

مقاله پژوهشی

پایش روند تغییرات برخی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت

محمد امین شادجو^۱، مهدی سرائی تبریزی^{۲*} و حسین بابازاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۱

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.sarai@srbiau.ac.ir

چکیده

در مطالعات منابع آب، بررسی کیفی آب از اهمیتی خاص برخوردار است. لذا بررسی و شناخت ترکیبات شیمیایی موجود در آب‌های زیرزمینی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه، تقریباً تمام آب مورد مصرف کشاورزی و شرب از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد، لذا به بررسی آب چاه‌ها توجه شده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییرات پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و کل جامدات محلول آب زیرزمینی دشت جیرفت می‌باشد. در این پژوهش، خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت جیرفت در جنوب استان کرمان با توجه به مناسب بودن آب برای مصرف کشاورزی از داده‌های ۳۰ نمونه از چاه‌های منطقه در سال ۱۳۹۰ و داده‌های ۳۰ نمونه از چاه‌های منطقه در سال ۱۳۹۷ استفاده گردید. پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS) و اسیدیته (pH) مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای درک توزیع مکانی مناطق مناسب و نامناسب، از نرم‌افزار ArcGIS 10.5 استفاده و لایه‌های اطلاعاتی تهیه گردید. نتایج حاصل از نمودار ویلکاکس نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها در کلاس C_2-S_1 قرار می‌گیرند که خط شوری پایین را نشان می‌دهند و قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشند و تعداد محدودی از نمونه‌ها در کلاس C_3-S_1 ، C_3-S_2 و C_4-S_2 قرار می‌گیرند که خط شوری بالا دارند و قابل استفاده برای کشاورزی گیاهان غیرحساس به شوری می‌باشند. لازم به ذکر است که هیچ‌کدام از نمونه‌ها، حد آلودگی شوری پایین (C_1-S_1) ندارند. در نتیجه با توجه به اینکه بیش‌تر نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده C_2-S_1 قرار دارند، بنابراین برای کشاورزی مناسب می‌باشند. با توجه به دیاگرام ویلکاکس، کیفیت آب کشاورزی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت جیرفت در رده‌ی خوب و اکثراً متوسط قرار دارند. همچنین با توجه به نقشه پهنه‌بندی توزیع مقادیر پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی، دشت دارای کیفیتی مناسب برای کشاورزی است و تنها در قسمت حاشیه جنوب‌غربی و برخی نقاط دشت جیرفت به‌صورت موضعی کیفیت آب‌های زیرزمینی کم‌تر از بقیه نقاط می‌باشد و در حد متوسط تا نامناسب قرار دارد، لیکن اکثر نواحی دشت دارای کیفیتی خوب و مناسب از نظر کشاورزی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، پهنه‌بندی کیفی، دشت جیرفت، کیفیت آب، هدایت الکتریکی

Monitoring Trend of Changes in Some Qualitative Parameters of Jiroft Plain Groundwater Resources

M Amin Shadjoo¹, Ma Sarai Tabrizi^{2*} and H Babazadeh³

Received: July 18, 2021

Accepted: March 31, 2022

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Sciences and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: m.sarai@srbiau.ac.ir

Abstract

Background and Objectives

Iran's groundwater resources are considered as a vital water supply for a number of reasons, and inconsiderate usage and exhausting these vital resources would bring about a severe water crisis in the country. Underground waters are usually consumed for different purposes ranging from drinking and agriculture to industry, so that the quality measures of these resources depend on the main purpose that they are intended to be used. Consequently, different standards of quality restrict the water consumption in order to reduce harmful effects of them. Furthermore, Water quality is generally an extremely important subject in water studies, and identifying and analyzing the chemical compounds in groundwater resources could be beneficial in agricultural studies. In agriculture, both water quality and quantity play 2 part, and poor quality could certainly become a primary restricting factor in water usage. This can cause undeniable farming problems and could damage the soil as well. In this regard, the necessity of providing a proper, well-planned management system for monitoring and controlling water quality is of a great importance.

Over the past years, in many parts of Iran, including Jiroft, in which this study is carried out, because of some important issues such as the growing population, frequent periods of drought and inconsiderate using of the dwindling supply of groundwater, the quality and quantity of these waters are rapidly diminishing. As the livelihood of a huge number of local people who lives in the region of Jiroft, depends on agriculture, the effective management of these water resources needs better and more up-to-date information about these resources. Having such data could definitely help us to be aware of recent changes and to be able to make better, informed decisions. The main purpose of this study would be analyzing the changes of chemical parameters in underground waters of Jiroft plain.

Methodology

Hydro-chemical analysis of Jiroft's groundwater resources for agricultural consumption is our primary goal in this research. In order to achieve this goal, we gauged and analyzed different chemical parameters including electrical conductivity (EC), total soluble solids (TDS) and acidity (pH) in 30 samples of the wells with suitable dispersal in the region in the years of 2011 and 2018. To understand the spatial distribution of suitable areas, ArcGIS 10.5 software is used and the data layers were prepared.

Findings

The results of the Wilcox diagram show that most of the samples are in class C₂-S₁, which is a sign of a low salinity line and therefore they are applicable in agriculture. Besides, a limited number of samples are in class C₃-S₁, C₃-S₂ and C₄-S₂, which have high salinity line and are consequently ideal for irrigating the plants that are not sensitive to salinity. It is noteworthy that none of the samples has a low salinity contamination (C₁-S₁). Considering the fact that most of the samples in the study area are in the range of C₂-S₁, they could be suitable for irrigation. According to the Wilcox diagram, the quality of agricultural water in the groundwater samples in Jiroft is in a good and mostly moderate category. Our research finding shows that TDS variations is between 320 and 2048 mgL⁻¹, and pH variations is between 6.6 and 8.6, and therefore they are ideal for irrigation purposes.

Conclusion

During the statistical period, the level of water reduction is increasing; although, in some years, the number is lower. These considerable changes confirm frequent droughts and a vast amount of underground water consumption. In this situation, diminishing groundwater quality would be inevitable and if this trend continues, the quality level of these waters will be reduced gradually. In the years when water level reduction is lower than others, we can see higher level of rainfalls or even floods in which took place in the region frequently in recent years. This naturally fuels Jiroft's aquifers and decreases the level of water reduction. According to the zoning map of the distribution of groundwater quality parameters, the Jiroft plain has a suitable quality for agricultural purposes. Only in the southwestern margin and some other parts of the plain, the groundwater quality is lower and could not be suitable for farming purposes. Overall, most areas of the plain are of good quality and suitable for agriculture.

Keywords: Electrical conductivity, Groundwater, Jiroft plain, Qualitative zoning, Water quality

مقدمه

زیرزمینی که معمولاً در اثر مدیریت غلط بهره‌برداری از آب زیرزمینی رخ می‌دهد، مقدمه‌ای بر تخریب منابع آب و سایر منابع چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم است (تلسچی امیرخیزی ۲۰۱۵). آب زیرزمینی عمدتاً برای اهداف شرب، کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین معیارهای کیفی به مورد استفاده بودن آب برای یک مقصود معین بستگی دارند و استانداردهای کیفی استفاده از آب‌ها را برای موارد استفاده مختلف جهت اجتناب از اثرات زیان‌آور محدود می‌نماید. در امور کشاورزی، علاوه بر کمیت آب، کیفیت آب نیز نقشی مهم داشته و کیفیت نامناسب آن می‌تواند یکی از عوامل مهم محدودکننده استفاده از این منابع باشد که علاوه بر مشکلات کشاورزی، مشکلاتی برای خاک

منابع آب‌های زیرزمینی در کشور ایران یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای امور مختلف می‌باشند که برداشت بی‌رویه از آن موجب بحران شدید آبی در کشور خواهد شد. این منابع آبی به غیر از کمیت، از منظر کیفیت نیز مورد اهمیت بسیاری هستند. یکی از مشکلات کنونی جهان، رشد روزافزون آلودگی منابع آب است که بدین وسیله حجم قابل‌ملاحظه‌ای از آب سالم از دسترس انسان خارج می‌شود (ملایی مقبلی ۲۰۱۷). بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و باکتریایی آب زیرزمینی از نظر کمی و کیفی نقش عمده‌ای در تعیین نوع استفاده از منابع آب برای مصارف تجاری، صنعتی، کشاورزی و شرب ایفا می‌کند (تاتوات ۲۰۰۷). تغییر در کیفیت آب‌های

نشان می‌دهد که منطقه نامناسب در جنوب منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

اسدی نلیوان و همکاران (۲۰۱۲) پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت کبودرآهنگ از نظر کشاورزی با هدف مدیریت این منابع آبی را مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از روش زمین آماری کریجینگ^۶ و با نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌های پراکنش CI و HCO_3^- ، SAR، pH و EC تهیه گردید. بر اساس طبقه‌بندی فائو آب کل منطقه برای کشاورزی به لحاظ شوری و بی‌کربنات بدون محدودیت، به لحاظ کلر و SAR در بیشتر منطقه دارای محدودیت کم و به لحاظ اسیدیته دارای توزیع یکنواخت در کل منطقه است. بنابراین در حالت کلی آب زیرزمینی منطقه برای کشاورزی مناسب می‌باشد.

امیری و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه با بهره گرفتن از روش‌های زمین آمار، اطلاعات بیش از ۱۳۰ حلقه چاه واقع در شهرستان شیراز که در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نمونه‌برداری شده بود، مورد بررسی قرار دادند. در نهایت با در نظر گرفتن نمودار ویلکاکس نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید که نتایج نشان داد ۴۸ درصد از منطقه مورد مطالعه در گروه S1C_3 ، ۴۲ درصد در گروه S1C_4 ، ۶ درصد در گروه S1C_2 و ۴ درصد در گروه S2C_4 قرار گرفت، که می‌توان گفت آب‌های زیرزمینی قسمت شرق و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه دارای کیفیت مناسبی نبوده، که علت آن می‌تواند وجود دریاچه نمک در این مناطق دانست. آرسالن (۲۰۱۲) در تحقیق خود، تغییرات مکانی و زمانی شوری آب زیرزمینی دشت بافا^۷ در ترکیه را به روش کریجینگ معمولی با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS 10.1 پهنه‌بندی نمودند. در این بررسی کریجینگ به‌عنوان یک روش مناسب برای

نیز به وجود می‌آورد. لذا نیاز به یک مدیریت صحیح و با برنامه برای کنترل کیفی آب احساس می‌شود (کاویانی ۲۰۱۳). پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی، مناطقی را که برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی مناسب هستند، مشخص می‌کند. در واقع تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه بوده و موجب دستیابی سریع و آسان در کوتاه‌ترین زمان ممکن به توزیع مکانی پهنه‌های مناسب تا نامناسب، از لحاظ مصارف مورد نظر می‌گردد. دلگادو و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود، کیفیت آب زیرزمینی منطقه یوکاتان^۱ مکزیک را باهدف آبیاری با استفاده از شاخص‌های هدایت الکتریکی (EC)، پتانسیل شوری (PS)، و با بررسی غلظت عناصری نظیر سدیم، کلراید، سولفات، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و بی‌کربنات ارزیابی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که آب زیرزمینی به دلیل کیفیت نامطلوب در بسیاری از نقاط منطقه مورد مطالعه قابل توصیه برای کشاورزی نیست. چیت‌سازان و همکاران (۲۰۱۲) خصوصیات هیدروشیمی^۲ دشت نوترگی از نظر کشاورزی با استفاده از نمودار ویلکاکس^۳ و نرم‌افزار GIS^۴ را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور از ۱۹ چاه بهره‌برداری موجود در دشت نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها مورد آنالیز شیمیایی^۵ قرار گرفتند. مقادیر آنالیز شده با دیاگرام ویلکاکس مقایسه و مشاهده گردید که اکثر نمونه‌ها از لحاظ کشاورزی مناسب هستند. سپس برای درک توزیع فضایی مناطق مناسب و نامناسب، از نرم‌افزار Arc GIS 10 استفاده و لایه‌های اطلاعاتی EC^۶ و SAR^۷ تهیه گردید. نهایتاً، تحلیل هم‌پوشانی به‌منظور تعیین محل‌های نامناسب، بر اساس نمودار ویلکاکس صورت گرفت. نقشه نهایی

⁶ Electrical conductivity

⁷ Sodium Adsorption Ratio

⁸ Kiriging

⁹ Bafa

¹ Yucatan

² Hydro-chemical properties

³ Wilcox Diagram

⁴ Geographic Information System

⁵ Chemical analysis

یابی تابع‌های ریاضی به کار می‌رود، ولی در روش‌های زمین آماری علاوه بر تابع‌های ریاضی آمار نیز به کار می‌رود. متغیرهای کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در رده‌ی متغیرهای ناحیه‌ای است. روش‌های زمین آماری برای بررسی متغیرهای ناحیه‌ای مناسب است.

وهاب‌زاده و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی تغییرات مقادیر کلر و شوری آب‌های زیرزمینی دشت فیروزآباد و ارزیابی مقایسه‌ای برای مصارف کشاورزی و شرب در دشت فیروزآباد استان فارس پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که مقادیر کلر و هدایت الکتریکی دشت فیروزآباد از شمال و شمال غرب به سمت مرکز و بخش شرقی دشت و از شرق به سمت مرکز افزایش یافته بود. از نظر شرب، آب‌های زیرزمینی منطقه بر اساس دیاگرام شولر^۱ در سه طبقه خوب، قابل قبول و متوسط قرار داشت و کیفیت، جهت استفاده در کشاورزی در سال ۱۳۹۰ در کلاس‌های C2S1، C1S1، C3S3، C3S4 و C3S2 و در دوره اول یعنی سال ۱۳۸۳ در کلاس‌های C2S1، C1S1 و C3S1 قرار داشتند. به‌طور کلی تغییرات زیادی از نظر کیفیت شرب مشاهده نشد و فقط در سال ۱۳۹۰ به مقدار کمی کاهش کیفیت اتفاق افتاد. طبقه‌بندی آب آبیاری طبق نظر ویلکاکس در دو دوره ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ نشان‌دهنده کاهش کیفیت از نظر کشاورزی بود.

امامی و همکارانش (۲۰۱۷)، پارامترهای کیفی آب زیرزمینی بستان‌آباد واقع در آذربایجان شرقی را تخمین زدند. آن‌ها به تخمین پارامترهای کیفی غلظت نسبت جذب سدیم (SAR) و کلر (Cl) با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری و ژنتیک اقدام کردند. نتایج به دست آمده از پژوهش آن‌ها نشان داد مقدار میانگین مربعات خطا در نمونه‌تست برای غلظت نسبت جذب سدیم و کلر به ترتیب برابر ۰/۰۰۹۱۲ و ۰/۰۰۷۹۰ است. همچنین، نتایج به دست آمده از اجرای دو الگوریتم پیشنهادی در این مطالعه

پهنه‌بندی شوری آب زیرزمینی در منطقه پیشنهاد گردید. آن‌ها گزارش کردند که آب زیرزمینی ۳۱ درصد از اراضی دشت بافا قابل توصیه برای کشاورزی نیستند.

کاوایانی (۲۰۱۳) در طی تحقیقی، کیفیت آب زیرزمینی دشت نهاوند به‌منظور مصرف کشاورزی را مورد ارزیابی قرار داد. با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه، تقریباً تمام آب مورد مصرف کشاورزی و شرب از آب‌های زیر زمینی تأمین می‌گردید، لذا در این تحقیق به بررسی آب‌چاه‌ها توجه شد. نهایتاً تحلیل همپوشانی به‌منظور تعیین محل‌های نامناسب، بر اساس نمودار ویلکاکس صورت گرفت و نتایج نشان داد که از لحاظ کشاورزی بیشتر نمونه‌ها در محدوده C2-S1 قرار دارند و به عبارتی منابع آب زیرزمینی دشت نهاوند برای مقاصد کشاورزی از کیفیت خوبی برخوردار می‌باشد.

فلاح‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی تحت عنوان بررسی نیترات در آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، مطالعه موردی: چاه‌های آب آشامیدنی شهر یزد بیاد داشتند، GIS می‌تواند برای شناسایی نواحی آلوده آب‌های زیرزمینی یا سایر اطلاعات درزمینه‌ی کیفیت موجود آب‌های زیرزمینی جهت اجرای مؤثر برنامه‌های مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد.

بهوئیان و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود بیان داشتند که بررسی ویژگی‌های آب زمین شیمی در آب زیرزمینی نقشی مهم در بهره برداری صحیح از منابع آب دارد. گاه به دلیل شرایط زمانی، مکانی و اقتصادی امکان نمونه برداری از تمام منابع آب نیست، بنابراین بهترین راه حل به کار بردن روش‌های تخمینی از جمله درون یابی است. روش‌های درون یابی به دو دسته‌ی زمین آماری و معین تقسیم شده است. برای پیش بینی نقطه‌های نامعلوم در روش‌های معین بر حسب نوع درون

¹ Schoeller diagram

هستیم که ما را متوجه تغییرات جدید کرده و در تصمیم‌گیری‌ها به یاری ما بپردازد. از این رو بر آن شدیم تا تحقیقی با هدف، بررسی هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت جیرفت از نظر مصارف کشاورزی می‌باشد. و بدین منظور با بررسی پارامترهای شیمیایی داده‌های ۳۰ نمونه از چاه‌های منطقه برای سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ در دشت جیرفت که پراکنشی مناسب در سطح منطقه دارند، پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS) و اسیدیته (pH) اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

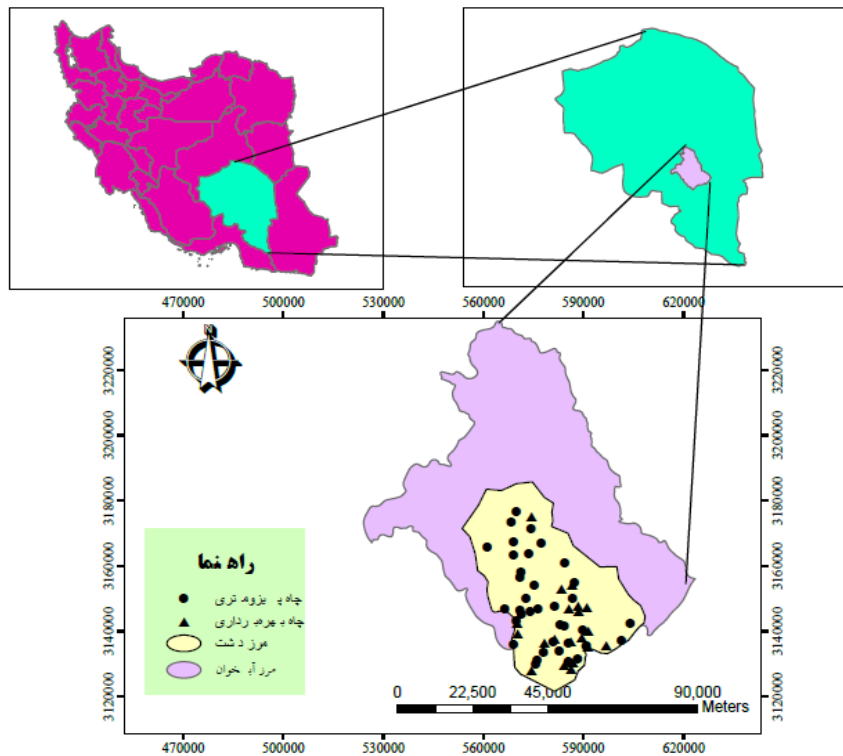
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ۵۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۲ دقیقه و ۲۹ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در جنوب شرق ایران قرار گرفته است. وسعت محدوده مطالعاتی جیرفت ۵۰۵۰ کیلومترمربع و وسعت دشت ۲۲۴۷ کیلومترمربع و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵۰۰ الی ۸۰۰ متر متغیر است. شیب کلی این محدوده از سمت شمال به سمت جنوب و متوسط بارندگی سالانه آن ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد (بیگنه ۲۰۱۳). شکل ۱ در قسمت بعد موقعیت منطقه مورد مطالعه جیرفت را نشان می‌دهد.

نشان داد الگوریتم رقابت استعماری در مقایسه با روش الگوریتم ژنتیک قدرت، هم‌گرایی و سرعت زیادی دارد. صفربیرانوند و همکاران (۲۰۱۸)، کیفیت آب زیرزمینی دشت لرستان را به کمک روش‌های کریجینگ و معکوس فاصله با داده‌های کیفی ۴۰ چاه ارزیابی کردند. تحلیل روند داده‌ها نشان داد که روند تغییر متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در دشت لرستان منطبق با جهت جریان آب است. دقت روش‌های پهنه بندی و تهیه نقشه‌ی تغییر کیفی آب‌های زیرزمینی به شرایط منطقه و کافی بودن داده‌ها بستگی دارد. مدیریت بهینه‌ی منابع آب، نیازمند داشتن داده‌هایی با موقعیت، تعداد و پراکنش مناسب است. توزیع مکانی دقیق متغیرهای کمی و کیفی آبخوان با اندازه‌گیری متغیرها در نقطه به نقطه‌ی آبخوان امکان پذیر است، که معمولاً وقت گیر و پرهزینه است. بنابراین، ممکن است بتوان توانمندی روش‌های درون یابی را با توجه به داشتن مزیت‌هایی چون کاهش تعداد نمونه و افزایش دقت تخمین‌ها به کار گرفت.

با توجه به مسائلی از جمله افزایش جمعیت، خشکسالی‌های پی‌درپی، برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی برای مصارف مختلف، فاکتورهای کمی و کیفی این منابع به شدت مورد تغییر و زوال بوده است. با توجه به منطقه مورد مطالعه و اینکه معیشت بخش عظیمی از جمعیت به کشاورزی وابسته است و همچنین برای مدیریت بهینه این منابع و حفظ و ارتقا کیفیت‌های آن، همواره نیازمند اطلاعات به‌روز و جدیدی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه جیرفت (بیگنه ۲۰۱۳).

تا نامناسب پهنه‌بندی گردید. برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده و در این نرم‌افزار پایگاه اطلاعاتی داده‌ها تشکیل شده و نقشه‌های مربوط به پارامترهای EC، TDS و pH در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه شد.

روش کریجینگ روشی است که از ساختار همبستگی مکانی پدیده‌ها در برآورد مکانی، استفاده می‌کند. در روش کریجینگ معمولی می‌توان محدوده مشخصی از نقاط را در میان‌یابی برای هر نقطه مقصد در نظر گرفت. روش‌های زمین آمار نه تنها امکان تعیین خطای متغیر مورد نظر را فراهم می‌آورند، بلکه ساختار مکانی و فضائی داده‌ها و میزان همبستگی آن‌ها را تعیین می‌کنند. به همین دلیل نسبت به روش‌های ساده آمار کلاسیک ارجحیت دارند. در این روش تخمین بر اساس توالی‌های مشخص شده در چندین تکرار، چندین تحقق از وضعیت‌های مختلف داده‌ها در منطقه، تخمین زده خواهد شد (چمبرز و همکاران ۲۰۰۰؛ صفری‌رانوند و همکاران ۲۰۱۸).

در دشت جیرفت چندین رودخانه دائمی و فصلی جریان دارند که مهم‌ترین آن‌ها رودخانه هلیل‌رود است. موقعیت خاص جغرافیایی این منطقه و شرایط آب و هوایی، تولید محصولات کشاورزی را بسیار متنوع ساخته است و آب و هوای منطقه متأثر از موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی آن می‌باشد (بیگنه ۲۰۱۳). شکل ۱ موقعیت شهرستان جیرفت را نشان می‌دهد.

نمونه‌برداری و پارامترهای آماری داده‌ها (حذف داده‌های خام و جداول مربوطه)

نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی نمونه‌ها در محدوده مطالعاتی موردنظر توسط سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان برای سال ۱۳۹۷ و از ۳۰ چاه انجام شده است. این آنالیزها در آزمایشگاه‌های سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان اندازه‌گیری شده و شامل پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و کل مواد جامد محلول می‌باشد. در مرحله بعد با تجزیه و تحلیل مکانی داده‌های شیمی آب زیرزمینی در سرتاسر منطقه مورد مطالعه، کیفیت آن از لحاظ کشاورزی به مناطق مناسب

به منظور تعیین کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ به ترتیب در جدول ۱ ارائه شده است.

برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی پارامترهای آماری مختلف از قبیل اسیدیته (pH)، کل جامدات محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)،

جدول ۱- پارامترهای آماری مؤلفه‌های فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی دشت جیرفت در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷.

سال پژوهشی	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	تعداد	حداقل	میانگین	حداکثر
۱۳۹۰	pH	pH	۳۰	۷	۷/۷۶	۸/۵
	TDS	mg L ⁻¹	۳۰	۳۲۰	۵۹۹/۳۰	۱۴۳۰
	EC	μS cm ⁻¹	۳۰	۴۹۲	۹۲۱/۸۳	۲۲۰۰
۱۳۹۷	pH	pH	۳۰	۶/۶	۷/۱۴	۸
	TDS	mg L ⁻¹	۳۰	۳۲۵	۶۴۲/۲۳	۲۰۴۸
	EC	μS cm ⁻¹	۳۰	۵۰۰	۹۸۷/۸۷	۳۱۵۰

S1 قرار می‌گیرند که خط شوری پایین را نشان می‌دهند و قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشند و تعداد محدودی از نمونه‌ها در کلاس C3-S1، C3-S2 و C4-S2 قرار می‌گیرند که خط شوری بالا دارند و قابل استفاده برای کشاورزی گیاهان غیر حساس به شوری می‌باشند. لازم به ذکر است که هیچ‌کدام از نمونه‌ها، حد آلودگی شوری پایین (C1-S1) ندارند. در نتیجه با توجه به این‌که بیشتر نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده C2-S1 قرار دارند بنابراین برای کشاورزی مناسب می‌باشند. با توجه به دیگرام ویلکاکس، کیفیت آب کشاورزی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت جیرفت در رده‌ی خوب و اکثراً متوسط قرار دارند. در ادامه به بررسی نتایج حاصل شده از نقشه‌های پهنه‌بندی آب برای پارامترهای مذکور در منطقه مورد مطالعه خواهیم پرداخت.

بررسی تغییرات هدایت الکتریکی

توزیع مقادیر و پهنه‌بندی هدایت الکتریکی دشت جیرفت نیز برای سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ در شکل ۲ نشان داده شده است. مقایسه درازمدت هدایت الکتریکی، تغییرات آن را در طول ۸ سال در اثر پمپاژ زیاد از حد چاه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی تأیید می‌کند. با توجه به نمودارها و نقشه‌های پهنه‌بندی، مقادیر هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه از ۵۰۰ تا ۳۱۵۰ میکروزیمنس بر

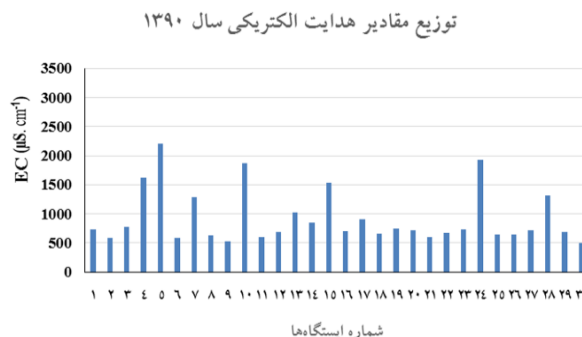
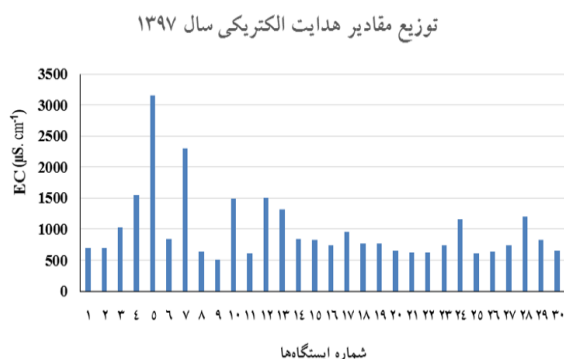
روش‌های زمین‌آمار در تخمین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت جیرفت

روش‌های زمین‌آمار برای متغیرهایی که دارای ساختار مکانی هستند کارایی مناسب دارند. در روش‌های زمین‌آمار برای تخمین پارامترها از ۳ نوع روش شامل Ordinary، Simple و Universal استفاده شد. معیارهای آماری Mean، RMSE و GSP برای هر پارامتر در هر روش به‌دست‌آمده و باهم مقایسه شدند. از بین این روش‌ها، روشی انتخاب شد که کمترین خطا را داشته و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید و دقت هرکدام در بخش نتایج و بحث ارائه شده است.

نتایج و بحث

نقشه پهنه‌بندی توزیع مقادیر پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی نشان می‌دهد که دشت دارای کیفیت مناسبی برای کشاورزی است و تنها در قسمت حاشیه جنوب‌غربی و برخی نقاط دشت به‌صورت موضعی کیفیت آب‌های زیرزمینی کمتر از بقیه نقاط می‌باشد و در حد متوسط تا نامناسب قرار دارد ولی به‌طور کلی دشت مورد مطالعه برای کشاورزی مناسب و قابل استفاده است؛ همچنین مقایسه آن با نمودار ویلکاکس نیز مؤید این نتیجه می‌باشد. نتایج حاصل از نمودار ویلکاکس نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها در کلاس C2-

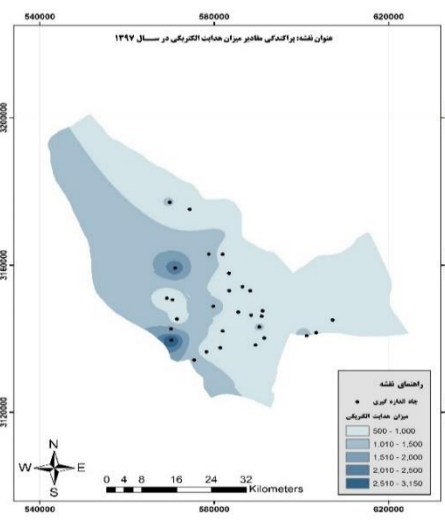
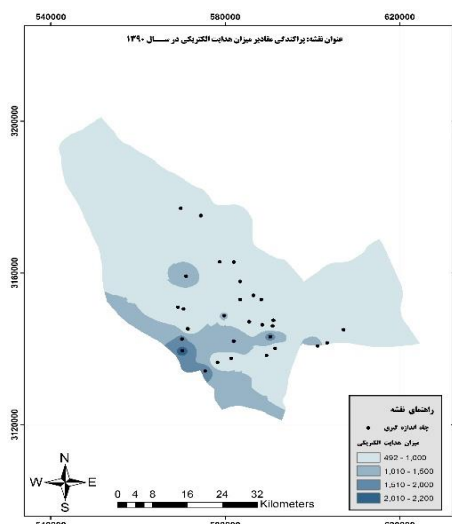
سانتی متر متغیر است. لذا با توجه به استانداردهای موجود برای آبیاری در محدوده‌های مناسب قرار دارند.



شکل ۲- توزیع مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌های نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷.

بالا با رنگ آبی پررنگ نمایش داده شده است. بر اساس نقشه‌های تهیه شده بخش غربی از شمال تا جنوب دارای مقادیر هدایت الکتریکی بیشتر از سایر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد. میزان این پهنه در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته و پهنه‌های بیشتری را در بر گرفته است.

این نقشه‌ها در ۵ طبقه کمتر از ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰، ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ و بیشتر از ۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر توزیع شده است که به ترتیب با رنگ روشن تا رنگ تیره نشان داده شده است. بر اساس شکل ۳، پهنه‌های با میزان هدایت الکتریکی پایین با رنگ آبی کم رنگ و پهنه‌های با میزان هدایت الکتریکی

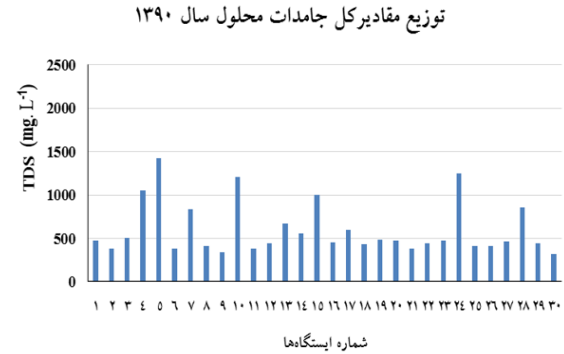
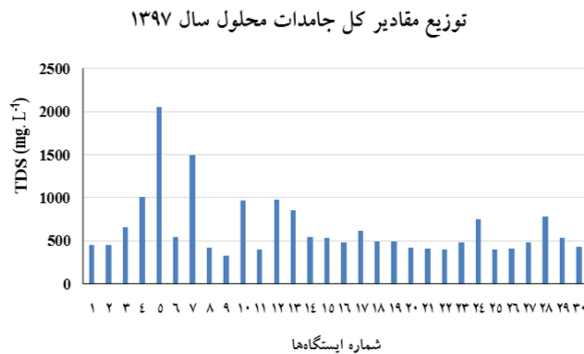


شکل ۳- پهنه‌بندی و نحوه توزیع مقادیر هدایت الکتریکی دشت جیرفت در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷.

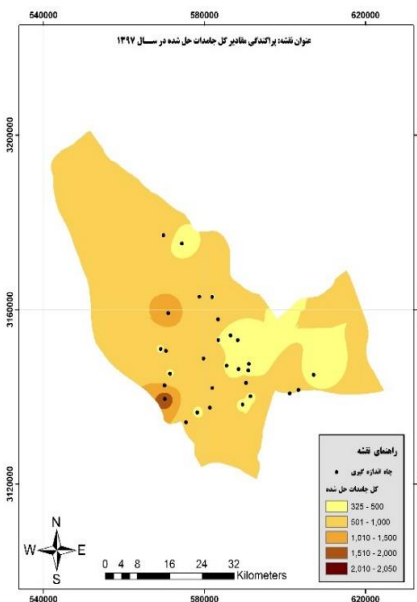
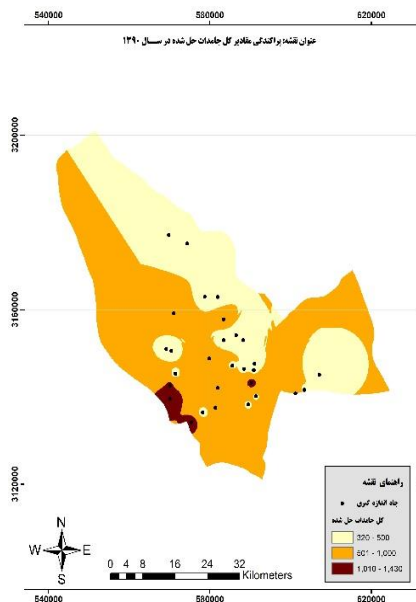
آبیاری تا حدود زیادی مناسب است و در شکل ۵، طبقات توزیع مقادیر از کمتر از ۵۰۰، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ تا

بررسی تغییرات کل جامدات محلول
شکل ۴ نشان می‌دهند که دامنه TDS در مطالعه حاضر از ۳۲۵ تا ۲۰۴۸ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است، لذا برای

۱۵۰۰، ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ و بیش‌تر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب با رنگ کرمی تا قهوه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۴- توزیع مقادیر کل جامدات محلول چاه‌های نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷.



شکل ۵- پهنه‌بندی و نحوه توزیع مقادیر کل جامدات محلول دشت جیرفت در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷.

۸/۵ - ۶/۵ می‌باشد و در این بازه گیاه از رشد مناسبی برخوردار است. شکل ۶ بیان می‌کند دامنه pH در مطالعه حاضر از ۶/۶ تا ۸/۶ متغیر است، لذا برای آبیاری مناسب است.

بررسی تغییرات اسیدیته

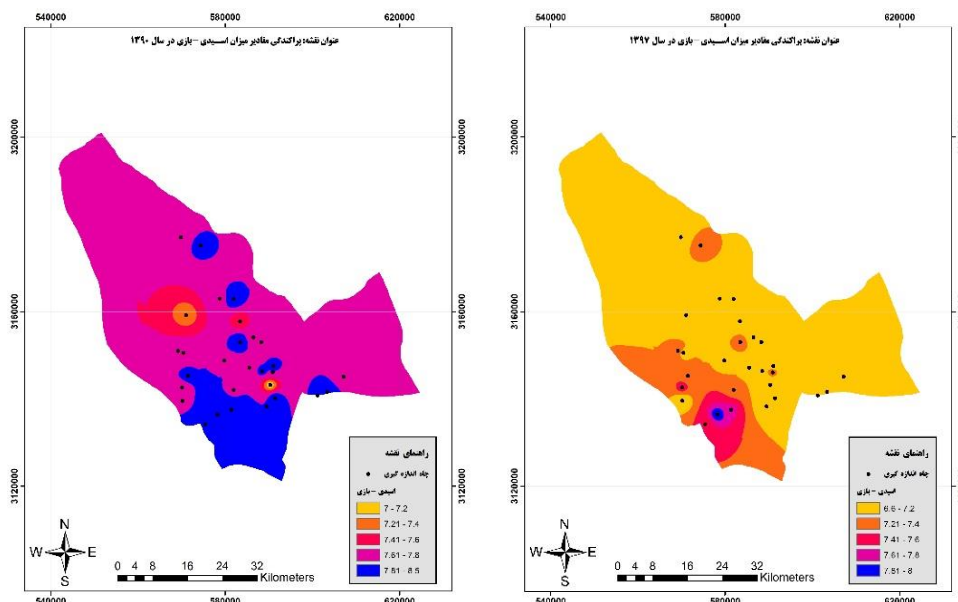
pH آب، مبین میزان اسیدی یا قلیایی بودن آن می‌باشد که نقش مهمی در کیفیت آب‌های زیرزمینی یک محدوده دارد. به‌طور معمول دامنه تغییرات pH مناسب آب آبیاری



شکل ۶- توزیع مقادیر اسیدیته چاه‌های نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۰.

است. در سال ۱۳۹۷ مقادیر این پارامتر به شدت کاهش یافته و اکثر پهنه‌ها در منطقه مورد مطالعه دارای اسیدیته کمتر از ۷/۲ و با رنگ زرد قابل مشاهده است. همان‌طور که نقشه پهنه‌بندی آب کشاورزی نشان می‌دهد، اکثر نواحی دشت دارای کیفیتی خوب و مناسب از نظر کشاورزی است.

در ادامه در شکل ۷ نقشه‌های پهنه‌بندی توزیع مقادیر اسیدیته آورده شده است. رنگ موجود در نقشه‌ها با مقادیر کمتر از ۷/۲، ۷/۲ تا ۷/۴، ۷/۴ تا ۷/۶، ۷/۶ تا ۷/۸، ۷/۸ تا ۷/۸، ۷/۸ تا ۷/۴، ۷/۴ تا ۷/۶ و بیشتر از ۷/۸ نشان داده شده است. بر اساس نقشه‌های تهیه شده، مقادیر اسیدیته از رنگ زرد (مقادیر کم) تا رنگ آبی (مقادیر زیاد) پراکنده



شکل ۷- پهنه‌بندی و نحوه توزیع مقادیر اسیدیته دشت جیرفت در سال ۱۳۹۰.

پارامترهای مورد بررسی دشت دارای کیفیت آب کمتری نسبت به محدوده‌های مجاز تعیین شده برای مصارف کشاورزی می‌باشند که می‌توان به نسبت

همان‌طور که نقشه پهنه‌بندی آب کشاورزی نشان می‌دهد، اکثر نواحی دشت دارای کیفیت خوب و مناسبی از نظر کشاورزی است و فقط درصد کمی از

پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها، گسترش بیابان‌زایی و خشک شدن مزارع و باغات، کاهش آبدهی قنوت و چشمه سارها، خشک شدن رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها، افت کیفیت منابع آب زیرزمینی و افزایش شوری خاک و تخریب محیط زیست، خشک شدن دشت‌ها و تشدید فرسایش اراضی و گسترش زمینه‌های تولید ریزگردها، فرونشست اراضی و از بین رفتن ظرفیت مخازن ذخیره و پالایش طبیعی آب و خسارت دیدن زمین‌های کشاورزی، تأسیسات زیربنایی، راه‌ها، افزایش هزینه‌ها و کاهش تولیدات کشاورزی را به همراه داشته باشد که این پیامدها در آینده منجر به گسترش فقر و بیکاری، بروز مشکلات و بحران‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی و همچنین مهاجرت کشاورزان به شهرها می‌گردد.

تغییرات پارامترهای مؤثر در کشاورزی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷

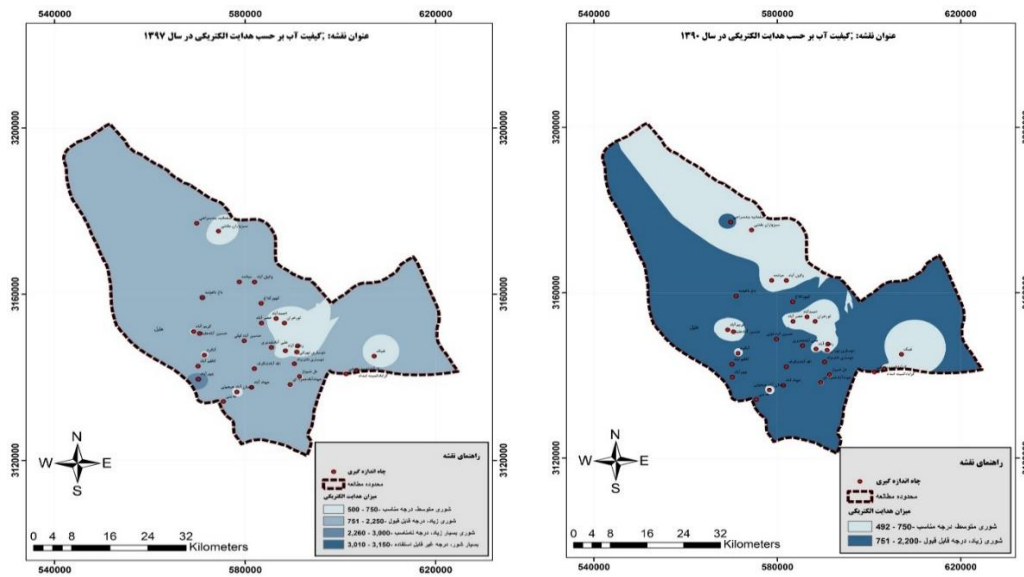
به‌منظور تهیه نقشه‌های کیفیت آب از طبقه‌بندی ویلکاکس استفاده شد. همانطور که در بخش‌های قبلی اشاره شده است دامنه کیفیت آب از نظر میزان هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم تعیین گردید (شکل‌های ۸ تا ۱۰).

کلایز، شاخص لانژیئر^۱ و کربنات سدیم باقی‌مانده اشاره کرد. علاوه بر این در تحقیق حاضر تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت برای سال‌های ۹۷-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های پیزومتر^۲ دشت جیرفت بیانگر آن است که متوسط افت سطح آب زیرزمینی برای این دوره‌ی آماری در دشت مذکور، برای مدت مورد مطالعه برابر ۱۱/۹ متر بوده است. میزان افت سطح آب زیرزمینی در طول دوره آماری در مجموع به‌صورت صعودی رو به افزایش و در برخی سال‌ها این میزان کمتر است. این تغییرات نشان‌دهنده خشک‌سالی‌های پی‌درپی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی می‌باشد که در این شرایط احتمال تأثیرپذیری کیفیت آب زیرزمینی هم زیاد می‌باشد و در صورت ادامه باعث پایین آمدن تدریجی کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شود. اما در سال‌هایی که میزان سطح افت آب زیرزمینی کمتر شده به دلیل نفوذ حجم آب ناشی از افزایش بارندگی و حتی رخداد سیلاب‌های متوالی و عظیم در سال‌های مذکور می‌باشد که به‌طور طبیعی موجب تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش میزان افت سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت شده است.

اختلال در تعادل و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت می‌تواند پیامدهایی نظیر

² Piezometric Well

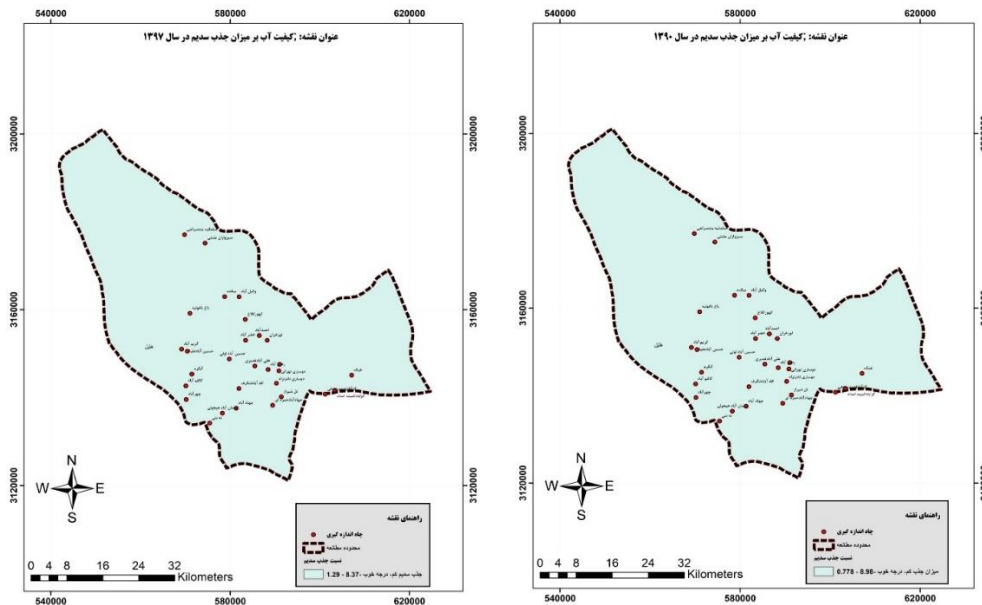
¹ Langelier index



شکل ۸- نقشه همپوشانی کیفیتی آب از نظر میزان هدایت الکتریکی سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۰.

قابل قبول از ۷۵۰ تا ۲۲۵۰، از ۲۲۵۰ تا ۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر به عنوان کلاس با درجه نامناسب و بیشتر از ۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر با درجه غیر قابل قبول استفاده در شکل ۹ آورده شده است. بنابراین مشاهده می شود که با گذشت زمان تاحدودی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی کاهش یافته است.

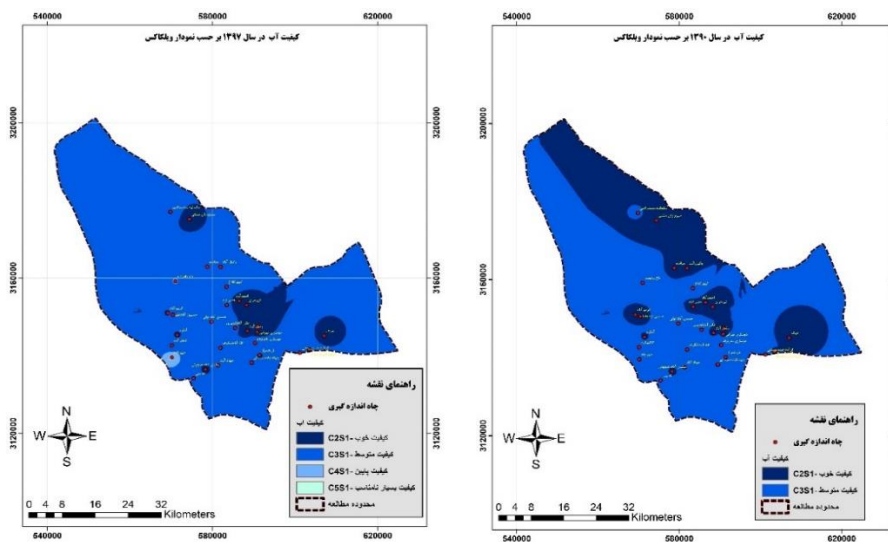
برای نقشه کیفیت آب بر حسب هدایت الکتریکی نیز همان طور که شکل ۸ نشان می دهد در سال ۱۳۹۰ بین ۹۴۲ تا ۲۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر متغیر است و این نشان می دهد در دو کلاس درجه مناسب و قابل قبول قرار می گیرد اما در سال ۹۷ این مقادیر بین ۵۰۰ تا ۳۱۵۰ میکروزیمنس بر سانتی متر متغیر است که درجه کیفیت آب نیز به تناسب در دامنه های مناسب کمتر از ۷۵۰،



شکل ۹- نقشه همپوشانی کیفیتی آب از نظر میزان جذب سدیم سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۰.

کیفیت خوب تا C_5 با کیفیت نامناسب متغیر است. همانطور که مشاهده می‌شود قسمت عمده ای از منطقه در سال ۱۳۹۰ دارای کیفیت متوسط بوده و کیفیت بالا در بخش شمال شرقی کشیده شده است، اما در سال ۱۳۹۷ پهنه کیفی آب با درجه خوب بسیار کم شده و قسمت غرب منطقه دارای کیفیت متوسط است (شکل ۱۰).

بر این اساس تمام مقادیر اندازه گیری شده جذب سدیم هم در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ کمتر از مقدار ۱۰ بوده و از این نظر در کلاس مناسب جهت مصرف قرار می‌گیرند که در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ آورده شده‌اند. در نهایت با ترکیب دو نقشه مذکور و تطبیق با نمودار ویلکاکس مقدار جذب سدیم در کلاس S_1 یا کیفیت خوب قرار می‌گیرند اما مقادیر شوری با نماد کلاس C از کیفیت C_2 با درجه



شکل ۱۰- نقشه همپوشانی کیفیت آب سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس.

تغذیه مصنوعی دشت اقدامات لازم صورت گیرد (ملکوئیان ۲۰۰۴). در پژوهشی دیگر آب‌های زیرزمینی یک حوزه آبخیز در ویکتوریای استرالیا را مورد بررسی قرار داد و نتایج مشابهی با مطالعه حاضر به دست آورد و نتایج آن پژوهش مدیریت و حفاظت کیفی منابع آب را منوط به پایش دقیق و بلندمدت منابع آب زیرزمینی دانست (پترید ۲۰۰۶). در جدول‌های ۲ و ۳ پارامترها، روش مورد استفاده و دقت این روش‌ها برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ نشان داده شده‌است.

بررسی پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که روند شور شدن آب‌های زیرزمینی شمال دشت کاشان با افت تراز آب زیرزمینی رابطه مستقیمی دارد و پایش بلندمدت آن می‌تواند بسیار در مدیریت و حفاظت کیفی منابع آب مؤثر باشد (گیتی ۲۰۰۰). در مطالعه‌ای دیگر، پژوهشگران روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم را بین سال‌های ۸۳-۱۳۷۶ ارزیابی نمودند، نتایج نشان داد که بایستی برای حفظ کیفیت و افزایش میزان منابع آب دشت نسبت به گسترش برنامه‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری و کنترل سیلاب برای

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در تخمین پارامترهای کیفی آب دشت جیرفت سال ۱۳۹۰.

روش	معیار آماری	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TDS (mg L^{-1})	pH
Ordinary	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۲/۴۸۳	۲/۴۲۲	۰/۰۰۶
	RMSE	۱۳۸/۲۱۲	۱۰۵/۲۵۴	۰/۱۷۵
	GSP	۰/۳۶۱	۰/۳۴۴	۰/۰۵۶
Simple	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۱۰/۵۵۱	۶/۳۳۲	۰/۰۰۳
	RMSE	۱۴۴/۳۲۰	۱۰۱/۷۴۸	۰/۱۷۰
	GSP	۰/۳۵۲	۰/۳۶۷	۰/۰۴۹
Universal	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۴/۴۷۰	۳/۴۳۷	۰/۰۰۵
	RMSE	۱۴۶/۶۳۳	۱۰۸/۲۱۰	۰/۱۸۶
	GSP	۰/۳۶۴	۰/۳۲	۰/۰۵۲

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در تخمین پارامترهای کیفی آب دشت جیرفت سال ۱۳۹۷.

روش	معیار آماری	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TDS (mg L^{-1})	pH
Ordinary	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۵/۴۵	۴/۴۷۵	۰/۰۰۰۵
	RMSE	۱۷۲/۳۸	۱۳۰/۳۲	۰/۱۲۵
	GSP	۰/۲۲۶	۰/۲۴۸	۰/۰۲۴
Simple	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۸/۱۰۵	۴/۴۵	۰/۰۰۴
	RMSE	۱۶۶/۶۲۷	۱۰۹/۶۵۳	۰/۱۲۲
	GSP	۰/۲۱۱	۰/۲۲۵	۰/۰۲۳
Universal	Samples	۳۰	۳۰	۳۰
	Mean	۶/۳۳	۴/۲۶۶	۰/۰۰۲۴
	RMSE	۱۷۳/۲۲	۱۲۲/۵۱۱	۰/۱۱۴
	GSP	۰/۲۲۵	۰/۲۳	۰/۰۲۴

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر، ارزیابی کیفیت آب در دشت جیرفت به منظور مناسب بودن آن برای مصارف کشاورزی صورت گرفته است. آب مورد استفاده در آبیاری نباید تأثیر منفی بر روی گیاه و خاک داشته باشد. بنابراین، برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی پارامترهای مختلف از قبیل هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و اسیدیته به منظور تعیین

با توجه به این جداول برای سال ۱۳۹۰، روش معمولی برای پارامترهای SAR، MAR و LSI، روش ساده برای پارامترهای EC، pH، SSP، RSC، KR و PI، روش عام برای پارامتر TDS و همچنین برای سال ۱۳۹۷، روش معمولی برای پارامترهای MAR و SSP، روش ساده برای پارامترهای EC، pH، SAR، RSC، روش عام برای پارامترهای TDS، KR، LSI و PI انتخاب شدند.

آب‌های زیرزمینی نشان می‌دهد که دشت دارای کیفیتی مناسب برای کشاورزی است و تنها در قسمت حاشیه جنوب‌غربی و برخی نقاط دشت به‌صورت موضعی کیفیت آب‌های زیرزمینی کم‌تر از بقیه نقاط می‌باشد و در حد متوسط تا نامناسب قرار دارد ولی به‌طور کلی دشت مورد مطالعه برای کشاورزی مناسب و قابل استفاده است.

کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ ارائه شده است. با مقایسه نتایج آنالیز کیفی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ و بررسی مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای موجود، پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته، کل جامدات محلول روند کاهشی داشته یا تغییری نکرده‌اند (کاهش یا افزایش جزئی داشته‌اند). نقشه پهنه‌بندی توزیع مقادیر پارامترهای کیفی

منابع مورد استفاده

- Asadi Nelivan A, Malekian A, Abdi M and Sour A, 2012. Zoning of KaboudarAhang field groundwater quality based on farming with the purpose of managing these water resources. First National Conference on Sustainable Development Strategies, 10 March, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
- Amiri B, Saravani A and Rasuli B, 2012. Evaluation and zoning of Parsian field underwater quality for farming using GIS technique. First National Desert Conference, 16 June, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
- Arslan H, 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*. 113: 57-63.
- Bahuiyan M, Bodrud-Doza M, Islam A, Rakib M, Rahman M and Ramanathan A, 2016. Assessment of groundwater quality of Lakshimpur district of Bangladesh using water quality indices, geostatistical methods, and multivariate analysis. *Environmental Earth Sciences*. 75(12): 1020-1043.
- Bigane S, 2013. Study the effect of hydrological drought and meteorology on quality and quantity of groundwater resources (case study: Jiroft plain). Msc thesis, Yazd university. (In Persian with English abstract).
- Chambers RL, Yarus JM and Hird KB, 2000. *Petroleum Geostatistics for nongeostatisticians*, Part 2: The Leading Edge, 19: 592–599.
- Chitsazan M, Babamir R and Aram E, 2012. Investigates the Notrgy plain hydrochemistry from view point of agriculture using Wilcow diagram and GIS method. First National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Lucid Environment. 26 February, Ahvaz, Iran. (In Persian with English abstract)
- Delgado C, Pacheco J, Cabrera A, Batllori E, Orellana R and Bautista F, 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. *Agricultural Water Management*. 97(10): 1423-1433.
- Emami S, Hemmati M and Arvanaghi H, 2017. Performance evaluation of Imperialist Competitive and genetic algorithm for estimating groundwater quality parameters (Case study: Bostanabad plain). *Hydrogeology*. 2(2): 44-53. (In Persian with English abstract)
- Fallahzadeh RA, Almodaresi SA, Dashti MM, Fattahi A, Sadeghnia M and Eslami H, 2016. Zoning of nitrite and nitrate concentration in groundwater using geographic information system (GIS), case study: drinking water wells in Yazd city. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 91: 1-12.
- Gholi Haghparast M, 2014. Study of groundwater resources quality in Rashkan plain. Msc Thesis, Urmia University, 112 p. (In Persian with English abstract)
- Giti AS, 2000. Investigating the drainage of the underground waters of Varamin plain and its relation with water quality. Master thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 100 p. (In Persian with English abstract)
- Kaviyani R, 2012. Study the effects of recent drought on quality and quantity of Nahavand plain groundwater using statistical methods. First National Water and Environment engineering conference, Shushtar, Iran. (In Persian with English abstract)
- Kaviyani R, 2013. Nahavand pain groundwater quality assessment for agricultural use. Msc thesis, Shushtar Islamic Azad university. (In Persian with English abstract)

- Karami F, 2011. Evaluation of salinity changes of Sarab plain groundwater resources (using qualitative maps and GIS). *Geography and Schematization Periodical, University of Tabriz*. 101-122. (In Persian with English abstract)
- Malkoutian M and Karami A, 2004. Investigation of changes in chemical quality of groundwater resources of Bam and Browat Plains during 1996-1999. *Hormozgan University Medical Journal*. 116-109 pages. (In Persian with English abstract)
- Molaii Moghbeli M, 2017. Investigation of changes in the amount of arsenic in the Jiroft plain groundwater table and it's source and potential effects. MSc thesis. Shahid Bahonar University of Kerman. (In Persian with English abstract)
- Petrides B, Carwright I and Weaver TR, 2006. The Evolution of Ground Water in the Tyrell cathment south-central Murrage Basin, Victoria, Australia. *Hydrogeology Journal* 14 (8):1522-1543.
- Safarbeiranvand M, Amanipour H, Battaleb-Looies, Ghanemi K and Ebrahimi B, 2018. Quality evaluation of groundwater resources using geostatistical methods (Case study: Central Lorestan Plain, Iran). *Water Resources Management* 32: 3611–3628.
- Shainberg I and Oster JD, 1994. *Quality of Irrigation Water*, FAO publication No. 29. 117 P.
- Taleschi Amirkhizi M, 2015. Geochimical evaluation and groundwater quality determination in Sarab plain for irrigation uses. MSc thesis, Zabol University. (In Persian with English abstract)
- Tatawat RK and Chandel CPS, 2007. Quality of groundwater of JapurCity, Rajasthan (INDIA) and its suitability for domestic and irrigation purpose. *Applied Ecology and Environmental Research* 6 (2): 79-88.
- Torkamani S and Langaroudi S, 2011. Evaluation of groundwater quality in Abhar plain in terms of drinking and agriculture. Fourth Water Resources Management Conference, May 3, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
- Vahabzade Gh, Delavar H, Ghorbani J and Ashraafi M, 2017. Investigation of changes in Chlorine quantity and salinity values in Firouzabad plain and benchmarking for agricultural and drinking uses. *Environmental Health* (In Persian with English abstract)