Research Paper

Evaluation and Modify of Groundwater Quality Monitoring Network of Khanmirza Plain Using Geostatistical Analysis

Zahra Hassani [1], **Ahmad Reza Ghasemi** [2*], **Rasoul Mirabbasi** [3]

[1] Masters Student of Irrigation Drainage, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University, Iran. z.hassani7777@gmail.com
[2*] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University, Iran. Corresponding Author. ghasemiar@yahoo.com
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University, Iran. mirabbasi_r@yahoo.com

10.22125/IWE.2023.173355

Received:
December 23, 2021
Accepted:
May 25, 2021
Available online:
June 25, 2023

Keywords:
Groundwater, Quality monitoring network, Quality variable, Geostatistical Analysis, Kriging

Abstract

Groundwater quality monitoring is very expensive, time-consuming and requires high technical expertise therefore, finding a method for estimating the hydrochemical variables with the minimum sampling is essential. The aim of research is to determine the optimal number of sampling wells in Khanmirza plain in Chaharmahal and Bakhtiari. For this purpose, seven water quality variables including SAR, EC, pH, TH, TDS and the sum of anions and cations in 19 wells were used for the period 1991 to 2011. At the first, based on the RMSE values the best geostatistical method for zoning each variable is selected. Then semi-variogram curves were used for calculating the radius of influence (ROI) in all wells. The minimum numbers of wells based on the ROI overlap were determined for estimating the plain hydrochemical variables. The results showed that water sampling from one well can estimate the pH mean in Khanmirza plain, carefully. Also, for estimating the SAR variable 3 wells, for the sum of anions and total cations 4 wells and for the variables EC, TDS and TH only 5 wells are enough. The results of two-tailed t-test also showed the ability of proposed wells to estimate the studied variables in the plain. Therefore, it can be concluded that in special cases that necessary and immediate information on groundwater quality in Khanmiza plain is required, by sampling from proposed wells instead of 19 wells, can estimate the hydrochemical variables.

1. Introduction

Groundwater management is recognized as critical to supporting the long-term viability of aquifers, especially in the arid and semi-arid areas like most parts of Iran. Groundwater pollution occurs when pollutants are released to the ground and make their way into groundwater. Ground water contamination is always the result of human activity.

Agricultural chemicals (including chemical fertilizers and pesticides), urbanization and industrial development are the main groundwater pollution sources.

* **Corresponding Author:** Ahmad Reza Ghasemi
Address: Water Engineering, Shahrekord University, Iran
Email: ar-ghasemi@sku.ac.ir
Tel: ۰۳۸۳۳۲۳۲٤۰۷

Water pollution is one of the biggest threats to human life, especially in developing countries where the issue of water pollution is not taken seriously. Given that groundwater has been created for hundreds or thousands of years, it can cause irreparable damage to these valuable water resources if only the use and exploitation of groundwater resources is considered regardless of their pollution.
Due to groundwater plays an important role in our agriculture and thus food production, water pollution can be considered as the biggest threat to the country's water resources after drought. Failure to pay attention to the issue of groundwater pollution can pose a serious threat to the country's water resources in the long time. Because ground water generally moves slowly, contamination often remains undetected for long periods of time.
Given that groundwater pollution can affect human health, therefore continuous quality monitoring is very important. Monitoring programmes for groundwater quality are very expensive and time-consuming, therefore a fast and inexpensive method can improve the management of groundwater quality. Geostatistical methods and GIS which are mostly used to explain spatial patterns and interpolate values can be useful tools in this regard. Therefore, the current research was conducted to find a way to measure the water quality of Khanmirza plain in Chaharmahal Bakhtiari by means of Geostatistical methods.

2. Materials and Methods

This research was done in Khanmirza plain in Chaharmahal Bakhtiari province. The main purpose of this research is finding a new method for monitoring the groundwater pollution, with the lowest cost and time. Seven water quality variables including Electrical Conductivity (Ec), Sodium adsorption ratio (SAR), Total dissolved solids (TDS), total hardness (TH), potential hydrogen or acidity (pH) and sum of anions and sum of cations for the period 1370 to 1390 in 19 wells were used.
First, for all the seven groundwater variables, the best interpolate method among the five geostatistical methods including Inverse Distance Weighting, IDW; method and Radial Basis Function, RBF; Global Polynomial Interpolation, GPI; Local Polynomial Interpolation, LPI and Kriging, were selected. The root mean squared error (RMSE) index, was used for this purpose. In the second step, the radius of influence (ROI) for all 19 wells, were calculated by means of semi-variogram curve in the ArcGIS software.
Finally, for each variable and based on their radius of influence overlap, the number of optimal wells for estimating water quality variables in the plain were determined.

3. Results

The results of different spatial interpolation methods showed that the ordinary kriging method has the minimum error (root mean squared error, RMSE) compared to the other geostatistical methods. So using this method, the radius of influence of the all 19 wells was calculated for each variable. Then based on the ROIs overlap the minimum number of the wells was determined. The results showed that for estimating the potential hydrogen or acidity (pH) in Khanmirza plain the use of only one wells, for Sodium adsorption ratio (SAR) 3 wells, for sum of cations and sum of anions 4 wells and for Electrical Conductivity (Ec), Total dissolved solids (TDS) and total hardness (TH) only 5 wells out of 19 wells are sufficient.

4. Discussion and Conclusion

It can be concluded that when the immediate information on groundwater quality in Khanmiza plain is required, by sampling from maximum 5 well, instead of all 19 wells, the groundwater quality can estimate carefully.

Six important references

1) Ahmadian S. 2013. Geostatistical based modeling of variations of groundwater quality during 2006 to 2009 (in Tehran-Karaj Plain). Journal of applied sciences research, 3: 264-272.
2) Azareh A., Mohseni Saravi M., Salajegheh S. and Jafari M. 2012. Temporal and Spatial change of Groundwater quality in Shahr-e-Babak plain for agricultural the base Wilcox and FAO. Elixir Pollution, 47: 9029-9034.
3) Bhuiyan C. and Ray P.K. 2017. Groundwater Quality Zoning in the Perspective of Health Hazards. Water Resources Management. 31: 251–267.

4) Idris Y.A. 2013. A GIS-Based Spatial Classification Technique to Identify the Groundwater Quality and Type Classes. American Science, 9: 100-109.
5) Jesiya N.P. and Gopinath G. 2018. Groundwater suitability zonation with synchronized GIS and MCDM approach for urban and peri-urban phreatic aquifer ensemble of southern India. Journal Urban Water Journal. 15: 801-811.
6) Tolchi A.D. 2020. Groundwater potential mapping using geospatial techniques: a case study of Dhungeta-Ramis sub-basin, Ethiopia. Geology, Ecology, and Landscapes. 16: 65-80.

5. Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو .تابستان ۱۴۰۲

ارزیابی و اصلاح شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی دشت خانمیرزا با استفاده از تحلیل زمین آمار

زهرا حسنی[۱]، احمدرضا قاسمی[۲] و رسول میرعباسی[۳]

تاریخ ارسال:۱۴۰۰/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۳/۰۴

مقاله پژوهشی

چکیده

به دلیل اینکه که پایش کیفی آب‌های زیرزمینی بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد، انتخاب روشی که در آن با کمترین تعداد نمونه‌برداری بتوان متغیرهای هیدروشیمیایی یک دشت را برآورد کرد امری ضروری است. هدف پژوهش حاضر تعیین تعداد و موقعیت بهینه چاه‌های نمونه‌برداری در دشت‌خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. برای این منظور از نتایج نمونه-برداری شیمیایی ۱۹ حلقه چاه و هفت متغیر کیفی شامل SAR، EC، pH، TH، TDS و مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها برای دوره ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ استفاده شد. در ابتدا با استفاده از روش‌های زمین آمار و براساس کمترین میزان خطا، بهترین روش برای هر متغیر انتخاب و سپس شعاع تأثیر چاه‌ها به کمک منحنی نیم تغییرنما برای هر متغیر محاسبه و باتوجه به مقدار همپوشانی شعاع تأثیر چاه‌ها، تعداد حداقل چاه‌ها برای برآورد متوسط هر متغیر در دشت تعیین گردید. نتایج نشان داد که برای برآورد متغیر pH یک چاه نمونه، برای متغیر SAR تعداد ۳ چاه، برای مجموع آنیون‌ها و مجموع کاتیون‌ها تعداد ۴ چاه و برای متغیرهای EC، TDS و TH تنها ۵ چاه نمونه برداری کافی است. نتایج آزمون تی دوطرفه جهت صحت سنجی نتایج نیز توانایی چاه‌های پیشنهادی در برآورد مناسب متغیرهای مورد مطالعه را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در موارد خاص که نیاز به اطلاعات ضروری و فوری از کیفیت آب زیرزمینی دشت خانمیزا است، می‌توان به‌جای نمونه‌برداری از ۱۹ چاه و صرف زمان و هزینه زیاد، با نمونه‌برداری از تعداد محدودی چاه‌ها، برآورد مناسبی از کیفیت آب زیرزمینی بدست آورد.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، شبکه پایش کیفی، متغیرهای کیفی، تحلیل زمین آمار، کریجینگ

[۱] - کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران z.hassani7777@gmail.com
[۲] - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران ghasemiar@yahoo.com (نویسنده مسئول)
[۳] - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران mirabbasi_r@yahoo.com

مقدمه

آب زیرزمینی یکی از منابع مهم آب شیرین مورد نیاز در بخش کشاورزی و مصارف شهری است. تغییر کیفیت آب زیرزمینی و شورشدن منابع آب هم‌اکنون خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقایسه با آب‌های سطحی بسیار کندتر است (Cambardella et al.1994). به دلیل نیاز به کاهش هزینه‌های تجزیه و تحلیل کیفیت آب، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، روش‌هایی برای افزایش سرعت و کاهش تجزیه و تحلیل کیفیت آب ضروری است (Akyildz et al,2020). جهت استمرار و یا توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای انواع مصارف و اهداف مختلف، ضرورت دارد که اطلاعات کافی از مجموعه ویژگی‌های کمی وکیفی آبخوان مورد نظر جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری شود. برای رسیدن به این هدف، انجام عملیات پایش کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی ضروری می‌باشد. منظور از پایش، سنجش رفتار کمی وکیفی منابع آب تحت تاثیر عوامل طبیعی و مصنوعی است. با استفاده از پایش منابع آب زیرزمینی می‌توان به اطلاعاتی از قبیل خصوصات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی آبخوان، توزیع بار هیدرولیکی در زمان و مکان، جهت جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب و میزان ماده آلوده کننده و خصوصیات منبع آلوده کننده دست یافت. موضوعات اساسی پایش کمی آب زیرزمینی، شامل اندازه‌گیری عواملی مانند سطح آب زیرزمینی، آبدهی منابع بهره برداری انتخابی و تخلیه منابع آب زیرزمینی است که با تحلیل تغییرات این عوامل نسبت به زمان و تلفیق نتایج حاصله می‌توان به اهداف مورد نظر دست یافت (خیری، ۱۳۸۹). پایش کیفی به عنوان یک متغیر مهم در مطالعات آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شبکه پایش کیفی، مجموعه‌ای از چاه‌های مشاهده‌ای است که با هزینه‌های بالایی (مثل حفر چاه و اندازه‌گیری مستمر) ایجاد و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

کیفیت آب یک متغیر است که هم در بعد مکان و هم در بعد زمان در حال تغییر است. محلی که حداکثر مقدار کمیت اندازه‌گیری را در یک منطقه دارد، به عنوان مرکز آن کمیت شناخته می‌شود که با دور شدن از مرکز، مقدار کمیت کاهش می‌یابد. بررسی روند کاهش تغییرات کمیت از مرکز کمیت به اطراف یکی از مسائل عمده در علم هیدروژئولوژی به حساب می‌آید. چاه‌های نمونه‌برداری کیفیت آب مقدار متغیرهای کیفی را در نقاط مشخصی از منطقه نشان می‌دهند، بنابراین، اطلاعات ما از میزان کیفیت آب، منحصر به نقاط خاصی از دشت می‌باشد (محل چاه‌های نمونه‌برداری) و این میزان اندازه‌گیری در واقع نمی‌تواند مبنای تعیین آب مناسب جهت مصارف معین و کار طراحی قرارگیرد (Fink et al, 2004). روش‌های آماری، ابزاری مناسب و معتبر را برای درک بهتر تغییرات کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و زیست محیطی، فراهم می‌کنند (کاوه و همکاران، ۱۳۹۲). در حال حاضر، ارزیابی کیفیت آب از طریق شیوه‌های تحلیلی و گرافیکی انجام می‌شود. این شیوه‌ها به دلیل وجود فاصله بین محل نمونه‌برداری و آزمایشگاه، تعداد زیاد متغیرهایی که باید بررسی شوند، منابع مالی مورد نیاز برای اندازه‌گیری و آزمایش‌ها و تاخیر زمانی بین نمونه‌برداری و اخذ نتایج از آزمایشگاه دارای محدودیت هستند.

بنابراین بهینه‌سازی این شبکه‌ها به نحوی که با کمترین هزینه، اطلاعات مورد نیاز از آنها استخراج شود، از اهمیت بسزایی برخوردار است. هدف اصلی در بهینه سازی شبکه‌های پایش کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، تعیین تعداد و موقعیت مناسب برای این چاه‌ها می‌باشد، به نحوی که حداکثر دقت در تخمین متغیرهای کیفی در نقاط فاقد آمار حاصل گردد. برای نیل به این هدف، می‌توان از روش‌های زمین‌آمار استفاده کرد. با استفاده از روش‌های زمین‌آمار می‌توان متغیرهای مکانی از جمله، متغیرهای کیفی را تخمین زد و همچنین تعداد و موقعیت چاه‌ها را بهینه کرد. (Azareh et al ,2012) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی شهر بابک در استان کرمان را در خلال سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۲ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با بررسی تکینک‌های کریجینگ و IDW برای میانیابی به این نتیجه رسیدند که تکنیک کریجینگ از دقت بالاتری برخوردار است. نتایج طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس دیاگرام

ویلکاکس و روش FAO نشان داد که آب زیرزمینی بخش جنوبی منطقه کیفیت نامطلوبی دارد. (Ahmadian, 2013) به منظور تهیه نقشه ویژگی‌های کیفی، بررسی وضعیت آب زیرزمینی دشت تهران و کرج در طول سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ و پهنه‌بندی این دشت برای اهداف شرب از روش‌های مختلف زمین آمار استفاده کرد. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ از دقت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است. (Adris, 2013) با استفاده از روش-های زمین آماری و نرم افزار GIS کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دلتای نیل در مصر را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه ۱۳ متغیر هیدروشیمیایی و ۴۵ نمونه آب بررسی شد و منطقه مورد مطالعه به ناحیه همگن در ۵ کلاس کیفیت آب تقسیم گردید. (Bhuiyan and Ray, 2017) به بررسی و پهنه‌بندی آلودگی آب‌های زیرزمینی در ۵۱ چاه و با استفاده از تکنیک GIS در راجستان هند پرداختند. آنها نشان دادند که خصوصیات زمین‌شناسی منطقه مهترین نقش را کیفیت آب‌های زیر زمین این منطقه دارد.

پژوهشگرانی با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری MCDM، پهنه‌بندی و بررسی کیفیت سفرهای آب زیرزمینی ساحلی در جنوب غرب هند را بررسی نمودند. نتایج آزمون من- ویتنی تفاوت معنی‌داری بین کیفیت آب-های زیرزمینی در دوره زمانی قبل از شهرنشین شده منطقه و بعد از آن نشان داد. آنها همچنین منطقه را بر اساس کیفیت آب زیرزمینی به چهار بخش تقسیم کردند (Jesiya and Gopinath, 2018).

در پژوهشی کارایی روش شاخص وزنی (weighted index) را برای ارزیابی توانایی منطقه‌بندی آب‌های زیرزمین حوضه شیبلی اتیوپی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS بررسی شد. برای این منظور، پهنه-های متغیرهای زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، بارندگی، نوع خاک و توانایی زهکشی را رسم گردید. نتایج نشان داد که ۸۹ درصد از چشمه‌ها و ۵۹ درصد از چاه‌های عمیق دارای کیفیت خیلی خوب و خوب و ۴۱ درصد چاه-های باقیمانده دارای کیفیت متوسط هستند (Tolchi, 2020). (Singh, 2020) کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه آدهام هند را با هدف کاربرد در آبیاری بررسی نمود. وی ۵۰ نمونه آب زیرزمین را آنالیز و ۱۱ متغیر کیفی را مورد بررسی قرار داد. بر اساس شاخص (residual sodium carbonate) RSC آب تمام چاه‌ها برای کشاورزی مناسب بودند. همچنین بر اساس دیاگرام USSL نیز اغلب نمونه‌ها در دسته C2S1 قرار گرفتند که نشان می‌دهد کیفیت مناسب آب برای آبیاری است.

تقی زاده مهرجردی و همکاران (۱۳۸۸) برای ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی آب زیرزمینی دشت یزد اردکان از روش معکوس فاصله و کریجینگ استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که روش‌های زمین آماری روش‌های مناسبی برای تخمین خصوصیات کیفیت آب می‌باشند. کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت قائمشهر– جویبار با روش زمین آمار انجام شد، نشان داد که استفاده از روش کریجینگ در تخمین توزیع سطح آب زیرزمینی، موجب دقیق‌تر شدن مقادیر ارتفاع سطح آب زیرزمینی در نقاط فاقد اندازه‌گیری می‌شود (خیری، ۱۳۸۹).

خسروی و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان را با استفاده از شاخص GQI مطالعه کردند و نشان دادند که کاربری اراضی نقش بسیار زیادی در کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان دارد. برخوری و همکاران (۱۳۹۷) داده‌های شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت جیرفت را با روش زمین آماری کریجینگ بررسی و نشان دادند که روند کاهش کیفیت آب زیرزمینی از سمت جنوب به مرکز و شمال منطقه گسترش پیدا کرده است. رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب را با استفاده از میانیابی کریجینگ بررسی و نتیجه گرفتند که طی سال‌های ۸۵-۸۹ متغیرهای شوری و نسبت جذبی سدیم و سولفات کاهش یافته ولی در سال-های بعد، روند افزایشی داشته‌اند. اسکندری و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زرند را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و زمین آمار بررسی و نتیجه گرفتند که در پی افزایش وسعت کاربری‌های شهری و کشاورزی، افزایش ۲٪ در EC و ۵/۵٪ در SAR در آب زیرزمینی رخ داده است.

با توجه به بررسی پیشینه پژوهش به نظر می‌رسد که تاکنون مطالعات جامعی در مورد ارزیابی و اصلاح شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی دشت خانمیرزا با استفاده از روش های زمین آمار انجام نشده است. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه بررسی شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی دشت خانمیرزا و اصلاح آن، در دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۷۰ می‌باشد که این امر باعث کاهش هزینه و زمان نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌گردد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس واقع شده است. محدوده دشت خانمیرزا در شهرستان لردگان و به‌طور دقیق‌تر در بخش خانمیرزا واقع شده است. این شهرستان با وسعت ۳۴۲۳ کیلومتر مربع حدود ۲۰/۷ درصد از کل مساحت استان را تشکیل می‌دهد. دشت خانمیرزا از شمال‌شرق با بروجن و از غرب با لردگان و از جنوب با منطقه فلارد مرتبط می‌باشد. شکل ۱ موقعیت آبخوان خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری نشان می-دهد.

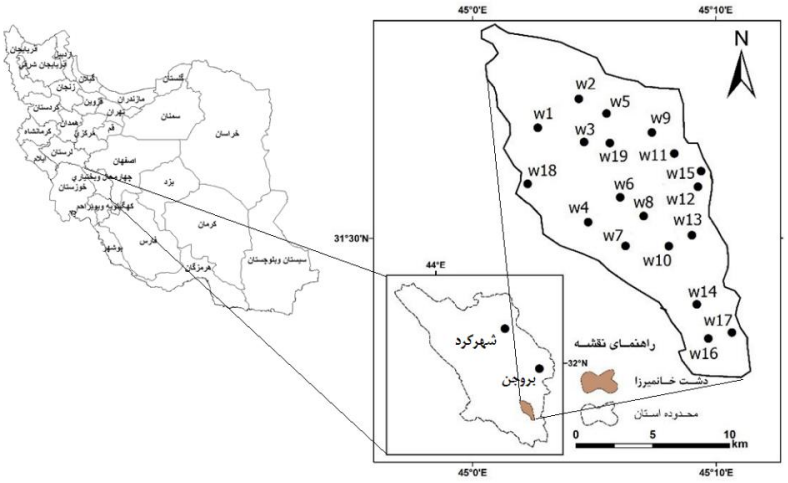
در این تحقیق، برای پایش کیفی آب زیرزمینی دشت خانمیرزا از نتایج نمونه‌برداری شیمیایی ۱۹ حلقه چاه واقع در این دشت در دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ استفاده شده است. داده‌های این بازه زمانی در دسترس و از نظر کیفیت مناسب می باشند. بدین منظور از روش‌های زمین آمار برای پایش متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت خانمیرزا شامل Ec، SAR، pH، TH، TDS، Total Anions، Total Cations استفاده شده است. انتخاب روش زمین آمار نیز پس از مقایسه روش‌های مختلف زمین آماری و بر اساس شاخص مجذور مربعات خطا می‌باشد. با استفاده از روش زمین آماری مناسب دامنه تاثیر ۷ متغیر مورد نظر برای هر چاه محاسبه گردید. پایش کیفی با استفاده از حداقل تعداد چاه به‌صورتی که حداکثر دقت در تخمین متغیرهای کیفی در نقاط فاقد آمار حاصل گردد، برای هر متغیر انجام می‌شود. ابتدا شعاع تأثیر هر چاه برای متغیرهای مختلف محاسبه و سپس با توجه به این دامنه تأثیر و مقدار سطح قابل پوشش توسط هر چاه، تعداد چاه-هایی که کل محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند تعیین گردید تا بتوان با تعداد کمتری از چاه‌های نمونه-برداری و با هزینه‌های کمتر و صرف حداقل زمان به پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا پرداخت. در شکل ۱ محدوده آبخوان خانمیرزا و موقعیت چاه‌های مورد بررسی نشان داده شده است.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که تعداد چاه‌های پیشنهادی برای نمونه برداری‌های ضروری توصیه می‌شوند، به عبارت دیگر نمونه برداری‌های اصلی مطابق زمان نمونه برداری مورد نظر مثلا بصورت فصلی یا ماهانه، از تمام چاه‌ها انجام می‌گیرد و در موارد خاص که نیاز به اطلاعات ضروری و فوری از منطقه مورد مطالعه است، نمونه برداری تنها از چاه‌های پیشنهادی که تعداد کمتری هستند و در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود، انجام خواهد گرفت.

شعاع تاثیر هر چاه بر اساس منحنی سمی‌واریوگرام یا منحنی نیم‌تغییرنما و به وسیله نرم نرافزار ArcGIS محاسبه می‌گردد. فاصله‌ای که طی آن مقدار سمی‌واریوگرام به حد ثابتی می‌رسد و به حالت خط افقی نزدیک می‌شود را شعاع تأثیر می‌نامند (حمیدیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

صحت‌سنجی نتایج

جهت ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج از آزمون t دوطرفه استفاده شد. میزان میانگین هر متغیر برای چاه‌های انتخاب شده با میزان میانگین همان متغیر در کل چاه‌های مورد بررسی (۱۹ چاه) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفت.



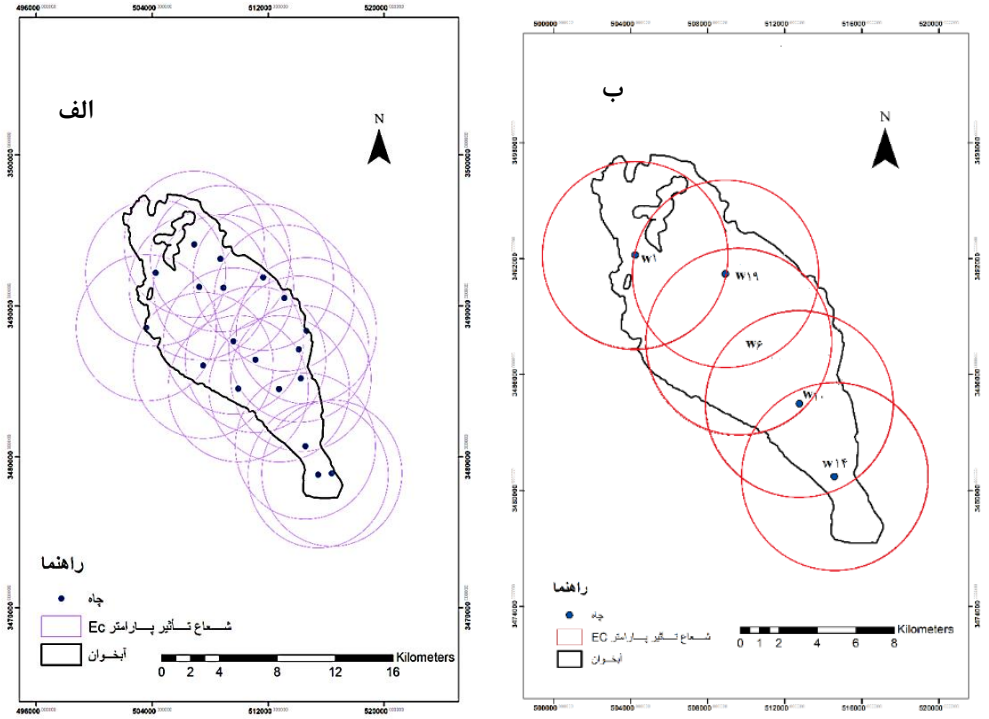
شکل (۱): موقعیت آبخوان خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری و موقعیت مکان‌های نمونه برداری

نتایج و بحث

در ابتدا روش‌های زمین آماری مختلف برای ۷ متغیر کیفی مورد مطالعه بررسی مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج نشان داد روش کریجینگ در مقایسه با سایر روش‌های زمین آماری دارای خطای کمتری است، لذا با استفاده از این روش شعاع تاثیر چاه‌های مورد مطالعه برای هر متغیر ترسیم گردید.

ارزیابی شبکه برای پایش متغیر Ec

شکل ۲ الف وضعیت شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا برای متغیر Ec را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشتر چاه‌ها دارای شعاع تاثیر مشترک بوده و با هم، هم‌پوشانی دارند. نتیجه بهبود شبکه موجود در شکل ۲ ب ارائه شده است که این شکل نشان می‌دهد، می‌توان برای پایش کیفی به جای استفاده از ۱۹ حلقه چاه از ۵ حلقه چاه به کمک شعاع تاثیر آن‌ها به‌طوری که تمام سطح منطقه را پوشش دهند، استفاده کرد که در این صورت در صرف هزینه و زمان نمونه‌برداری صرفه‌جویی خواهد شد. به‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود می‌توان از چاه‌های شماره ۱، ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۶ برای بررسی مقادیر متغیر Ec در آب زیرزمینی دشت خانمیرزا استفاده کرد و به نتایج قابل قبولی دست یافت.



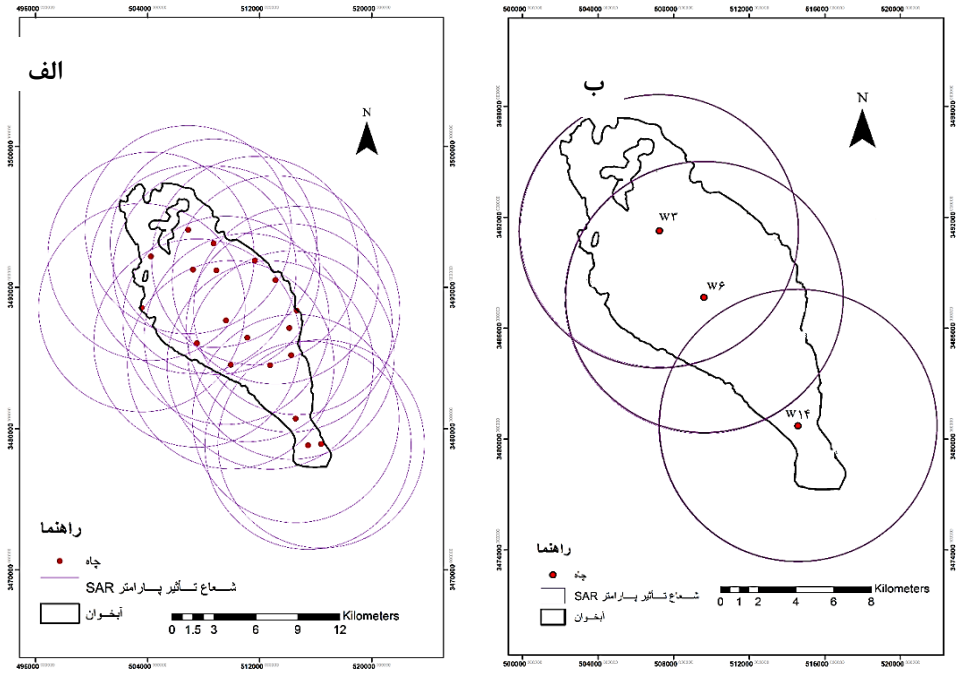
شکل (۲): الف: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۱۹ حلقه چاه برای متغیر Ec، ب: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۵ حلقه چاه برای متغیر Ec

ارزیابی شبکه برای پایش متغیر SAR

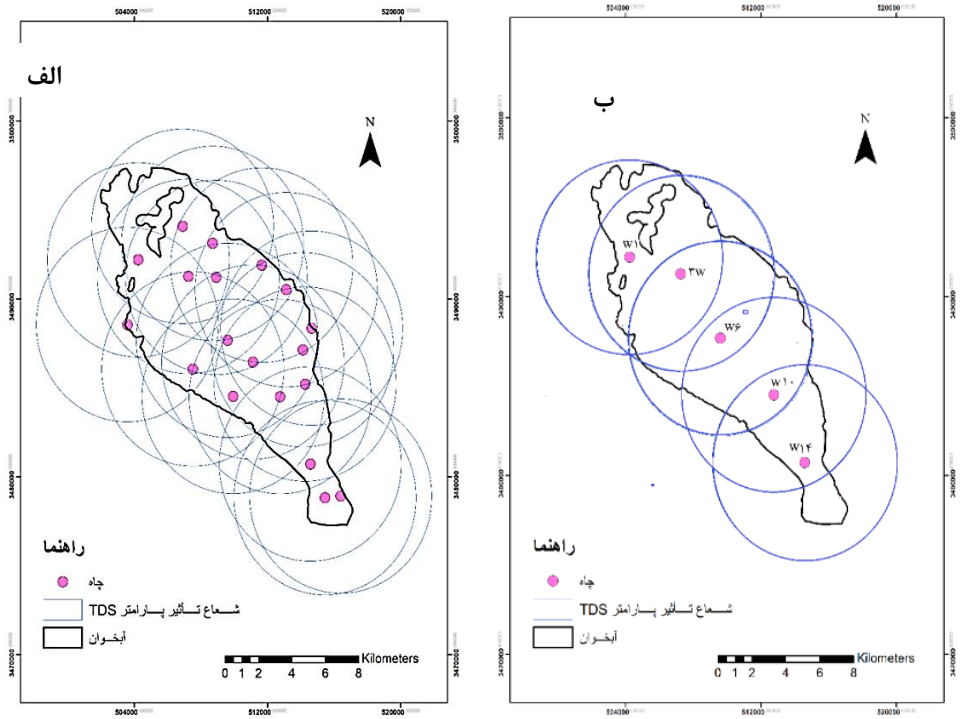
شکل ۳ الف و ب به ترتیب وضعیت شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا برای متغیر SAR قبل و بعد از بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که با استفاده از تنها ۳ حلقه چاه می‌توان متغیر SARرا در کل دشت خانمیرزا پایش نمود.

ارزیابی شبکه برای پایش متغیر TDS

شکل ۴ وضعیت شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا برای متغیر TDS را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشخص می‌شود که برای بررسی و ارزیابی شبکه پایش آب زیرزمینی دشت خانمیرزا می‌توان به جای تعداد ۱۹ حلقه چاه از تعداد ۵ حلقه چاه در موقعیت‌های مناسب به گونه‌ای که کل منطقه مورد مطالعه را تحت پوشش قرار دهند استفاده کرد. بدین جهت می‌توان از چاه-های شماره ۱، ۳، ۶، ۱۰ و ۱۴ استفاده کرد که البته این چاه‌ها به‌صورت پیشنهاد می‌باشند و می‌توان به جای آن‌ها از چاه‌های دیگر که آن‌ها هم در موقعیت مناسب باشند و سطح منطقه را به‌طور کامل پوشش دهند استفاده کرد.



شکل (۳): الف: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۱۹ حلقه چاه برای SAR، ب: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۳ حلقه چاه برای SAR



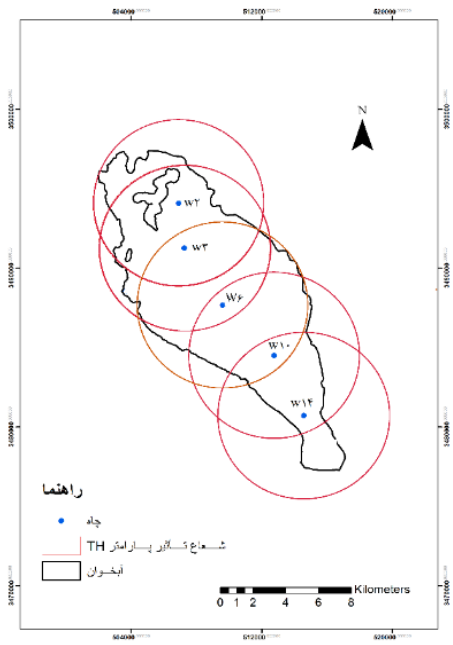
شکل (۴): الف: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۱۹ حلقه چاه برای TDS، ب: وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۵ حلقه چاه برای TDS

ارزیابی شبکه برای پایش متغیر های دیگر

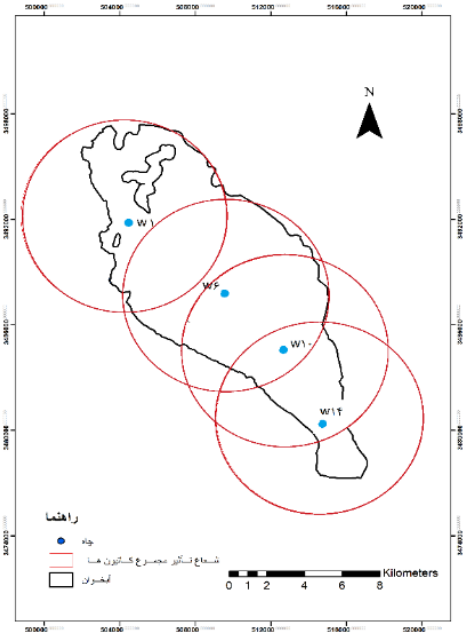
شکل های ۵ تا ۸ وضعیت شبکه کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا را به ترتیب برای پایش متغیر سختی کل (TH)، مجموع کاتیون‌ها، آنیون‌ها و pH نشان می-دهند.

شکل ۵ وضعیت شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا برای متغیر TH را نشان می‌دهد. این شکل نشان

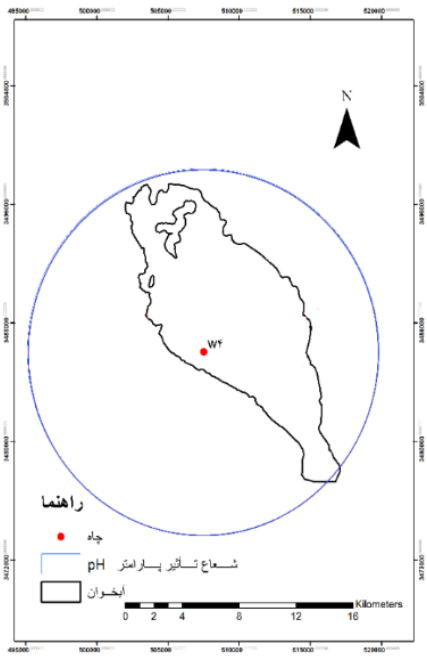
می‌دهد که برای بررسی شبکه پایش آب زیرزمینی دشت خانمیرزا با استفاده از متغیر TH می‌توان تنها از ۵ حلقه چاه به شماره‌های ۲، ۳، ۶، ۱۰ و ۱۴ استفاده کرد و این گونه به جای نمونه‌برداری از ۱۹ حلقه چاه و صرف زمان و هزینه زیاد تنها از این ۵ حلقه چاه برای نمونه‌برداری و بررسی مقادیر TH در آب زیرزمینی این دشت بهره گرفت. شکل ۶ وضعیت شبکه پایش کیفی آب زیرزمینی آبخوان خانمیرزا برای مجموع کاتیون‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود تنها می‌توان با استفاده از شعاع تاثیر ۴ حلقه چاه به بررسی وضعیت شبکه پایش آب زیرزمینی دشت خانمیرزا پرداخت. برای بررسی مقادیر کاتیون‌ها در آب زیرزمینی دشت خانمیرزا و رسیدن به نتیجه قابل‌قبول چاه‌های شماره ۱، ۶، ۱۰ و ۱۴ کافی به‌نظر می‌رسد. با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود همانند مجموع کاتیون‌ها می‌توان با استفاده از شعاع تاثیر ۴ حلقه چاه به بررسی وضعیت شبکه پایش آب زیرزمینی دشت خانمیرزا پرداخت. برای این منظور از چاه‌های شماره ۱، ۶، ۱۰ و ۱۴ می‌توان استفاده کرد. شکل ۸ نشان‌دهنده این است که برای تعیین شبکه پایش با استفاده از متغیر pH تنها با یک حلقه چاه نیاز است. برای بررسی مقادیر pH در آب زیرزمینی دشت خانمیرزا از چاه شماره ۴ که شعاع تاثیر آن کل منطقه پوشش می‌دهد می‌توان استفاده کرد که نتیجه نشان می‌دهد که مقدار pH در آب زیرزمینی کل این منطقه تقریبا یکسان است و برای بررسی مقدار این متغیر نیازی به نمونه‌برداری و استفاده از هر ۱۹ حلقه چاه واقع در این دشت نمی‌باشد تنها استفاده از یک حلقه چاه کافی است.



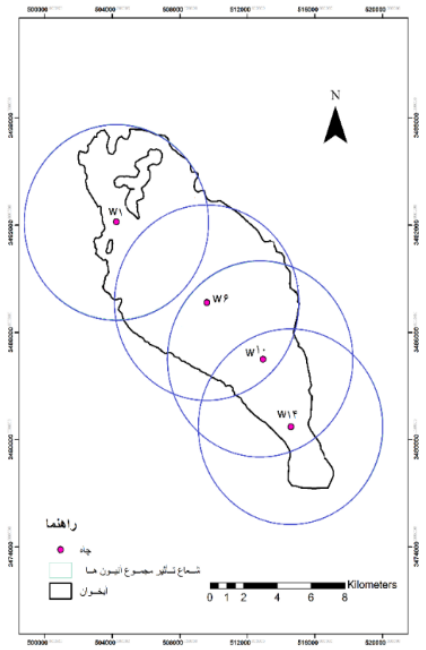
شکل (۵): وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۵ حلقه چاه برای TH



شکل (۶): وضعیت شبکه پایش با استفاده از ۴ حلقه چاه برای مجموع کاتیون‌ها



شکل(۷): وضعیت شبکه پایش با استفاده از حلقه ۴ چاه برای مجموع آنیون‌ها



شکل(۸): وضعیت شبکه پایش برای pH با استفاده از ۱ حلقه چاه

صحت‌سنجی نتایج

نتایج آزمون t دوطرفه جهت صحت‌سنجی نتایج بدست آمده، در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که نتایج نشان می دهد در تمامی هفت متغیر مورد بررسی تفاوت میانگین چاه‌های پیشنهاد شده با میانگین منطقه (میانگین کل ۱۹ چاه‌های مورد بررسی) در سطح معنی داری ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد. برای نمونه نتایج برای متغیر TDS که تعداد ۵ چاه برای سنجش آن پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد میانگین حاصل از این ۵ چاه با میانگین حاصل از ۱۹ چاه مورد بررسی، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. به عبارت دیگر میانگین حاصل از ۵ چاه پیشنهادی برای این متغیر می‌تواند به خوبی بیانگر میانگین کل منطقه باشد.

جدول(۱): نتایج آزمون تی (t-test) برای متغیرهای مورد بررسی

متغیر	Anion	Kation	SAR	EC	TH	TDS	pH
تعداد چاه‌های پیشنهادی	۴	۴	۳	۵	۵	۵	۱
P-Value	۰/۴۷۶	۰/۴۷۸	۰/۷۵۴	۰/۴۷۷	۰/۴۳۰	۰/۵۵۲	۰/۶۸۳

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی و بهینه‌سازی شبکه پایش کیفی و تعیین تعداد و موقعیت مناسب برای چاه‌های نمونه‌برداری پرداخته شد به‌صورتی که حداکثر دقت در تخمین میانگین متغیرهای کیفی برای منطقه مورد مطالعه حاصل گردد. بدین منظور از روش کریجینگ که نسبت به روش‌های دیگر مورد بررسی دارای دقت بیشتر و خطای کمتری بود به عنوان یک روش زمین‌آماری استفاده شد. ابتدا شعاع تأثیر هر چاه بر مبنای منحنی نیم‌تغییرنما برای هر متغیر محاسبه شد، سپس تعداد چاه‌های نمونه برداری برای هر متغیر بر اساس میزان شعاع تاثیر تعیین گردید به نحوی که شعاع تاثیر چاه‌های انتخاب شده تمامی منطقه مورد مطالعه را پوشش دهد. با توجه به متفاوت بودن شعاع تاثیر هر چاه برای متغیرهای مختلف، تعداد چاه‌هایی که شعاع تاثیر آنها کل منطقه مورد مطالعه را پوشش دهد، برای هر متغیر متفاوت است.

نتایج این پژوهش نشان داد برای برآورد متغیر pH در دشت خانمیزا یک چاه نمونه‌برداری، برای متغیر SAR تعداد ۳ چاه، برای متغیرهای مجموع آنیون‌ها و مجموع کاتیون‌ها ۴ چاه نمونه‌برداری و برای متغیرهای EC، TDS و TH ۵ چاه نمونه‌برداری کفایت می‌کند. بنابراین در مجموع برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی این دشت می‌توان به جای نمونه‌برداری از همه ۱۹ چاه واقع در این منطقه و صرف زمان و هزینه زیاد، حداکثر از تعداد ۵ حلقه چاه استفاده کرد. به‌طور کلی برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت خانمیرزا می‌توان از چاه‌های شماره ۱، ۳، ۶، ۱۰ و ۱۴ بهره گرفت و هر ۷ متغیر کیفی را به‌صورت قابل قبول تخمین زد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه شهرکرد که امکانات و هزینه لازم برای انجام این پژوهش را فراهم نمود، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اسکندری، ح.، ح. خسروی و ا. ابوالحسنی. ۱۳۹۸. ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زرند با استفاده از تصاویر ماهواره ای و زمین آمار. مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۸، جلد ۲۰، ص ۸۲-۶۷.

برخوری، س.، ر. مهدوی، غ. زهتابیان و ح. غلامی. ۱۳۹۷. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت جیرفت. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۲، جلد ۲۵، ص ۳۶۵-۳۵۵.

تقی‌زاده مهرجردی، م.، ش. زارعیان، ا. محمودی و ف. سرمدیان. ۱۳۸۸. بررسی روش‌های درون‌یابی مکانی جهت تعیین تغییرات مکانی ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی دشت رفسنجان. آبخیزداری ایران، شماره ۲، جلد ۵، ص ۶۳-۷۰.

حمیدیان‌پور، م.، م. سلیقه و غ. فلاح. ۱۳۹۲. کاربرد انواع روش‌های درونیابی به منظور پایش و تحلیل فضایی خشکسالی مورد: استان خراسان رضوی. جغرافیا و توسعه. شماره ۳۰، جلد ۱، ص ۷۰-۵۷.

خسروی، ح.، ا. حیدری و س. نسب‌پور. ۱۳۹۶. مطالعه تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان با استفاده از شاخص GQI. مجله سپهر، شماره ۲۶، جلد ۱۰۴، ص ۴۴-۳۵.

خیری، ح. ۱۳۸۹. پایش آب‌های زیرزمینی بوسیله روش های زمین آمار (مطالعه موردی دشت قائم شهر). گزارش سازمان آب منطقه‌ای مازندران، ص ۱- ۱۸۲.

رحیمی، م.، و. رضاوردی‌نژاد، و ح. طایفه. ۱۳۹۸. بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب. اولین کنگره بین المللی و چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. ارومیه، ایران.

کاوه، ع.، م. حبیب نژاد و ج. قربانی. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب (مطالعه‌ی موردی: رود تالار، استان مازندران)، شماره ۶، جلد ۱۸، ص ۴۹-۶۲.

Ahmadian, S. 2013. Geostatistical based modeling of variations of groundwater quality during 2006 to 2009 (in Tehran-Karaj Plain). Journal of applied sciences research, 3(2): 264-272.

Akyildz, I.F., W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci. 2002. Wireless sensor networks: a survey. Journal Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 38(4): 393-422.

Azareh, A., M. Mohseni, S. Salajegheh and M. Jafari. 2012. Temporal and Spatial change of Groundwater quality in Shahr-e-Babak plain for agricultural the base Wilcox and FAO. Elixir Pollution, 47(2): 9029-9034.

Bhuiyan, C. and P.K. Ray. 2017. Groundwater Quality Zoning in the Perspective of Health Hazards. Water Resources Management. 31(1): 251–267.

Cambardella, C., T. Moorman, J. Novak, T. Parkin, L. Karlen, R. Turco and A. Konopka. 1994. Field scale variability of soil properties in central Lowa soils. Soil Science Society of America, 58(5): 1501-1511.

Fink, P., D. Brus, M. Bierkens, T. Hoogland and F. Vries. 2004. Mapping groundwater dynamics using multiple sources of exhaustive high resolution data. Geoderma, 123(2):23-39.

Idris, Y.A. 2013. A GIS-Based Spatial Classification Technique to Identify the Groundwater Quality and Type Classes. American Science, 9(12): 100-109.

Jesiya, N.P. and G. Gopinath. 2018. Groundwater suitability zonation with synchronized GIS and MCDM approach for urban and peri-urban phreatic aquifer ensemble of southern India. Journal Urban Water Journal. 15(8): 801-811.

Singh, K. 2020. Evaluation of Groundwater Quality for Suitability of Irrigation Purposes: A Case Study in the Udham Singh Nagar, Uttarakhand. Journal of Chemistry. ID: ID 6924026, https://doi.org/10.1155/2020/6924026.

Tolchi, A.D. 2020. Groundwater potential mapping using geospatial techniques: a case study of Dhungeta-Ramis sub-basin, Ethiopia. Geology, Ecology, and Landscapes. 5(1): 65-80.

Evaluation and Modify of Groundwater Quality Monitoring Network of Khanmirza Plain Using Geostatistical Analysis

Zahra Hassani [1] Ahmad Reza Ghasemi [2*] Rasoul Mirabbasi [3]

Abstract

Because groundwater quality monitoring is very expensive and time consuming, it is necessary to find a method for estimating the hydrochemical variables with the minimum sampling. The aim of this research is to determine the optimal number of sampling wells in Khanmirza plain in Chaharmahal and Bakhtiari. For this purpose, the results of chemical sampling of 19 wells and seven water quality variables including SAR, EC, pH, TH, TDS and the sum of anions and cations for the period 1991 to 2011 were used. At the first, the best geostatistical method for drawing zones for each variable is selected. Then by means of semi-variogram curve the radius of influence of each well is calculated for each variable. According to the amount of radius overlap the minimum number of wells were determined to estimate the average of each variable in the plain. The results showed that to estimate the pH variable one sample well, for the SAR variable 3 sample wells, for the sum of anions and total cations 4 sample wells and for the variables EC, TDS and TH only 5 sampling wells are enough. The results of two-way t-test to validate the results also showed the ability of the proposed wells to properly estimate the studied variables in the plain. Therefore, it can be concluded that in special cases that require necessary and immediate information on groundwater quality in Khanmiza plain, instead of sampling from 19 wells, sampling can be done from a limited number of wells.

Keywords: Groundwater, Quality monitoring network, Quality variable, Geostatistical Analysis, Kriging

1-Masters Student of Irrigation Drainage, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University. Email: z.hassani7777@gmail.com
2*- Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University, Iran. Corresponding Author, Email: ghasemiar@yahoo.com
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural faculty, Shahrekord University, Iran. Email: mirabbasi_r@yahoo.com