Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering (JISE) **Vol. 42, No. 3, Fall 2019, p. 31-46**

EXTENDED ABSTRACT

Assessment of Groundwater Crisis in Arid and Semiarid Areas (Case Study: Jaghin and Tokahor Plain)

H. Moslemi

1- Ph.D. Student of Watershed Science and Engineering, Management of Watersheds, Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran *(hamidmoslemi65@gmail.com)*

Received: 7 September 2016 Revised: 26 September 2017 Accepted: 4 October 2017

Keywords: Jaghin and Tokahor Aquifer, Development, Agriculture, Management.
DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

Introduction

Groundwater represents one of the largest stocks of accessible freshwater and accounts for about one-third of freshwater consumption globally (Famiglietti, 2014). Overpumping the groundwater, especially in arid and semiarid areas, has had negative effects on the environment. Recognizing the productivity of water and soil resources is the first step toward planning and managing the increasing optimum operation of these resources. Water resource management, especially that of groundwater, is very important in the arid and semiarid regions (Moslemi, 2015). Water Crisis is one of the most important environmental hazards that have social and economic consequences. Now we have a serious challenge in countries that they have been overpumping groundwater, which further extraction from groundwater table has caused a decrease in the groundwater level in most areas in the world (Moslemi,2015). Statistics in world resources show that groundwater decreasing process has hard conditions. The index of the water crisis in Iran, considering its presence in a dry and semi-arid region, is more unfavorable than the average level in the world, in other words, up to one percent of world populations live in Iran while its portion from sweet water resources is just 0.36 %. On the other hand, all the world just uses 45% of the resources, but Iran has used 66% of its saved sweet water (Khorani and Khajeh, 2014). In population program and their environment national organization, Iran is at the 100th place on the list of countries that their rehabilitation of sweet water per person is low. According to international standards, Iran will soon be in a state of a scarcity of water and will be in a group of countries facing a water crisis (Bargahi and Mousavi, 2007). Research shows that from 609 aquifers in Iran, 300 aquifers are in critical conditions and deemed among forbidden regions for over-extraction and another 40 aquifers are determined to be in critical conditions (Moslemi and Darvishi, 2018). So, in these conditions, we must study more about Iran's aquifers; although with an exact prediction of groundwater table changes, we can use that in trust water preparation planning and also, in water resource management. Jaghin and Tokahor aquifers in the southeast of Iran are in arid climate conditions, and during recent years, it has been facing a low drop of water table. If we want to have a good decision and correct the planning in management and the extraction methods from these aquifers, it is necessary that the underground water in these plains be investigated in a long period and the complete management solutions be determined. Our goal in this study is investigating the water crisis that happened in Jaghin and Tokahor aquifers and its causing factors. We hope that this project will be one of the important steps for attracting attention to the water crisis in this case study.

Materials and methods

Case study introductions

Jaghin and Tokhor are 170 km to the east of Hormozgan Province between Minab and Rodan. It is between 57 degrees and 12 minutes to 57 degrees 45 minutes latitude to the east and longitude of 26 degrees and 57 minutes to 27 degrees and 27 minutes to the north with 620.7 km2 that 54 km2 of that are a mountain area and 105.5 km2 are a plain area. According to geological characteristics, alluvial sediment condition, and extraction well locations, the alluvial table area is 279.4 km2. The plain and mountains in Jaghin and Tokahor are shown in fig (1). This plain is bound from the north by Ketaron Spear Mountain, from the east and southeast by Bashagard mountain, from the northeast by Manojan River and Bashagerd mountain, from the south by Sorni River, and from the west and northwest by Dargir mountain. The case study is in the southeast of Iran, and it is across Sanandaj – Syrjan geomorphology and Makran zone. This area according to Domarten climate categories is considered a dry climate. About 35000 people live in the plain with an economic system that is partially based on agriculture, and it has rural economic characteristics. About 97% of the extracted water volume of the groundwater table is used for agricultural activities. In addition, the other watershed and plain characteristics, such as environment and climate parameters, are shown in table (1). The main goal in this study is evaluating the water condition, especially the one of Jaghin and Tokahor underground water, and showing the critical and main factors. For this project we use these statistics and information:

- Reports and essays about the subject
- climate data, such as annual mean precipitation and evaporation in some stations at the plain surface in the statistics period (1991-2011)
- The Monthly well water table at the observed plain in the statistics period (1991-1992)
- Some software and GIS

For investigating the consequences of groundwater table decline at Jaghin plain and Tokahor, we used data from 1991-1992 period, and then the climate, hydrologic, hydrogeologic, geologic, and geographic data were calculated and analyzed. With the water table use of 30 circle wells in the observed plain, we investigated the changes in water table processing with their unit hydrograph. With their results, we identified a water tabled decline and evaluated it. Then for showing the landscape of total future underground water resources, we predicted conditions for wells for all the plain. Because all prediction-based data are from the past, in this study, we used the well underground table from 20 years, and considering that the current nutrition processing and water table drainage continue, we predicted the condition for 10 years, in other words, the water year 2020-2021. Finally, after concluding results and investigating solutions, we found the best solution for decreasing the problems.

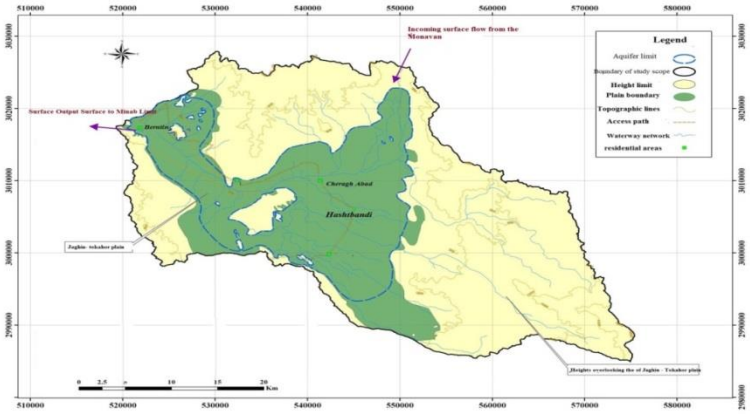


Fig. 1- Plain boundaries and heights in the area of study of Jaghin-Tokahor

 DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

Table 1- Some Characteristics of the Watershed of the Plain

Specifications	the amount of
Average annual temperature	26
Average annual rainfall	210 mm
Area of the watershed	1184.7 km^2
Range of the balance sheet plain	279.4 km^2
Aquifer saving factor	0.04
Coefficient infiltrate agricultural	%25
Coefficient infiltrate	%70
Industrial waste water and drinking water	
Average thickness of alluvial	52 m
Annual relative humidity	54%
Absolute maximum temperature	49.5 1 ° C in July
Absolute minimum temperature	1 ° C in January and February
Minimum and maximum height of the basin	170 m and 2125m
Weighted average height of the plain	256.87 m
Average annual drainage of the plain	61.9 million cubic meters

Results

Pay attention to the unit hydrograph from October 1991-1992 to September 2011-2012 the absolute groundwater level from 226.29 m was decreased to 218.13 m and the sum 8.16 m declined (Fig. 2). There is an annual 0.4 m height decrease in the underground bank. Prediction results show that if these water-usage conditions continue further, in the future, and we would not be able to control preventing more extracting, because of that during the next 10 years, the underground table will be decreased by more than 4.2 meters. The most important factors for the current critical water condition in Jaghin and Tokahor are:

1. Over- extracting factors:

After 1991 because of over-extracting from wells, we have had water decline of about 0.4 meters every year. A lot of other factors affected over-extraction, such as:

a. Cultural factors
b. Population growth
c. Agricultural axes

2. Climate factor
3. High consumption cultivations

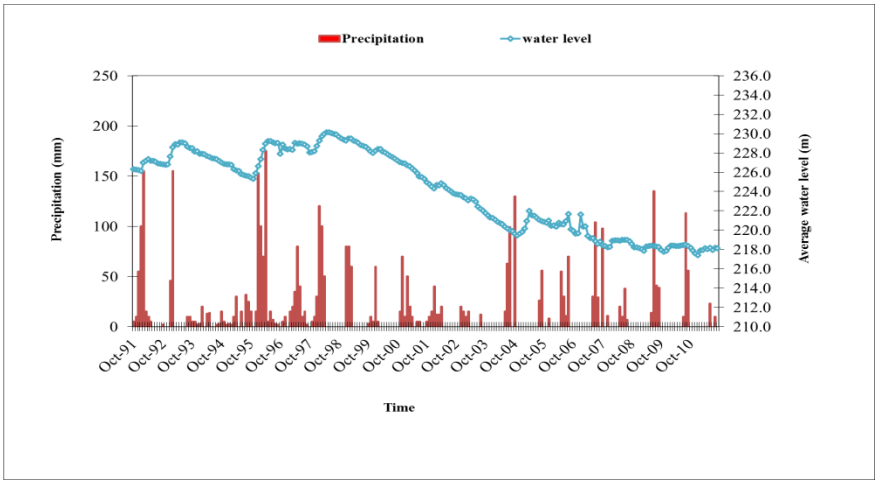


Fig. 2 -The hydrograph unit of the plain from October 1991 to September 2011

Conclusions

According to the obtained results from the present research, the changes in the trend of the groundwater level of the region is negative. If the exploitation of the groundwater resources continues in its present form, social and economic crises can be formed. Since the only source of water is groundwater in the area and about 97% of the water taken from groundwater sources is used for irrigation, water conservation in agriculture, improvements in irrigation systems, an increase in farmers' knowledge, providing an optimal planting pattern, controlling water pumping and the area under cultivation, and pricing water in the agricultural sector relative to the consequences of the decline in groundwater levels should be considered.

References

1- Bargahi, KH., and Mousavi, S.A.,2007. Effect of water table depths and salinity of groundwater on the contribution of groundwater to evapotranspiration of safflower (Carthamus tinctorius L.) in Greenhouse, *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3(2),* pp. 59-69. (in Persian).

2- Famiglietti, J. S., (2014). The Global Groundwater Crisis. Nature Climate Change, 4, pp. 945–948.

3- khorani A., and khaje, M., 2014. An Investigation on the Coincidence Between Trend of Drought and Groundwater levels Decline (A Case Study: Plain of Darab). *MJSP. 18 (2*), pp. 57-80. (in Persian).

4- Moslemi, H., 2015. Effect of Floodwater Spreading Groundwater Resources Hashtbandi Plain (Hormozgan province). *(M.Sc.) Thesis Watershed Management, Islamic Azad University Sirjan*, 99 p (in Persian).

5- Moslemi, H., and Darvishi, R., 2018. Strategies to Reduce Groundwater Level Decline (The Case Study of Lavar Plain in Hormozgan Province). *Journal of land Management, 5 (2),* pp. 125-135. (in Persian).



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری
جلد ٤٢، شماره‌ی۳، پاییز ۹۸، ص. ٤٦-۳۱

ارزیابی بحران آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: دشت جغین و توکهور)

حمید مسلمی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گرایش مدیریت حوزه‌های آبخیز، گروه منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
hamidmoslemi65@gmail.com

دریافت: ۹۵/۶/۱۷ بازنگری: ۱۳۹۶/۰۷/۰۴ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱۲

چکیده

مدیریت منابع آب به ویژه آب های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه خشک، اهمیت خاصی دارد. عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر موجب به وجودآمدن شرایط بحرانی و اُفت سطح آب زیرزمینی در بیشتر مناطق کشور شده است. در این تحقیق، نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت جغین و توکهور در استان هرمزگان طی دوره آماری ۲۰ سال (از سال آبی ۷۱-۷۰ تا ۹۰-۸۹) با استفاده از هیدروگراف واحد مورد بررسی قرار گرفت، سپس به‌بررسی جامع وضعیت افت سطح آب‌های زیرزمینی و با در نظر گرفتن عوامل اساسی اثرگذار و آسیب‌های ناشی از آن پرداخته شده است و در نهایت با شناسایی عمده پارامترهای مؤثر و نظر به‌روند بحرانی کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، راه‌کارهای مدیریتی مناسب در جهت کنترل و مقابله با این بحران ارائه شده است. نتایج سطح آب در ۳۰ چاه مشاهده‌ای بیانگر آن است که متوسط افت آب زیرزمینی در حوضه جغین و توکهور، برای مدت مورد مطالعه برابر ۸/۱٦ متر بوده است و در صورت ادامه روند کنونی شرایط تغذیه و تخلیه و عدم انجام اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت بی‌رویه، طی ۱۰ سال آینده سطح آب زیرزمینی این دشت، بیش از ٤/۲ متر دیگر افت خواهد داشت، با حفاظت آب در کشاورزی و تهیه الگوی کشت بهینه، کنترل میزان پمپاژ آب و قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی می‌توان میزان افت سطح آب زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را به‌حداقل رساند.

کلیدواژه‌ها: آبخوان جغین و توکهور ، کشاورزی، مدیریت.

مقدمه

بحران آب، یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که دارای پی‌آمدهای اقتصادی و اجتماعی است. در حال حاضر تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی چالش جدی را در بیش‌تر کشورها ایجاد نموده است. برداشت بی‌رویه از آب های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان سبب افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. آمار ارایه شده در منابع جهانی وضع دشوار روند افت سالانه آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. شاخص بحران آب در ایران با توجه قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک، به‌مراتب نامطلوب‌تر از متوسط سطح در دنیاست، در حالی‌که تنها یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند و سهم آن از کل منابع آب شیرین تجدید شونده دنیا تنها ۰/۳۶ درصد است. از سوی دیگر، جهان فقط از ۴۵ درصد منابع مطلوب خود استفاده کرده و کشور ایران حدود ۶۶ درصد از ذخایر آب شیرین خود را به‌مصرف رسانده است (Khorani and Khajeh, 2014). سازمان ملل در برنامه جمعیت و محیط زیست خود، ایران را در ردیف ۱۰۰ کشوری قرار داده که سرانه آب شیرین تجدید شونده آن‌ها کم است. بر پایهٔ معیارهای بین المللی، دیری نخواهد گذشت که ایران به مرحله کمیابی آب برسد و در گروه کشورهای گریبان گیر بحران آب قرار گیرد (Bargahi and Mousavi, 2007).

بحران آب، علت‌های مختلفی دارد و مطالعه بحران‌های آب از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش‌های گوناگونی در ارتباط با بحران آب در مناطق مختلف ایران و جهان انجام گرفته است:

Velayati (2006) در بررسی بحران آب در استان خراسان، به این نتیجه رسید که در سال‌های ترسالی نیز هم چنان افت آب‌های زیرزمینی وجود دارد. وی خشکسالی‌ها، برداشت بیش از حد منابع آب‌های زیرزمینی را دلیل بحران آب منطقه می‌داند.

Javan و Fal Soleyman (2008) در راستای کاهش بحران آب و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در بیرجند، تغییر الگوی کشت را پیشنهاد دادند.

Shahid و Hazarika (2009) تأثیر خشکسالی بر آب زیرزمینی در شمال غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش سطح آب زیرزمینی در ۴۲ درصد از این منطقه هر ساله پدیدار است. تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصل‌های خشک و بازگشت

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

خشکسالی‌ها از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشد.

نتایج پژوهش Balali et al. (2010) در دشت همدان – بهار نشان داد که قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی تاثیر قابل توجهی در کاهش تقاضا و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به همراه دارد.

EsmaiInejad et al. (2014) در بررسی بحران آب در دشت بردسکن، دریافتند که با توجه به بحران شدید آب در منطقه، نیاز به کاشت محصولاتی با نیاز آبی کم و بازدهی بالا می‌باشد.

Mohamed et al. (2016) آبخوانی را در شمال شرقی امارات متحده عربی مورد بررسی قرار دادند، نتایج مدل سازی نشان داد که نرخ فعلی بهره‌برداری از آبخوان قابل قبول نبوده و باعث افت شدید سطح آب می‌شود و نیاز است که برای جلوگیری از این افت ۲۵ درصد از برداشت فعلی کاسته شود.

نتایج تحقیق Nezamdost (2016) نشان می‌دهد بحران آب در بعد زیست‌محیطی موجب افت کیفیت آب،خشک شدن چاه‌ها و قنات‌ها، افت سطح تراز آب زیرزمینی، در بعد اقتصادی کاهش سطح درآمد، پایین آمدن قیمت محصولات به‌دلیل افت کیفیت، کاهش میزان تولید محصولات زراعی شده است. از این رو برای مقابله با پیامدهای بحران آب باید روش‌های همسو با شرایط منطقه‌ای از قبیل تغییر الگوی کشت، نظارت برمیزان برداشت ساعات کارکرد چاه‌ها، استفاده از روش‌های آبیاری نوین منطبق با نوع الگوی کشاورزی و وضعیت طبیعی منطقه و همچنین تنوع بخشی به اقتصاد روستایی اتخاذ نمود.

Zamani et al . (2018) در بررسی عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی دشت مهران، استان ایلام نتیجه گرفت که به‌طور متوسط هر ساله ۹۰ سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است و مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی را افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری (برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی) و تأثیر خشک‌سالی‌های متوالی و در نتیجه کاهش تغذیه آبخوان بیان نمود و پیشنهاد داد که بهره برداری از آب زیرزمینی دشت مهران در قالب بیلان صورت گیرد و جهت افزایش تغذیه آبخوان، طرح‌های تغذیه‌ی مصنوعی اجرا شود و جهت بهره‌برداری بهینه از روش‌های نوین آبیاری با رعایت اصول مربوطه صورت پذیرد.

Moslemi و Darvishi (2018) در بررسی راهکارهای کاهش افت سطح آب زیرزمینی دشت لاور، استان هرمزگان پیشنهاد داد با توجه به‌ادامه روند افت آب زیرزمینی و کسری حجم مخزن در دشت دشت لاور از لحاظ بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی ممنوعه اعلام گردد.

راهکارهای مدیریتی Moslemi (2018) در بررسی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی دشت هشتبندی، کنترل برداشت آب، تعیین آب‌بهای بخش کشاورزی، تغییر الگوی کشت و تهیه الگوی کشت بهینه با توجه شرایط زمین و اقلیم منطقه، بیان مشکلات و افزایش سطح دانش بهره‌برداران بود.

تحقیقات نشان می‌دهد از مجموع ۶۰۹ آبخوان موجود در ایران، ۳۰۰ آبخوان در شرایط بحرانی و ممنوعه بحرانی و ۴۰ آبخوان در شرف ممنوعیت قرار دارند. بنابراین وضعیت موجود ایجاب می‌کند که هر چه بیش‌تر در مورد وضعیت آبخوان‌های کشور مطالعه و بررسی صورت گیرد، از طرفی با پیش بینی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان از آن در برنامه‌ریزی تامین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب استفاده نمود. آبخوان جغین و توکهور در جنوب شرقی ایران از آبخوان‌هایی است که در شرایط اقلیمی خشک قرار دارد و در طی سال‌های اخیر با افت شدید سطح ایستابی روبرو بوده است، برای تصمیم‌گیری بهتر و برنامه‌ریزی صحیح‌تر در مورد مدیریت و روش بهره‌برداری از این گونه آبخوان‌ها، ضروری است وضعیت آب زیرزمینی این دشت‌ها در یک دوره طولانی مدت مورد بررسی قرار گرفته و راه‌کارهای مدیریتی جامع ارائه گردد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی بحران آبی شکل گرفته در آبخوان جغین و توکهور و عوامل مؤثر در بروز آن است. امید است این پژوهش گام مهمی در جهت ایجاد توجه جدی‌تر به مسئله بحران آب در دشت مورد مطالعه در این پژوهش باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز جغین و توکهور در فاصله ۱۷۰ کیلومتری شرق استان هرمزگان و در حد فاصل شهرستان‌های میناب و رودان، بین طول‌های ۵۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۶ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی واقع شده است. مساحت محدوده مطالعاتی جغین– توکهور برابر با ۶۲۰/۷ کیلومترمربع بوده که در حدود ۵۶۴ کیلومترمربع آن‌را تواحی کوهستانی و مابقی آن (۵۰۱/۵ کیلومترمربع) را نواحی دشتی تشکیل می‌دهند. با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه، وضعیت رسوبات آبرفتی و موقعیت چاه‌های بهره‌برداری، وسعت سفره آبرفتی تشکیل شده در این محدوده برابر با ۲۷۹/۴ کیلومترمربع می‌باشد. حد دشت و ارتفاعات در محدوده مطالعاتی جغین-توکهور در شکل (۱) نشان داده شده است. این دشت از شمال به کوه اسپیر کتارون، از شرق و جنوب‌شرقی به کوه‌های بشاگرد و از شمال شرقی به حوضه آبخیز رودخانه منوجان و کوه‌های بشاگرد و از جنوب به حوضه آبخیز رودخانه سرنی و از غرب و شمال‌غربی به کوه درگیر محدود می‌گردد. محدوده مطالعاتی در ناحیه جنوب‌شرقی ایران و در محدوده‌ی تلاقی زون‌های زمین‌ساختی سنندج – سیرجان و مکران قرار دارد، این حوضه از نظر طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جز اقلیم خشک قرار می‌گیرد. در این ناحیه پنج گسل فعال و بزرگ وجود دارند (گسل سبزواران، گسل بشاگرد، گسل باد کوش، گسل دستجرد، گسل رودان) که برخی با عبور از سازندهای زمین‌شناسی و آبرفت می‌توانند در ویژگی‌های هیدرودینامیکی مخازن آب زیرزمینی ایفای

نقش نمایند. سازندهای زمین‌شناسی موجود در حوضه به ترتیب از قدیم به جدید شامل، مجموعه آمیزه رنگین، مجموعه رسوبی، مجموعه بازی، مجموعه درکن، مجموعه بچگان، مجموعه اوالترا بازیک‌های سرخ‌بند، واحد کالکارنیت، کنگلومرای پالامی، واحد ماریچ، کنگلومرای پلیوسن بالایی می‌باشند. رسویات آبرفتی موجود در منطقه نیز از قدیم به جدید شامل تراس‌های آبرفتی قدیم، آبرفت‌های میانی یا مخروط افکنه‌های بادبزنی، تراس‌های آبرفتی جدید یا مخروطه افکنه‌های بادبزنی کم ارتفاع، رسویات سیلتی شسته شده، رسوبات ماسه بادی، آبرفت‌های جوان رودخانه‌ای می‌باشند. علاوه بر آن سایر مشخصات حوضه آبریز و دشت (پارامترهای محیطی و اقلیمی) به‌طور خلاصه در جدول (۱) آورده شده است. حدود۳۵۰۰۰ نفر در این دشت زندگی می‌کنند که نظام اقتصادی این منطقه بر پایه فعالیت در بخش کشاورزی استوار است و مشخصه‌های اقتصاد روستایی را داراست، به‌طوری‌که حدود ۹۷ درصد از حجم آب برداشت شده از سفره‌ی آب زیرزمینی صرف فعالیت‌های کشاورزی می‌شود.

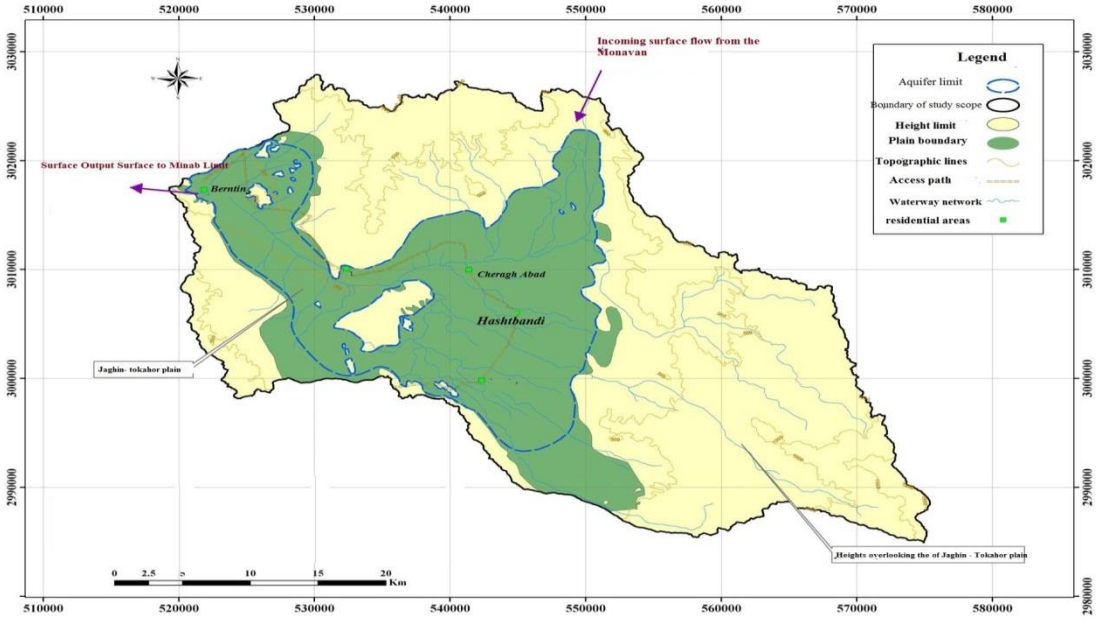


Fig. 1- Plain boundaries and heights in the area of study of Jaghin-Tokahor

شکل ۱- مرزهای دشت و ارتفاعات در محدوده مطالعاتی جغین -توکهور

جدول ۱- برخی از مشخصات حوضه آبخیز دشت

Table 1. Some characteristics of the watershed of the plain

Specifications	the amount of
Average annual temperature	26
Average annual rainfall	210 mm
Area of the watershed	1184.7 km^2
Range the balance sheet plain	279.4 km^2
Aquifer saving factor	0.04
Coefficient infiltrate agricultural	%25
Coefficient infiltrateIndustrial waste water and drinking water	%70
Average thickness of alluvial	52 m
Annual relative humidity	54%
Absolute maximum temperature	49.5 1 ° C in July
Absolute minimum temperature	1 ° C in January and February
Minimum and maximum height of the basin	170 m and 2125m
Weighted average height of the plain	256.87 m
Average annual drainage from the plain	61.9 million cubic meters

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

روش تحقیق

هدف اصلی این مقاله ارزیابی وضعیت آب، به‌ویژه آب زیرزمینی دشت جغین و توکهور و نشان دادن بحران و عوامل اصلی آن است. برای انجام این پژوهش از اطلاعات و آمار زیر استفاده شده است:

– کتب،گزارش‌ها، مقالات موجود در مورد موضوع مورد پژوهش و منطقه مورد مطالعه،

– داده‌های هواشناسی شامل متوسط بارش سالانه و میزان تبخیر ایستگاه‌های موجود در سطح دشت در طی دوره آماری (۱۳۹۰–۱۳۷۰)،

– داده‌های ماهیانه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای دشت در طی دوره آماری (۱۳۹۰–۱۳۷۰) و

– نرم افزارهای اکسل و گوگل ارت و جی ای اس

به‌منظور بررسی پی‌آمدهای افت سطح آب از سفره دشت جغین و توکهور، دوره زمانی ۱۳۹۰–۱۳۷۰ مبنای کار قرار گرفت. پس از آن کلیه اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژیک، هیدروژئولوژیک، زمین‌شناسی و جغرافیایی منطقه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد. با استفاده از اطلاعات سطح آب ۳۰ حلقه چاه مشاهده‌ای موجود در دشت، روند تغییرات سطح آب زیرزمینی به کمک هیدروگراف واحد منطقه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ادامه با استفاده از نتایج به‌دست آمده، پی‌آمدهای افت سطح ایستابی شناسایی و ارزیابی شد. همچنین برای ارایه دورنمایی کلی از وضعیت آتی منابع آب زیرزمینی، به پیش‌بینی شرایط برای هریک از چاه‌ها و به‌طور میانگین برای کل دشت اقدام شد (با توجه به این‌که در همه‌ی پیش بینی‌ها پایه و اساس کار، اطلاعات و نتایج کسب شده ازگذشته است، در این پژوهش با استفاده از اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای منطقه طی ۲۰ سال گذشته و با فرض ادامه روند کنونی تغذیه و تخلیه سفره‌ها، وضعیت ۱۰ سال آینده دشت (سال آبی ۱۴۰۰–۱۳۹۹) مورد پیش بینی قرار گرفت). در پایان نیز پس از جمع‌بندی نتایج و تحلیل راه‌کارهای موجود، راه حل‌های قابل اجرا برای کاهش مشکلات ارائه شده است.

نتایج و بحث

هواشناسی

در محدوده مطالعاتی جغین- توکهور نه ایستگاه هواشناسی وجود دارد (جدول۲) که شامل هشت ایستگاه باران‌سنجی (ایستگاه چراغ آباد، سندرک، سرگروه، بلبل آباد، معدن آسمینون، خراجی، سرنی و مشکالدین) و یک ایستگاه تبخیرسنجی (ایستگاه برنطین) می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده از ایستگاه‌ها به‌ترتیب ماه‌های دی، اسفند و بهمن پر باران‌ترین ماه‌های سال در منطقه می‌باشند، این سه ماه ۸۰ درصد بارندگی سالیانه را به‌خود اختصاص می‌دهد. جهت محاسبه بارندگی دشت و نواحی ارتفاعی اطراف آن در دوره ۱۳۹۰–۱۳۷۰ با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی و نیز بهره‌گیری از نقشه خطوط هم‌باران (شکل۲) محاسبات لازم انجام و میانگین بارندگی در طی دوره برای دو ناحیه مذکور (دشت و نواحی ارتفاعی اطراف) به‌ترتیب ۲۰۸ و ۲۰۹/۵ میلی‌متر محاسبه گردید (جدول ۳).

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی دشت جغین - توکهور

Table 2. Specifications of Meteorological Stations of the Jaghin - Tokahor plain

The row number	Station name	Geographical attributes			Station type
		Length (degrees, minutes and seconds)	Width (degrees, minutes and seconds)	Height (m)	
1	Bolbol Abad	57-31-04	27-16-44	320	Rain gauge
2	Chragh Abad	54-28-57	27-12-18	260	Rain gauge
3	Berntin	57-12-47	27-16-44	240	Evaporation
4	Meshkaladin	57-36-08	26-59-10	660	Rain gauge
5	Sargaro	57-40-44	27-14-43	560	Rain gauge
6	Madan Asmyon	57-22-51	27-23-10	800	Rain gauge
7	Sarni	57-18-32	27-04-07	235	Rain gauge
8	Senderk	57-25-23	26-50-26	210	Rain gauge
9	Kharaji	57-14-04	27-23-41	190	Rain gauge

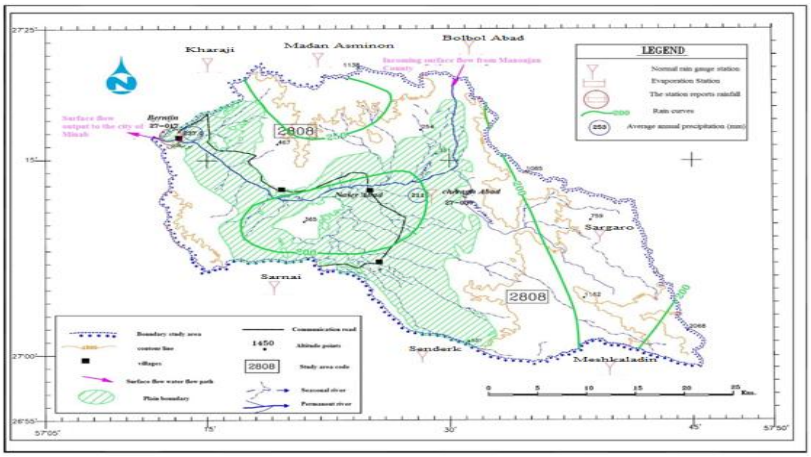


Fig. 2- isohyetal line map of the Jaghin & Tokahor Plain during the years 1991-2011
شکل۲- نقشه خطوط همباران محدوده مطالعاتی جغین و توکهور در طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۰

جدول ۳- متوسط بارندگی سالیانه دشت و نواحی ارتفاعی حوضه آبخیز و مقادیر تبخیرسالانه (بر حسب میلی‌متر) در طی دوره
Table 3. Average annual precipitation of plain and altitude areas of the watershed and annual evaporation values (in millimeters) during the period

blue Year	Plain rain	Rainfall Heights	Total evaporation from the surface of the basin	Total annual evaporation from free surface
1991-1992	299.5	301.7	2945.5	2061.9
1992-1993	435.7	438/8	3001	2100.7
1993-1994	72.7	73/2	3291.3	2303.9
1994-1995	145.4	146.4	3181.8	2227.3
1995-1996	606.3	610.7	2901.3	2030.9
1996-1997	230.5	232.2	2856.4	1999.5
1997-1998	398	400.8	2931.4	2052
1998-1999	194/6	196	3163.2	2214.2
1999-2000	128/3	129.2	3398.3	2378.8
2000-2001	80/9	81.5	3447.7	2413.4
2001-2002	117/2	118.1	3257.1	2280
2002-2003	89/3	89.9	3231.1	2261.8
2003-2004	37.9	38.2	3281.2	2296.8
2004-2005	333	335.4	3044.8	2131.4
2005-2006	83.2	83.7	3070	2149
2006-2007	172.9	174.1	2924.1	2046.9
2007-2008	180.7	182	3115.2	2180.6
2008-2009	157.4	158.5	3076.5	2153.6
2009-2010	198.9	200.4	3085.4	2150
2010-2011	198.2	199.6	3126.2	2048.5
Average	209	209.5	3117.7	2182.4

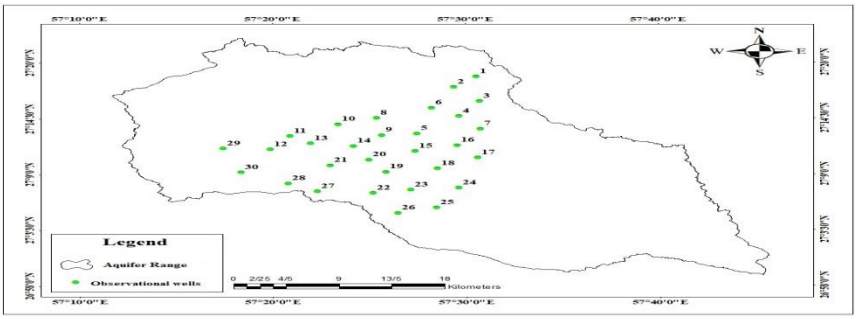


Fig. 3 - Location of observation wells in Goghin and Tokahor Plain
شکل۳- موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای در دشت جغین و توکهور

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

جدول٤ - مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت

Table 4 - Characteristics of observed wells in the plain

Well number	Geographical coordinates		Well depth (m)	Height of point of sign		Place name
	Utmx	Utmy		From ground level (m)	From sea level (m)	
1	550441	3020938	28.1	0.5	360.62	Tejdano
2	548519	3019027	36.4	0.7	356	Ab bad
3	550734	3016441	36.5	0.5	339.79	Chah Shahi
4	548948	3013725	50.2	0.8	329.59	Chah Shahi
5	545325	3010546	29	0.5	312.51	Cheragh Abad
6	546589	3015261	44.3	0.5	334.82	Kahor Abas
7	550791	3011431	46.6	0.4	338.85	Jafar Abad
8	541877	3013360	50	0.5	328.19	Bajgoeyeh
9	542336	3010273	25.3	0.8	303.43	Kalatak
10	538587	3012250	46	0.65	318.38	Jam Anbeh
11	534540	3010081	45	0.5	301.68	Jaghin
12	532824	3007663	31.8	0.5	276.66	Kam karat
13	536240	3008748	20.3	0.5	282.32	Ghalandari
14	539913	3008282	41.3	0.75	298.88	Naser Abad
15	545195	3007378	42.5	0.7	322.68	Cheragh Abad Jonobi
16	548817	3008423	60.6	0.6	349.63	Mazrah Tafazoli
17	550535	3006188	63	0.4	383.91	Dehendar
18	547116	3004216	77.8	0.5	349.95	Kahortak
19	542686	3003605	34.6	0.55	316.37	Hashtbandi
20	541226	3005783	33	0.5	309.01	Rigderaz
21	537945	3004763	23.9	0.5	302.91	Tokahor
22	541600	2999748	35.6	0.55	321.05	Tokahor
23	544839	3000314	53.85	0.5	343.08	Hashtbandi
24	548931	3000701	91.3	0.8	397.46	Hashtbandi
25	547059	2997088	90.25	0.5	384.24	Tokahor
26	543730	2996111	68.7	0.5	363.93	Tigh siah
27	536879	3000034	25.5	0.5	306.31	Chah gharbal
28	534327	3001470	29.1	0.6	314.32	Chah sharif
29	528777	3007792	88.2	0.7	321.54	Sham Zard
30	530301	3003479	59.6	0.6	351.22	Sohran

مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای، تعداد و تراکم و خصوصیات آن‌ها

تعداد شبکه چاه‌های مشاهده‌ای که شبکه رفتارسنجی دشت را تشکیل می‌دهد، ۳۰ حلقه می‌باشد (شکل ۳). چاه‌های مذکور به‌طور متوسط حدود ۱۸ متر در لایه آب‌دار شده‌اند که در جدول (۴) خلاصه مشخصات این چاه‌ها ارائه شده است.

هیدروژئولوژی منطقه

سفره آب زیرزمینی دشت تنها از یک سفره و از نوع آزاد می‌باشد. تخلیه اصلی آبخوان آبرفتی دشت توسط چاه‌ها صورت می‌گیرد. رسوبات آبرفتی مربوط به دوران چهارم زمین شناسی(کواترنر) می‌باشد و بافت رسوبات دشت عمدتاً شن، ماسه و رس تشکیل می‌دهد. تنها رودخانه مهم حوزه، رودخانه جغین بوده که از ارتفاعات موسوم به کوه سیاه سرچشمه گرفته و پس از عبور از محدوده‌ی مطالعاتی منوجان وارد دشت می‌شود.

چگونگی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

با توجه به این‌که دشت جغین و توکهور قطب کشاورزی استان هرمزگان می‌باشد، مساحت زمین‌های کشاورزی دشت به ۳۰۰۰۰ هکتار می‌رسد و آب مورد نیاز جهت کشاورزی از ۱۸۴۷ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق تامین می‌گردد، از این تعداد ۵۴ حلقه چاه عمیق با حداقل و حداکثر آبدهی لحظه‌ای به‌ترتیب ۱۲ و ۴۵/۴ لیتردرثانیه و ۱۷۹۳ حلقه چاه نیمه عمیق که حداقل و حداکثر آبدهی لحظه‌ای به‌ترتیب ۰/۵ و ۶۶ لیتردرثانیه بوده است. هم‌چنین تعداد ۲۱۷ حلقه از چاه غیرفعال و ۱۶۳۰حلقه فعال بوده‌اند. متوسط عمق چاه‌های دشت ۳۳ متر که حداقل عمق چاه‌ها ۷ متر و حداکثر عمق چاه‌ها ۱۵۰ متر می باشد. از مجموع ۱۸۴۷ حلقه چاه موجود تعداد ۲۴ حلقه به مصرف شرب، ۱۰ حلقه به مصارف صنعت و خدمات، و ۱۸۱۳ حلقه به‌مصرف کشاورزی اختصاص داشته است. هم‌چنین میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی جهت مصارف یاد شده به ترتیب برابر ۴۰۹۴۴۳۶ ، ۱۲۹۶ و ۱۳۰۱۴۶۲۸۵ متر مکعب در سال بوده است. حجم تخلیه سالیانه ۱۳۴میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است (جدول ۵).

جدول ۵- وضعیت بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت جغین و توکهور جهت مصارف مختلف

Table 5- Status of exploitation of groundwater resources in the Jaghin & Tokahor plain for various uses

Year	Number of wells	Discharge the type of consumption (m^3)			Drainage sum (million cubic meters)
		Drinking	Industry	Agriculture	
1991-1992	1178	2542860	0	79993452	82.537
1992-1993	1224	3331368	648	98448557/04	101.782
1993-1994	1287	۳۸٤٤٥۸٤	1296	102078417.6	105.926
1994-1995	1339	4077864	1296	105303622.7	109.38
1995-1996	1416	4077864	1296	111501033.8	115.582
1996-1997	1501	4077864	1296	117174555.4	121.255
1997-1998	1575	4078206	1296	121019437/8	125.101
1998-1999	1651	4078719	1296	124634673	128.716
1999-2000	1718	4081833	1296	127166134	131.251
2000-2001	1795	4089606	1296	129042738/8	133.135
2001-2002	1845	4094436	1296	130146285.1	134.244
2002-2003	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2003-2004	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2004-2005	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2005-2006	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2006-2007	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2007-2008	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2008-2009	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2009-2010	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
2010-2011	1847	4094436	1296	130146285.1	134.244
Total period	1847	79225128	23976	2417825473	2497.105

تهیه و تفسیر هیدروگراف معرف دشت

هیدروگراف معرف یا واحد نشان‌دهنده تغییرات سطح آب کل آبخوان در دوره و مدت زمان مشخص می‌باشد. این هیدروگراف براساس روش تیسن برای چاه‌های مشاهده‌ای با دوره آماری مناسب تهیه می‌شود. هدف از تهیه هیدروگراف معرف نمایش تغییرات سطح آب آبخوان، تعیین دوره بیشینه و کمینه، تعیین دوره بیلان آب زیرزمینی و برآورد میزان افت سطح آب زیرزمینی در دوره مشخص است. هدف از ترسیم هیدروگراف. جهت بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت از آمار اطلاعات ۳۰ حلقه چاه مشاهده‌ای استفاده گردیده است. ابتدا برای هر چاه محاسبات لازم در طول دوره آماری مورد نظر انجام و سپس نسبت به‌محاسبه ارتفاع متوسط سطح دشت در طول دوره آماری مورد نظر اقدام گردید و نهایتاً ارتفاع متوسط مطلق از سطح دریا محاسبه شد (جدول ۶). با شبکه‌بندی منطقه مورد بررسی به روش وزنی و با توجه به آمار سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، هیدروگراف واحد آب زیرزمینی منطقه ترسیم گردید (شکل۴). هیدروگراف واحد دشت طی دوره بیلان ۲۰ ساله (مهر ماه سال آبی ۷۱-۷۰ لغایت مهر ماه سال آبی ۹۰-۸۹) نوسانات متفاوتی از خود بروز داده است که در زیر به اختصار توضیح داده می‌شود:

بارندگی‌های مناسب و موثر سال آبی ۷۱-۷۰ و تداوم آن در سال بعد که بیش از متوسط سالیانه بارندگی دشت (۲۱۱ میلی‌متر) و به ترتیب برابر ۲۹۵ و ۳۹۱ میلی‌متر در سال بوده، باعث خیزش ارتفاع مطلق سطح آب دشت تا میزان ۲۲۹/۰۸ متر در اردیبهشت ماه سال آبی ۷۲-۷۱ و افزایش ارتفاع مخزن زیرزمینی به میزان ۲/۷۹ متر نسبت به ابتدای دوره گردیده و از آن پس کاهشی نسبتاً ملایمی در هیدروگراف پدید آمده که در اثر کاهش بارندگی در دو سال بعد تا آبان ماه سال ۷۵-۷۴ به درازا کشیده و ارتفاع مطلق سطح آب دشت تا رقوم ۲۲۵/۲۹ متر افت نموده است. روند افزایشی دوباره هیدروگراف از آذر ماه سال آبی ۷۵-۷۴ هم‌زمان با شروع بارندگی‌های استثنایی آن سال که در مجموع با ارتفاع بیش از ۶۰۰ میلی‌متر به وقوع پیوسته، شروع و تداوم بارندگی در سال‌های بعد هر چند با ارتفاع کمتر، سبب افزایش تدریجی ارتفاع مطلق سطح آب تا نقطه اوج خود در طول دوره بیلان (۲۳۰/۱۳) در خرداد ماه سال آبی ۷۷-۷۶ و افزایش ۳/۸۴ متر به ارتفاع مخزن زیرزمینی نسبت به ابتدای اندازه‌گیری (مهر ۱۳۷۰) گردیده است. بعد از این تاریخ تا پایان دوره بیلان، خشکسالی دراز مدت (۱۱ساله) بر منطقه مستولی بوده که به‌تبع آن هیدروگراف روند کاهشی در پیش گرفته و به تدریج بر سرعت کاهش ارتفاع سطح آب دشت افزوده شده است. از ابتدای دوره بیلان در مهر ماه سال آبی ۷۱-۷۰ لغایت پایان دوره در شهریور ماه سال آبی ۹۰-۸۹ ارتفاع مطلق سطح آب دشت از رقوم ۲۲۶/۲۹ متر تا رقوم ۲۱۸/۱۳ متر کاهش یافته و در مجموع ۸/۱۶ متر و به‌عبارت دیگر سالیانه ۰/۴ متر از ارتفاع مخزن زیرزمینی کاسته شده است (جدول ۶).

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

جدول ٦- ارتفاع متوسط سطح آب (به متر) دشت جغین و توکهور در طی دوره ۲۰ ساله

Table 6. Average water level (m) of the plain during the 20-year period

Month year	April	May	June	July	August	Septrmber	October	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
1991	-	-	-	-	-	-	226.29	226.24	226.19	226.13	226.96	227.15
1992	227.34	227.14	227.15	227.08	226.89	226.82	226.79	226.76	226.81	227.62	228.59	228.87
1993	228.84	229.08	229.05	229.00	228.63	228.48	228.47	228.13	228.14	227.89	227.90	227.85
1994	227.68	227.55	227.43	227.38	227.35	227.15	226.97	226.85	226.79	226.81	226.77	226.29
1995	226.16	226.12	225.78	225.72	225.63	225.55	225.44	225.29	225.89	226.62	227.32	228.31
1996	228.92	229.21	229.20	229.09	228.99	229.00	227.88	228.83	228.45	228.36	228.38	228.29
1997	229.02	228.96	228.97	228.94	228.84	228.64	228.01	228.05	228.14	228.70	229.24	229.71
1998	229.95	230.12	230.13	230.03	229.92	229.91	229.66	229.49	229.32	229.26	229.49	229.49
1999	229.23	229.17	229.01	228.81	228.69	228.62	228.39	228.17	227.99	228.19	228.40	228.38
2000	228.13	228.01	227.84	227.68	227.54	227.40	227.21	227.03	226.95	226.88	226.71	226.62
2001	226.41	226.17	225.88	225.54	225.49	225.29	224.91	224.76	224.50	224.29	224.67	224.61
2002	224.86	224.65	224.36	224.15	223.98	223.78	223.71	223.67	223.59	223.40	223.28	223.08
2003	223.23	223.14	222.92	222.45	222.20	222.03	221.75	221.51	221.27	221.23	221.08	220.82
2004	220.70	220.62	220.33	220.17	219.99	219.87	219.59	219.45	219.60	219.78	220.14	220.92
2005	221.98	221.53	221.47	221.29	221.08	220.94	220.82	220.75	220.99	220.45	220.48	220.34
2006	220.75	220.63	220.58	220.91	221.66	220.08	219.92	219.62	219.64	221.60	220.35	220.40
2007	219.39	219.16	219.13	218.83	218.57	218.77	218.44	218.31	218.18	218.22	218.87	218.93
2008	218.91	218.90	218.96	218.97	218.97	218.82	218.56	218.19	218.22	218.09	218.02	217.86
2009	218.28	218.36	218.38	218.36	218.31	218.26	217.93	217.73	217.83	218.17	218.37	218.37
2010	218.33	218.31	218.40	218.44	218.45	218.35	218.15	217.89	217.55	217.40	217.88	217.93
2011	218.11	218.01	218.15	217.91	218.14	218.13	-	-	-	-	-	-

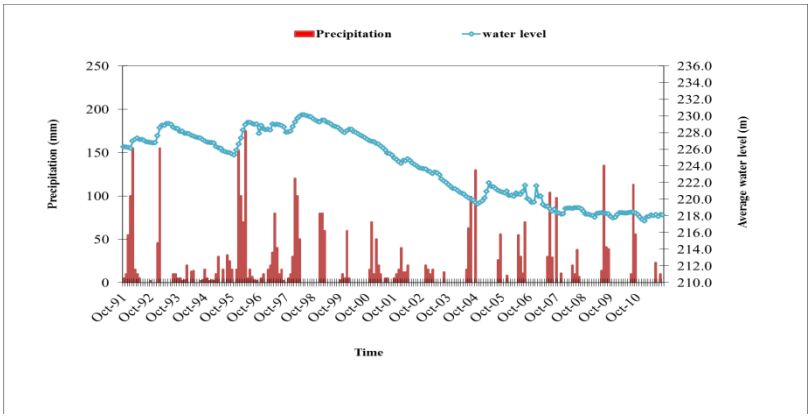


Fig. 4 - Hydrograph unit the plain from october 1991 to september of 2011

شکل ٤- هیدروگراف معرف دشت از مهرماه ۱۳۷۰ تا شهریور ماه ۱۳۹۰

تخلیه سفره آب زیرزمینی و پیامدهای آن

بر اساس نتایج این تحقیق برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی دشت علاوه بر افت سطح آب زیرزمینی پی‌آمدهای نامطلوب دیگری نیز در پی داشته است که عبارتند از:

الف- کاهش حجم ذخایر آبی

متوسط ضخامت اشباع سفره آب زیرزمینی دشت درطی سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ برابر ۲۱/۳۷ متر بوده که این ضخامت در سال آبی ۹۰-۸۹ برابر ۱۳/۰۲ متر رسیده است (جدول ۷) با توجه به این‌که وسعت سفره آب زیرزمینی دشت ۲۷۹/۴ کیلومتر مربع و ضریب ذخیره آن ۴ درصد می‌باشد. حجم آب ذخیره در سال‌های مذکور برابر با مقادیر زیر است:

حجم آب ذخیره شده در ابتدای دوره= ۲۳۸/۸۴ میلیون مترمکعب

حجم آب ذخیره شده در پایان دوره= ۱۴۵/۵۱ میلیون مترمکعب

بنابراین طی گذشت ۲۰ سال ۹۳/۳۳ میلیون متر مکعب از ذخیره آبی دشت کاسته شده که متوسط سالانه کسری مخزن حدود ۴/۶۶ میلیون مترمکعب بوده است.

ب)افزایش آسیب‌پذیری نسبت به خشکسالی

به‌منظور ارزیابی میزان تهی‌شدگی سفره دشت جغین و توکهور و اثرات برداشت بی‌رویه و یا اقدامات بهینه‌سازی و کاهش مصرف، رابطه (۱) به‌عنوان رقم تهی‌شدگی پیشنهاد می‌گردد:

$$\text{رقم تهی شدگی} = (1-H/Hm) \quad (۱)$$

که در آن H متوسط ضخامت سفره و Hm حداکثر ضخامت ممکنه سفره است. دامنه تغییرات این رقم بین ۰ و ۱ است، اگر لایه‌ها تا حداکثر ممکنه حاوی آب زیرزمینی باشند، تهی‌شدگی سفره صفر و در صورت خالی بودن سفره، این رقم یک خواهد بود. در نتیجه هرچه این رقم بزرگ‌تر باشد، شرایط بدتر و سفره نسبت به عواملی همچون خشکسالی آسیب‌پذیرتر خواهد بود. از آن‌جاکه تمام ضخامت آبرفت‌های سفره دشت جغین و توکهور امکان آبدار شدن را دارند، بنابراین در این سفره همان متوسط عمق سنگ کف در نظر گرفته می‌شود که ۱۲۵ متر است. متوسط ضخامت اشباع سفره آب زیرزمینی دشت در آبان ماه سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ به ۲۱/۳۷ متر بوده که این ضخامت در آبان ماه سال آبی ۹۰-۸۹ برابر ۱۳/۰۲ متر رسیده است. بنابراین رقم تهی‌شدگی سفره در طی ۲۰ سال با ۰/۰۷ درصد افزایش از ۰/۸۲ به ۰/۸۹ رسیده است. این رقم طی ۲۰سال گذشته نشان می‌دهد دشت نسبت به خشکسالی آسیب‌پذیرتر شده است.

ج) نشست زمین

یکی از پی‌آمدهای مهم برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی متراکم شدن لایه‌ها و نشست زمین است. در محدوده مورد بررسی نشست زمین به دو صورت قابل مشاهده است:

۱- نشست زمین و ایجاد شکاف‌ها و گودی‌ها (شکل ۵)

۲- منفذدار شدن زمین (شکل ۶).

پیش بینی وضعیت آینده

با استفاده از نتایج این تحقیق و تغییرات کمی آب هر یک از چاه‌های منطقه طی ۲۰ سال گذشته و با فرض ادامه روند کنونی تغذیه و تخلیه سفره، وضعیت ۱۰ سال آینده (سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹) این دشت مورد پیش بینی قرار گرفت. بدیهی است که هیچ دلیلی وجود ندارد که روند فعلی تا ۱۰ سال بعد هم ادامه یابد ولی فرض فوق می‌تواند ابعاد مشکل را در صورت ادامه روند فعلی، تا حدی مشخص سازد. نتایج پیش‌بینی بیانگر آن است که در صورت ادامه روند کنونی شرایط تغذیه و تخلیه و عدم انجام اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت بی‌رویه، طی ۱۰سال آینده سطح آب زیرزمینی به‌طور متوسط بیش از ۴/۲ متر دیگر افت خواهد داشت (جدول۷).



Fig. 5 - land subsidence and creating gaps in Tokahor village
شکل ۵- نشست زمین و ایجاد شکاف در روستای توکهور



Fig. 6 - Holes created in Naserabad village
شکل ٦- منافذ ایجاد شده در روستای ناصر آباد

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

جدول ۷- مقایسه وضعیت آب زیرزمینی دشت جغین و توکهور درسال‌های مختلف

Table 7- Comparison of groundwater status of Jaghin and Tokahor plain in different years

Year	Average aquifer thickness in November (m)	Volume of water reserves (million cubic meters)	Average depth of contact with water (m)
1991-1992	21.37	238.82	30.63
1992-1993	21.89	244.63	30.11
1993-1994	23.26	259.97	28.74
1994-1995	21.98	245.64	30.02
1995-1996	20.42	228.26	31.58
1996-1997	23.96	267.80	28.04
1997-1998	23.18	259.05	28.82
1998-1999	24.62	275.12	27.38
1999-2000	23.30	260.36	28.70
2000-2001	22.16	247.68	29.84
2001-2002	19.89	222.24	32.11
2002-2003	18.80	210.09	33.20
2003-2004	16.64	186.00	35.36
2004-2005	14.58	162.89	37.42
2005-2006	15.88	177.44	36.12
2006-2007	14.75	164.86	37.25
2007-2008	13.44	150/24	38.56
2008-2009	13.32	148.89	38.68
2009-2010	12.86	143.76	39.14
2010-2011	13.02	145.51	38.98
2020-2021	8.84	98.8	34.8

علل و عوامل بحران آب

مهم‌ترین عوامل به‌وجود آمدن بحران آب در دشت جغین و توکهور، می‌توان عوامل زیر را برشمرد:

۱- عامل اضافه برداشت

پس از سال ۱۳۷۰ بر اثر اضافه برداشت از چاه‌ها، سطح آب زیرزمینی هر ساله به‌طور مستمر حدود ۰/۴ متر افت کرده است. اضافه برداشت، خود معلول عوامل متعددی است که در زیر به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

الف) عوامل فرهنگی

عدم اطلاعات کافی مصرف‌کنندگان اصلی آب از پیدایش، مدیریت و مصرف آب سبب شده است که آنان از وضعیت پتانسیل آب زیرزمینی منطقه خود، اطلاع کافی نداشته و بدون توجه به‌شرایط موجود اقدام به بهره‌برداری بی‌رویه و غیر مجاز نمایند(طبق بررسی‌های انجام شده ۶۰ درصد بهره‌برداران بی‌سواد هستند). همچنین کمبود آگاهی از مدیریت مخازن آب زیرزمینی و نیز نحوه تغذیه و تخلیه طبیعی و مصنوعی آن، باعث شده است که کشاورزان در سال‌های خشک و یا دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی، به‌جای محدود کردن بهره‌برداری و کاهش دبی چاه‌ها، اقدام به افزایش زمان کارکرد چاه و افزایش دبی آن نمایند. این نیز موجب تشدید اضافه برداشت‌ها از آبخانه‌ها و کسری مخازن شده است.

ب) رشد جمعیت

رشد جمعیت در کشورهایی که از پتانسیل‌های محیطی، به‌ویژه آب، برخوردار نیستند، مشکلات عدیده‌ای را در پی دارد. دشت جغین و توکهور در طول این دوره از رشد فزاینده جمعیت، بی نصیب نمانده است، به‌طوری که در طول ۲۰ سال اخیر، جمعیت ۵۰۰۰ نفری به ۳۵۰۰۰ نفر افزایش یافته است، روشن است که وقتی جمعیت یک بخش، در فاصله زمانی نسبتاً کوتاه با این سرعت رشد می‌کند، امکانات معیشتی نیز باید هماهنگ با آن افزایش یابد، در غیر این صورت مردم با کمبود امکانات معیشتی و رفاهی روبرو خواهند شد.

ج) محوریت کشاورزی

کشاورزی در یک منطقه کم آب، که متوسط بارندگی آن حدود ۲۱۰ میلی‌متر در سال است، تنها به‌صورت آبی امکان‌پذیر است، چون ساکنین این دشت، راه درآمد دیگری ندارند و به اجبارً به سوی کشاورزی روی می‌آورند و اقدام به استخراج هر چه بیش‌تر آب از آبخوان‌ها می‌نمایند. نتیجه چنین اقدامی، بحران آب در منطقه خواهد بود.

۲- اقلیم حاکم بر منطقه

اقلیم منطقه به‌ویژه بالا بودن درجه حرارت هوا در سطح دشت، سبب تبخیر زیاد آب و افزایش املاح آن می‌شود و همچنین توزیع نامناسب زمانی بارندگی و کمی بارش در سطح دشت را می‌توان از عوامل تأثیرگذار بر بحران آب به‌وجود آمده در دشت دانست.

۲- کشت‌های پرمصرف

نوع کاربری سطح دشت نیز از عوامل تأثیرگذار محسوب می‌شود. بیش‌ترین کاربری این دشت به کشت محصولات آبی یا کشاورزی آبی اختصاص یافته است. مهم‌ترین محصولات کشاورزی از نظر سطح زیرکشت در این دشت عبارتند از: خیارسبز، گوجه فرنگی، هندوانه، پیاز، لوبیا، فلفل، بادمجان ، کدو و محصولات باغی شامل پرتقال، لیموترش، لیموشیرین، نارنگی، نارنج می‌باشد. جهت افزایش بهره‌وری باید عامل یا عوامل کمیاب را شناسایی کرد که در دشت جغین و توکهور به دلیل محدود بودن منابع آب، برنامه‌ریزی‌ها و تحقیقات باید در جهت افزایش بهره‌وری آب باشد. با توجه به‌محدودیت منابع آب در دشت جغین و توکهور، تخصیص آب باید به‌محصولاتی صورت گیرد که دارای سود اقتصادی بیش‌تر به ازای یک متر مکعب آب باشند. از مهم‌ترین محدودیت‌های این بخش، کاهش سفره‌های آب زیرزمینی در اثر توسعه انواع کشت‌های آبی است. بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی این مناطق در آینده امکان‌پذیر نمی‌باشد و شرایط موجود اقتضا می‌کند که بین نوع کشت محصول و میزان آب موجود در دشت تعادل ایجاد گردد. براساس آمار موجود بیش‌ترین افت سطح آب (بیش از ۶ متر) در حد فاصل سال‌های (۱۳۹۰-۱۳۸۰) اتفاق افتاده است که این میزان افت دقیقاً از زمانی آغاز شده که به علت بیماری جارو جادوگر تمامی باغات از بین رفت و اهالی منطقه به کشت صیفی‌جات مثل خیارسبز، گوجه فرنگی، پیاز و هنداوانه روی آوردند.

نتیجه‌گیری

در منطقه مورد مطالعه با افزایش جمعیت و اهمیتی که بخش کشاورزی در استقلال (اقتصادی و خودکفایی) دارد، عنایت خاص به‌توسعه امور کشاورزی ضرورت پیدا می‌کند. باتوجه به‌وسعت دشت عوامل زیادی در افت آب‌های زیرزمینی آن مؤثر است. خشکسالی‌های چند دهه اخیر، افزایش دما، کاهش بارندگی، افزایش جمعیت در طول ۲۰ سال، افزایش سطح زیرکشت، افزایش تعداد چاه‌ها و استفاده بیش از حد از این منابع از عوامل مؤثر در روند افت آب‌های زیرزمینی می‌باشد. براساس آمار موجود بیشترین افت سطح آب (بیش از ۶ متر) در حد فاصل سال‌های (۱۳۹۰-۱۳۸۰) اتفاق افتاده است. هیدروگراف واحد دشت نشان داد که در طی دوره بیلان و تغییرات سطح آب در آبان ماه سال آبی ۷۱-۷۰ تا آبان ماه ۹۰-۸۹ برابر ۸/۳۵- متر بوده است. لذا با اعمال ضریب ذخیره آبخوان برابر ۴ درصد و مساحت محدوده بیلان برابر ۲۷۹/۴ کیلومتر مربع و استفاده از رابطه $\Delta V=A.S.\Delta h$، تغییرات حجم ذخیره دینامیک آبخوان طی دوره ۲۰ ساله بیلان معادل ۹۳/۳- میلیون مترمکعب می‌باشد و یا سالیانه به طور متوسط ۴/۶۶ میلیون متر مکعب کاهش نشان می‌دهد. این حجم کاهش ذخیره، افت متوسط سالیانه برابر ۰/۴ متر در سطح سفره آب زیرزمینی را به همراه دارد. نتایج نشان دهنده‌ی آن است که در صورت ادامه روند کنونی و عدم انجام اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت‌های بی‌رویه، این دشت در آینده‌ای نه چندان دور، با تشدید پی‌آمدهای زیست‌محیطی و حتی مشکلات اقتصادی و اجتماعی مواجه خواهد شد.بنابراین با توجه به اهمیت این دشت در اقتصاد و معاش ساکنین، لازم است راه‌کارهای مناسبی برای این مشکل اتخاذ گردد. ناچیز بودن میزان بارندگی و محدودیت منابع آب و کاهش شدید ذخایر و پتانسیل‌های آبی زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از مسائل اساسی است که دشت مورد مطالعه با آن روبروست، از طرفی دیگر، برخورداری دشت از طیف گسترده محصولات کشاورزی و اشتغال بیش‌تر ساکنین منطقه به کشاورزی لزوم مطالعه و برنامه‌ریزی در ارتباط با منابع آب منطقه را تایید می‌کند. در حال حاضر به دلیل افزایش جمعیت، محدودیت منابع آب و وقوع دوره‌های خشکسالی، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌تواند موثر واقع شود.

در جهت کنترل افت سطح آب‌های زیرزمینی، لازم است که در گام نخست هر چه سریع‌تر نسبت به کاهش بهره‌برداری از آب زیرزمینی و اعمال مدیریت صحیح منابع آب اقدام لازم انجام شود. بنابراین بازنگری و تغییر در استراتژی مدیریت منابع آب در توسعه پایدار اجتناب ناپذیر است.بر همین اساس، به راه‌کارهای مواجهه با این پدیده مخرب و مهار اثرات سوء در محدوده مورد مطالعه اشاره شده است:

۱- آگاهی دادن به کشاورزان؛ داشتن آگاهی از وضعیت آب زیرزمینی، حجم آب موجود، پی‌آمدهای خشکیدگی آبخوان، از بین رفتن سرمایه‌ها، تجاوز به حقوق دیگران، از بین رفتن کشاورزی و افزایش بیکاری از جمله مواردی است که می تواند به عنوان آگاهی دادن به کشاورزان قلمداد شود.

۲- تغییر الگوی کشت با تاکید بر محصولات با نیاز آبی کمتر و بازده اقتصادی بالاتر: پیشنهاد می‌شود کشاورزان منطقه که همگی به‌صیفی‌جات مشغول هستند، کاشت لیمو ترش، پرتقال، انبه، گندم را جایگزین کنند. تولید محصولات کشاورزی باید به ازای تولید ماده خشک و ارزشی که برای کشور دارد باید باشد، کشاورزان باید به دنبال محصولی بروند که ارزش آن برای کشور در مقابل آبی که مصرف می‌کنند، بیش‌تر باشد. همچنین کشاورزی منطقه باید متراکم شود، باید کشاورزی به‌سمت کشت‌های فشرده با عملکرد بالا برود. کشت فشرده تنها کشت گلخانه‌ای نیست، بلکه در کنار بخش کشاورزی صنایع تبدیلی آن ایجاد شود. عملکرد بخش کشاورزی با سیستم‌های نوین و تحقیقات افزایش یابد. بذر مناسب، کود مناسب، ماشین‌آلات مناسب همه مواردی است که عملکرد کشاورزان را بالا می‌برد که حتی با کاهش سطح زیرکشت هم می‌توان عملکرد مناسب داشت. در ضمن باید بخش کشاورزی روی محصولات مزیت‌دار کار کنند.

۳- کنترل میزان بهره‌داری؛ در دشت جغین و توکهور تعدادی از چاه‌ها بیش از حد مجوزهای صادره بهره‌برداری می‌کنند. به‌منظور کنترل این موضوع می‌توان نصب کنتورهای حجمی را پیشنهاد

DOI: 10.22055/jise.2017.19218.1384

نمود. در راستای نصب این گونه کنتورها که باید حالت اجباری داشته باشد، باید محل کنتور حفاظت گردد تا از صدمات احتمالی مصون بماند. یکی دیگر از موارد کنترل بهره‌برداری، استفاده از میزان برق مصرفی است. یعنی با برقراری ارتباط بین برق مصرفی و حجم آب پمپاژ شده می‌توان کل برداشت و تخلیه را کنترل نمود.
۴- قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی و استفاده از سیاست‌های تشویقی برای کشاورزانی که میزان محصول آن‌ها که به ازای واحد آب مصرفی بیش‌تر است.

تمام فعالیت‌ها و اقدامات اصلی مدیریت آب‌های زیرزمینی می‌بایست هماهنگ با مناسبات اجتماعی اقتصادی و زیست محیطی باشد تا به طور شایسته عملی شوند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از راهنمایی‌های ارزشمند جناب مهندس سعید چوپانی از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

1- Balali, H. S., Khalilian,S., and Ahmadian, M., 2010. Analysis of Impacts of Irrigation Water Pricing on Groundwater Balance. *Agricultural Economics & Development,* 24(2), pp. 185-194.

2- Bargahi, KH., and Mousavi, S.A.,2007. Effect of water table depths and salinity of groundwater on contribution of groundwater to evapotranspiration of safflower (Carthamus tinctorius L.) in Greenhouse, *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 3(2), pp. 59-69. (in Persian).

3- EsmaiInejad, d., Tavousi, MT., and Eskandari sani, M., 2014. Water crisis and the need to change the pattern of cultivation in arid areas: A case study of the south plains of Bardaskan. *Geographical explorations of Wilderness Areas*, 2(3), pp. 41-62. (in Persian).

4- Javan, J., and Fal Soleyman, M., 2008. Water Crisis and Importance of Water Productivity in Agriculture in Dry Area of Iran (Case Study : Birjand Plain). *Geography and Development Iranian Journal* , 6(11), pp. 115-138, (in Persian).

5- Khorani A., and Khajeh M., 2014. An Investigation on the coincidence between Trend of drought and groundwater levels decline (A Case Study: Plain of Darab). *MJSP*. 18 (2), pp. 57-80. (in Persian).

6- Mohamed, M,. Al-Suwaidi, N.,. Abdelazim, E., and Al Mulla, M., 2016.Groundwater modeling as a precursor tool for water resources sustainability in Khatt area, UAE". *Environmental Earth Sciences*, 75, pp. 400-418.

7- Moslemi, H., 2018. Groundwater over- exploitation in the Hashtbandi plain the province of Hormozgan its Consequences. *Journal of Whatershed Management Research, 30(4)*, pp.3-19(in Persian).

8- Moslemi, H., and Drvishi, R., 2018. Strategies to reduce groundwater Level decline (The Case Study of Lavar Plain in Hormozgan Province). *Journal of Land Management,* 5(2), pp. 125-135 (in Persian).

9- Nezamdost, M., 2016. Water Crisis and Sustainable Management Solutions for Water Resources in the Agricultural Sector in the Mahvalat Plain. *Master's thesis for Geography and Rural Planning, Birjand University*, 116 p

10- Shahid, S., and Hazarika, M.K.,,2009. Groundwater Drought in the Northwestern Districts of Bangladesh. *Water Resource Management, 24*: 1989-2006.

11- Velayati, V., 2006 . Investigation of water crisis in Khorasan province. *MJSP,* 10(1), pp. 231-234 (in Persian).

12- Zamani, T., Karimi, H., Tavakoli, M. and Alimoradi, S., 2018. Investigation the Factors Affecting the Groundwater Drawdown in Mehran Plain, Ilam. *Journal of Hydrogeology*, 2(2), pp.17-28. (in Persian).