

Research Paper

Determining optimized depth of wells by considering climate change and water resources management (Case study: Khash watershed)

Ebrahim Zeraati¹, Samira Zeinodini², Bahareh Pirzadeh³, Seyed Arman Hashemi Monfared^{4*}

1. Master of water resource management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
2. Phd student of Water resource management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
3. Assistant Professor of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
4. Associate Professor of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Received: 2019/5/8
Accepted: 2021/10/11
PP: 160-174

Use your device to scan and read the article online



Doi:
[10.30495/jae.2021.21316.2013](https://doi.org/10.30495/jae.2021.21316.2013)

Keywords:
Water resources management, climate change, groundwater, optimum depth of wells, WEAP model

Abstract

Introduction: Utilization of aqueducts and excavations is one of the most common methods of using groundwater.

Every year, level of groundwater is lowered too much and its flow rate decreases. In the study area (Khash), the water deficit is negative and the annual water level decreases and it is considered as the main source of water supply in the region. By continuing the existing conditions, one of the solutions is well extension for water supply. In this research, the optimal depth of wells was determined from 2014 to 2044, so that there was no need for rehabilitation of wells until the target year.

Materials and Methods: To study the effect of climate change, rainfall data was generated by using the LARS-WG model under the MPEH5 model and A1B scenario. Its ability confirmed with R2, 94/94 capability. Finally, eight scenarios were defined in the WEAP model and the conditions of region were simulated and the depth of optimum floor was calculated for three wells. The results showed that if the existing conditions continue until 2044, 54.88 percent of the water stored in the aquifer will be empty and the average level of groundwater decreases 13.67 m.

Findings: The best scenario is the S8 scenario, which in this scenario the largest reduction of water stored in the aquifer occurs in 2036 and it is 10.55% of the initial volume, and the average water level is 1.67 m horizontally.

Conclusion: S8 scenario has the least reduction in water stored in the aquifer. In this scenario, the water stored at the end of 2044 is 93.29%, during which time, 6.71% of the stored water will be reduced. The average discharge is constant but costs increase, so discharge has no effect on reducing or increasing costs. Therefore, only the depth of floor and head pumps are the only factors that will have a greater impact on cost changes.

Citation: Zeraati, E., Zeinodini, S., Pirzadeh, B. & Hashemi Monfared, S.A.(2021). Determining optimized depth of wells by considering climate change and water resources management (Case study: Khash watershed). Journal of Agricultural Economics Research; 13(4):160-174

***Corresponding author:** Seyed Arman Hashemi Monfared

Address: Department of Civil Engineer, School of Shahid nikbakht, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

Tell: 00985431132886

Email: hashemi@eng.usb.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Inadequate temporal and spatial distribution of rainfall in arid and semi-arid areas and ease of access to groundwater resources have reduced groundwater reserves. Climate change can cause a lot of damage in areas where the vulnerability of their water sector is significant in the current situation. The climatic variables simulated by the Atmosphere-Ocean Global Circulation Model (AOGCM) that are the most reliable tool for investigating the effects of climate change on various systems that can model atmospheric variables using IPCC scenarios.) The performance of the multivariate regression model of SDSM and the LARS-WG model in the daily precipitation downscale reviewed. The results showed a better performance of the LARS-WG model in simulating (5). Mousavi et al. (2018) examined the effects of climate change on discharge of the dam basin and the hydro potential of the two hydropower plants based on the outputs of the GCMs model by using the LARS-WG model and three emission reports (SERS)(6). Simulator models are the models which they can be used to study the effects of these changes that will arise in the future periods and provide them with the appropriate solutions to manage them better. Determining the optimal depth of the wells for fracturing in periods when the groundwater level decreases is a appropriate ways to reduce costs in the utilization of water resources. Gholami et al. (2017) determined the depth of the well in sprinkler irrigation with regard to the costs of subsidies and non- subsidies, energy, drilling costs, all agricultural costs, and the income-to-farm income ratio. The results showed that there is no limit to drilling to increase the well depth due to low energy costs (12). Considering that the control of the depth of the wells as one of the proposed recommendations of the Ministry of Energy in order to provide drinking water and industrial water in the plains. The purpose of this study is to prevent the excavation of more than needed and re-fracture of wells In the future, it will reduce costs in the Khash watershed and meet the maximum needs of the region during the season.

Materials and Methods

The research is based on three main sections. First, the LARS-WG model predicted precipitation for the years 2015-2044 and then climate factor obtained for each year, this climate factor entered the WEAP model. This model uses the water Year method to measure the impact of rainfall on runoff and groundwater, as well as the impact of runoff on groundwater, and climate change on regional water resources. Scenarios have been defined to reduce groundwater consumption. The volume of groundwater was achieved in the year 2044. Finally, based on the coefficient of decline in the area, the rate of groundwater loss in three wells is determined and the depth of the wells considered for fracture in different scenarios is calculated with optimization.

Finding

Weather data was generated for all GCM models with different emission scenarios for five years and compared with the five year observation data (2011-2015) from the R2, AME, RMSE, and average error rates.

The A1B scenario in the MPEH5 model with R2, AME and RMSE was determined to be 0.85, 27.7 and 29.75, respectively, and an average error rate of -12.1 was considered as the best GCM model for future rainfall data generation in the study area. the consumption , rainfall and temperature data that are generated were entered to the WEAP model. 2014 was selected as the base year and the reference scenario was defined and analyzed with other scenarios described. Which, in the S1 scenario, will have the largest reduction in water stored in the aquifer. S8 scenario has the least reduction in water stored in the aquifer, that s2 to S7 scenario policies were applied extensively over the period 2015-2044. In this scenario, the water stored at the end of 2044 is 93.29%, during which time, 71.6% of the stored water will be reduced.

The largest reduction in stored water in the S8 scenario is in September 2036, when stored water is 89.35%. Given the changes in the aquifer's stored water in the S8 scenario over the period 2044-2014, it can be concluded that the implementation of water resources management policies in the region could prevent the reduction of water stored in the

aquifer and bring the aquifer to a stable equilibrium. S6, S7, S8, and scenarios have the most effect on reducing the mean water depth, average pump head, average depth of wells, and thus the average depth of floor respectively. If the thickness of the saturation layer is higher or, moreover, the depth of the water surface in the wells is lower, the depth of the wells and the depth of the floor drainage of the wells will be less. Costs are a function of the depth of the floor, the head of the pump and the discharge, so as they increase, the cost increases.

Conclusion

In order to investigate climate change in the region, the best GCM general circulation model for future rainfall estimation is the MPEH5 model under the A1B scenario. In between the eight scenarios that defined in the WEAP model for water management, the worst case scenario is S1; In this scenario, costs, lower water drainage and depth of floor drainage are higher than other scenarios, and there is no management plan in the region due to the reduction of groundwater resources. until 2044, more than half of the water stored in the aquifer will be reduced, and people and regional authorities are facing a lot of water supply problems. The S8 scenario that incorporates S2 to S7 comprehensively is the best scenario; in this scenario, costs, land drainage, and bottom depths are lower than the other of the scenarios and the water level in the aquifer equals. Therefore, by applying the water resources management policies in the region, it is possible to stop the process of reducing the water supply level and bring the

land to a sustainable balance. S7 and S6 scenarios related to water resource management policies in the agricultural sector have the greatest effect on the S8 scenario and also on the reduction of groundwater abundance, as 86% of the water requirement in the studied area is related to the agricultural sector. By increasing the depth of the water surface, the costs, the heads of the pumps, the depth of the wells, and the resulting depth of flooring increases. The average of the debits in the three wells is the same in all scenarios, since the water requirement is considered to be the same for all scenarios. Also, the average drop in groundwater level by pumping is the same in all scenarios, since the average of discharge and hydraulic conductivity are the same. With this in mind, discharge is not affected by rising costs, and rising costs are affected by the depth of the floor and the head of the pumps.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Ebrahim Zeraati, Samira Zeinodini, Bahare Pirzadeh and Seyed Arman Hashemi Monfared.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

تعیین عمق بهینه چاه‌ها در یک حوضه با در نظر گرفتن تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب (مطالعه موردی: حوضه آبریز خاش)

ابراهیم زراعتی^۱، سمیرا زین الدینی^۲، بهاره پیرزاده^۳، سید آرمان هاشمی منفرد^{۴*}

۱. زاهدان، ایران. دانشگاه سیستان و بلوچستان فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت منابع آب.

۲. دانشجو دکتری، مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۳. استادیار، گروه عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۴. دانشیار، گروه عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: از روش‌های متداول استفاده از آب‌های زیرزمینی بهره‌برداری از قنات و حفر چاه‌ها است. همه‌ساله سطح آب زیرزمینی به علت برداشت بی‌رویه چاه‌ها بیش‌ازحد مجاز پایین می‌رود دبی آن‌ها به میزان زیادی کاهش می‌یابد. محدوده مطالعاتی خاش از جمله مناطقی است که بیلان آب زیرزمینی در آن منفی می‌باشد و به‌عنوان منبع اصلی تأمین نیاز آبی در منطقه محسوب می‌شود. با توجه به این موضوع یکی از راه‌حل‌های تأمین نیاز آبی و دستیابی به دبی اولیه، کف‌شکنی چاه‌ها است. در این تحقیق عمق بهینه چاه‌ها از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۴ طوری تعیین گردید که تا سال هدف نیازی به کف‌شکنی مجدد چاه‌ها وجود نداشته باشد.

مواد و روش‌ها: در بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر این کاهش دبی، داده‌های بارندگی منطقه با استفاده از مدل LARS-WG و تحت مدل MPEH5 و سناریوی A1B تولید شد و با $R^2 = 0.94$ توانایی آن مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت ۸ سناریو در مدل WEAP تعریف و شرایط منطقه تحت آن‌ها شبیه‌سازی و عمق بهینه کف‌شکنی برای سه چاه، محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با ادامه شرایط موجود تا سال ۲۰۴۴، ۵۴/۸۸ درصد از آب ذخیره‌شده در آبخوان خالی می‌شود و متوسط سطح آب زیرزمینی ۱۳/۶۷ متر افت می‌کند.

یافته‌ها: سناریوی S8 با بیشترین تأثیرپذیری صرفه جویی در بخش کشاورزی و کاهش سطح زیر کشت موثرترین سناریو در کاهش آب ذخیره‌شده آبخوان در سال ۲۰۳۶ به میزان ۱۰/۶۵ درصد حجم اولیه است و در آن متوسط سطح آب زیرزمینی در افق زمانی مورد مطالعه ۱/۶۷ متر افت می‌یابد و نسبت به سایر سناریوهای مدیریتی در بخش مصارف شرب وضعیت مطلوبتری را به منطقه خواهد داد. این امر، نشانه تأثیر زیاد آب کشاورزی در برنامه‌ریزی برای منابع آب خواهد بود. همچنین، میانگین دبی‌ها ثابت است ولی هزینه‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه دبی تأثیری بر کاهش یا افزایش هزینه‌ها ندارد. بنابراین عمق کف‌شکنی و هد پمپ‌ها تنها عواملی هستند که تأثیر بیشتری بر تغییرات هزینه‌ها خواهند داشت.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۹

شماره صفحات: ۱۷۴-۱۶۰

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



Doi:

10.30495/jae.2021.21316.2013

واژه‌های کلیدی:

مدیریت منابع آب، تغییر اقلیم، عمق بهینه چاه، مدل WEAP

* نویسنده مسئول: سید آرمان هاشمی منفرد

نشانی: گروه مهندسی عمران، دانشکده شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تلفن: ۰۰۹۸۵۴۳۱۳۲۸۸۶

پست الکترونیکی: hashemi@eng.usb.ac.ir

مقدمه

با افزایش تقاضای آب باکیفیت، کاهش تدریجی آب‌های سطحی، توزیع زمانی و مکانی نامناسب بارندگی در نواحی خشک و نیمه‌خشکی سهولت دسترسی به منابع آب زیرزمینی سبب گردیده تا ذخایر آب زیرزمینی موردتوجه قرار گرفته و به‌سرعت مورد بهره‌برداری بی‌رویه قرار گیرد، تا حدی که اغلب آبخوان‌ها با اضافه برداشت مواجه شده و در برخی نقاط حالت بحرانی و فوق بحرانی یافته‌اند.

اما با توجه به برداشت غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و همچنین برداشت آب از منابع آب زیرزمینی با توجه به کیفیت مناسب آن مقرون‌به‌صرفه خواهد بود. وقوع تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط جهان و ایران و کمبود بارش در اثر این منابع با افت شدید سطح آب مواجه شده‌اند و در برخی مناطق از جمله مناطق خشک ایران مجبور به کف‌شکنی و احیا دوباره چاه‌ها می‌گردند (۱).

با وقوع تغییر اقلیم کمبود منابع آب قابل‌دسترس در هر دو بخش سطحی و زیرزمینی، مشهود است و همچنین روند رو به رشد تقاضا، راهکارهای مدیریتی این ماده حیاتی و مسائل مربوط به آن از جمله دغدغه‌های اصلی بشر در دوره‌های آتی به‌حساب می‌آید. تغییر اقلیم می‌تواند خسارات بسیار فراوانی را در مناطقی که آسیب‌پذیری بخش آب آن‌ها در وضع موجود قابل‌توجه است ایجاد کند. در دنیای پیشرفته کنونی، آینده‌نگری، برنامه‌ریزی دقیق و به‌تبع آن مدیریت مطلوب به‌عنوان امری اصولی و اساسی شناخته شده است.

معتبرترین ابزار برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سامانه‌های گوناگون، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده با مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی است. این مدل‌ها قادرند متغیرهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده^۲ IPCC مدل‌سازی کنند (۲). برای فائق آمدن به مشکل قدرت تفکیک کم این مدل‌ها، لازم است که خروجی آن‌ها قبل از استفاده در تحقیقات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس شوند (۳). امروزه استفاده از انواع مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری مانند LARS-MET، LARS-WG، SDSMT، CLIMGEN، و ROLL و مانند آن برای مدل‌سازی رفتار اقلیم در نقاط گوناگون جهان معمول است. در بررسی توانایی مدل تولیدکننده جوی و مدل ریزمقیاس LARS-WG، سمونو و همکاران در سال ۲۰۰۲ با استفاده از

3 Statistical Downscaling Model
4 Modeling and Simulation Method
5 River Basin Simulation Model
6 Water Evaluation And Planning

1 At11 Atmosphere-Ocean Global Circulation Model (AOGCM)
2 Intergovernmental Panel on Climate Change

آمار و اطلاعات ۲۰ ایستگاه در اقلیم‌های متفاوت و نقاط گوناگون دنیا شبیه‌سازی رویدادهای جوی را موردبررسی قرار دادند. میانگین بارندگی مصنوعی روزانه در داخل فواصل اطمینان ۹۵ درصد داده‌های مشاهداتی قرار گرفتند. میانگین بارندگی مصنوعی روزانه در داخل فواصل اطمینان ۹۵ درصد داده‌های مشاهداتی قرار گرفتند. اما داده‌های دمای حداکثر روزانه با دقت کمتری تولید شدند (۴). عزیزاده و زهرایی عملکرد مدل رگرسیونی چند متغیره SDSM و مدل LARS-WG را در ریزمقیاس نمایی بارش روزانه مورد بررسی قرار دادند (۵). نتایج آنان حاکی از عملکرد بهتر مدل LARS-WG در شبیه‌سازی بارش‌های حدی بود (۵). موسوی در سال ۲۰۱۸ تأثیر تغییرات اقلیم را بر اقلیم و تخلیه سد حوضه دز و پتانسیل هیدرولیکی دو نیروگاه برق‌آبی موردبررسی قرار دادند که بر اساس ریزمقیاس کردن خروجی‌های مدل GCMs با استفاده از مدل LARS-WG و سه گزارش انتشار (SERS) صورت گرفت (۶). بقانام و همکاران برای ارزیابی نوسانات پیش‌بینی دما در شهر تبریز از دو مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG و SDSM استفاده کردند. مدل‌های GCM که در این تحقیق بررسی شدند EC-EARTH، HadCM2، MIROC5، MPI-ESM GCMs، و CMIP5 بودند. نتایج معیارهای ارزیابی عملکرد بهتر مجموعه Multi-GCM را نسبت به مدل‌های منفرد نشان می‌دهد (۷). بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب نیازمند ترتیب اثر دادن آن به همراه سایر مصارف انسانی است بنابراین در این رابطه استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز بسیار می‌تواند کمک کند. مدل‌های شبیه‌ساز از جمله مدل‌هایی هستند که به‌وسیله آن‌ها می‌توان در بررسی اثرات این تغییرات که در دوره‌های آتی به وجود خواهد آمد استفاده کرد و با ارائه راهکارهای مناسب به مدیریت هرچه بهتر آن پرداخت.

در کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی برای یک سیستم چند مخزنی در جنوب ایتالیا که تنش‌های مکرر موجب محدودیت ذخیره کاربر شده است از مدل‌های AquaTool، MODSIM^۴، RIBASIM^۵ و WEAP^۶ برای تجزیه تحلیل سیاست‌های جایگزین استفاده و ارزیابی شبیه‌سازی سیاست‌ها را برای هر مدل انجام شد (۸). موحدعطار و صمدی با ارائه یک الگوریتم، از مدل WEAP استفاده کردند. چهار سناریو شامل کاهش سطح زیر کشت محصولات که به ترتیب کاهش ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ درصدی گیاهان پرمصرف بود مورد ارزیابی قرار گرفت و سناریویی که از نظر تأمین و اعتمادپذیری تأمین

مطالعاتی خاش ۳۶۵۵ کیلومترمربع است. شکل (۱) موقعیت آبخوان را نشان می‌دهد. در این محدوده مطالعاتی رودخانه اصلی گزو جریان دارد که سرچشمه آن کوه‌های بیرک و مورپیش در جنوب، کوه گزو در شرق، کوه پنج انگشت در غرب و تفتان در شمال می‌باشد. جریان زیرزمینی ورودی عمدتاً از سمت ارتفاعات و مجاور وارد آبخوان می‌شوند و جریان خروجی به سمت دریاچه، کویر و دشت پایین-دست منتقل می‌شود. بارندگی مهم‌ترین عامل در چرخه هیدرولوژی است. با توجه به آمار ۲۹ ساله ایستگاه سینوپتیک خاش برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۵ میانگین مجموع بارندگی سالانه آن ۱۴۹/۷۷ میلی‌متر در سال بدست آمد. بیشترین میانگین ماهانه بارندگی ۳۴/۱۳ میلی‌متر و مربوط به بهمن‌ماه و کمترین میانگین ماهانه بارندگی ۰/۸۹ میلی‌متر و مربوط به شهریورماه است. شکل (۲) میانگین بارندگی ماهانه و تبخیر در منطقه را نشان می‌دهد. ۹/۵ درصد از بارندگی به آبخوان نفوذ می‌کند و حجم ذخیره‌شده ناشی از جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی به آبخوان منطقه ۳۹/۲۷ میلیون مترمکعب است. تبخیر سطح آبخوان بسیار ناچیز و در حد صفر است. به‌منظور بررسی آب برگشتی حاصل از مصارف کشاورزی با در نظر گرفتن شرایط منطقه و عوامل مؤثر ضریب نفوذ ۲۰ درصد لحاظ گردید. میزان نفوذ از پساب شرب روستایی و صنعت به آبخوان آبرفتی ۶۰ درصد و مقادیر نفوذ از مصارف شرب شهری به آبخوان آبرفتی در شهر خاش ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است. در آبخوان منطقه مورد مطالعه به ترتیب سالانه حجم آبی معادل ۱۱۸/۸ میلیون مترمکعب مصرف می‌کردند که از قنوت و چاه‌های بهره‌برداری عمیق و نیمه‌عمیق تأمین می‌شود. از حجم مصرف شده در آبخوان، مقدار ۱۰۱/۷۶ میلیون مترمکعب به مصرف کشاورزی معادل ۸۶٪، ۱۱/۹۴ میلیون مترمکعب به مصرف شرب معادل ۱۰٪ و ۵/۱ میلیون مترمکعب به مصرف صنعت معادل ۴٪ می‌رسد (۱۳). در این تحقیق برای انجام بهینه‌سازی با توجه به کمبود اطلاعات، سه چاه نزدیک به هم از دشت خاش انتخاب شد. با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازمان آب و منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان سه حلقه چاه انتخابی، ۷۸۰۱۹۲ مترمکعب معادل ۰/۶۳ درصد از نیاز آبی منطقه را تأمین می‌کند. با توجه به ساعت کارکرد پمپ‌ها در روز، کارکرد پمپ‌ها ۱۰ ساعت در روز در نظر گرفته شد. در جدول (۱) مشخصات چاه‌های انتخابی قید شده است. هدایت هیدرولیکی هر سه چاه ۴۱ متر بر روز است.

تعریف سناریوها

در مدل WEAP، ۸ سناریو در جهت کاهش استفاده از آب زیرزمینی در جدول (۲) به‌صورت تعریف شد.

نیازهای آبی و حداکثر حجم نگهداری شده در مخزن در طول سال نسبت به سایر سناریوها شرایط بهتری را برای مخزن در دوران خشکسالی به همراه دارد سناریو برگزیده بود (۹). موارد و الشهایی با توجه به اهمیت موضوع اقتصاد در آسیای شرقی به ارزیابی تقاضای آب و برق سوریه در زمان حال و آینده با استفاده از مدل WEAP تحت شش سناریو پرداختند و نشان دادند تغییر اقلیم تأثیر عمیقی می‌تواند بر منابع سوریه داشته باشد. در نتیجه استفاده از بهترین فناوری موجود می‌تواند در به حداقل رساندن فاصله بین عرضه و تقاضا کمک کند (۱۰). مدل‌های شبیه‌سازی همواره این امکان را به برنامه ریزان و مدیران بخش آب می‌دهند تا بتوانند راهی مناسب شرایط موجود در هر دوره از برنامه‌ریزی ارائه دهند. حداقل کردن هزینه‌ها و افزایش سود از جمله توابع هدفی است که با کمک مدل‌سازی می‌تواند راهکار مناسبی داشته باشد. از جمله اقدامات مناسب جهت کاهش هزینه‌ها در بخش بهره‌برداری از منابع آبی می‌توان به تعیین عمق بهینه چاه‌ها جهت کف‌شکنی در دوره‌هایی که سطح آب زیر زمینی کاهش می‌یابد اشاره نمود. در تعیین عمق بهینه‌ی چاه‌های آب کشاورزی دشت سیدان-فاروق با هدف کاهش هزینه‌ی حفاری و آبکشی و تأمین آب موردنیاز کشاورزی موسوی و غلامی نشان دادند که برداشت آب از چاه با کف‌شکنی چاه‌های موجود تا ژرفای ۱۳۸ متری مقرون‌به‌صرفه خواهد بود (۱۱). غلامی و همکاران به تعیین عمق اقتصادی چاه در آبیاری بارانی با توجه به هزینه‌های یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای انرژی، هزینه حفاری، کلیه هزینه زراعی و نسبت درآمد به هزینه کشاورز پرداختند. نتایج نشان داد که هیچ محدودیتی برای حفاری به‌منظور افزایش عمق چاه با توجه به هزینه کم انرژی وجود ندارد (۱۲). با توجه به اینکه کنترل عمق چاه‌های کشاورزی به‌عنوان یکی از راهکارهای پیشنهادی وزارت نیرو در راستای تأمین آب شرب و صنعت در دشت‌ها می‌باشد هدف این تحقیق جلوگیری از حفاری بیش از نیاز و کف‌شکنی مجدد چاه‌ها در آینده و کاهش هزینه‌ها در حوضه آبریز خاش و تأمین حداکثر نیازهای آبی منطقه در دوره مواجهه با خشکسالی می‌باشد. در تحقیقات گذشته به سه موضوع تغییر اقلیم، مدیریت منابع آب و بهینه‌سازی عمق چاه‌ها به‌صورت جداگانه یا ترکیب دو موضوع باهم پرداخته‌اند حال آنکه در این تحقیق به بررسی هم زمان سه موضوع با هم پرداخته شده است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی خاش در غرب استان سیستان و بلوچستان بین طول‌های ۵۷' ۶۰ تا ۴۷' ۶۱ شرقی و عرض‌های ۴۸' ۲۷ تا ۴۰' ۲۸ شمالی واقع شده است. مساحت کل محدوده

تحلیل نیاز هر بخش، حفاظت آب، حقایقه‌ها و اولویت‌های تخصیص، شبیه‌سازی آب‌های سطحی و زیرزمینی، بهره‌برداری از مخزن، تولید انرژی برقایی، روندیابی آلودگی، نیازهای اکوسیستم، ارزیابی آسیب‌پذیری و تحلیل منفعت-هزینه طرح را پوشش دهد (۱۴). سپس سناریوهایی در جهت کاهش مصرف آب از آب زیرزمینی تعریف و حجم آب زیرزمینی در سال هدف ۲۰۴۴ تعیین شد. در ادامه با توجه به حجم به‌دست‌آمده و مساحت و ضریب ذخیره در منطقه، متوسط افت آب زیرزمینی در سال هدف تعیین به دست آمد. نهایتاً بر اساس ضریب افت در منطقه، میزان افت آب زیرزمینی در سه عدد چاه تعیین و عمق چاه‌های در نظر گرفته‌شده جهت کف شکنی در سناریوهای مختلف با بهینه‌سازی محاسبه می‌گردد.

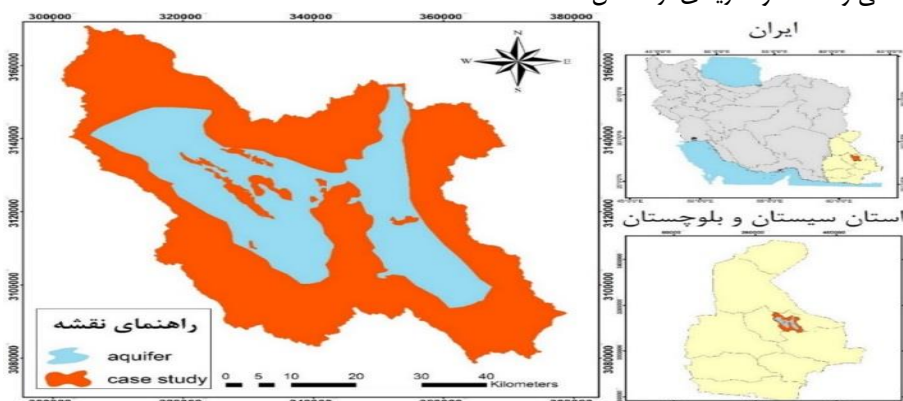
مسئله بهینه‌سازی

در تعیین عمق بهینه چاه‌ها برای سال هدف از مساله بهینه‌سازی که در ادامه به توضیح کامل هدف و محدودیت‌های در نظر گرفته شده می‌پردازیم. تابع هدف جمع هزینه‌های پمپ و الکتروموتور، هزینه لوله‌گذاری و هزینه حفاری در نظر گرفته شد. هزینه پمپ و الکتروموتور تابعی از دبی و هد پمپاژ می‌باشد.

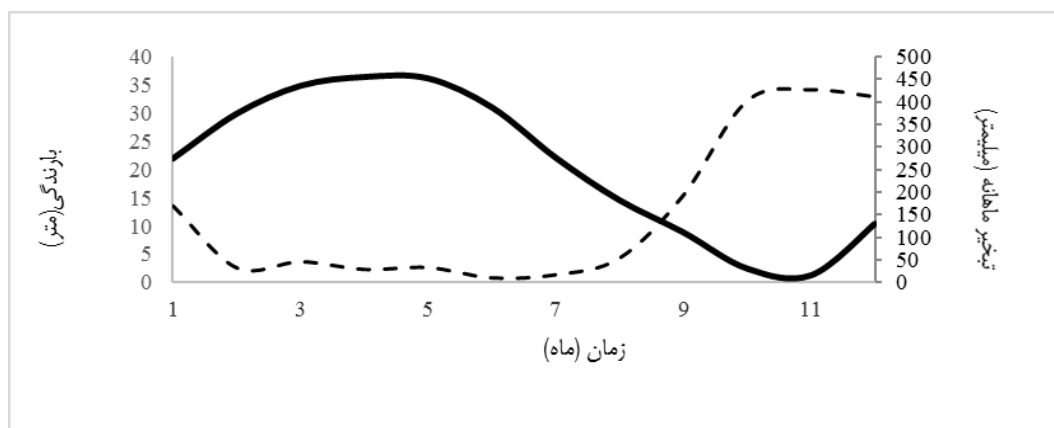
سال ۲۰۱۴ به‌عنوان شرایط موجود برای طرح در نظر گرفته شد و در واقع سال پایه برای مدل است و تمام اطلاعات سیستم (مانند نیاز، داده‌های منابع و غیره) در شرایط موجود وارد خواهد شد. افق زمانی موردنظر ۳۰ سال می‌باشد و سناریوهای تعریف‌شده سیاست هدف کاهش برداشت از آب زیرزمینی را دنبال می‌کنند تا از افت آب زیرزمینی و در نتیجه افزایش کف شکنی چاه‌ها جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در قالب سه بخش اصلی مطابق شکل (۳) می‌باشد. ابتدا با استفاده از مدل LARS-WG بارندگی برای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۴۴ پیش‌بینی و بر اساس پیش‌بینی بارندگی در سال‌های ذکر شده و بارندگی در سال پایه ضریب اقلیمی برای هر سال مشخص و این ضریب اقلیمی وارد مدل WEAP شد. این مدل با استفاده از روش سال آبی، میزان تأثیر بارندگی بر رواناب و آب‌های زیرزمینی و همچنین تأثیر رواناب بر آب‌های زیرزمینی اثر تغییر اقلیم بر منابع آبی منطقه را اعمال می‌کند. WEAP بر اساس معادلات پایه بیلان آبی عمل کرده و آن را می‌توان در سیستم‌های شهری و کشاورزی، حوضه‌های مستقل یا سیستم‌های رودخانه‌ای مرزی پیچیده به کار برد. علاوه بر این WEAP می‌تواند محدوده زیادی از مسائل مانند



شکل ۱. موقعیت آبخوان منطقه مورد مطالعه در منطقه و استان سیستان و بلوچستان



شکل ۲. میانگین بارندگی و تبخیر ماهانه (۱۳۶۵-۱۳۹۴)

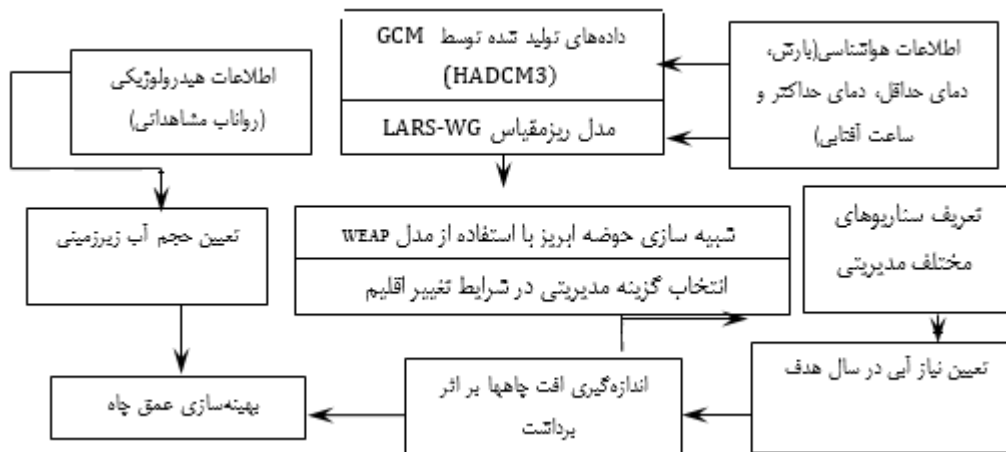
جدول ۱. مشخصات چاه‌های انتخاب شده

عمق (متر)	قطر لوله آبد (اینچ)	ساعت کارکرد پمپ	عمق سنگ‌بستر (متر)	عمق سطح آب (متر)	ضریب افت سطح آب	UTMx	UTMy	چاه
۵۴	۵	۱۰	۷۰	۳۷	۰/۸	۳۲۳۵۵۵	۳۱۲۵۰۴۰	۱
۵۰	۵	۱۰	۷۰	۳۵	۰/۶۷	۳۲۴۰۸۲	۳۱۲۴۶۸۴	۲
۵۰	۴	۱۴	۷۰	۳۳	۰/۶۱	۳۲۳۵۹۳	۳۱۲۳۴۸۹	۳

منبع. شرکت آب منطقه ای استان سیستان بلوچستان

جدول ۲. سناریوهای مدیریتی تعریف شده در مدل WEAP

سناریو	شرایط
S1	بر اساس شرایط موجود، آینده بررسی می‌شود
S2	صرفه‌جویی ۲۰٪ مصرف آب شرب روستایی سال ۲۰۳۴
S3	صرفه‌جویی ۲۰٪ مصرف آب در صنعت تا ۲۰۲۴ و استفاده مجدد از ۳۰٪ آب مصرفی تا ۲۰۲۹
S4	صرفه‌جویی ۳۰٪ مصرف آب شرب شهری و استفاده مجدد از ۳۰٪ آب مصرفی تا ۲۰۲۹
S5	استفاده از رواناب در کشاورزی
S6	کاهش ۱۰٪ سطح زیرکشت تا سال ۲۰۲۴
S7	صرفه‌جویی ۲۰٪ در بخش کشاورزی
S8	اعمال همه سناریوها



شکل ۳. الگوریتم تحقیق

در بازده ماکزیمم مشخص شده و با توجه به هزینه پمپ‌ها و الکتروموتورها، مقدار P و C به ترتیب برابر ۶۹۳۲۲۹۵۹/۷۴ و ۷۹۶۷۵۵۷۲/۳۹ به دست آمد. هزینه حفاری و لوله‌گذاری تابعی از عمق حفاری می‌باشد که به صورت روابط (۲) و (۳) تعریف می‌شود:

$$\text{هزینه حفاری} = \sum_{i=1}^n (H_i - H_j) * M \quad (2)$$

$$\text{هزینه پمپ و الکتروموتور} = \sum_{i=1}^n P * (Q_i * H_{p_i}) + C \quad (1)$$

در رابطه فوق، Q_i دبی پمپاژ چاه i (مترمکعب بر ثانیه)، H_{p_i} هد پمپاژ چاه i (متر)، C عدد ثابت و P ضریبی است که با توجه به منحنی مشخصه پمپ و ماکزیمم بازده پمپ تعیین می‌شود. (۱۵)

برای محاسبه هزینه پمپ و الکتروموتور در تابع هدف، از روی منحنی مشخصه پمپ‌های شناور پمپ ایران، دبی و هد پمپ‌ها

مطابق با پیشنهادهای مطالعات گذشته دبی مجاز هر چاه (مترمکعب بر ثانیه) Q_c نیز از رابطه (۹) قابل محاسبه است (۱۷)

$$Q_c = \frac{2\pi r(H - S)\sqrt{K}}{15} \quad (9)$$

دبی چاه باید کوچکتر یا مساوی دبی مجاز چاه باشد لذا معادله (۱۰) به مساله افزوده می‌شود:

$$Q_i \leq Q_c \quad (10)$$

هد پمپ باید انرژی لازم برای بیرون کشیدن آب از چاه و انتقال آن به مخزن و میزان افت در لوله آبدار را تأمین کند. بنابراین رابطه (۱۱) به محدودیتها افزوده می‌شود. در این رابطه عدد ۳ به خاطر محاسبه نشدن افت جزئی و در نظر گرفتن شناوری پمپ در آب می‌باشد. برای محاسبه افت انرژی در لوله آبدار از رابطه (۱۲) استفاده شد:

$$H_p = H_{li} + S_i + F_i + 3 \quad (11)$$

H_{li} : میزان افت انرژی در لوله آبدار چاه i .

$$H_{li} = \frac{10.6 * L_i * Q_i^{1.85}}{c^{1.85} * D_i^{4.87}} \quad (12)$$

رابطه فوق، c ضریب هیزن ویلیامز، L_i طول لوله آبدار در چاه i قطر لوله آبدار در چاه i می‌باشد.

برای انجام بهینه‌سازی با توجه به کمبود اطلاعات و کاهش پیچیدگی بهینه‌سازی، سه چاه نزدیک به هم از دشت خاش در سال ۱۳۹۳ انتخاب شد. با توجه به اطلاعات گرفته شده از سازمان آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان سه حلقه چاه انتخابی، ۷۸۰۱۹۲ مترمکعب معادل ۰/۶۳ درصد از نیاز آبی منطقه (در بخش کشاورزی و شرب روستایی) را تأمین می‌کند. با توجه به ساعت کارکرد پمپها در روز، کارکرد پمپها ۱۰ ساعت در روز در نظر گرفته شد (۱۳). لازم به ذکر است تمامی روابط ذکر شده در این بخش برای تعیین تابع هدف با استفاده از برنامه متلب حل و جواب نهایی بدست آمد.

توابع ارزیابی خطا

در این مطالعه به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی مدلها با مقادیر مشاهداتی متغیرها از معیارهای مختلفی از جمله ضریب همبستگی خطی R ، جذر ریشه میانگین مربع خطا $RMSE$ و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده می‌شود. معیار و روابط ریاضی آنها به صورت زیر تعریف می‌شود:

ضریب تعیین نشان می‌دهد که چند درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود.

$$R = \frac{n \sum \hat{y}_t y_t - (\sum \hat{y}_t) (\sum y_t)}{\sqrt{n(\sum \hat{y}_t^2) - (\sum \hat{y}_t)^2} \cdot \sqrt{n(\sum y_t^2) - (\sum y_t)^2}} \quad (13)$$

$$\text{هزینه لوله گذاری} = \sum_{i=1}^n (H_i - H_j) * N \quad (3)$$

در روابط فوق، i و j شماره چاه، H_i عمق چاه i بعد از کف شکنی (متر)، H_j عمق فعلی چاه i (متر)، M هزینه حفاری به ازای هر متر طول و N هزینه لوله‌گذاری به ازای هر متر طول می‌باشد.

بر اساس بخشنامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور سال ۱۳۹۶ هزینه حفاری توسط دستگاه حفاری ضربه‌ای به ازای هر متر طول ۹۱۵۵۰۰ ریال، و هزینه لوله‌گذاری به ازای هر متر طول ۲۴۴۳۹۰۰ ریال است (۱۶). بنابراین، در مجموع تابع هدف به صورت رابطه (۴) است.

$$f = \sum_{i=1}^n \frac{(H_i - H_j) * 915500}{+ (H_i - H_j) * 2443900} + 69322959.74(Q_i * H_{p_i}) + 79675572.39 \quad (4)$$

محدودیت‌های مسئله

با توجه به میزان نیاز آبی در سال محدودیت نیاز آبی را می‌توان به صورت رابطه (۵) بیان نمود:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \frac{24}{r} * q \quad (5)$$

در رابطه فوق، t زمان کارکرد پمپ در روز (ساعت)، q میزان نیاز آبی در سال (مترمکعب بر ثانیه)، n تعداد چاههای انتخاب شده برای کف شکنی، Q_i دبی پمپاژ چاه i (مترمکعب بر ثانیه) می‌باشد (۱۵).

با توجه به عمق سنگ کف هر چاه محدودیت عمق چاهها را می‌توان به صورت رابطه (۶) بیان نمود:

$$H_j \leq H_i \leq H_j + G \quad (6)$$

: فاصله کف چاه موجود تا سنگ کف (متر).

با توجه به عمق سنگ کف هر چاه، محدودیت میزان افت آب در چاهها به فرم رابطه (۷) می‌باشد:

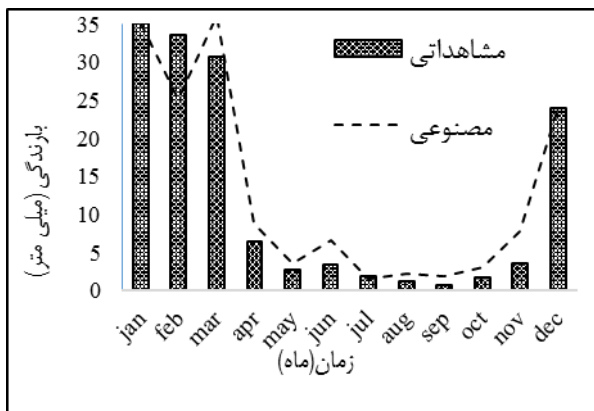
$$0 \leq S_i \leq H_i - F_i \quad (7)$$

در رابطه فوق، S_i میزان افت سطح آب در چاه i بر اثر پمپاژ (متر)، F_i سطح ایستابی آب در چاه i است.

با توجه به رابطه دبی چاه حفر شده در سفره‌های آزاد، برای محدودیت مربوط به دبی چاهها به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود که در آن، K هدایت هیدرولیکی، R شعاع تأثیر چاه (متر)، r شعاع چاه (متر) می‌باشد:

$$Q_i = \frac{K\pi((H_i - F_i)^2 - (H_i - F_i - S_i)^2)}{\ln \frac{R}{r}} \quad (8)$$

داده‌های مشاهداتی ۵ ساله (۲۰۱۱-۲۰۱۵) از لحاظ شاخص‌های آماری R^2 ، MAE، RMSE و میانگین درصد خطا به صورت سالانه باهم مقایسه شد. مدل MPEH5 تحت سناریوی A_1B که ترسیم‌کننده جهانی با رشد سریع اقتصادی و جمعیتی است به طوری که بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن رخ داده و پس از آن روند افزایش جمعیت، کاهش خواهد بود. همچنین، رشد سریع فناوری‌های نوین و مؤثر بر اساس این سناریو در دوره‌های آتی رخ خواهد داد و بنابراین تغییر اقلیم متوسطی برای دوره‌های آینده را ترسیم می‌نماید با R^2 ، MAE و RMSE به ترتیب، ۰/۸۵، ۲۷/۷ و ۲۹/۷۵ و میانگین درصد خطا ۱۲/۱- به عنوان بهترین مدل GCMs در تولید داده‌های بارندگی در آینده و در منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. منفی بودن میانگین درصد خطا نشان‌دهنده آن است که داده‌های تولید شده از داده‌های مشاهداتی بزرگ‌تر هستند که این اختلاف ۶/۵ درصد است. در نهایت میزان بارندگی برای افق زمانی ۳۰ ساله (۲۰۱۵-۲۰۴۴) محاسبه گردید. شکل (۴) و (۵) متوسط بارش ماهانه و پراکنش آن‌ها را برای داده‌های مصنوعی و مشاهداتی نشان می‌دهد.



شکل ۵. مقایسه میانگین بارش ماهانه داده‌های مشاهداتی و تولیدشده

بنابراین با ادامه شرایط موجود، در آینده با مشکلات زیادی برای تأمین آب مورد نیاز منطقه مورد مطالعه مواجه می‌شود. در سناریو S8 که سیاست‌های سناریوهای S2 تا S7 به صورت جامع در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۵-۲۰۴۴ بر آن اعمال شد با کمترین کاهش آب ذخیره‌شده در آبخوان مواجه می‌شود. در این سناریو آب ذخیره‌شده در انتهای سال ۲۰۴۴، ۲۹/۹۳ درصد می‌باشد و در این مدت ۶/۷۱٪ از آب ذخیره‌شده آبخوان کاسته خواهد شد. بیشترین کاهش آب ذخیره‌شده آبخوان در سناریو S8 مربوط به سپتامبر ۲۰۳۶ است که آب ذخیره‌شده، ۳۵/۸۹ درصد می‌باشد. چون ۸۶٪ از نیاز آبی منطقه مربوط به بخش کشاورزی است.

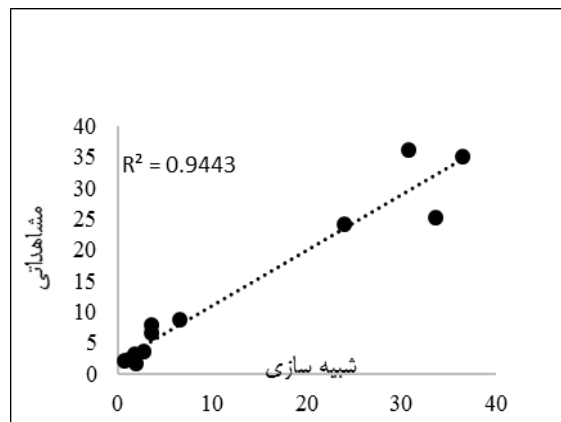
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_t - y_t| \quad (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2}{n}} \quad (15)$$

در روابط (۱۳) تا (۱۵) پارامتر n تعداد کل مشاهدات برای دوره پیش‌بینی، \hat{y}_t و y_t به ترتیب ارزش پیش‌بینی شده در زمان t و ارزش واقعی در زمان را نشان می‌دهد.

یافته‌ها

برای بررسی کارایی مدل LARS-WG از قسمت Q_{test} مدل که جزء قابلیت‌های مدل است، استفاده شد. Q_{test} مدل با توجه به مدل کردن ۲۵ سال داده مصنوعی و داده‌های مشاهداتی ورودی برای سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۶ متوسط بارش ماهانه را محاسبه کرد و توانایی این مدل با توجه به نتایج آماری جدول (۳) در منطقه مورد مطالعه مورد تأیید قرار گرفت. این نتایج نشان می‌دهند مدل با ضریب رگرسیونی ۰/۹۴ و RMSE، ۳/۴۲ شبیه‌سازی بسیار خوبی را برای بارندگی انجام داده است. همچنین در ادامه برای تمام مدل‌های GCM با سناریوهای انتشار متفاوت برای ۵ سال داده‌های هواشناسی تولید شد و با



شکل ۴. نمودار پراکنش مقادیر مشاهداتی و شبهه‌سازی شده بارندگی ماهانه

با بدست آمدن اطلاعات بارش و تعیین ضریب اقلیمی حاصله از آن‌ها برای هر سال این داده‌ها به همراه سایر اطلاعات مصرف مربوط به منطقه به مدل WEAP وارد شدند. با تعیین سال ۲۰۱۴ بعنوان سال پایه و تعریف سناریو مرجع و سایر سناریوهایی که در قسمت قبل معرفی شدند به بررسی وضعیت ذخایر آب پرداخته شد. در سناریو S1 بیشترین کاهش آب ذخیره‌شده در آبخوان را خواهیم داشت.

آب ذخیره شده در این سناریو در انتهای سال ۲۰۴۴ نسبت به ابتدای سال ۲۰۱۴، ۱۲/۴۵ درصد است و در مدت ۳۱ سال ۸۸/۵۴ درصد از آب ذخیره‌شده آبخوان کاسته خواهد شد.

بیشترین هد پمپاژ و عمق سطح آب چاه‌ها با میانگین به ترتیب ۶۲/۰۱ و ۴۴/۴۸ متر مربوط به سناریو S1 و کمترین آن‌ها با میانگین ۵۳/۱۱ و ۳۶/۸۴ متر مربوط به سناریو S8 می‌باشد. با بررسی نتایج حاصل از اعمال سناریوها و نتیجه ای که از آن‌ها گرفته می‌شود این است که مطابق شکل (۷) سطح نمودارها هیچگونه تغییر محسوسی در جهت کاهشی تا سناریو S4 که صرفاً تمرکز بر مدیریت مصرف شرب بوده است نخواهد داشت و با اعمال سناریوهایی که بخش کشاورزی در آن دخیل است تغییرات کاهش عمق سطح آب و هد پمپ بوجود خواهد آمد که این نشان‌دهنده تاثیر بخش کشاورزی در میزان مصرف منطقه است.

سناریوهای S6، S7 و S8 بیشترین تاثیر را بر کاهش میانگین عمق سطح آب، میانگین هد پمپ، میانگین عمق چاه‌ها و به طبع آن میانگین عمق کف شکنی دارند (شکل ۷). هر چه ضخامت لایه اشباع بیشتر باشد یا به عبارت دیگر هرچه عمق سطح آب در چاه‌ها کمتر باشد عمق چاه‌ها و عمق کف شکنی چاه‌ها کمتر می‌باشد.

بعد از سناریو S8، سناریوهای S7 و S6 کمترین کاهش آب ذخیره‌شده آبخوان را دارند. این سناریوها مربوط به سیاست‌های مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی می‌باشد و بیشترین تاثیر را در سناریو S8 و کاهش استفاده از آب‌های زیرزمینی می‌گذارند. با توجه به تغییرات آب ذخیره‌شده آبخوان در سناریو S8 در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۴-۲۰۴۴ می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال سیاست‌های مدیریت منابع آب در منطقه می‌توان از شدت کاسته شدن آب ذخیره‌شده در آبخوان جلوگیری کرد و آبخوان را به تعادلی پایدار رساند. شکل (۶) نمودار تغییرات آب ذخیره شده آبخوان در هر سناریو و در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۴-۲۰۴۴ را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۴)، بیشترین عمق بهینه چاه‌ها با میانگین ۶۹/۱۸ متر مربوط به سناریو S1 و کمترین با میانگین ۵۵/۱۹ متر در سناریو S8 است؛ بنابراین میانگین دبی‌ها در همه‌ی سناریوها به دلیل اینکه نیاز آبی سه چاه انتخاب شده در همه‌ی سناریوها یکسان است با هم برابر است. افت سطح آب در اثر پمپاژ متأثر از دبی و هدایت هیدرولیکی که با توجه به میانگین دبی یکسان و هدایت هیدرولیکی برابر، میانگین افت سطح آب در تمام سناریوها تقریباً یکسان است.

جدول ۳. مقایسه داده‌های مصنوعی و داده‌های مشاهداتی بارندگی با شاخص‌های آماری

RMSE	R	R ²	MAE
۳/۴۲	۰/۹۷	۰/۹۴	۲/۴۹

منبع . اطلاعات تحقیق

سال ۲۰۴۴ بیشتر از نیمی از آب ذخیره شده در آبخوان کاسته خواهد شد و مردم و مسئولین منطقه با مشکلات زیادی برای تأمین نیاز آبی مواجه می‌شوند. بنابر تحقیق حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۴ که در استفاده از روش‌های نوین آبیاری در ایران که بصورت کشت گلخانه‌ای است نشان دادند که میزان مصرف آب با این روش ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. در صورت استفاده از این روش اگر مصرف آب بخش کشاورزی را بتوان ۳۰ درصد کاهش داد می‌توان ۲۷/۶ میلیون مترمکعب در سال صرفه‌جویی کرد (۱۸). این تحقیق در مقایسه با تحقیق حاضر نشان می‌دهد که می‌توان سناریو S8 را که کاهش ۲۰ درصدی بخش کشاورزی که بخش عمده ذخیره آب در آن است و سناریوهای S2 تا S7 را به صورت جامع در برمی‌گیرد بعنوان بهترین سناریو معرفی شده عنوان کرد. در این سناریو، هزینه‌ها، افت سطح آب زیرزمینی و عمق کف شکنی از بقیه سناریوها کمتر است و سطح آب در آبخوان به تعادل می‌رسد بنابراین با اعمال سیاست‌های مدیریت منابع آب در منطقه می‌توان روند کاهش سطح آب زیرزمینی را متوقف کرد و آب زیرزمینی را به تعادل پایدار رساند.

با افزایش عمق سطح آب در چاه‌ها، عمق کف شکنی و هد پمپ افزایش می‌یابد (شکل ۸). هزینه‌ها تابعی از عمق کف شکنی، هد پمپ و دبی می‌باشد؛ بنابراین با افزایش آن‌ها هزینه هم افزایش می‌یابد. مطابق با شکل (۹) که میانگین دبی‌ها ثابت است ولی هزینه‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه دبی تأثیری بر کاهش یا افزایش هزینه‌ها ندارد؛ بنابراین فقط عمق کف شکنی و هد پمپ‌ها تنها عواملی هستند که تأثیر بیشتری بر تغییرات هزینه‌ها خواهند داشت.

نتیجه گیری

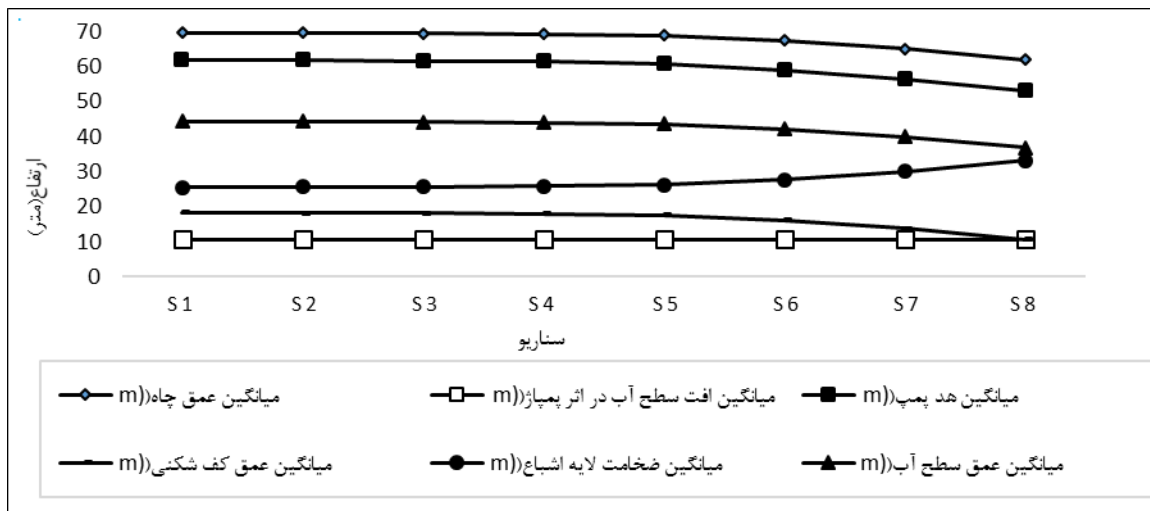
برای بررسی تغییر اقلیم در منطقه بهترین مدل گردش عمومی جو GCM برای بررسی بارندگی در آینده مدل MPEH5 تحت سناریو A1B است. از ۸ سناریو تعریف شده در مدل WEAP برای مدیریت آب منطقه مورد مطالعه بدترین سناریو، سناریو S1 است که ادامه شرایط موجود است چون در این سناریو هزینه‌ها، افت سطح آب زیرزمینی و عمق کف شکنی از بقیه سناریوها بیشتر می‌باشد و هیچ برنامه مدیریتی در منطقه با توجه به کاهش منابع آب زیرزمینی وجود نخواهد داشت و تا

میانگین دبی‌ها در سه چاه در همه‌ی سناریوها یکسان است، چون نیاز آبی برای همه‌ی سناریوها یکسان در نظر گرفته شده است.

سناریوهای S6 و S7 که مربوط به سیاست‌های مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی است بیشترین تأثیر را در سناریوی S8 و همچنین در کاهش افت سطح آب‌زیرزمینی را دارند چون ۸۶ درصد از نیاز آبی منطقه مورد مطالعه مربوط به بخش کشاورزی است. با افزایش عمق سطح آب زیرزمینی، هزینه‌ها، هد پمپ‌ها، عمق چاه‌ها و به تبعیت از آن عمق کف شکنی افزایش می‌یابد.



شکل ۶. تغییرات آب ذخیره شده‌ی آبخوان در سناریوها و در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۴-۲۰۴۴

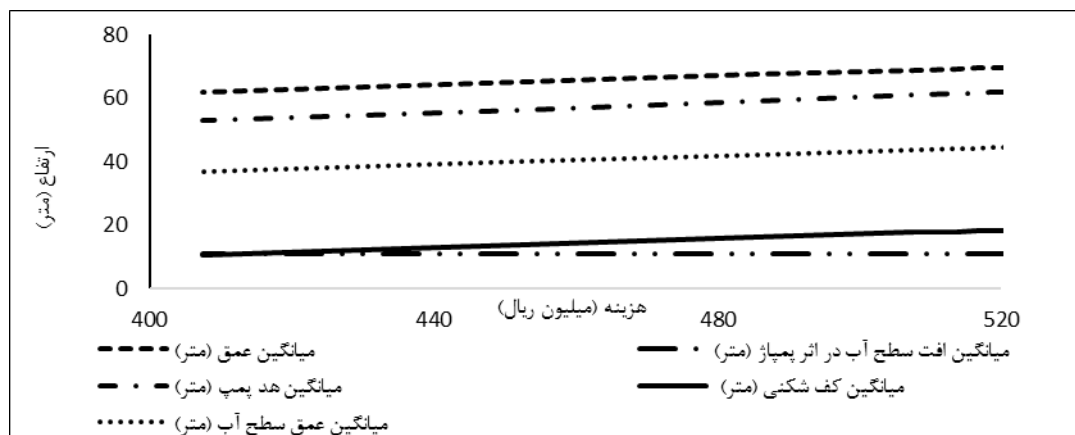


شکل ۷. میانگین نتایج به دست آمده بر اساس سناریوها

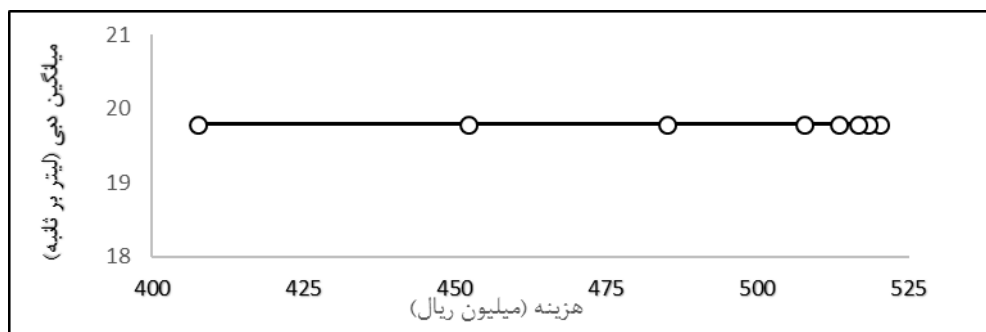
جدول ۴. نتایج سناریوها

سناریو	سناریو	سناریو	سناریو	سناریو	سناریو	سناریو	سناریو	چاه	
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		
۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۶۷	۶۴/۲۷	۱	عمق چاه (متر)
۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۶۹/۹۲	۶۶/۶۵	۲	
۶۹/۱۸	۶۸/۸۳	۶۸/۵۰	۶۷/۹۵	۶۶/۸۴	۶۲/۳۷	۵۸/۵۰	۵۵/۱۹	۳	
۶۹/۷۳	۶۹/۶۱	۶۹/۵۰	۶۹/۳۲	۶۸/۹۵	۶۷/۴۶	۶۵/۱۴	۶۲/۰۳		میانگین
۱۰/۲۲	۱۰/۲۴	۱۰/۲۷	۱۰/۳۱	۱۰/۳۹	۱۰/۷۰	۱۰/۶۳	۱۰/۷۸	۱	افت سطح آب در اثر پمپاژ (متر)
۱۰/۸۹	۱۰/۹۱	۱۰/۹۳	۱۰/۹۶	۱۱/۰۲	۱۱/۲۳	۱۱/۵۳	۱۱/۴۹	۲	
۱۱/۲۱	۱۱/۱۷	۱۱/۱۳	۱۱/۰۷	۱۰/۹۵	۱۰/۴۰	۱۰/۰۳	۹/۹۱	۳	
۱۰/۷۷	۱۰/۷۷	۱۰/۷۸	۱۰/۷۸	۱۰/۷۹	۱۰/۷۸	۱۰/۷۳	۱۰/۷۳		میانگین
۱۶/۲۱	۱۶/۳۴	۱۶/۴۹	۱۶/۷۳	۱۷/۲۱	۱۹/۱۳	۱۸/۶۹	۱۹/۶۵	۱	دبی بر ثانیه (لیتر)
۲۰/۴۱	۲۰/۵۷	۲۰/۶۹	۲۰/۹۰	۲۱/۳۲	۲۲/۹۸	۲۵/۴۷	۲۵/۱۴	۲	
۲۲/۷۶	۲۲/۴۷	۲۲/۲۰	۲۱/۷۵	۲۰/۸۵	۱۷/۲۷	۱۵/۲۱	۱۴/۵۸	۳	

۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	۱۹/۷۹	میانگین	
۶۲/۶۴	۶۲/۵۶	۶۲/۴۷	۶۲/۳۴	۶۲/۰۶	۶۰/۹۶	۵۸/۱۱	۵۴/۷۴	۱	
۶۰/۳۵	۶۰/۲۶	۶۰/۱۹	۶۰/۰۸	۵۹/۸۵	۵۸/۹۴	۵۷/۵۱	۵۴/۳۴	۲	هد
۶۳/۰۴	۶۲/۷۱	۶۲/۴۰	۶۱/۸۸	۶۰/۸۷	۵۷/۰۲	۵۳/۶۱	۵۰/۳۵	۳	پمپ (متر)
۶۲/۰۱	۶۱/۸۴	۶۱/۶۹	۶۱/۴۳	۶۰/۹۳	۵۸/۹۸	۵۶/۴۱	۵۳/۱۱	میانگین	
۴۷/۹۴	۴۷/۸۱	۴۷/۶۸	۴۷/۴۶	۴۷/۰۳	۴۵/۳۲	۴۲/۷۰	۳۹/۱۲	۱	
۴۴/۱۶	۴۴/۰۵	۴۳/۹۴	۴۳/۷۶	۴۳/۴۰	۴۱/۹۷	۳۹/۷۷	۳۶/۷۸	۲	عمق
۴۱/۳۴	۴۱/۲۴	۴۱/۱۴	۴۰/۹۸	۴۰/۶۵	۳۹/۳۴	۳۷/۳۵	۳۴/۶۲	۳	سطح آب
۴۴/۴۸	۴۴/۳۷	۴۴/۲۶	۴۴/۰۷	۴۳/۶۹	۴۲/۲۱	۳۹/۹۴	۳۶/۸۴	میانگین	(متر)



شکل ۸. میانگین نتایج به دست آمده بر اساس هزینه‌ها



شکل ۹. میانگین دبی چاه‌ها بر اساس هزینه‌ها

References

1. Arnell NW. Global warming, river flows and water resources. John Wiley & Sons Ltd; 1996.
<http://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19971903551>
2. Mitchell TD. Pattern scaling: an examination of the accuracy of the technique for describing future climates. Climatic change. 2003 Oct; 60(3):217-42.
[\[DOI.org/10.1023/A:1026035305597\]](https://doi.org/10.1023/A:1026035305597)
3. Johnson GL, Hanson CL, Hardegree SP, Ballard EB. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 1996 Oct; 35(10):1878-96.
[\[DOI.org/10.1175/1520-0450\(1996\)035<1878:SWSOAA>2.0.CO;2\]](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1996)035<1878:SWSOAA>2.0.CO;2)
4. Semenov MA, Barrow EM, Lars-Wg A. A stochastic weather generator for use in climate impact studies. User Man Herts UK. 2002 Aug.
5. Alizadeh, H., and Zahraei, B. Comparison of statistical downscaling models in

- simulation of the daily rainfall. The 16th Conference of Iran Geophysics. 2014. 128-132. (In Persian).
6. Mousavi RS, Ahmadzadeh M, Marofi S. A multi-GCM assessment of the climate change impact on the hydrology and hydropower potential of a semi-arid basin (A Case Study of the Dez Dam Basin, Iran). *Water*. 2018 Oct; 10(10):1458. [DOI.org/10.3390/w10101458]
 7. Baghanam AH, Nourani V, Sheikhabaei A, Seifi AJ. Statistical downscaling and projection of future temperature change for Tabriz city, Iran. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Jun 1 (Vol. 491, No. 1, p. 012009). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/491/1/012009/meta>
 8. Sechi GM, Sulis A. Intercomparison of generic simulation models for water resource systems. In International Congress on Environmental Modelling and Software Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada, 2010; 8: 15. <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2010/all/474/>
 9. Movahed Atar, F., Samadi, H. Evaluation of Zayanderud dam operation during drought period by using weap model. *Irrigation and Water Engineering*, 2014; 4(2): 18-28. (In Persian) http://www.waterjournal.ir/article_70873.html?lang=en
 10. Mourad KA, Alshihabi O. Assessment of future Syrian water resources supply and demand by the WEAP model. *Hydrological Sciences Journal*. 2016 Jan 25;61(2):393-401. [DOI.org/10.1080/02626667.2014.999779]
 11. Mousavi S. N. Gholami M. Determine the most profitable optimal depth of the agricultural water wells for sustainable management of the Sidan-Farooq plain aquifer. *Journal of Water Resources Engineering*, 2012.5:99-109. (In Persian)
 12. Gholami Z., Ibrahimian H., Noory H. Determining economic depth of agricultural well in sprinkler irrigated farms in Qazvin plain. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 2017; 48(2): 441-449.
 13. Sangab Zagros Consulting Engineers. Report on the extension of the ban on Khash plain and its integration with Poshtkouh Plain. Ministry of Energy, Regional Water Company of Sistan and Baluchestan Province. 2014. (In Persian)
 14. Sieber J, Purkey D. WEAP tutorial. Stockholm Environment Institute. 2008.
 15. Safari, H., Navaeenia, B., Sharifi, M. Determination of Optimal Depth for Well Extension Using a Nonlinear Programming Model. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* 2005; 15(3): 35-41. (In Persian)
 16. Office of Technical Affairs and Compilation of Criteria for Management and Planning Organization. Circular of well's head. 2017. (In Persian)
 17. Mehta VK, Haden VR, Joyce BA, Purkey DR, Jackson LE. Irrigation demand and supply, given projections of climate and land-use change, in Yolo County, California. *Agricultural water management*. 2013 Jan 31;117:70-82. [DOI.org/10.1016/j.agwat.2012.10.021]
 18. Hosseini M., Ebrahimi N.GH., Mohammadi, E., Makrian Z. Quantitative assessment of extractable

water resources in agriculture and natural resources. Economic Evaluation of Water Resources in Agriculture from a Sectorial

Perspective to an Applied Landscape in Natural Resource Management, 2014. 1-9. (In Persian)