Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Zoning of changes in the decreasing groundwater table and temporal monitoring of drought in the Ghorove-Dehgolan plain

Ebrahim Yousefi Mobarhan[*1], **Samira Zandifar**[2]

1. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Semnan, Iran, Email: e.yousefi.m@gmail.com
2. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: samira.zandifar@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 21 February 2023
Revised: 04 March 2023
Accepted: 08 March 2023
Published online: 20 April 2023

Keywords:
Aquifer, GRI, Ghorveh-Dehgolan plain, Representative hydrograph, Reservoir volume.

ABSTRACT

The lack of surface water resources has caused the indiscriminate extraction of groundwater in many parts of the world. The sharp drop in the level of groundwater tables, and the investigation of changes in groundwater resources are very important in the planning and sustainable management of water resources in each region. The purpose of this research is to investigate the changes in the level of the groundwater table Ghorveh-Dehgolan plain, which is one of the most important and largest plains of the province. To this end, the statistics of 104 observation wells during three time periods (2001-2008, 2008-2013, and 2013-2018) were analyzed. At first, statistical data was collected, and after entering the data into the Geographical Information System (GIS) with the interpolation method, maps of lines of equal depth, and zoning of decreasing the level of groundwater table were prepared. To investigate the long-term changes and fluctuations of the groundwater level, the representative water table of the aquifer was also drawn in the Excel software. The results obtained from the maps of the same area of the fall showed that the highest level of groundwater in the third time period (2013-2018) in the southern part of the aquifer was 7.3 m, in the second time period (2008-2013) in the central part of the aquifer has dropped by 5.7 m, and in the first period (2008-2001) in the northern and central parts has dropped by 3.3 m. The hydrographs of the groundwater level show that the water level has decreased by 13.8 m in the 20-year period, and the average water level has decreased by 0.7 m every year. The results of the reservoir volume changes showed that the volume deficit of the alluvial reservoir is equal to 56.2 million m^3. In addition, the temporal monitoring of drought of the groundwater resources of Ghorveh-Dehgolan plain with the Groundwater Resource Index (GRI) has a downward trend towards drought during the 20-year statistical period.

Citation: Yousefi Mobarhan, E., Zandifar, S. (2023) Zoning of changes in the decreasing groundwater table and temporal monitoring of drought in the Ghorove-Dehgolan plain. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 11(1), 17-35.
DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.2.8

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Ebrahim Yousefi Mobarhan
Address: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Semnan, Iran.
Tel: +989112434496
Email: e.yousefi.m@gmail.com

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Zoning of changes in the decreasing groundwater table and temporal monitoring of drought in the Ghorove-Dehgolan plain

Ebrahim Yousefi Mobarhan[1*], Samira Zandifar[2]

1. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Semnan, Iran, Email: e.yousefi.m@gmail.com
2. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: samira.zandifar@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Groundwater sources are one of the most important and cheapest water sources. Correct recognition and fundamental exploitation of them play a significant role in the sustainable development of social and economic activities of a region, especially in arid and semi-arid regions. Today, due to the indiscriminate extraction of underground water resources in many plains, the water level has fluctuated a lot and the underground water level has dropped, and these plains have faced a decrease in the quality of water resources. The lack of proper knowledge and excessive exploitation of these resources will result in irreparable damage such as a severe and irreversible drop in the underground water level and a decrease in the flow rate of wells and canals. For this purpose, to know the state of underground water resources and their optimal management, it is necessary to carry out a detailed study of the fluctuations of the underground water level. Due to the occurrence of periods of drought and increased exploitation of the aquifer, the expansion of agriculture, and the increase in groundwater extraction, the level of the groundwater level in the Gorveh-Dehgolan aquifer has decreased, which has resulted in a decrease in the level of the groundwater level and a decrease in the efficiency of the wells. The purpose of this research is to investigate and zone the temporal and spatial changes of the groundwater table of the Gorveh-Dehgolan aquifer, trends of depletion, and annual changes and temporal monitoring of the drought of groundwater sources of Gorveh-Dehgolan aquifer based on the representative hydrograph.

Methodology: The statistics of 104 observation wells during three time periods (2001-2008, 2008-2013, and 2013-2018) were analyzed. At first, statistical data was collected, and after entering the data into the Geographical Information System (GIS) with the interpolation method, maps of lines of equal depth, level, and zoning changes of the groundwater were prepared. Besides, to study the drop level, the groundwater level of observation wells related to October 2018 from the water level in October 2013, the water level in October 2013 from the water level in October 2008, and also the water level in October 2008 from the water level in October 2001 has been subtracted and the zoning map of the changes of three time periods and the total common statistical period (18 years) of groundwater has been prepared in ArcGIS 10.5. The representative water table of the aquifer has been prepared to investigate the long-term changes and fluctuations of the level of the groundwater table, as well as to detect the periods of increase and decrease of the water level, during the statistical period for the Gorveh-Dehgolan aquifer. Long-term changes and fluctuations in the level of the groundwater table were also drawn in the Excel environment. The phenomenon of drought in the long term causes the reduction of water resources through the drying up of surface and groundwater streams. For this purpose, the Groundwater Resource Index (GRI) has been used for temporal monitoring of drought of groundwater sources in the Gorveh-Dehgolan aquifer.

Results and Discussion: The results obtained from the maps of the same area of loss showed that the highest level of groundwater in the third time period (2013-2018) in the southern part of the aquifer was 7.3 m, in the second time period (2008-2013) in the central part of the aquifer has dropped by 5.7 m and in the first period (2001-2008) in the northern and central parts, it has dropped by 3.3 m. The hydrographs of the level of the groundwater table show that during the period of 20 years, the depletion of the level table in the Gorveh-Dehgolan aquifer is 13.8 m, which means that the water level has depleted by 0.7 m every year on average, this actually shows that it is negative Changes in the groundwater level in the studied aquifer. The results of the changes in the volume of the Gorveh-Dehgolan aquifer showed that the volume deficit of the Gorveh-Dehgolan aquifer is 56.2 mcm and it can be said that in the past years, in addition to consuming 100% of the renewable reserve, a part of the fixed reserve has also been exploited. In addition, temporal monitoring of the drought in groundwater resources of the Gorveh-Dehgolan aquifer with the GRI shows a very descending trend towards drought during the 20-year period. Therefore, since 2010, the drought index has become negative and until the end of the statistical period, the negative values of the index continued, which indicates a decrease in the groundwater level in the region. The most severe groundwater drought occurred in 2017 with an index of -1.52.

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

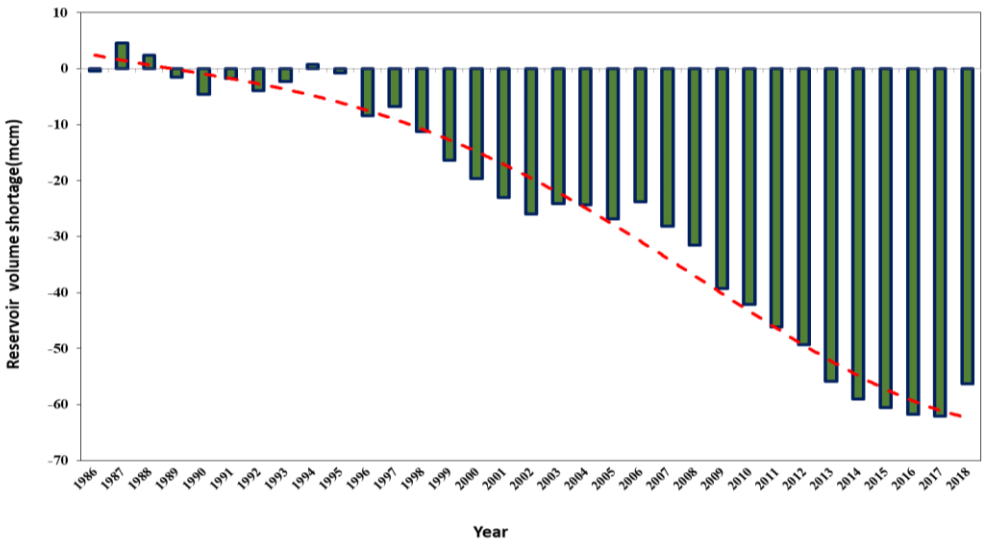


Figure 1- Diagram of cumulative changes in the volume of the alluvial aquifer

Conclusion: Groundwater is the main source of agricultural needs, especially in arid and semi-arid areas; Therefore, having sustainable agriculture requires careful management and planning on how to use these resources, which itself requires sufficient knowledge about the spatial changes of the underground water level in a certain period of time. In the present research, the investigation of the depletion of the level of groundwater table, especially in the piezometers of the central parts of the Gorveh-Dehgolan aquifer, showed that this water disaster is mainly due to the improper management of water resources and the increase in the issuance of permits for deep and semi-deep wells in the last two decades. The negative balance of the aquifer is so severe that even the good rains of the last few years have not been able to stop the process of lowering the level of the groundwater table. It is recommended to prevent the continuation of the decrease in the volume of the Gorveh-Dehgolan aquifer to manage and control the exploitation of the wells, to prevent any over-harvesting, as well as to use the implementation and development of aquifer projects to supply the shortage of water resources and feed the aquifer.

Ethical Considerations

Data Availability Statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: This study was conducted as a research project with financial support.

Authors contribution: Ebrahim Yousefi Mobarhan: Conceptualization, Formal analysis, investigation, writing original draft preparation; Samira Zandifar: Supervision, manuscript editing.

Conflicts of interest: The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: This paper is taken from a part of a research project with the approved code 01-09-09-030-99025-990541 in the Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO). Hereby from the respected officials of the Soil Conservation and Watershed Management Institute, Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Semnan Agriculture and Natural Resources Research Center, Iran, Dr. Sakineh Lotfi-Nasab, Maryam Naeimi, and Dr. Adel Jalili are gratefully acknowledged.

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

پهنه‌بندی تغییرات افت سطح آب زیرزمینی و پایش زمانی خشک‌سالی در دشت قروه-دهگلان

ابراهیم یوسفی مبرهن*[۱]، سمیرا زندی‌فر[۲]

۱. استادیار پژوهشی، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران، e.yousefi.m@gmail.com

۲. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، samira.zandifar@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله

دریافت: ۰۲ اسفند ۱۴۰۱
بازنگری: ۱۳ اسفند ۱۴۰۱
پذیرش: ۱۷ اسفند ۱۴۰۱
انتشار برخط: ۳۱ فروردین ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
آبخوان، آبنمود معرف، حجم مخزن، دشت قروه-دهگلان، GRI.

چکیده

کمبود منابع آب سطحی سبب برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان و افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده است و بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات افت سطح آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان که یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین دشت‌های استان است، است. به‌منظور انجام این پژوهش، آمار ۱۰۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در طی سه دوره زمانی (۸۷-۸۰، ۹۲-۸۷ و ۹۷-۹۲) موردبررسی قرار گرفت. در ابتدا داده‌های آماری جمع‌آوری و پس از ورود داده‌ها به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با روش درون‌یابی، نقشه‌های خطوط هم عمق، هم‌تراز و پهنه‌بندی تغییرات افت سطح آب زیرزمینی تهیه شد. آبنمود معرف آبخوان به‌منظور بررسی تغییرات درازمدت و نوسانات سطح آب زیرزمینی نیز در محیط نرم‌افزاری Excel ترسیم شدند. نتایج به‌دست‌آمده از نقشه‌های هم پهنه افت، نشان داد که بیش‌ترین سطح آب زیرزمینی در دوره زمانی سوم (۱۳۹۲-۱۳۹۷) در بخش جنوبی آبخوان به‌اندازه ۷/۳ متر، در دوره زمانی دوم (۱۳۹۲-۱۳۸۷) در بخش مرکزی آبخوان به‌اندازه ۵/۷ متر و در دوره زمانی اول (۱۳۸۷-۱۳۸۰) در بخش‌های شمالی و میانی به‌اندازه ۳/۳ متر افت پیداکرده است. هیدروگراف‌های تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهند که در طی در مدت ۲۰ سال افت سطح آب در دشت قروه ۱۳/۸ متر است که به‌طور متوسط هرسال ۰/۷ متر سطح آب افت کرده است. نتایج حاصل از تغییرات حجم مخزن نشان داد کسری حجم مخزن آبرفتی معادل ۵۶/۲ میلیون مترمکعب است هم‌چنین، پایش زمانی خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان با استفاده از شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) در طول دوره آماری بیست‌ساله روندی نزولی به سمت خشک‌سالی دارد و توصیه می‌شود جهت جلوگیری از ادامه روند کاهش حجم مخزن نسبت به پیشنهاد ممنوعیت و یا تمدید آن اقدام کاملی از طرف سازمان آب منطقه‌ای کردستان صورت پذیرد.

استناد: یوسفی مبرهن، ا.، زندی‌فر، س. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی تغییرات افت سطح آب زیرزمینی و پایش زمانی خشک‌سالی در دشت قروه-دهگلان، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۱(۱): ۱۷- ۳۵.

DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.2.8

CC BY NC

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** ابراهیم یوسفی مبرهن

نشانی: بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران.

تلفن: ۰۹۱۱۲۴۳۴۴۹۶

پست الکترونیکی: e.yousefi.m@gmail.com

مقدمه

آب به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین عناصر، در تمامی جنبه‌های زندگی انسان از جمله رفاه بشر، توسعه اقتصادی–اجتماعی و حیات بوم‌سازگان نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند (An et al., 2014). منابع آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب به شمار می‌روند. شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از آن‌ها در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش به‌سزایی دارد (نادریان‌فر و همکاران، ۱۴۰۰). این منابع با حجمی معادل ۳۷ میلیارد کیلومتر مکعب (۲۲ درصد آب‌های شیرین جهان) حدود ۹۷ درصد آب شیرین مصرفی جهان را تأمین می‌کنند (رحیمی و سلیمانی، ۱۳۹۵). آب‌های زیرزمینی منابع تجدیدپذیر، محدود و حیاتی برای زندگی انسان، توسعه اجتماعی و اقتصادی و یک جزء با ارزش از اکوسیستم و نسبت به اثرات طبیعی و انسانی آسیب‌پذیر هستند (Singh et al., 2011).

امروزه با توجه به برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها تراز آب نوسانات زیادی داشته و سطح آب زیرزمینی دچار افت شده و این دشت‌ها با کاهش کیفیت منابع آب روبه‌رو شده‌اند. بنابراین کنترل منابع آبی و استفاده بهینه از آن‌ها از اولویت بسیار بالایی برخوردار است (شهیدی و خادم‌پور، ۱۳۹۹). عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیر مانند افت شدید و غیرقابل‌برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی مانند پیش‌روی جبهه‌های آب‌شور و تداخل آب‌ها شور را به‌دنبال خواهد داشت. بدین منظور برای آگاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن لازم است بررسی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود (نادریان‌فر و همکاران، ۱۳۹۰، یوسفی مبرهن و پیروان، ۱۴۰۱).

با توجه به اهمیت موضوع مطالعات مختلفی در سرتاسر جهان در مورد افت آب‌های زیرزمینی انجام‌شده است. به‌عنوان نمونه در تحقیقات خارج کشور (Gehreles et al., 1994؛ Panda et al., 2007؛ Lee et al., 2007؛ Shahid & Hazarika, 2009؛ Asoka et al., 2017؛ Priestley et al., 2019؛ Shi et al., 2019) به تغییرات آب زیرزمینی در هلند، هند، کره‌جنوبی، بنگلادش، هند، استرالیا و چین اشاره نمودند. هم‌چنین، در داخل کشور اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، فتاحی (۱۳۸۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، اکرامی و همکاران (۱۳۹۰)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳)، بهمنش (۱۳۹۴)، کایی و همکاران (۱۳۹۶)، پایمزد و همکاران (۱۳۹۸)، محمدی و همکاران (۱۳۹۹)، نادریان‌فر و همکاران (۱۴۰۰) و ربیعی و کرمی (۱۴۰۱) به‌ترتیب تغییرات آب زیرزمینی در دشت مشهد، استان قم، دشت کوهدشت، دشت یزد–اردکان، دشت گیلان‌غرب، دشت ارومیه، دشت مهران، دشت عباس ایلام، دشت سمنان، دشت جیرفت و دشت سمنان را گزارش نمودند. هم‌چنین، احمدی و رنجبر (۱۳۹۱) به بررسی افت سطح آب زیرزمینی دشت دهگلان در دو دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۰–۱۳۷۰) با استفاده از GIS اقدام نمودند. نتایج نشان داد میزان افت در سال‌های اخیر بسیار بیشتر است و اختلاف مربوط به سطح آب در دوره ۱۰ ساله اول بسیار کم‌تر از دوره ۱۰ ساله دوم است. زارعی و همکاران (۱۳۹۸) نیز در پژوهشی به شناسایی مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان دشت قروه با استفاده از GIS در دو دوره زمانی پنج ساله (۹۲–۱۳۸۳) پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان داد بیش‌ترین سطح آب زیرزمینی در پنج ساله دوم به‌اندازه ۵/۷۵ متر و در پنج ساله اول به‌اندازه ۲/۱۵ متر افت پیداکرده است.

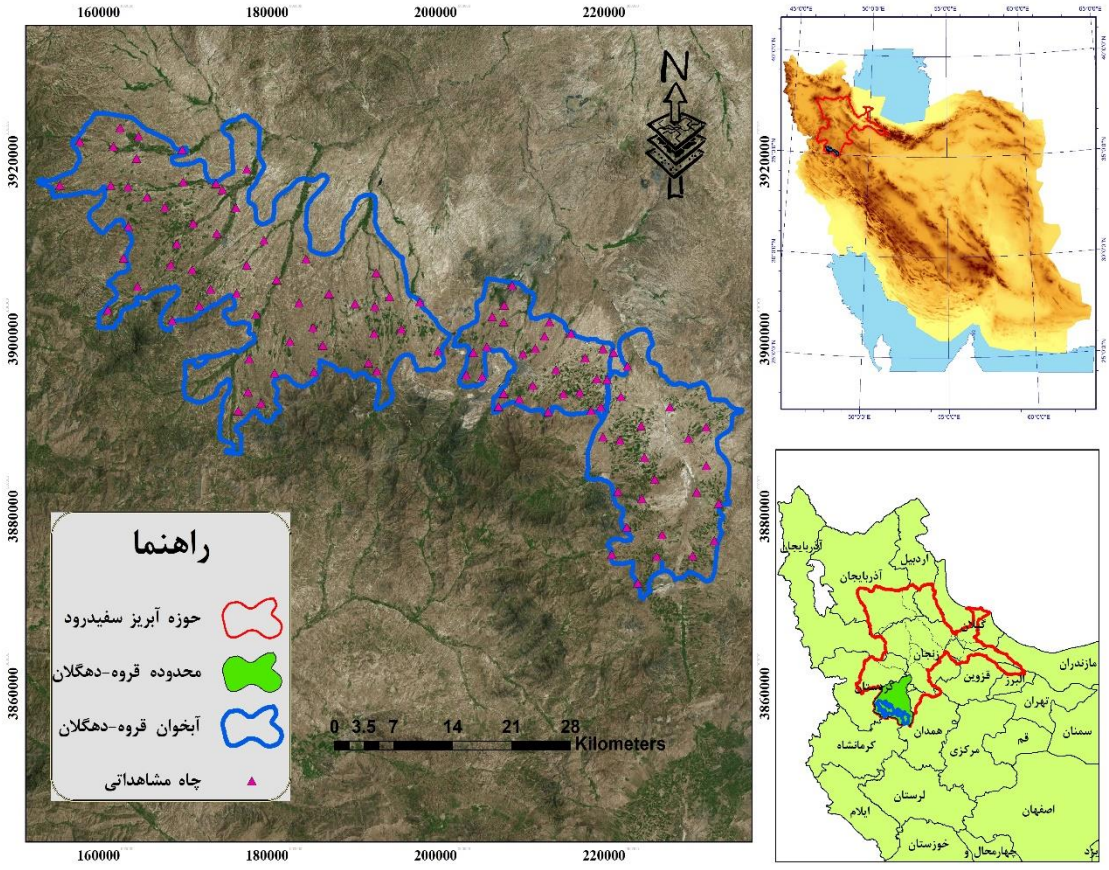
افت سطح آب زیرزمینی و پیامدها حاصل از آن، یکی از معضلات حال حاضر کشور محسوب می‌شود. با توجه به تغییرات کاهشی در میزان بارش، وقوع خشک‌سالی‌های اخیر، افزایش فعالیت‌های کشاورزی، دامداری و صنعتی و هم‌چنین افزایش جمعیت به‌خصوص در ۱۰ سال اخیر باعث افزایش مصرف آب و در نتیجه کاهش ذخایر آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌های آب دشت‌های قروه–دهگلان شده است (عباسی، ۱۳۹۵). هدف از این پژوهش بررسی و مدل سازی مکانی–زمانی عمق، تراز و تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت قروه–دهگلان جهت پهنه‌بندی در GIS، روند افت و تغییرات سالانه آب‌های زیرزمینی آبخوان و پایش زمانی خشک‌سالی (GRI) منابع آب زیرزمینی دشت موردنظر بر اساس هیدروگراف معرف تهیه شده است.

مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

دشت قروه–دهگلان یکی از ۱۱ محدوده یا دشت حوزه آبریز سفیدرود بزرگ است که با متوسط بارندگی سالانه ۳۵۲ میلی‌متر و اقلیم نیمه‌خشک و سرد، در شرق شهرستان سنندج و شمال‌غرب همدان قرار دارد و از نظر زمین‌شناسی دشت قروه–دهگلان بخشی از زون ساختمانی سنندج–سیرجان بوده که جزء فعال‌ترین زون‌های ساختمانی ایران محسوب می‌شود (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۶). ارتفاعات جنوب دشت قروه متشکل از سنگ‌های دگرگونی از نوع شیست، مرمر، آمفیبولیت و گنیس همراه با توده‌های آذرین با ترکیبات مختلف است و نیز شدت نیروهای تکتونیکی در قسمت‌های شمال منطقه کم‌تر از قسمت‌های جنوبی است. در نیمه‌شمالی دشت، از فاصله میوسن تا ابتدای

کواترنر فعالیت‌های ماگمایی موجب تشکیل سازندهای آتش‌فشانی از نوع بازالت و آندریت در منطقه شده است. این دشت از غرب به ارتفاعات ماسه‌سنگ قرمز و آهک‌های دولومیتی دوران اول از شرق به آهک‌های دولومیتی و از شمال و شمال‌شرق به تشکیلات پلیوپلئستوسن و از جنوب به تشکیلات آذرین درونی و دگرگونی محدود شده است و توسط ارتفاعات بی‌خیر از دشت قروه جدا می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). حداقل و حداکثر دمای آن به‌ترتیب ۲۳- و ۴۱ درجه سانتی‌گراد است. میانگین رطوبت نسبی سالانه ۴۵ درصد و حداکثر تبخیر در تیر به بیش از ۳۵۰ میلی‌متر می‌رسد. اراضی دشت قروه- دهگلان غالباً جزء اراضی قابل‌کشت است خاک این اراضی ازنظر آبیاری و زراعت دارای استعداد و قابلیت زیادی بوده و کشت انواع گیاهان زراعی و بومی با هزینه کم عملکرد خوبی دارد این اراضی دارای خاک‌های سطحی عمیق با بافت متوسط تا سنگین و قدرت نگهداری آب زیاد هستند موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور

Figure 1- The **geographical location of the study area**

تهیه و آماده‌سازی داده‌ها و مطالعه آبخوان‌های آبرفتی

ابتدا آمار تراز چاه‌های آب در طی دوره ۱۸ ساله (۱۳۹۷-۱۳۸۰) از شرکت مدیریت منابع آب ایران در حوزه آبریز سفیدرود تهیه و در مدل نرم‌افزار Excel, 2019 به سه دوره زمانی (۱۳۸۷-۱۳۸۰، ۱۳۹۲-۱۳۸۸ و ۱۳۹۷-۱۳۹۳) تبدیل شد. پس از مرتب کردن داده‌ها در محیط Excel، شماره‌گذاری ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۳). تهیه نقشه‌ها و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار Arc GIS 10.5 انجام شد. تهیه نقشه‌ها جهت تحلیل تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی بسیار مفید و کارآمد است زیرا با مقایسه نقشه‌های مربوط به دوره‌های زمانی متفاوت می‌توان به تغییرات صورت گرفته در دوره مطالعاتی پی برد (کوکبی‌نژاد قزوینی و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های مورد نیاز شامل مختصات چاه‌ها، سال و میزان سطح آب هر چاه در هر سال در جدولی جدا مرتب شد. در تحلیل کمی آب جمعاً ۱۰۴ منبع آب زیرزمینی به‌منظور سنجش نوسانات آب در آبخوان قروه-دهگلان برداشته شده است.

داده‌های مربوط به هر چاه در محیط GIS تبدیل به نقشه نقطه‌ای برای هر ماه و سال شد (افضلی و شاهدی، ۱۳۹۱). در ادامه به مطالعه و بررسی نقشه‌های هم‌تراز و هم‌عمق آب زیرزمینی، تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی و تهیه آبنمود معرف آبخوان پرداخته خواهد شد. بر این اساس، اطلاعات مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان آبرفتی قروه–دهگلان تهیه و آماده‌سازی شد. به‌منظور تهیه نقشه خطوط هم‌تراز و هم‌عمق آب زیرزمینی از داده‌های ماه حداقل سال آخر دوره آماری (سال آبی ۹۶–۱۳۹۵) برای آبخوان قروه–دهگلان استفاده شد و پهنه‌بندی‌ها توسط درون‌یابی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.5 رسم شده‌اند. هم‌چنین به‌منظور بررسی دقیق‌تر، نقشه‌های هم‌تراز و هم عمق آب زیرزمینی برای بازه پنج‌ساله بر اساس اطلاعات در دسترس ترسیم شده است. عملیات میان‌یابی به روش کریجینگ در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد (بامری و همکاران، ۱۳۹۴). روش‌های زمین‌آماری ضمن در نظر گرفتن موقعیت مکانی و نحوه پراکنش نقاط، اغلب دقّت قابل قبولی را ارائه می‌دهند (دلبری و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های زمین‌آمار، به‌منظور شناخت تغییرات مکانی پدیده‌ها و پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در نقاط فاقد آمار مناسب است (یزدان‌پناهی و همکاران، ۱۳۹۷). روش درون‌یابی کریجینگ بر اساس میانگین متحرک وزن‌دار محاسبه می‌شود و بهترین تخمین‌گر خطی ناریب با حداقل واریانس تخمین است (ندیری و همکاران، ۱۳۹۴؛ Yousefi Mobarhan & Karimi Sangchini, 2021). هم‌چنین، به‌منظور بررسی میزان افت سطح آب، تراز آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای مربوط به مهر ۱۳۹۷ از تراز آب در مهر ۱۳۹۲، تراز آب در مهر ۱۳۹۲ از تراز آب در مهر ۱۳۸۷ و نیز تراز آب در مهر ۱۳۸۷ از تراز آب در مهر ۱۳۸۰ کسر شده و نقشه پهنه‌بندی تغییرات سه دوره زمانی و مجموع دوره مشترک آماری (۱۸ ساله) آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.5 تهیه شده است.

بررسی تغییرات درازمدت و نوسانات سطح آب زیرزمینی

به‌منظور بررسی تغییرات درازمدت و نوسانات سطح آب زیرزمینی و نیز تشخیص دوره‌های افزایش و کاهش سطح آب، آبنمود معرف در طول دوره آماری برای آبخوان قروه–دهگلان تهیه‌شده است. هیدروگراف واحد یا آبنمود معرف، هیدروگراف متوسطی است که معرف آبخوان‌های منطقه است و از طریق آن، تغییرات سطح آب در طول دوره‌های مختلف چندین ساله و بالا رفتن و پایین آمدن سطح آب آبخوان مشخص می‌شود. با توجه به هیدروگراف واحد می‌توان دوره‌های بیشینه و کمینه سطح آب در آبخوان را تعیین کرد. هیدروگراف واحد از ترسیم نمودار متوسط سطح آب زیرزمینی در برابر ماه‌های دوره زمانی موردنظر حاصل می‌شود.

بررسی شاخص خشک‌سالی

خشک‌سالی یکی از زیان‌بارترین، مخاطرات طبیعی به شمار می‌رود. در بین بلاهای طبیعی تهدیدکننده‌ی انسان و محیط‌زیست، خشک‌سالی هم ازنظر فراوانی رخداد و هم از جنبه‌ی اندازه‌ی زیان‌های وارده در صدر قرار دارد (Keneth, 2003). این پدیده در درازمدت موجب کاهش منابع آب، از طریق خشکیدگی جریان‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. بدین منظور از شاخص خشک‌سالی برای بیان کمی این پدیده استفاده‌شده است. معمولاً این شاخص‌ها به‌صورت نقطه‌ای محاسبه می‌شوند و لازم است تا به‌صورت مکانی پردازش‌شده و نقشه‌های مربوط ارائه شوند. در این تحقیق، شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) به‌عنوان الگوی معتبر و کاربردی، مورد استفاده قرار گرفته است. GRI در سال ۲۰۰۸ توسط مندسینو و همکاران به‌عنوان شاخصی قابل‌اعتماد به‌منظور پایش وضعیت خشک‌سالی آب زیرزمینی پیشنهاد شد. مقدار GRI با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$GRI = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\sigma_{D,m}} \qquad (۱)$$

که در آن $D_{y,m}$ مقادیر تراز سطح آب زیرزمینی در سال y و ماه m، $\mu_{D,m}$ و $\sigma_{D,m}$ به‌ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر تراز آب زیرزمینی در ماه m در طول دوره آماری هستند (Mendicino et al., 2008). طبقه‌بندی مقادیر GRI در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی با توجه به مقادیر GRI

Table 1- Classification of drought severity according to GRI values

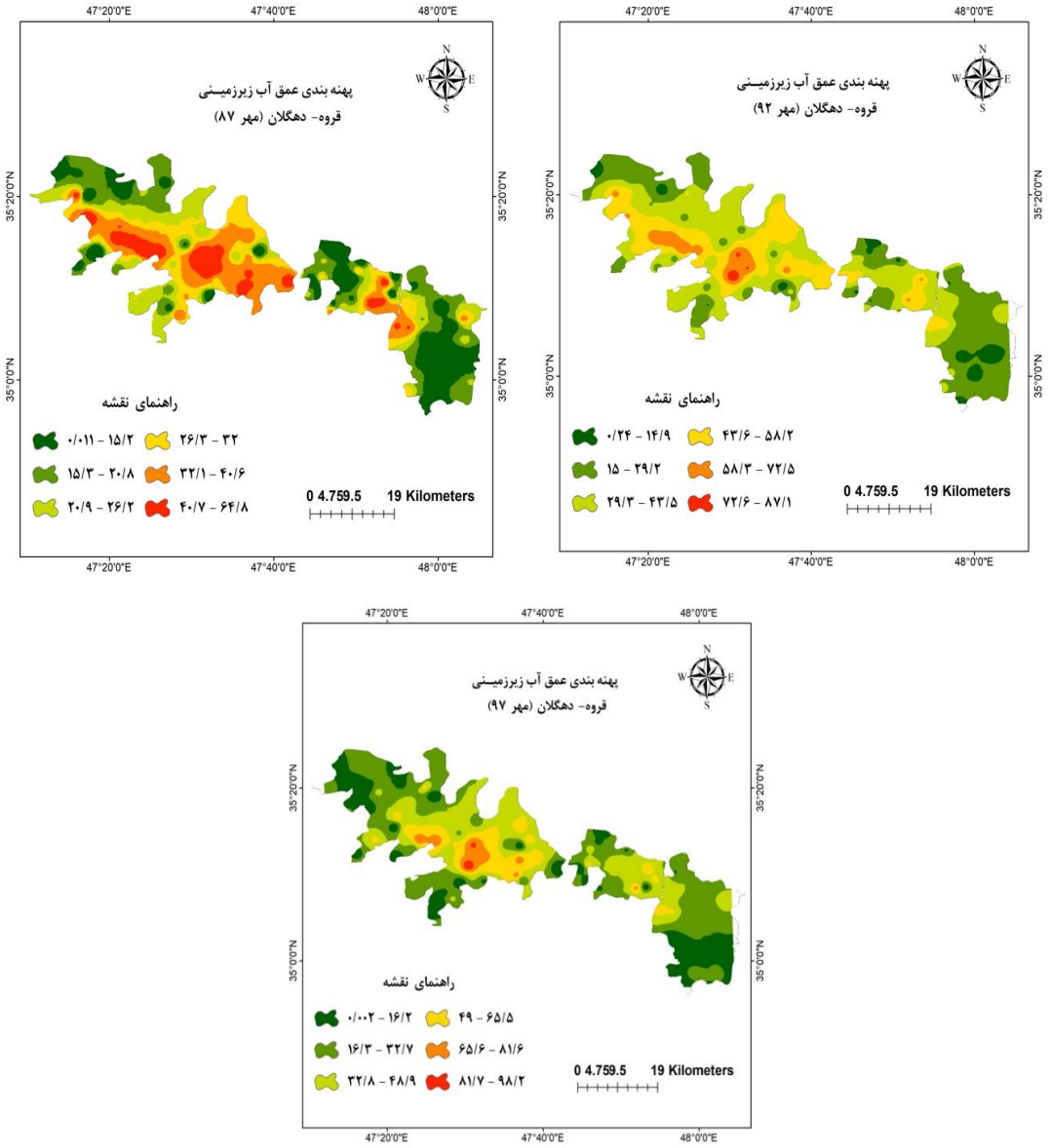
ردیف	طبقات خشک‌سالی	GRI
۱	ترسالی بسیار شدید	۲≤
۲	ترسالی شدید	۱/۵ – ۲
۳	ترسالی متوسط	۱ – ۱/۵
۴	ترسالی ملایم	۰/۵ – ۱
۵	نرمال	-۰/۵ – ۰/۵
۶	خشک‌سالی ملایم	-۱ – -۰/۵
۷	خشک‌سالی متوسط	-۱/۵ – -۱
۸	خشک‌سالی شدید	-۲ – -۱/۵
۹	خشک‌سالی بسیار شدید	-۲ ≥

نتایج و بحث

بررسی نقشه پهنه‌بندی هم‌عمق و هم‌تراز آب زیرزمینی

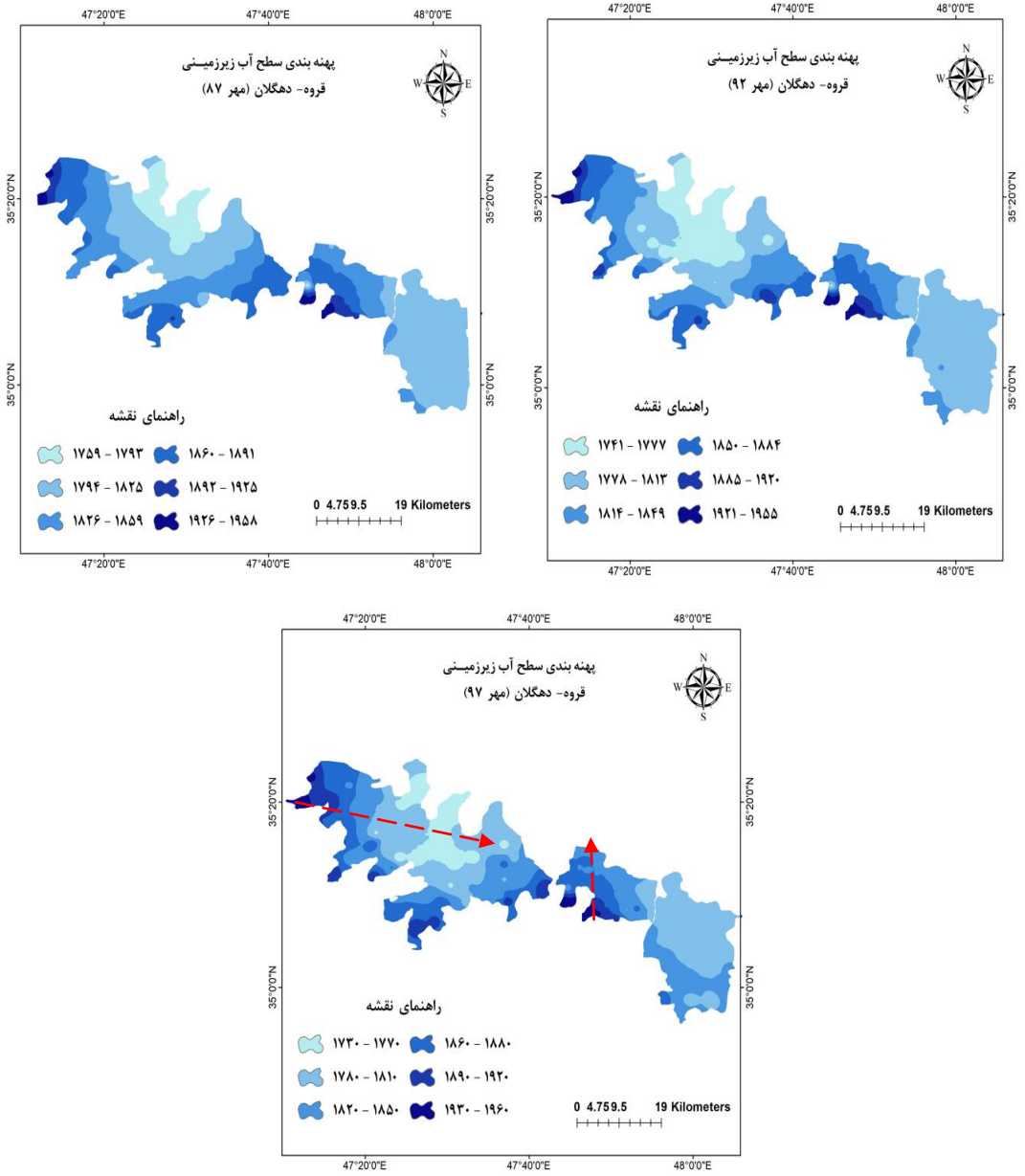
نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در مهر سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس نقشه مهر ۱۳۹۷، بیش‌ترین و کم‌ترین عمق آب زیرزمینی در آبخوان قروه–دهگلان به ترتیب در پیزومتر شمال قاملو معادل ۹۸ متر و حدود صفر است. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در سه دوره زمانی، عمق آب زیرزمینی روندی افزایشی داشته است به‌طوری‌که در مهر سال ۱۳۸۷ بیش‌ترین عمق آب زیرزمینی معادل ۶۵ متر بوده و در ماه مشابه سال ۱۳۹۲ معادل ۱۳۸۷ متر رسیده است.

می‌توان در این دوره بخش شمالی و شرقی دشت را از بخش مرکزی و جنوبی آن ازنظر میزان سطح آب زیرزمینی به‌خوبی تفکیک کرد. در سال ۱۳۸۷ این ناحیه دارای سطح آبی با حداکثر عمق ۶۴/۸ متر است و در سال ۱۳۹۲ نواحی با عمق زیاد افزایش‌یافته که دارای سطح آبی با حداکثر عمق ۸۷/۱ متر است. در سال ۱۳۹۷ سطح آب در مناطق مختلف به‌شدت کاهش‌یافته است که اعداد مربوطه این امر را تائید می‌کند. هم‌چنان که تحقیق احمدی و رنجبر (۱۳۹۱) و زارعی و همکاران (۱۳۹۸) کاهش سطح آب زیرزمینی را در منطقه را تایید کرده‌اند. نقشه پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی محدوده آبخوان در مهر سال ۸۷، ۹۲ و ۹۷ به‌ترتیب در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نقشه‌ها، بیش‌ترین تراز آب زیرزمینی مربوط به نواحی جنوبی و غربی آبخوان است به‌طوری‌که در پیزومتر روستای ویهج معادل ۱۹۵۹ متر است و به سمت نواحی شمالی و شرقی آبخوان به تدریج از مقدار آن کاسته شده و کم‌ترین سطح آب در پیزومتر ده‌رشی معادل ۱۷۳۱ متر مشاهده شده است. این امر به‌دلیل ارتفاع بالای سطح منطقه و تغذیه خالص طبیعی بالا در قسمت جنوبی و غربی آبخوان نسبت به تراز پایین قسمت‌های شمالی و شرقی است. ازاین‌رو، جهت کلی حرکت آب زیرزمینی طبق نقشه‌های به‌دست آمده از روش درون‌یابی مؤید این مسئله است که جهت کلی جریان آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه جنوب–شمال و غرب–شرق است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج احمدی و رنجبر (۱۳۹۱) در دشت دهگلان، صمدی و صمدی (۱۳۹۶) در آبخوان دشت کاشان و محمدی و همکاران (۱۳۹۱) در دشت کرمان از منظر جهت کلی حرکت آب زیرزمینی هم‌خوانی دارد.



شکل ۲- پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی آبخوان قروه- دهگلان در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷

Figure 2- Zoning of the groundwater depth of Gorveh-Dehgolan aquifer in the years 2008, 2012, and 2018



شکل ۳- پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی آبخوان قروه- دهگلان در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷

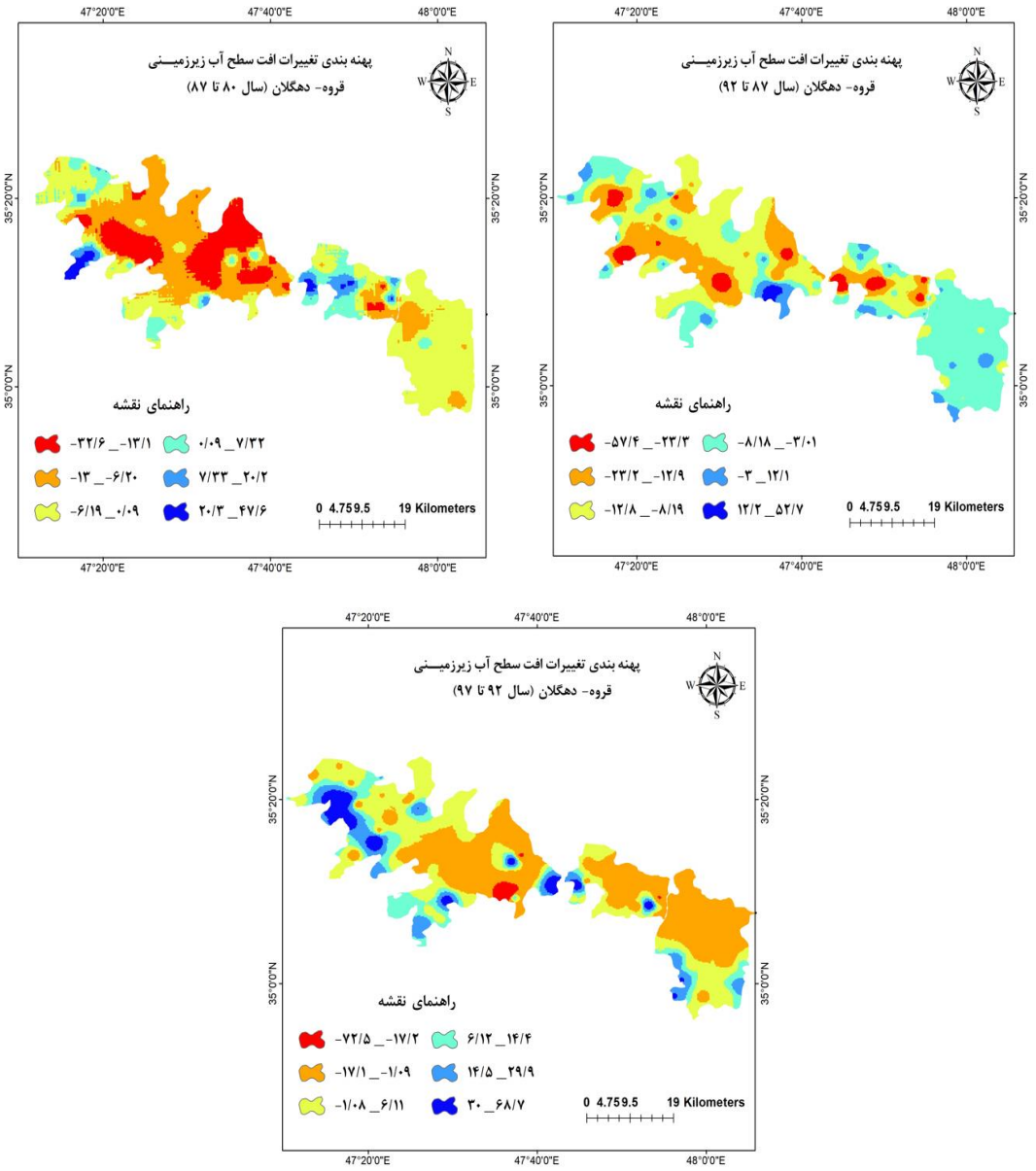
Figure 3- Zoning of the groundwater level of Gorveh-Dehgolan aquifer in the years 2008, 2012, and 2018

تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی

مناطقی که دارای مقادیر منفی هستند یعنی سطح آب زیرزمینی در انتهای دوره نسبت به ابتدای آن، نسبت به سطح زمین کم‌تر شده این کم‌تر شدن به معنی بالا آمدن سطح آب در انتهای دوره است پس در این مناطق بالاآمدگی (تخلیه) داریم؛ و مناطقی که دارای مقادیر مثبت هستند یعنی سطح آب زیرزمینی در انتهای دوره نسبت به ابتدای آن، نسبت به سطح زمین بیش‌تر شده و بیان‌گر افت سطح آب (تغذیه) است. همان‌طور که از شکل مشخص است تمرکز چاه‌ها در دوره زمانی اول (۱۳۸۷-۱۳۸۰)، در مناطق با افت منفی بیش‌تر است و در مناطق با افت منفی تعداد قابل ملاحظه‌ای چاه وجود دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش تراز آب زیرزمینی به‌ترتیب معادل ۳/۲ متر و ۴/۷ متر در منطقه است. در طی دوره زمانی دوم (۱۳۹۲-۱۳۸۷)، فقط تعداد محدودی از چاه‌ها در مناطق با افت مثبت می‌مانند یعنی بهره‌برداری از چاه‌هایی که در دوره زمانی اول در مناطق با افت مثبت قرار داشتند به نحوی بوده که این مناطق به مناطق با افت منفی تبدیل‌شده‌اند همچنین شدت افت نسبت به دوره اول بیش‌تر بوده به‌طوری‌که در تمام قسمت‌ها کاهش تراز آب زیرزمینی مشاهده می‌شود و بیش از ۹۰ درصد از دشت دارای افت منفی

۵/۷ تا ۱ متر است که نشان می‌دهد این نواحی وضعیت خوبی ازنظر تراز آب زیرزمینی ندارند که می‌تواند به‌دلیل افزایش چاه‌های بهره‌برداری و تخلیه از آبخوان باشد که باعث پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در این قسمت از آبخوان شده است.

در طی دوره زمانی سوم (۱۳۹۷-۱۳۹۲) محدوده بسیار کوچکی از جنوب دشت با بیش از ۷ متر افت، بیش‌ترین کاهش تراز آب زیرزمینی در سه دوره زمانی، در برخی مناطق شرایطی بدون تغییر و حتی در قسمت‌های غربی منطقه افزایش تراز داشته‌اند هم‌چنین بخش‌هایی از منطقه تا نه متر افزایش تراز داشته‌اند. اعداد به‌دست‌آمده از بخش‌های مختلف دشت نشان‌دهنده افزایش افت سطح آب در هر دوره نسبت به دوره قبل است. نتایج حاصل از تغییرات افت آب زیرزمینی با تحقیقات احمدی و رنجبر (۱۳۹۱) در دشت دهگلان، زارعی و همکاران (۱۳۹۸) در دشت قروه هم‌خوانی و هم‌سویی نزدیکی دارد. احمدی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که در طی دو دوره ۱۰ ساله (۱۳۷۹۰-۱۳۷۰) به‌طور میانگین از حدود ۳/۲ متر تا ۱۵/۵ متر دچار افت سطح آب زیرزمینی شده است هم‌چنین، زارعی و همکاران (۱۳۹۸) به این نتیجه رسیده است که در طی دو دوره پنج‌ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۳) به ترتیب ۲/۱ و ۵/۷ متر آب زیرزمینی آبخوان قروه افت پیدا کرد.

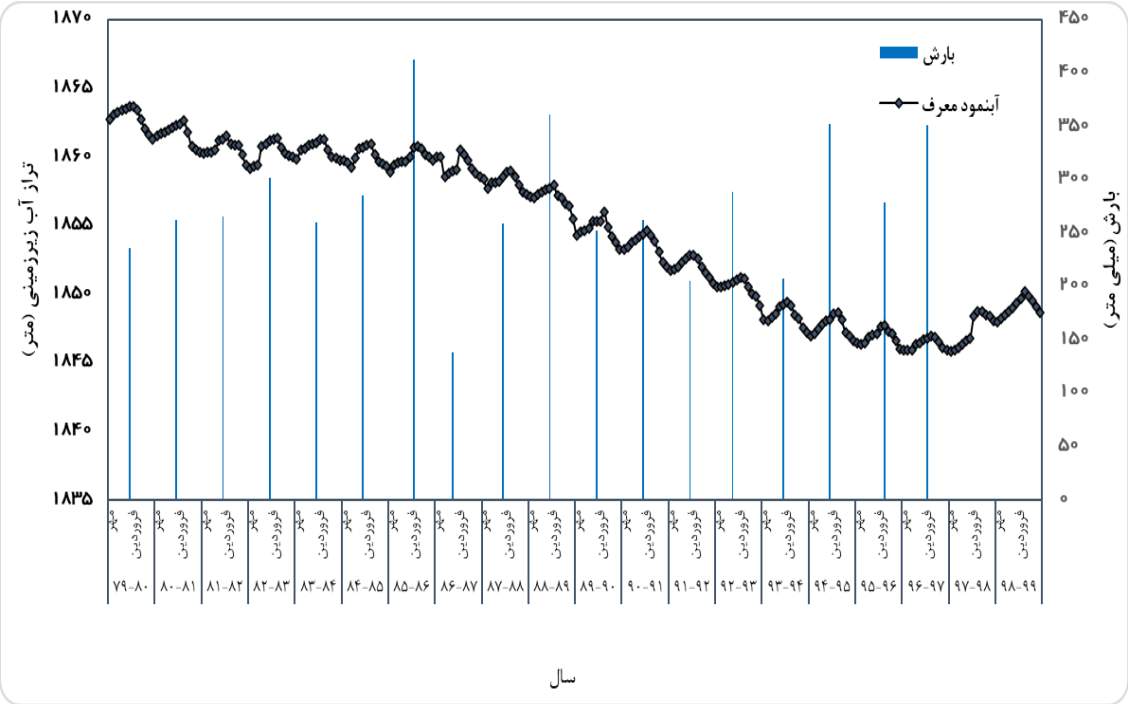


شکل ۴- پهنه‌بندی تغییرات افت آب زیرزمینی (بر حسب سانتی‌متر) در سه دوره زمانی

Figure 4- Zoning of changes in groundwater drop (cm) in three time periods

آبنمود معرف آبخوان

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است میانگین میزان تراز آب زیرزمینی دشت قروه–دهگلان در طول دوره آماری ۲۰ سال مطالعاتی افت داشته است، این موضوع نشان می‌دهد میزان استفاده از منابع آب زیرزمینی با گذشت زمان افزایش داشته است. این فاجعه آبی عمدتاً در اثر مدیریت نامناسب منابع آبی و افزایش صدور مجوز حفر چاه‌ها در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ اتفاق افتاده است. این در حالی است که نقش خشک‌سالی‌های دو دهه گذشته و نوسانات بارش در این بحران، به‌مراتب بسیار کم‌رنگ‌تربوده است (اوسطی، ۱۳۹۵ و احمدی و رنجبر، ۱۳۹۱). بیش‌ترین میزان افت نیز مربوط به سال آبی ۱۳۸۹–۱۳۸۸ است که نسبت به سال قبل خود با افت ۲/۸۵ متری مواجه شده است. لازم به ذکر است از سال آبی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ به‌دلیل وقوع بارش‌های تراز آب زیرزمینی روندی صعودی را نشان می‌دهد. بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری مذکور حاکی از آن است که افزایش سالانه بهره‌برداری از چاه‌ها در این دشت به ۱/۲ میلیون مترمکعب در سال و میزان متوسط کاهش سطح آب زیرزمینی دشت به ۰/۶۹ متر در سال می‌رسد که نشان می‌دهد دشت با اضافه برداشت از مخزن مواجه است. ادامه این روند به همراه کاهش راندمان آبدهی چاه‌ها، افزایش غلظت کیفی و شوری منابع آب زیرزمینی این دشت را در آینده به‌همراه خواهد داشت و ضروری است که با اعمال مدیریت بهره‌برداری و کنترل برداشت‌ها و جلوگیری از هرگونه اضافه برداشت از سفره و در صورت امکان، انتقال منابع سطحی از حوضه‌های مجاور به این دشت ضمن تأمین کمبود منابع آب منطقه امکان تغذیه و تقویت آبخوان را به لحاظ کمی و کیفی فراهم نمود.

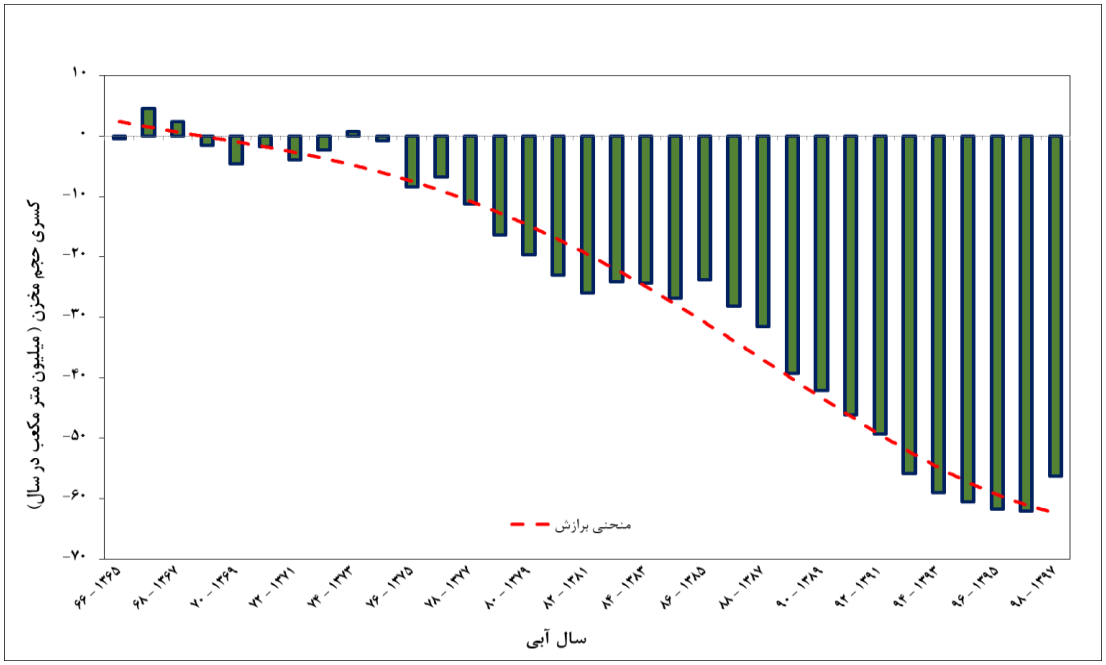


شکل ۵- آبنمود معرف آبخوان در دشت برای یک دوره بیست‌ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۹)

Figure 5- Representative hydrograph of the aquifer in the plain for a 20-year period (2000-2020)

بررسی تغییرات حجم مخزن آبخوان آبرفتی دشت قروه–دهگلان

شبکه چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان آبرفتی دشت قروه–دهگلان با مساحت ۷۲۳۰ کیلومترمربع از سال آبی ۶۶–۱۳۶۵ تا سال ۹۸–۱۳۹۷ دارای اندازه‌گیری مستمر بوده و نوسان سطح آبخوان طی ۳۳ سال گذشته مورد بررسی قرارگرفته است. شکل ۶ روند تغییرات تجمعی حجم مخزن آبرفتی را به نمایش می‌گذارد. روند تغییرات در بازه زمانی ۳۳ ساله، کاهشی است. در سال آبی ۱۳۸۹–۱۳۸۸ بیش‌ترین کسری حجم مخزن مشاهده برابر ۷/۷۲– میلیون مترمکعب است. در واقع کسری حجم مخزن آبرفتی معادل ۵۶/۲ میلیون مترمکعب است (منطبق با نتایج شرکت سهامی آب منطقه‌ای کردستان، ۱۳۸۹) و می‌توان گفت که در سال‌های گذشته علاوه‌بر مصرف صد در صد ذخیره تجدیدشونده بخشی از ذخیره ثابت نیز مورد بهره‌برداری قرارگرفته است.

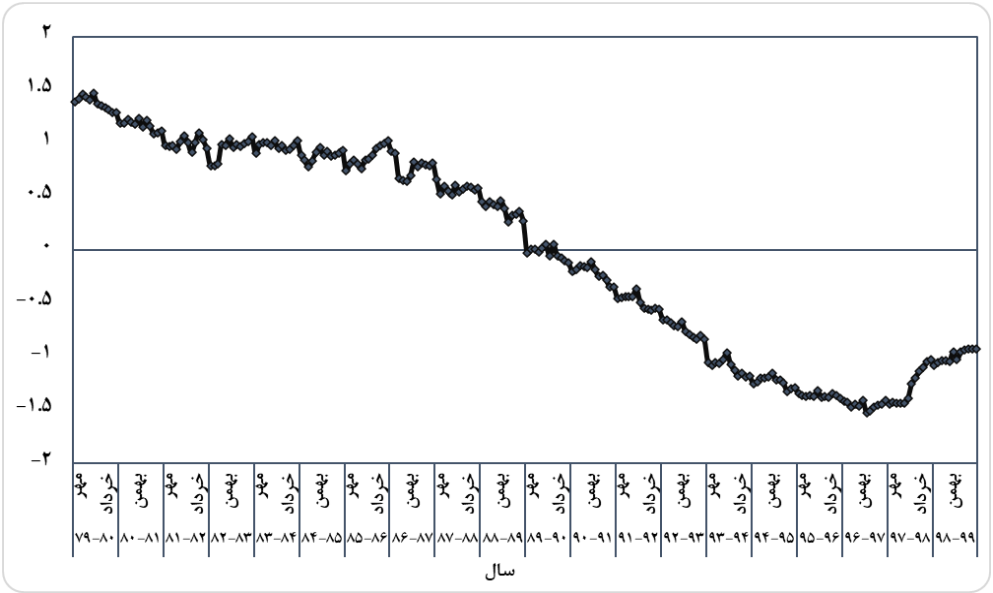


شکل ۶- نمودار تغییرات تجمعی حجم مخزن آبخوان آبرفتی

Figure 6- Diagram of cumulative changes in the volume of the alluvial aquifer

پایش زمانی خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان

در سال‌های اخیر به علت کاهش منابع آب سطحی، با افزایش شدید در استفاده از آب‌های زیرزمینی این دشت مواجه هستیم که به‌تبع آن سطح آب زیرزمینی در اکثر نواحی آن به‌صورت چشم‌گیری افت پیداکرده است. تابه‌حال شاخص‌های خشک‌سالی متعددی جهت پیش‌بینی و تعیین شدت خشک‌سالی ارائه‌شده است، اما شاخصی جهت برآورد شدت خشک‌سالی آب‌های زیرزمینی در این دشت ارائه‌نشده است. در شکل ۷ مقادیر GRI در طول دوره آماری بیست‌ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۹) برای آبخوان قروه نشان داده‌شده است. بر اساس این نمودار، GRI در طول دوره آماری بیست‌ساله روندی نزولی به سمت خشک‌سالی دارد به‌طوری‌که از سال ۱۳۹۰ شاخص خشک‌سالی منفی شده و تا پایان دوره آماری مقادیر منفی شاخص ادامه یافته که بیانگر کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه است. شدیدترین خشک‌سالی آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۷ با رقم شاخص ۱/۵۲- به وقوع پیوسته است.



شکل ۷- تغییرات GRI آبخوان در دشت برای یک دوره بیست‌ساله (۹۹-۱۳۷۹)

Figure 7- Changes in the GRI index of the aquifer in the plain for a period of 20 years (2000-2020)

نتیجه‌گیری

آب زیرزمینی منبع اصلی تأمین نیازهای کشاورزی بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود؛ بنابراین داشتن یک کشاورزی پایدار نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق در مورد نحوه استفاده از این منابع است که این خود مستلزم داشتن شناخت کافی در مورد تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی در یک دوره زمانی مشخص است. آب‌های زیرزمینی در طی دهه‌های اخیر به‌دلیل برداشت بیش از تغذیه با کاهش کمی روبه‌رو شده‌اند. در این مطالعه روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در سه دوره زمانی ۱۸ ساله در دشت قروه-دهگلان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که:

۱- بیش‌ترین و کم‌ترین عمق آب زیرزمینی در آبخوان قروه-دهگلان به ترتیب در پیزومتر شمال قاملو معادل ۹۸ متر و پیزومتر سریش‌آباد-جاده قصلان حدود صفر است.

۲- جهت کلی حرکت آب زیرزمینی طبق نقشه‌های به‌دست آمده از روش درون‌یابی مؤید این مسئله است که جهت کلی جریان آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه جنوب-شمال و غرب-شرق است.

۳- تراز آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان در تمامی پیزومترها روند کاهشی داشته و افت تراز آب زیرزمینی کاهش چشم‌گیری داشته است. بیش‌ترین افت تراز آب زیرزمینی در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۲ مربوط به پیزومتر روستای ویهج و کم‌ترین افت تراز آب زیرزمینی مربوط به پیزومتر ده‌رشی است.

۴- میانگین میزان تراز آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان در طول دوره آماری ۲۰ سال نشان داد بیش‌ترین میزان افت مربوط به سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ است که نسبت به سال قبل خود با افت ۲/۸۵ متری مواجه شده است.

۵- بررسی تغییرات حجم مخزن آبخوان آبرفتی دشت قروه-دهگلان نشان داد روند تغییرات در بازه زمانی ۳۳ ساله کاهشی بوده و کسری حجم مخزن آبرفتی آبخوان قروه-دهگلان معادل ۵۶/۲ میلیون مترمکعب است.

۶- مقدار GRI در طول دوره آماری بیست‌ساله روندی نزولی به سمت خشک‌سالی نشان داد به‌طوری‌که از سال ۱۳۹۰ شاخص خشک‌سالی منفی شده و تا پایان دوره آماری مقادیر منفی شاخص ادامه دارد.

بر اساس نقشه جهانی تهیه‌شده برای برآورد تقریبی میزان تغذیه در آبخوان‌های دنیا (BGR, 2011)، آبخوان‌های دشت قروه-دهگلان، تغذیه سالانه بین ۱۰۰ —۲۰۰ میلی‌متر در سال (در سال نرمال) دارند. بنابراین حتی در صورت ممنوعیت کامل استفاده از منابع زیرزمینی دشت قروه-دهگلان، جبران بهره‌برداری بی‌رویه و افت وحشتناک آبخوان‌های آن، به سال‌ها زمان نیاز دارد. هرچند در شرایط فعلی، توقف کامل بهره‌برداری از آبخوان مورد مطالعه، عملی نبوده و حتی غیرممکن به نظر می‌رسد. بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی خصوصاً در پیزومترهای بخش‌های انتهایی و مرکزی دشت‌ها نشان می‌دهد که این فاجعه آبی عمدتاً در اثر مدیریت نامناسب منابع آبی و افزایش صدور مجوز حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در دو دهه گذشته بوده است. بیلان منفی آبخوان‌ها به حدی شدید است که حتی بارش‌های مناسب چند سال اخیر نیز نتوانسته است از روند افت تراز سفره‌های زیرزمینی ممانعت کند. توصیه می‌شود جهت جلوگیری از ادامه روند کاهش حجم مخزن نسبت به پیشنهاد ممنوعیت و یا تمدید آن اقدام کاملی از طرف سازمان آب منطقه‌ای کردستان صورت پذیرد هم‌چنین برای پیشنهاد برای کارهای آتی می‌توان مطالعه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت قروه-دهگلان با آزمون‌های نا پارامتری من‌کندال و تبدیل موجک و روش‌های خوشه‌بندی با SOM و Kmeans در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی استفاده کرد.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: در صورت درخواست داده از نویسنده مسئول، در اختیار قرار داده خواهد شد.

حمایت مالی: این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی انجام شده و از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی حمایت مالی دریافت نموده است.

مشارکت نویسندگان: ابراهیم یوسفی مبرهن: مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله؛ سمیرا زندی‌فر: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: این مقاله برگرفته از بخشی از نتایج طرح پژوهشی با کد مصوب ۹۹۰۵۴۱-۹۹۰۲۵-۰۳۰-۰۹-۰۹-۰۱ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (تات) است و بدین‌وسیله از مسئولین محترم پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سرکار خانم‌ها دکتر سکینه لطفی‌نسب، مریم نعیمی و جناب آقای دکتر عادل جلیلی قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

احمدی، ف.، و ح. رنجبر (۱۳۹۱) بررسی افت سطح آب زیرزمینی دشت دهگلان با استفاده از GIS. سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران.

افضلی، ا.، و ک. شاهدی (۱۳۹۳) بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل–بابل. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۵(۱۰): ۱۴۴–۱۵۶.

اکبری، م.، م. جرگه و ح. مدنی سادات (۱۳۸۸) بررسی افت آب‌های زیرزمینی با استفاده ازGIS ؛ مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۶(۴): ۷۸–۶۳.

اکرامی، م.، ذ. شریفی، ح، ملکی‌نژاد و م.ر (۱۳۹۰) بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت یزد–اردکان. طلوع بهداشت یزد، ۱۰(۲): ۹۱–۸۲.

امیری، و.، م. نخعی، ف. موسایی و س. سوری (۱۳۸۹) افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت کوه‌دشت با استفاده از جی آی اس. مجموعه مقالات همایش ملی آب با رویکرد آب پاک. دانشگاه صنعت آب و برق، تهران. صفحه ۱۰۸۴.

اوسطی، خ. (۱۳۹۵) نوسانات سطح آب زیرزمینی در آبخوان های دشت قروه–دهگلان: شواهدی از مدیریت نامناسب منابع آب در شرایط خشک‌سالی. ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، سنندج.

بامری، ا.، ح. پیری، و ف. گنجی (۱۳۹۴) ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت بجستان جهت مصارف کشاورزی با استفاده از روش کریجینگ شاخص. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۱۰): ۲۲۹–۲۱۱.

بهمنش، ج.، ر. صمدی و ح. رضایی (۱۳۹۴) بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی (مطالعه‌موردی: دشت ارومیه). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۴): ۶۷–۸۴.

پایمزد، ش.، م.ر. رضایی، م. ج. رضایی و ج. رضایی (۱۳۹۸) تخمین تغییرات آب زیرزمینی با استفاده از چهار تکنیک متفاوت شبکه عصبی تکاملی و داده‌های آب و هواشناسی (مطالعه موردی دشت عباس، استان ایلام). مهندسی اکوسیستم بیابان، ۸(۲۲): ۵۸–۴۳.

دلبری، م.، م. بوستانیان و پ. افراسیاب (۱۳۹۲) بررسی تغییرات مکانی–زمانی و پهنه‌بندی سطح آب زیر زمینی آبخوان کوهپایه–سگزی، با استفاده از روش‌های زمین‌آماری. فضای جغرافیایی، ۱۵(۵۲): ۳۲۴–۳۰۵.

ربیعی، م. و ح. کرمی (۱۴۰۱) تخمین تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی با تلفیق مدل‌های هوشمند و روش‌های زمین آماری (دشت سمنان). مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۲(۳): ۲۲۰–۲۴۲.

رحمتی، ا.، ع.ا. نظری سامانی و م. مهدوی (۱۳۹۶) ارزیابی کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در پیش‌بینی پتانسیل آب زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: دشت قروه–دهگلان). مرتع و آبخیزداری، ۷۰(۴): ۸۶۹–۸۷۹.

رحیمی، م. و ک. سلیمانی (۱۳۹۵) ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت دهگلان بر پایه GIS و سنجش از دور با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۰(۳۵): ۳۸–۲۷.

زارعی، ا.، آ. نکوئی اصفهانی، ا. نوروزی، و. کاکا پور و س. زارعی (۱۳۹۸) شناسایی مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان دشت قروه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS). زمین‌شناسی محیط زیست، ۱۳(۴۸): ۳۹–۵۱.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای کردستان (۱۳۸۹) گزارش توجیهی تخصیص منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز قروه–دهگلان (کد مطالعاتی: ۱۳۰۸). شرکت سهامی آب منطقه‌ای کردستان، ۴۵ صفحه.

شهیدی، ع. و ف. خادم‌پور (۱۳۹۹) بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت جنگل استان خراسان رضوی با استفاده از شاخص‌های GWQIو AWQI و پهنه‌بندی آن با سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS). هیدروژئومورفولوژی، ۷(۲۲): ۱–۲۰.

صمدی، ج. و ج. صمدی (۱۳۹۶) مدل‌سازی مکانی–زمانی تغییرات تراز سطح آب‌های زیرزمینی مناطق شهری و روستایی آبخوان کاشان با استفاده از تکنیک‌های GIS. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(۱): ۶۳–۷۷.

عباسی، ف.، ج. فرزادمهر، ک. چپی، م. بشیریف و م. آذرخشی (۱۳۹۵) تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت قروه و دهگلان و ارتباط آن با خشک‌سالی. هیدروژئولوژی، ۱(۲): ۱۱–۲۳.

فتاحی، م. م (۱۳۸۸) بررسی رونـد بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور با تأکید بـر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمـی و کیفـی منـابع آب. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶(۲): ۲۳۴-۲۵۳.

کایی، ز.، م. فرامرزی، ح. کریمی و ح. مهدی‌زاده (۱۳۹۶) بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر پارامترهای کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مهران ایلام. اکوبیولوژی تالاب، ۹(۳): ۲۸-۱۵.

کوکبی‌نژاد قزوینی، ا.، ح. محمدنژاد آروق و م.ب سلیمانی (۱۳۹۵) بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی واقع در رسوبات کواترنری دشت ارومیه. پژوهش‌های ژئومرفولوژی کمی، ۵(۳): ۱۱۰-۹۳.

محمدی، ص.، ع. سلاجقه، م. مهدوی و ر. باقری (۱۳۹۱) بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از روش زمین‌آماری مناسب (طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، ۱۳۷۵- ۱۳۸۵). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۱): ۶۰-۷۱.

محمدی، م.، ا.ح. دوست‌محمدیان، م. امیری و م.ک. کیانیان (۱۳۹۹) بررسی تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی در دشت سمنان. مهندسی منابع آب، ۱۳(۴۷): ۶۱-۷۰.

میرزایی، م.، ج. مرشدی و ف. عظیمی (۱۳۹۳) اثر سد کرخه در افزایش سطح آب زیرزمینی دشت سرخه با استفاده از روش زمین آمار کریجینگ. نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

نادریان فر،م.، ا. فاریابی، ش. کوهستانی و م. صفوی گردینی (۱۴۰۰) بررسی تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز هلیل رود جیرفت. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۱(۴): ۱۴۱-۱۵۹.

نادریان‌فر، م.، ح. انصاری، ع.ن. ضیاعی و ک. داوری (۱۳۹۰) بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در حوزه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف. فصل‌نامه علمی و پژوهشی مهندسی آب و آبیاری، ۱(۳): ۳۷-۲۲.

ندیری، ع.، ف. صادقی اقدم، ع. آقاری‌مقدم و ک. نادری (۱۳۹۴) ارزیابی شوری و آرسنیک به عنوان عوامل مخرب مؤثر بر کیفیت آب سطحی و زیرزمینی حوزهٔ آب سد سهند. هیدروژئومورفولوژی، ۲(۴): ۷۹-۹۹.

نصرالهی، م.، م. ممبینی و س. ولی زاده (۱۳۹۳) بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی بر وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از تصاویر ماهوارهای (مطالعه موردی دشت گیلان‌غرب). اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۱): ۹۷-۸۹.

یزدان‌پناهی، ع.، م. اکبری و م. بهرنگ‌منش (۱۳۹۷) بررسی تغییرات زمانی-مکانی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار در دشت مشهد. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، ۶(۲۰): ۳۵-۲۵.

یوسفی مبرهن, ا.، و ح.ر. پیروان (۱۴۰۱) بررسی پایداری و اثرات متقابل خصوصیات فیزیکی-شیمیایی مارن حساس به فرسایش و پوشش گیاهان مرتعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: شهرستان شاهرود). جغرافیا و پایداری محیط، ۱۲(۱): ۵۷-۷۴.

References

Abbasi, F., Farzadmehr, J., Chapi, K., Bashiri, M. and Azarakhshi, M. (2016) *Spatial and Temporal Variations of Groundwater Quality Parameters in Qorveh- Dehgolan Plain and Its Relationship with Drought*. Hydrogeology, *1(2): 11-23*. https://doi.org/10.22034/hydro.2016.5002. [in Persian].

Afzali, A., and Shahidi, K. (2013) *Investigation on Trend of Groundwater Quantity-Quality Variation in Amol-Babol Plain*. Journal of Watershed Management Research, *5(10):144-156*. URL: http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-419-en.html. [in Persian].

Ahmadi, F., and Ranjbar, H. (2012). *Studying the drop of underground water level in Dehgolan plain using GIS*, 31st Earth Science Conference, Tehran. [in Persian].

Akbari, M., Jorgeh, M.R and Madanisadat, H. (2009) *Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS) (Case study: Mashhad Plain Aquifer).* Journal of Water and Soil Conservation, *16(4): 63-78*. https://doi.org/20.1001.1.23222069.1388.16.4.4.0. [in Persian].

Amiri, V., Nakhai, M., Mousai, F., and Suri, S. (2010) *Groundwater level drop in Kohdasht plain aquifer using GIS. Proceedings of the National Water Conference with a clean water approach*. University of Water and Power Industry, Tehran. *Page 1084*. [in Persian].

An, T.D., M. Tsujimura, V. Le Phu, A. Kawachi and D.T. Ha. (2014) *Chemical characteristics of surface water and groundwater in coastal Basin, Mekong Delta, Vietnam*. Procedia Environmental Sciences, *20: 712-721*. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.085.

Asadi, A. and Bayat, F. (2019) *Evaluation of the quality of groundwater resources in Zanjan plain using EWQI and TOPSIS methods.* Environmental Sciences, *17(1): 41-56.* https://doi.org/10.29252/envs.17.1.41. [in Persian].

Asoka, A., Gleeson, T., Wada, Y., and Mishra, V. (2017) *Relative contribution of monsoon precipitation and pumping to changes in groundwater storage in India.* Nature Geoscience, *10(2): 109-117*. https://doi.org/10.1038/ngeo2869.

Bameri, A. and Piri, H. (2015) *Assessment of groundwater pollution in bajestan plains for agricultural purposes using indicator Kriging*. Journal of Water and Soil Conservation, *22(1): 211-229*. https://doi.org/20.1001.1.23222069.1394.22.1.11.3. [in Persian].

Behmanesh, J. (2015) *Investigation of groundwater level changes trend (Case Study: Urmia plain)*. Journal of Water and Soil Conservation, *22(4):67-84*. [in Persian].

BGR (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources) and UNESCO (2011). "World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme (WHYMAP)" http://www.whymap.org.

Delbari, M., Bostanian, M. and Afrasiab, P. (2012) *Investigating spatial-temporal changes and zoning of underground water level of Kohpayeh-Segzi aquifer, using geo-statistical methods*. Geographical Space Scientific Research Quarterly, (52)15: 324-305. [in Persian].

Ekrami, M., Sharifi, Z., Melkinjad, H. and Ekhsati, M. R. (2011) *Investigating the process of quantitative and qualitative changes in Yazd-Ardakan plain.* Bi-monthly scientific research magazine Health Yazd. *(2)10: 91-82*. [in Persian].

Fattahi, M. M. (2009) *Study of trend of desertification trend in Qom province base on remote sensing with emphasis on Landuse changes and water quality and quantity resources.* Iranian Journal of Range and Desert Research, *16(2): 234-253*. [in Persian].

Gehreles, JC., Van Geer, FC. and De Vries, JJ. (1994) Decomposition of groundwater level fluctuations using transfer modeling in an area with shallow to deep unsaturated zones. Journal of Hydrology. 157(1-4): 105-138. https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90101-5.

Kai, Z., Faramarzi, M., Karimi, H. and Mehdizadeh, H. (2016) *Investigating the effect of land use change on quantitative and qualitative parameters of groundwater in Mehran plain of Ilam*. Wetland Ecobiology Scientific Research Journal. *9 (11):28-15*. [in Persian].

Keneth, H.F. (2003) *Climate Variation Drought and Desertification*, W. M. Annual Report. Jevenva.

Kokbeinjad Qazvini, A. H., Mohammadnejad Arouq, V. and Soleimani, M. b. (2018) *Assessment of qualitative changes in Urmia quaternary plain groundwater. Quantitative Geomorphological Research*, *5(3):93-110*. https://dor.org/20.1001.1.22519424.1395.5.3.7.1 [in Persian].

Lee, J.Y., Yi, MJ, Moon, S.H., Cho, M., Won, J.H., Ahn K.H. and Lee, J.M. (2007) *Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 66 (3):251-258. https://doi.org/10.1007/s10064-006-0074-x.

Mendicino, G., A. Senatore and P. Versace, (2008) *A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate*. Hydrology Journal, *357:282-302*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.05.005.

Mirzaei, M., Morshidi, J. and Azimi, F. (2013) *The effect of Karkheh Dam on increasing the groundwater level of Sorkheh plain using Kriging geostatistics method.* The first national conference on the application of advanced models of spatial analysis (remote sensing and GIS). In land use, Islamic Azad University, Yazd branch. [in Persian].

Mohammadi, M., Dustmohammadian, A. H., Amiri, M. and Kianian, M. K. (2020) *Investigating Quantitative Changes of Groundwater in the Semnan Plain.* Water Resources Engineering, *13(47):61-70*. https://dor.org/20.1001.1.20086377.1399.13.47.5.2. [in Persian].

Mohammadi, S., Salajegheh, A., Mahdavi, M. and Bagheri, R. (2012) *An ivestigation on spatial and temporal variations of groundwater level in Kerman plain using suitable geostatistical method (During a 10-year period).* Iranian Journal of Range and Desert Research (IJRDR), *19(1):60-71*. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2012.103069. [in Persian].

Naderianfar, M., Ansari, H., Ziaie, A. and davary, K. (2011) *Evaluating the groundwater level fluctuations under different climatic conditions in the basin Neyshabour*. Irrigation and Water Engineering, 1(3): 22-37. [in Persian].

Naderianfar, M., Faryabi, A., Kouhestani, S. and Safavi Gardini, M. (2021) *Investigating the Groundwater Fluctuations Level in Basin of Halil River, Jiroft*. Irrigation and Water Engineering, *11(4):141-159*. https://doi.org/10.22125/iwe.2021.133694 [in Persian].

Nadiri, A., Sadeghi Aghdam, F., Aghari Moghaddam, A. and Naderi, K. (2015) *The Assessment of Salinity and Arsenic as the Destructive Factors Affecting on Surface and Ground Water Quality of Sahand Dam water Basin*. Hydrogeomorphology, *2(4):79-99*. https://dor.org/120.1001.1.23833254.1394.2.4.5.8. [in Persian].

Nasrollhi, M., Mambini, M., and Valizadeh, S. (2014) *Investigating the effect of land use changes on the status of groundwater resources using satellite images (case study of the West Gilan Plain).* Scientific Research Quarterly of Geographical Information, *23(91): 97-89*. https://doi.org/10.22131/sepehr.2014.12865. [in Persian].

Osati, Kh. (2016) *Fluctuations of the underground water level in the aquifers of Garoveh-Dehgolan plain: evidences of inappropriate management of water resources in drought conditions*, 6th National Conference on Water Resources Management of Iran, Sanandaj. [in Persian].

Paimozd S, Rezaei M R, Rezaei M J. and Rezaei J. (2019) *Modeling Groundwater Changes Using Four Different Techniques of Evolutionary Neural Network and climatic data (Case Study of Dasht-Abbas Plain, Ilam Province).* Desert Ecosystem Engineering Journal, *8(22): 43-58*. https://doi.org/10.22052/deej.2018.7.22.25 [in Persian].

Panda, D.K., Mishra, A., Jena, S.K., James, B.K. and Kumar, A. (2007) *The influence of drought and anthropogenic effects on ground water in Orissa, India.* Journal of Hydrology, *343: 140-153*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.06.007.

Priestley, S.C., Shand, P., Love, A.J., Crossey, L.J., Karlsrom, K.E., Keppel, M.N., Wohling. D.L. and Rousseau-Gueutin, P. 2019. *Hydrochemical variations of groundwater and spring discharge of the western Great Artesian Basin, Australia: implications for regional groundwater flow.* Hydrogeology Journal. *27(8): 1-16*. https://doi.org/10.1007/s10040-019-02071-3.

Rabiee, M. and Karami, H. (2022) *Estimation of Temporal and Spatial Variations of Groundwater Level by Combining Intelligent Models and Geostatistical Methods (Semnan Plain).* Irrigation and Water Engineering, *12(3): 220-242*. https://doi.org/10.22125/iwe.2022.146404 [in Persian].

Rahimi, M. and solaimani K. (2017) *Remote Sensing and GIS Based Assessment Groundwater Potential Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision-Making Technique*. Watershed Management Science and Engineering, *10(35): 27-38*. URL: http://jwmsei.ir/article-1-433-en.html [in Persian].

Rahmati, O., Nazari Samani, A. and Mahdavi, M. (2017) *Assessing the effectiveness of the analytic hierarchy process as a groundwater predicting tool (Case study: Ghorve-Dehgolan plain)*. Journal of Range and Watershed Management, *70(4): 869-879*. https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.31578.569. [in Persian].

Samadi, J. and Samadi, J. (2017) *Spatial-Temporal Modeling of Groundwater Level Variations of Urban and Rural Areas in Kashan Aquifer Using GIS Techniques*. Journal of Environmental Science and Technology, *19(1): 63-77*. https://doi.org/10.22034/jest.2017.10329.

Shahid, S. and Hazarika MK. (2009) *Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh*. Water Resources Management, *24(10): 1989-2006*. https://doi.org/10.1007/s11269-009-9534-y.

Shahidi, A. and Khadempour, F. (2020) *Investigating the Qualitative Satus of Groundwater in the Plain of Khorasan Razavi Province Using GWQI and AWQI Indexes and Its Zoning with Geographic Information System (GIS).* Hydrogeomorphology, 7(22):1-20. https://doi.org/10.22034/hyd.2020.10802 [in Persian].

Shi, L., Wang, Y., Qiu, M., and Wang, M. (2019) *Assessment of water inrush risk based on the groundwater modeling system-a case study in the Jiaojia Gold Mine Area, China*. Arabian Journal of Geosciences, *12(24): 872-893*. https://doi.org/10.1007/s12517-019-4986-8.

Singh, K., Hundal, H. S. and Singh, D. (2011) *Geochemistry and assessment of hydrogeochemical processes in groundwater in the southern part of Bathinda district of Punjab, northwest India.* Environmental Earth Sciences, *64: 1823-1833*. https://doi.org/10.1007/s12665-011-0989-9.

Yazdanpanahi, A., Akbari, M. and Behrangmanesh, M. (2018*) Spatio-temporal Variable of groundwater parameters Using Geo-statistical methods in Mashhad Plain.* Extension and Development of Watershed Management, *6(20): 25-34*. [in Persian].

Yousefi Mobarhan, E and E. Karimi Sangchini. (2021) *Continuous Rainfall-Runoff Modeling Using HMS-SMA with Emphasis on the Different Calibration Scale*. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, *52(2): 112-119*. https://doi.org/10.29417/JCSWC.202106_52(2).0005.

Yousefi Mobarhan, E. and Peyrowan, H. (2022) *Investigating the Sustainability and Interactive Effects of Physical-chemical Properties of Erosion-sensitive Marl and Rangeland Vegetation in Arid and Semiarid Areas (Case Study: Shahrood Town).* Geography and Environmental Sustainability, *12(1): 57-74.* https://doi.org/10.22126/ges.2022.7322.2499. [in Persian].

Zareei, A., Nekouei Esfahani, A., Norouzi, E., Kakapour, V. and Zareei, S. (2019) *Identification of feeding and drainage areas of Qorveh plain aquifer using geographic information system (GIS)*. Journal of Environmental Geology, *13(48): 39-51*. [in Persian].