاتی تهیه گردید. برای تعیین مقادیر هدایت هیدرولیکی آبخوان و مقداردهی آن به سلول‌های شبکه مدل، می‌توان با توجه به رابطه ۱ و در دست داشتن قابلیت انتقال محاسبه شده در محل تعدادی از چاههای اکتشافی و یا نقشه‌های هم قابلیت انتقال و مقادیر عمق سنگ‌بستر، یک برآورد اولیه هدایت هیدرولیکی در مدل و مقداردهی انجام داد.

$$T = K * b \rightarrow K = \frac{T}{b} \quad (\text{m/day}) \quad (1)$$

۵- اعمال تغذیه آبخوان: برای شبیه‌سازی مدل، مقدار تغذیه طبیعی توسط بسته نرم‌افزاری تغذیه آب‌زیرزمینی (Recharge Package) در زیرمجموعه مدل مفهومی به مدل اعمال شد. منابع اصلی تغذیه آبخوان دشت میاندوآب شامل نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی، تغذیه از نفوذ آب‌های جاری و تغذیه از آب برگشتی کشاورزی، صنعت و شرب در سطح دشت، می‌باشند. میزان نزولات جوی در آبخوان شهر میاندوآب در سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۰، ۲۷۵/۸ میلی‌متر بوده است که در سطح ۱۳۴۶ کیلومترمربع حجمی برابر با ۳۷۱/۲۳ میلیون مترمکعب ایجاد می‌کند و همچنین میزان نفوذ از بارندگی  $15/4 \text{ mcm}$  از بارندگی  $31/97 \text{ mcm}$  و حجم  $33/75 \text{ mm}$  محاسبات انجام شده از این میزان نفوذ از جریان سطحی دشت سالانه  $75/48$  میلیون مترمکعب است. یکی از عوامل تغذیه ناشی از نفوذ از جریان‌های

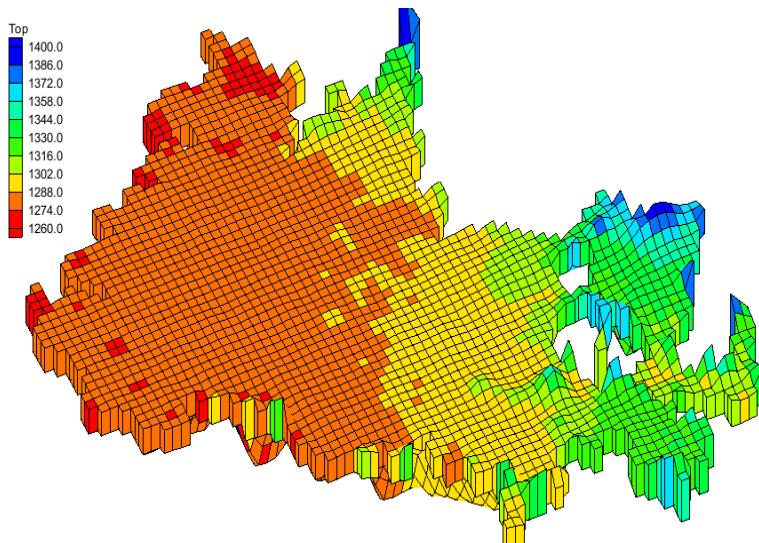
سناریوهای اعمال شده ارائه می شود. در اولین گام، مدل سازی برای حالت پایدار برای مهرماه سال ۱۳۸۹ انجام شد که نتایج آن، به صورت بصری برای پیزومترها مطابق شکل های ۷ و ۸ است. همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود، تعدادی از میله های رنگی پیزومترها داری خطأ بوده و به رنگ قرمز و زرد می باشند و تعدادی هم بدون خطأ و به رنگ سبز هستند. به منظور بهینه شدن پارامترهای مدل سازی و کم شدن مقدار خطأ در حالت پایدار، واسنجی به روش سعی و خطأ صورت گرفت و مدل بهینه گردید. شکل ۹ نشان دهنده نتایج نهایی واسنجی در حالت پایدار و شکل ۱۰ تراز آب به صورت بصری است و همان طور که مشاهده می شود همه میله ها در محدوده قابل قبول قرار دارند و با معیارهای کلی GMS برای محدوده خطأ (اختلاف مشاهداتی و مدل شده زیر دو متر) همخوانی دارد.

محدوده های مجاور و تخلیه آب زیرزمینی به دریاچه ارومیه، مرزهای ورودی و خروجی جریان طبق محاسبات بیلان آب زیرزمینی با دلی ثابت (مرز نیومن) به مدل وارد شد.

۹- اجرای مدل و انجام فرایند واسنجی برای حالت پایدار برای مهر ۱۳۸۹ صورت گرفت و در ادامه برای ۵۰ گام ماهانه از آبان ۱۳۸۹ فرایند اجرا و واسنجی در حالت ترانزیئنت (ناپایدار) صورت گرفت و برای ۳۰ دوره ۱۰ ساله، فرایند صحت سنجی انجام شد. درنهایت پس از تحلیل حساسیت مدل، برای چهار سطح کاهش برداشت ۵، ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ درصد، نتایج استخراج گردید.

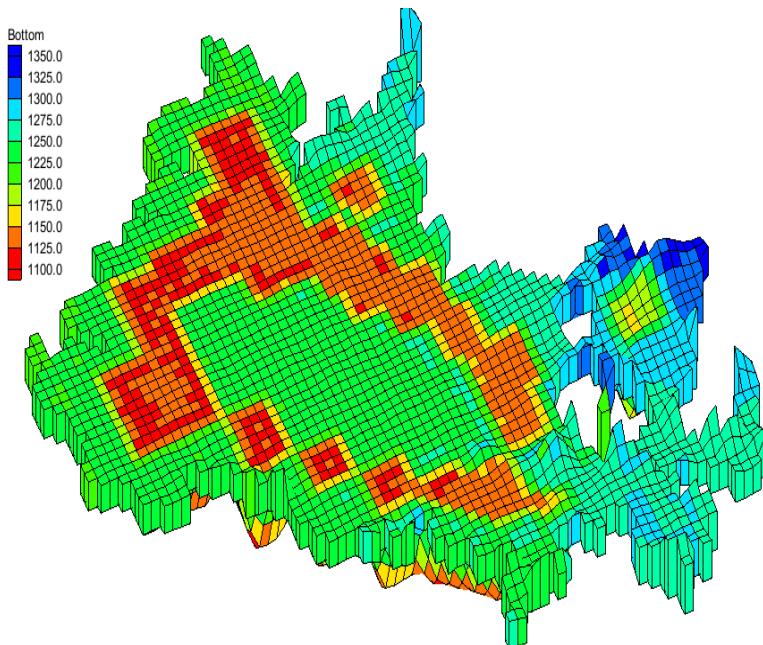
## نتایج و بحث

در این قسمت ابتدا نتایج فرایند واسنجی و صحت سنجی به ترتیب برای حالت پایدار و ناپایدار و سپس فرایند تحلیل حساسیت و درنهایت نتایج



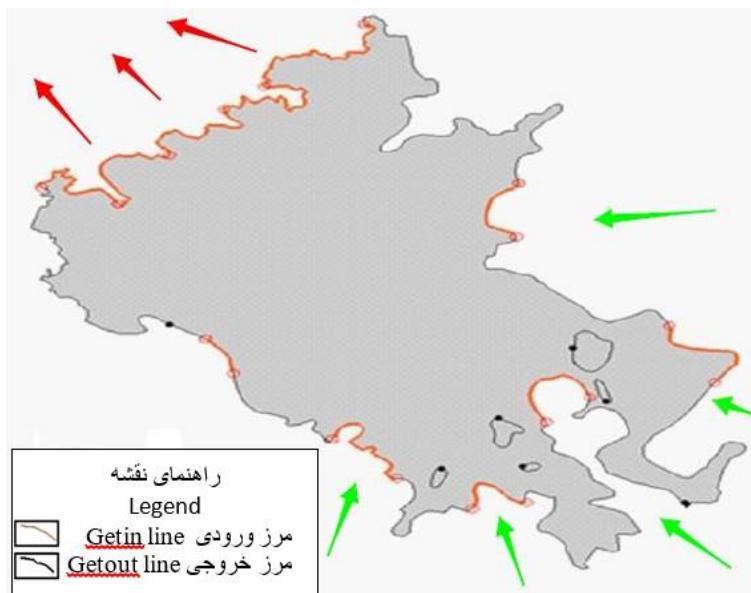
شکل ۴- نقشه توپوگرافی سطح زمین محدوده مطالعاتی آبخوان دشت میاندوآب- متر از سطح آزاد دریا.

Figure 4. Land surface topographic map of the Midandoab aquifer study area -meters above sea level.



شکل ۵- نقشه رقوم ارتفاعی سنگ‌بستر محدوده مطالعاتی آبخوان دشت میاندوآب- متر.

Figure 5. Altitude map of the bedrock of the Miandoab aquifer –meters.



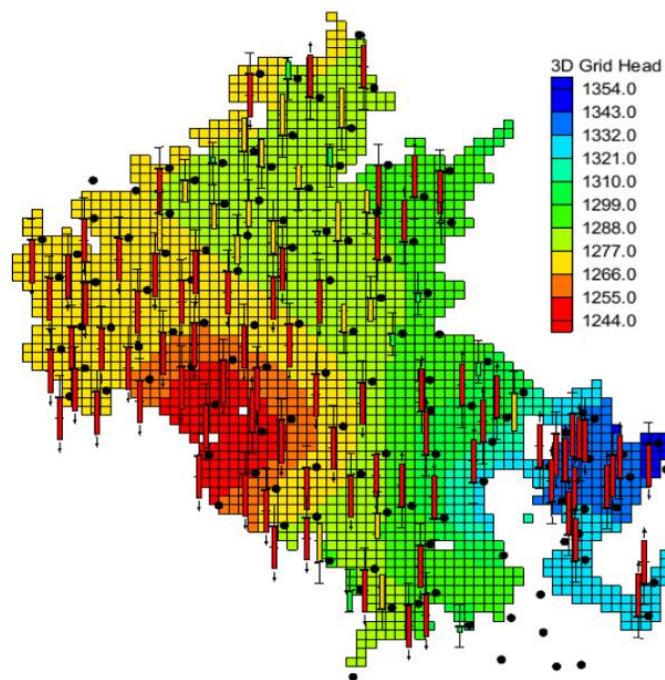
شکل ۶- شرایط مرزی- سبز: ورودی- قرمز: خروجی- محدوده مطالعاتی دشت میاندوآب.

Figure 6. Boundary conditions of the Miandoab plain in study area.



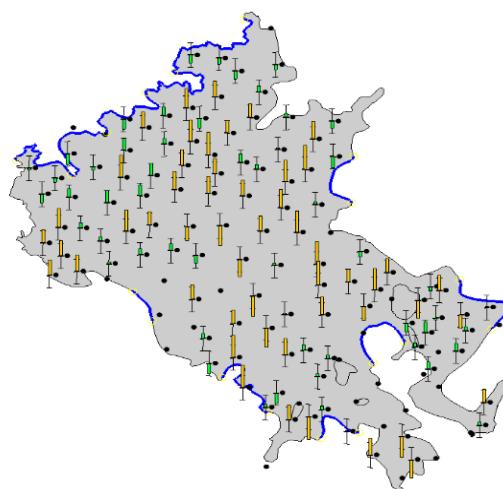
شکل ۷- موقعیت مکانی چاههای انتخابی از مدل مفهومی.

**Figure 7. Location of selected wells in the conceptual model.**



شکل ۸- نتایج پیزومترهای آبخوان میاندوآب قبل از مدل بهینه‌سازی در حالت پایدار.

**Figure 8.** Piezometer results of Meandoab aquifer before optimization model in steady state.

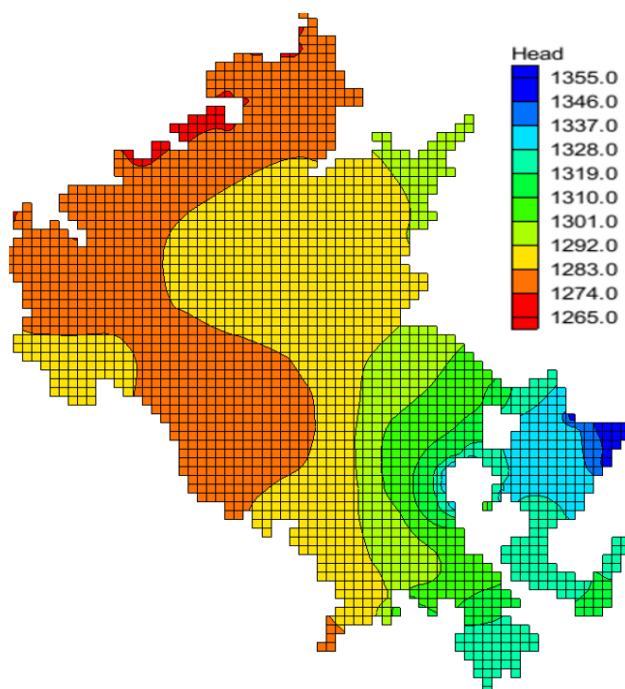


شکل ۹- نمایش نتایج بصری پیزومترهای آبخوان دشت میاندوآب در پایان واسنجی در شرایط پایدار.

Figure 9. Display of visual results of piezometers of Miandoab aquifer at the end of calibration in steady state conditions.

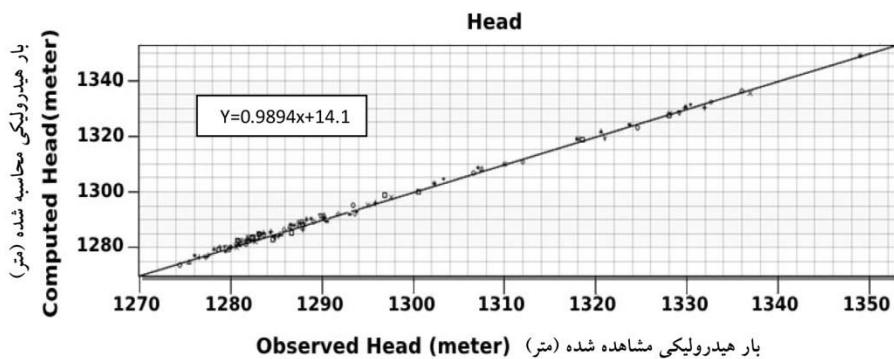
مشاهداتی وجود دارد که این انطباق بین مقادیر و مقدار رگرسیون نزدیک یک و زیر سطح معنی‌داری ۱٪، دقت بالای شبیه‌سازی در حالت پایدار را تأیید می‌کند. خطای مدل در حالت پایدار بین ۰/۰۲ تا ۱/۹۸ متر است.

شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان‌دهنده نتایج محاسباتی و مشاهداتی سطح آب‌زیرزمینی در چاههای مشاهداتی آبخوان دشت میاندوآب، در پایان مرحله واسنجی در حالت پایدار است. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، نتایج به طور قابل قبولی بر یکدیگر منطبق هستند و اختلاف کمی بین مقادیر محاسباتی و



شکل ۱۰- تراز آب‌زیرزمینی شبیه‌سازی شده آبخوان میاندوآب در حالت پایدار- متر از سطح آزاد دریا.

Figure 10. Simulated underground water level of Midandoab aquifer in steady state -meters above free sea level.

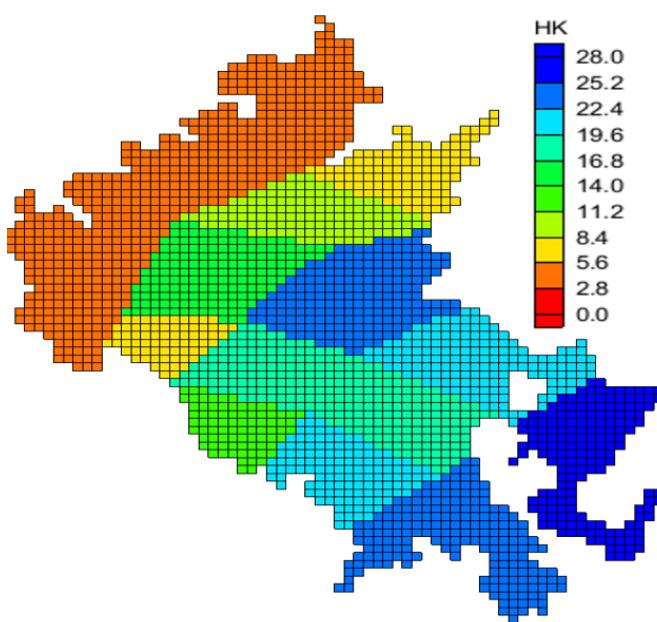


شکل ۱۱- نمودار مقادیر محاسباتی و مشاهداتی تراز آب زیرزمینی در تمامی چاههای مشاهده‌ای آبخوان دشت میاندوآب در مرحله واسنجی شرایط پایدار.

**Figure 11. The graph of the calculated and observed values of the underground water level in all piezometric wells of the Meandoab Plain aquifer in the stable condition calibration stage.**

توانسته مقادیر تراز را شبیه‌سازی کند. شکل ۱۲ مقادیر کالیبره شده هدایت هیدرولیکی پس از واسنجی مدل را نشان می‌دهد. شمال آبخوان مقادیر هدایت هیدرولیکی مقادیری بین ۲/۵ تا ۳۰ متر در روز را دارد. بیشترین مقدار آن نیز در قسمت جنوب غربی آبخوان است که مقادیر آن از ۱۶/۵ تا ۲۹ متر در روز متغیر است. ناحیه مرکزی آبخوان نیز دارای مقادیر متوسط که از ۱۴ تا ۱۶ متر در روز متغیر است.

به‌منظور ارزیابی صحت نتایج به‌دست‌آمده از واسنجی مدل در شرایط پایدار، از میانگین خطاهای استفاده می‌شود و نتایج خروجی به‌صورت جدول ۱ است. همان‌طور که در جدول زیر مشاهده می‌شود خطای RMSE برابر  $10^4$  متر است که در محدوده قابل قبولی است. هم‌چنین خطای میانگین مطلق (MAE)  $93/0$  متر است. با توجه به جدول مذکور و نتایج آن نشان می‌دهد که مدل با دقت بسیار مناسبی



شکل ۱۲- مقادیر کالیبره شده هدایت هیدرولیکی آبخوان- متر در روز.

**Figure 12. Calibrated values of hydraulic conductivity of the aquifer -meters per day.**

جدول ۱- نتایج معیارهای ارزیابی خطای برای حالت ماندگار.

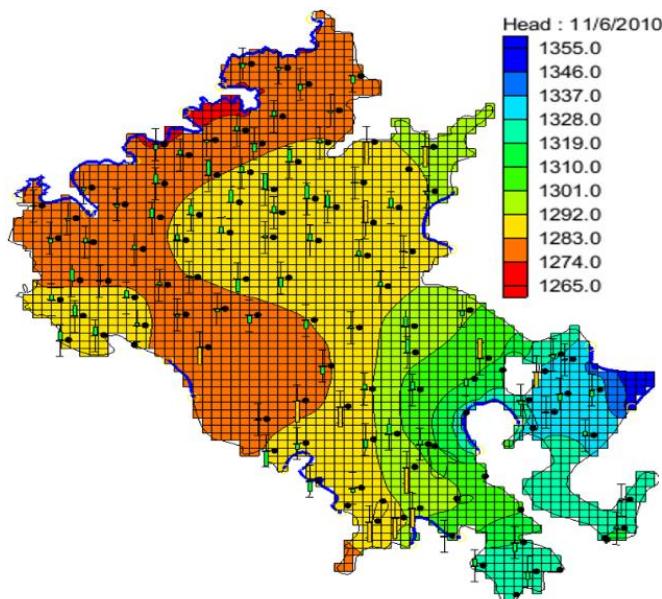
Table 1. Results of error evaluation criteria for steady state.

$R^2$	MAE	RMSE	حالت پایدار Steady state
0.99	0.93	1.04	

ارزیابی خطای برای حالت نا ماندگار با دقت بسیار خوبی توانسته شبیه‌سازی را انجام دهد.

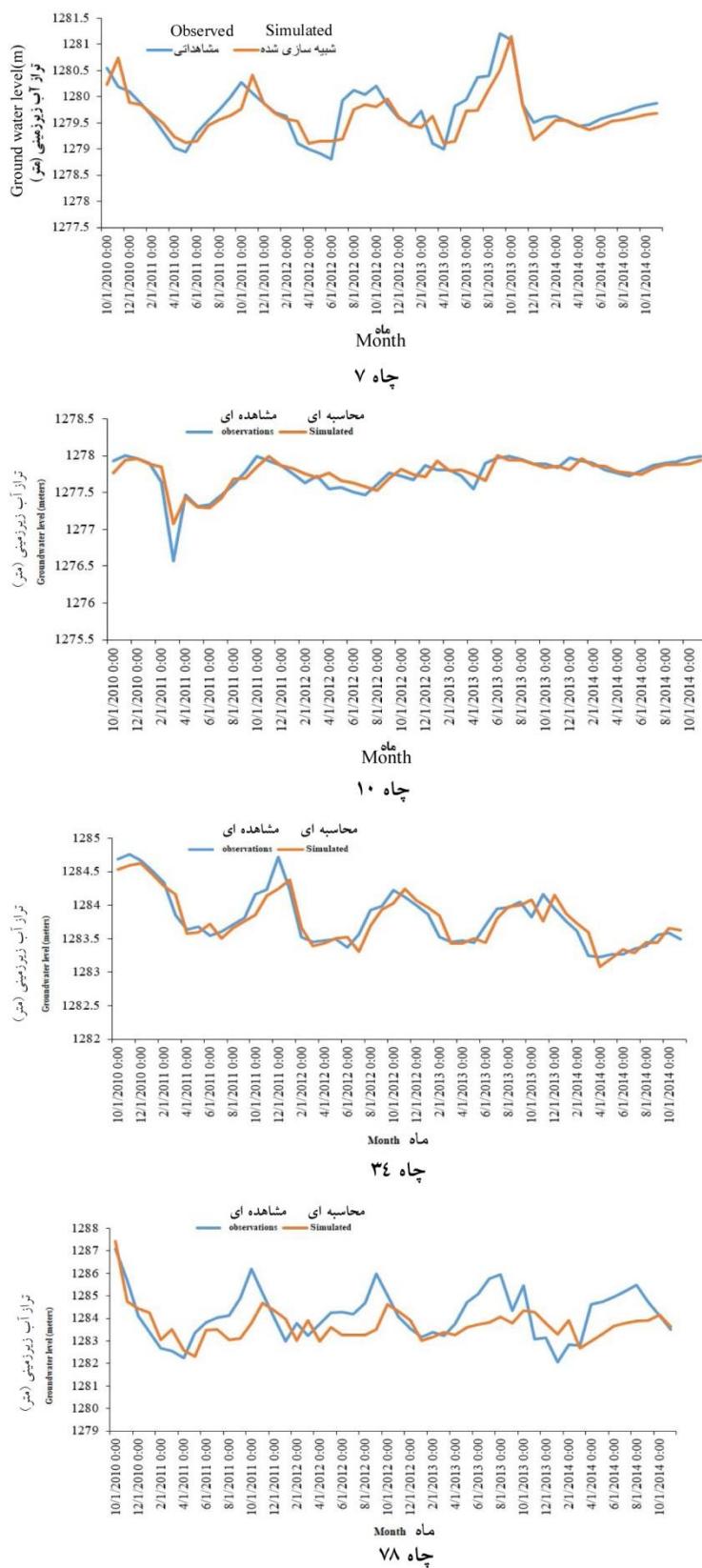
- نتایج بهینه کردن پارامتر ضریب ذخیره: ضریب ذخیره بین مقادیر  $2/9$  درصد تا  $24$  درصد قابل تغییر است. بیشترین مقادیر آبدهی ویژه مربوط به ناحیه جنوب‌غربی آبخوان است. جنوب‌شرقی آبخوان نیز دارای کم‌ترین مقادیر ضریب ذخیره است. مقادیر ضریب ذخیره در مرکز آبخوان از  $8/5$  درصد تا  $15$  درصد متغیر است (شکل ۱۵). نتایج معیارهای ارزیابی در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج بیانگر دقت مناسب مدل در دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی است.

- نتایج شبیه‌سازی تراز آب‌زیرزمینی در حالت ناپایدار: در حالت نا ماندگار گام‌های مختلفی جهت واسنجی مدل انجام می‌گردد که به آن گام‌های زمانی حالت گذر یا ناپایدار<sup>۱</sup> گفته می‌شود. در این پژوهش برای واسنجی مدل از  $50$  گام زمانی ماهانه و از آبان سال  $1389$  (۲۰۱۰) در نظر گرفته شده است. شبیه‌سازی تراز آب‌زیرزمینی در تمام گام‌ها و برای همه چاههای مشاهداتی صورت گرفته است. شکل‌های  $13$  و  $14$  نمونه‌هایی از مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی چاههای مشاهداتی برای حالت نا ماندگار را به صورت توزیعی و سری زمانی نشان می‌دهند. ملاحظه می‌گردد که انطباق خوبی بین مقادیر ذکرشده برقرار است. در انتها و همانند حالت ماندگار، نتایج ارزیابی شاخص‌های



شکل ۱۳- تراز آب‌زیرزمینی شبیه‌سازی شده در حالت نا ماندگار.

Figure 13. Simulated groundwater level in transient state.



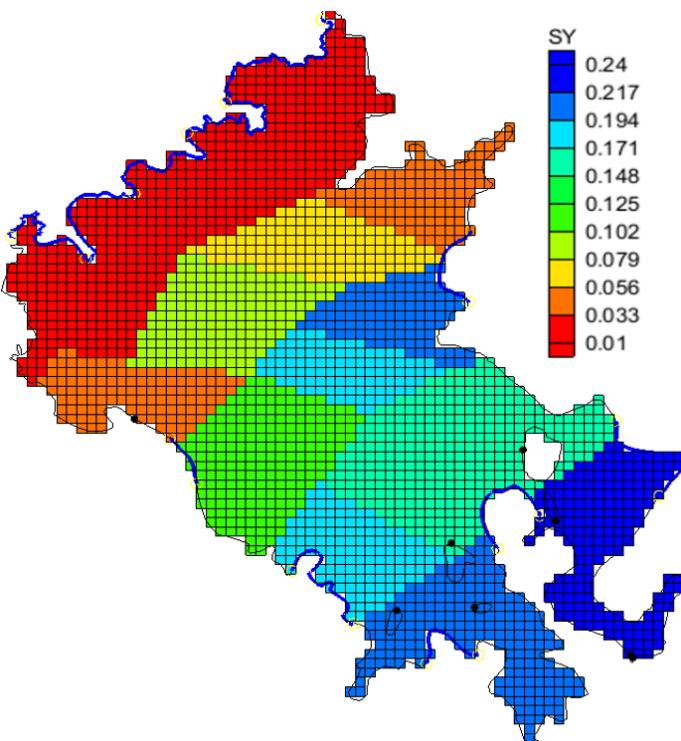
شکل ۱۴- مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در حالت نا ماندگار برای چاههای مختلف.

Figure 14. Simulated and observed values in transient state for different wells.

جدول ۲- نتایج ارزیابی معیار خطای برای حالت ناماندگار.

Table 2. Evaluation results of statistical criteria for transient state.

MAE(m)	$R^2$	RMSE (m)	
1.28	0.98	1.68	نایابدار (دوره واسنجی) Transient (calibration period)
1.42	0.98	1.85	نایابدار (دوره اعتبارسنجی) Transient (validation period)



شکل ۱۵- مقدادیر ضریب ذخیره واسنجی شده در حالت غیرماندگار.

Figure 15. Calibrated storage coefficient values in non-permanent mode.

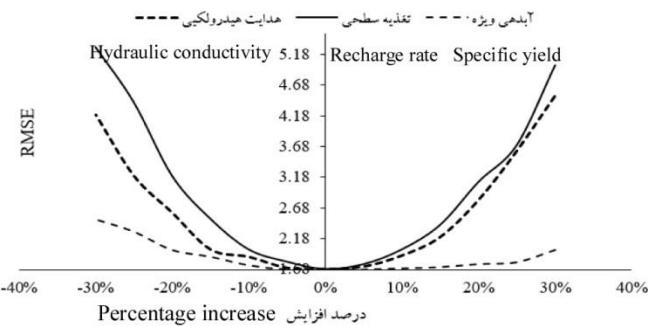
همچنین به مقدار هدایت هیدرولیکی نیز حساس است؛ اما کمترین حساسیت را به آبدهی ویژه دارد طوری که در درصدهای مختلف تغییر چندانی نکرده است.

بررسی سناریوهای کاهش برداشت: برای بهبود شرایط آبخوان از نظر کیفی و کمی و افزایش سطح تراز آب زیرزمینی سناریوهای کاهش برداشت اعمال شده است. مبنای انتخاب سناریوهای کاهش برداشت به این علت بوده است که یکی از المان‌های

نتایج تحلیل حساسیت مدل: در این پژوهش از پارامترهای مقدار هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و مقدار تغذیه از سطح برای تحلیل حساسیت استفاده گردید و با معیار خطای RMSE مورد ارزیابی قرار گرفتند نتایج تحلیل حساسیت در پارامترها به شکل ۱۶ است. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که مدل شبیه‌سازی شده به مقدار تغذیه سطحی حساسیت بیشتری دارد به طوری که با تغییر مقدار آن خطای مدل در معیار ارزیابی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد.

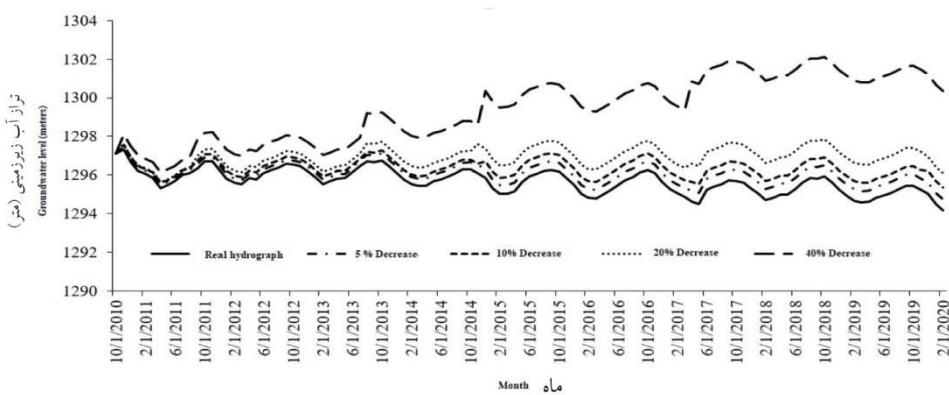
چه حد موافقت اجرای این طرح خواهد بود که نیاز به بررسی و ارزیابی دارد. در سناریوهای واقع‌بینانه کاهش برداشت از آبخوان، تأثیر بهسزایی در بالا آمدن سطح تراز آب‌زیرزمینی و هم‌چنین بالاتر رفتن کیفیت آب‌زیرزمینی با توجه به هم‌جواری با دریاچه ارومیه و ذخیره منابع آب‌زیرزمینی برای سالیان آینده می‌شود. با بالا آمدن سطح تراز آب‌زیرزمینی متعاقباً در سال‌های آینده شاهد ورود بیشتر آب به دریاچه ارومیه هستیم و نهایتاً به احیا این دریاچه کمک خواهد کرد. نتایج این پژوهش همخوانی خوبی با نتایج یاری (۲۰۱۸)، حمزه‌خوانی و همکاران (۲۰۱۴) و جنوبی و همکاران (۲۰۱۸) در فرایندها و نتایج ضرایب حاصله و عملکرد آبخوان را نشان می‌دهد. یاری (۲۰۱۸) در پژوهشی که بر روی آبخوان میاندوآب انجام داده با استفاده از کد MODFLOW به بررسی اثرات تغذیه و تخلیه از طریق آبیاری و زهکشی دشت با رودخانه زرینه‌رود پرداخته است. نتایج ایشان نشان می‌دهد که وضعیت سطح ایستابی مطلوب و اختلاف زیادی بین مقادیر تغذیه و تخلیه دیده نمی‌شود ولی با افزایش بهره‌برداری از چاههای پمپاژ و بهره‌برداری سطح آبخوان حدود ۲ متر افت را تجربه خواهد کرد. پیش‌بینی ایشان از افت تراز ایستابی در سال‌های اخیر نسبتاً درست بوده است و با افزایش برداشت از چاههای بهره‌برداری سطح آبخوان افتی را در این سال‌ها تجربه کرده است (۲۰). نتایج جنوبی و همکاران (۲۰۱۸) در پیش‌بینی زهداری تحت سناریوی حدی کاهش آب با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۲۱).

تغییر در منطقه، مقدار آب مصرفی کشاورزان از آب‌زیرزمینی است. عملاً این سناریوها نماینده کلی روش‌های "به کاشت"، مدیریت برتر زراعی، تغییر الگوی کشت از محصولات پر آب‌بر به کم آب‌بر، ارتقا راندمان تحت تأثیر توسعه آبیاری نوین، پروژه ۸۸گانه تعادل بخشی آب‌زیرزمینی و ... است. با توجه به افت آبخوان که در شکل ۱۷ مشخص است ۴ سناریوی کاهش برداشت آب در سطح آبخوان به‌منظور تعادل بخشی مورداستفاده قرار گرفت. به‌منظور بهبود شرایط موجود سناریوهای کاهش برداشت در سطوح ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد در همه چاههای بهره‌برداری منطقه اعمال گردید. بر این اساس شبیه‌سازی انجام و نتایج برای هیدرولگراف کل آبخوان با توجه به نتایج نمودار مشخص است که بیشترین تأثیر در کاهش افت آب‌زیرزمینی در تمام چاههای مشاهداتی کاهش ۴۰ درصد برداشت از آبخوان بوده است. در این سناریو با اعمال ۴۰ درصد کاهش برداشت آبخوان دارای خیز آب‌زیرزمینی در حدود ۶ متر در ۵ سال موردنظری خواهد بود. کمترین خیز آب‌زیرزمینی نیز برای سناریوی کاهش ۵ درصد برداشت از آبخوان بود که در آن در طول دوره موردنظری حدود ۰/۵ متر موجب خیز آب‌زیرزمینی خواهد شد. علی‌رغم نتیجه بهتر کاهش برداشت ۴۰ درصد و تأثیر بسیار مثبت آن بر تراز آب زیرزمینی باید بررسی کرد اجرای این سناریو تا چه حد در حالت واقعی عملی خواهد بود. این سناریو عملاً زهداری بخشی از آبخوان را نشان می‌دهد و حساسیت دشت به سناریوهای غیرواقع‌بینانه را نشان می‌دهد. به عبارتی کشاورزان که مصرف‌کنندگان آن هستند تا



شکل ۱۶- تحلیل حساسیت پارامترهای مورد نظر با معیار خطای RMSE

Figure 16. Sensitivity analysis of the desired parameters with the RMSE error criterion.



شکل ۱۷- سناریوهای کاهش برداشت.

Figure 17. Harvest reduction scenarios.

همچنین مقادیر آبدھی ویژه در آبخوان بین ۳ تا ۲۴ درصد متغیر است. در تحلیل حساسیت مدل به این نتیجه رسیدیم که مدل به تغذیه سطحی بیشترین حساسیت و برای آبدھی ویژه کمترین حساسیت را از خود نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار افت متوسط تراز آب‌زیرزمینی حدود ۰/۱ متر در سال است بهمنظور تعادل بخشی به آبخوان و همچنین راهکارهای مدیریتی سناریو کاهش برداشت از همه چاه بهره‌برداری اعمال شده است که با کاهش ۵٪ برداشت، آبخوان نیم متر افزایش سطح ایستابی را تجربه خواهد کرد. همچنین با توجه به این‌که دشت میاندوآب در محدوده حاصلخیز شمال‌غرب کشور جای گرفته است برداشت‌های غیرمجاز در این دشت بهشدت بالا بوده و اطلاعات دقیقی از سطح برداشت

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به بررسی تأثیرات سیاست انقباضی دولت در قبال کاهش حق‌آبه سطحی در دشت میاندوآب و آبخوان این منطقه پرداخته شد. تغییرات کمی آبخوان میاندوآب با استفاده از GMS تحت کد MODFLOW قادر به شبیه‌سازی آبخوان میاندوآب و همچنین تأثیرات کاهش حق‌آبه و تخصیص آب سطحی را دارد. مدل‌سازی آبخوان در حالت پایدار که از مهر ۱۳۸۹ شبیه‌ساز شده است که خطای RMSE در این حالت در حدود ۱ متر کاهش پیدا کرده است و همچنین خطای RMSE در حالت ناپایدار به ۱/۶۸ متر کاهش پیدا کرده است. مقادیر هدایت هیدرولیکی در آبخوان بین ۳/۵ و ۲۸ متر در روز به عنوان موقعیت خاص آبخوان متغیر است.

آب استان استفاده شده است. داده های خام، با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی است.

### تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندها است.

### مشارکت نویسندها

نویسنده اول: دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد است و همه موارد پیاده سازی مراحل کار با ایشان بوده است. نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان نامه و مسئول مکاتبات در هدایت کار در مراحل انجام پژوهش و نگارش نهایی مقاله مشارکت داشته اند، نویسنده سوم: استاد مشاور پایان نامه در همه موارد انجام پژوهش نظارت و در بازبینی مقاله مشارکت داشته اند.

### اصول اخلاقی

نویسندها اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها است.

### حمایت مالی

این پژوهش از حمایت معنوی معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه ارومیه در قالب پژوهانه دانشجویی نویسنده اول برخوردار بوده است. مطالعه حاضر بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب نویسنده اول است.

آب زیرزمینی در این دشت در اختیار نداشتیم. به منظور بهبود شرایط آبخوان میاندوآب راهکارها و پیشنهادهایی ارائه شده است: تغییر در الگوی کشت محصولات کشاورزی در آبخوان دشت میاندوآب با توجه به این که سطح زیرکشت در این منطقه بسیار بالا است. نظارت بر برداشت هایی آب از چاههای پمپاژ و بهره برداری موردن توجه سازمان ها قرار گیرد. اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی از نظر کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد. سناریوهای مختلفی از جمله بهینه سازی و تغییر الگوی کشت و همچنین احداث رهکش در مناطقی که تغییر از آبخوان زیاد است در جهت بهبود وضعیت آبخوان مورد ارزیابی قرار گیرد. از مدل های بهینه سازی یا نرم افزارهایی برای جهت بهینه سازی برداشت بهینه سازی آب زیرزمینی به منظور کاهش افت تراز آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد. نصب کنترل های هوشمند و کنترل مستمر در سطح دشت می تواند؛ مانند دشت بشريه خراسان تأثیر مثبتی بر کاهش افت سطح آب زیرزمینی و بهبود کسری مخزن تجمیعی داشته است (۱۰).

### تقدیر و تشکر

از شرکت سهامی آب منطقه ای استان آذربایجان غربی، دفتر مطالعات پایه منابع آب و مهندس نصیری در اشتراک گذاری داده ها قدردانی می گردد.

### داده ها، اطلاعات و دسترسی

در پژوهش حاضر که حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد است از داده های مطالعات پایه منابع

### منابع

- Chitsazan, M., & Kashkoli, H. A. (2002). Ground Water Modeling and Solving Hydrogeological Problems Ahvaz Shahid Chamran University Press. 680p. [In Persian]
- Shamsaei, A., & Farhangi, A. (2013). integrated use of surface and underground

water resources in dry areas. *Scientific-research journal of water resources research in Iran*. 7-20.

- Raja, O., Parsinejad, M., & Tajrishy, M. (2022). Simulation of Groundwater Balance Using Integrated Surface and Groundwater SWAT-MODFLOWNWT

- Model (Case Study: Mahabad Plain). *Journal of Water and Soil*, 36 (1), 31-52. [In Persian with English abstract]. **DOI:10.22067/JSW.2022.74890.1138.**
- 4.Jonubi, R., Rezaverdinejad, V., Behmanesh, J., & Abbaspour, K. (2018). Investigation of quantitative changes in the groundwater table of Miandoab plain affected by surface and groundwater resources management using the MODFLOW-NWT mathematical model, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49 (2), 467-481. **doi: 10.22059/ijswr.2017.239340.667731.**
- 5.Karamati, M., & Saeed, A. (2007). Simulation and sensitivity analysis of groundwater level with MODFLOW model, 7th Iran Hydraulic Conference, Tehran, Iran Hydraulic Association, Water and Power Industry University. 15-25.
- 6.Mirabbasi, R., & Rahnama. (2016). Simulation of Sirjan plain aquifer using MODFLOW model and investigation of the effects of construction of Tangouye dam on it, *Iranian Water Research Journal*, first year, first issue. 4-10.
- 7.Hosni, F., & Seyyed, J. (2015). Simulation of the effects of the construction of Gaoshan dam on the amount of groundwater loss downstream of the dam using MODFLOW software, the third international conference on new research achievements in civil engineering, architecture and urban management, Tehran, International Confederation of Inventors of the World (IFIA), *University of Applied Sciences*. 10-15.
- 8.Aghaari, E., & Iraj, S. (2014). Hydraulic simulation of underground water flow in Zarinabad Goltepe plain in Zanjan province using MODFLOW model, 13th Iran Hydraulics Conference, Tabriz, Tabriz University - Department of Water Engineering. 40-50.
- 9.Jabari, S., Sadradini, A., Nazimi, A., & Taran, F. (2014). Investigating the quantitative changes of coastal aquifers using a mathematical model-case study: Maragheh-Banab Plain, 13th Iran Hydraulic Conference, Tabriz, Tabriz University-Department of Water Engineering. 12-20.
- 10.Shamsaei, A., & Farghani, A. (2013). integrated use of surface and underground water resources in dry areas. *Scientific-research journal of water resources research in Iran*. 7-14.
- 11.Yari, P., Karimi, S., & Dadmehr. (2013). the response of the underground water resources system model of the Zarineh Rood plain to possible feeding and discharge factors through the irrigation and drainage network of the plain". The 4th Iran Water Resources Management Conference, Amir Kabir University. 20-30.
- 12.Akbarpour, A., Azizi, M., & Shirazi, M. (2010). Management of exploitation of underground water in Mukhtaran Plain, 9th Iran Hydraulic Conference, Tarbiat Modares University. 12-20.
- 13.Chepkemoi, A., Home, F., Raude, S., & Kiptum, T. (2023). Modeling of groundwater potential in Kericho County, Kenya, using GMS\_MODFLOW. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01492>.
- 14.Hidalgo, S., Guardiola, A., & Heredia, C. (2021). Selecting Suitable MODFLOW Packages to Model Pond-Groundwater Relations Using a Regional Model. *Water*, 13, 1111. <https://doi.org/10.3390/w13081111>.
- 15.Xiang, Z., Bailey, R., Nozari, S., Husain, Z., Kisekka, I., Sharda, V., & Gowda, P. (2020). DSSAT MODFLOW: A new modeling framework for exploring groundwater conservation strategies in irrigated areas. *Agricultural Water Management*, Elsevier, 232(C). **DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106033.**
- 16.Lyazidi, R., Mohamed Abdelbaset Hessane, M., Jaouad Filali Moutei, J., & Bahir, M. (2020). Gareb-Bourag plains, Morocco embedding the groundwater modeling system. *Groundwater for Sustainable Development* 11 (3-4), 100471. **doi:10.1016/j.gsd.2020.100471.**
- 17.Almuhaylan, M., Ghuman, A., Saleh Al-Salamah, I., Ahmad, A., & Ghazaw, Y. (2020). Evaluating the Impacts of Pumping on Aquifer Depletion in Arid Regions Using MODFLOW, ANFIS and ANN. *Water*, 12(8), 2297; <https://doi.org/10.3390/w12082297>.

- 18.Jalut, Q. (2020). Modelling of Groundwater Flow of Baquba District Area, Diyala Governorate, North-East, Iraq. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 13 (3), 9-22. doi:**10.24237/djes.2020.13302**.
- 19.Chakraborty, S., Maity, P., & Das, S. (2019). Investigation, simulation, identification and prediction of groundwater levels in coastal areas of Purba Midnapur, India, using MODFLOW. *Environ. Dev. Sustain.* 22, 3805-3837. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00344-1>.
- 20.Yari, E. (2018). The interaction of the irrigation and drainage network of Miandoab Plain (Zarine River) with the model of underground water resources of the plain, master's thesis, Urmia University.
- 21.Jonubi, R., Rezaverdinejad, V., behmanesh, J., & Abbaspour, K. (2018). Investigation of quantitative changes in the groundwater table of Miandoab plain affected by surface and groundwater resources management using the MODFLOW-NWT mathematical model, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49 (2), 467-481. doi: **10.22059/ijswr.2017.239340.667731**.

