

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۱ (۳۰۵-۲۸۹)

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی به کمک پارامترهای هیدروشیمیایی

(مطالعه موردی: ناحیه قیدار-استان زنجان)

طاهره جانی سرنای^۱

سیدوحید شاهرخی^{۲*}

Vahid.shahrokhi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع برای شرب و آبیاری است. استانداردهای جهانی کیفیت آب، توسط سازمان بهداشت جهانی، به عنوان استانداردهای پایه مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از این مقاله ارزیابی شیمی آب زیرزمینی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی جهت بررسی مطلوب بودن آن برای شرب و آبیاری در محدوده قیدار در استان زنجان می‌باشد.

روش بررسی: به منظور تعیین پارامترهای فیزیکی-شیمیایی، آنیون‌ها، کاتیون‌ها و فلزات سنگین در مهرماه ۱۳۹۹ از تعداد ۵۲ نمونه از چاه‌ها و چشمه‌های ناحیه مورد مطالعه نمونه‌برداری و به روش‌های مختلف اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: رخساره‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، دارای تیپ بی‌کربنانه تا کلروره بوده و بر حسب پارامتر سختی کل، به غیر از دو نمونه تمامی نمونه‌ها دارای آب کاملاً سخت هستند. بر حسب EC و نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم و کربنات سدیم باقیمانده (RSC)، مشخص گردید که آب زیرزمینی در بیشتر نمونه‌ها خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب است. علاوه بر این، غلظت عناصر سنگین محلول در آب زیرزمینی در محدوده قیدار در برخی از نمونه‌ها برای برخی عناصر و یون‌ها مانند آرسنیک، سلنیوم، سدیم، نیترات و سولفات بیشتر از حدود مجاز تعیین شده توسط WHO می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: استفاده از نسبت‌های یونی، نمودار گیبس و شاخص اشباع و تجزیه و تحلیل چند متغیره جهت نشان دادن منشأ مواد حل شونده غیرآلی در آب‌های زیرزمینی، نشان داد که منابع کربناته و تبادل یونی دارای بیشترین تاثیر بر شیمی آب در محدوده هستند. شاخص فلزی (MI) غیر قابل شرب بودن برخی از نمونه‌ها را نشان داد. همچنین نتایج بدست آمده از تحلیل عاملی نشان دهنده تاثیر میزان شوری، کشاورزی، زمین شناسی و گسلها در محدوده مطالعاتی قیدار بود.

واژه‌های کلیدی: هیدروژئوشیمی، آب زیرزمینی، نسبت یونی، شاخص فلزی (MI)، قیدار.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران.
۲- دانشیار، گروه زمین شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران. * (مسئول مکاتبات)

Assess groundwater quality with help of Hydrochemical parameters (Case study: in Gheydar area, Zanzan Province)

Tahereh JaniSarnavi¹
SeyedVahid Shahrokhi^{2*}
Vahid.shahrokhi@gmail.com

Admission Date: April 6, 2022

Date Received: October 4, 2021

Abstract

Background and Objective: the aim of this paper is the assessment of groundwater with respect to the chemistry and its subsequent impact on groundwater quality for drinking and irrigation consumption in the Qheydar area, Zanzan Province.

Material and Methodology: In order to determine of physico-chemical parameters, anions, cations and heavy metals were sampled from the water sources of the study area and measured by different methods.

Findings: The groundwater facies in the studied area belong to the bicarbonate to chloride type and generally hard due to the total hardness, Except for 2 Samples the others have hardness. In terms of EC and sodium adsorption ratio (SAR), Na% and residual sodium carbonate (RSC), the groundwater is Very salty in more of samples and totally unsuitable for agriculture. Moreover, dissolved heavy elements and Ions kind of As, Se, NO₃ and SO₄ concentrations in the groundwater of the Qheydar area have the unsafe limits which recommended by the WHO.

Discussion and Conclusion: Based on ionic ratios, Gibbs diagram, saturation index and multivariate analysis for indicating the sources of inorganic solutes in groundwater indicate carbonate sources and ion exchange have the greatest impact on water chemistry in the area. The metal index (MI) showed that some samples were non-drinking. Also, the results obtained from factor analysis showed the effect of salinity, agriculture, geology and faults in the Qeydar study area.

Key words: Hydrogeochemistry, Groundwater, Ionic Ratio, metal Index (MI), Gheydar.

1 -M.Sc. Student, Department of Geology, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran.

2- Associate Professor, Department of Geology, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran. *(Corresponding Author)

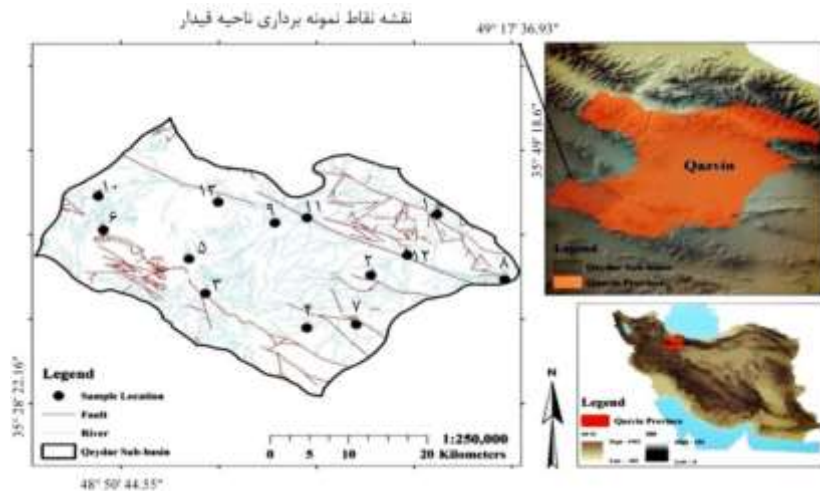
مقدمه

زیرزمینی از دیدگاه‌های مختلف در دشت زنجان (۱۱) و همچنین ارزیابی کیفی آب زیرزمینی در دشت قزوین (۱۲) اشاره نمود. با توجه به این مطالب و از آنجا که کیفیت آب زیرزمینی یک عامل زیست محیطی مهم جهت تعیین سلامتی است، بنابراین ارزیابی کیفی آن با توجه به شاخص‌های کیفی و مصارف مختلف از جمله آب آبیاری ضروری به نظر می‌رسد. عدم در نظر گرفتن این موضوع، سبب از دست رفتن خاک و افزایش بیابان‌زایی و کانون‌های ریزگرد خواهد شد. هدف از نوشتار این مقاله، بررسی خصوصیات اصلی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی ناحیه قیدار و فرایندهای کنترل‌کننده شیمی آب زیرزمینی می‌باشد. بر این اساس، تیپ‌های مختلف آب و فرایندهای طبیعی رخ داده در منطقه از طریق شیمی آب زیرزمینی و بر اساس یون‌های اصلی و عناصر کمیاب و روش‌های ترکیبی هیدروژئوشیمیایی و آماری ارزیابی می‌گردد. ارزیابی کمی آلودگی فلزات سنگین و قابلیت شرب آب منطقه‌ای مورد مطالعه از دو شاخص فلزی (MI) و شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه ناحیه قیدار در جنوب استان زنجان، در بخش شمال باختری زون ساختاری ایران مرکزی، در قسمت میانی زون ساختاری سندرگ-سیرجان و در شمال باختر ایران قرار گرفته است. این ناحیه شامل بخش‌هایی از دو ورقه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ مرزبان (۳۱) و ۱/۱۰۰۰۰۰۰ آوج (۱۳) است که در بین طول‌های $۴۸^{\circ} ۵۰'$ تا $۴۹^{\circ} ۱۷'$ شرقی و عرض‌های $۳۵^{\circ} ۳۵'$ تا $۳۵^{\circ} ۵۸'$ شمالی جای گرفته است (شکل ۱).

به‌منظور ارزیابی نتایج احتمالی کیفیت آب زیرزمینی بر سلامتی انسان و شناسایی الگوهای شیمیایی آن تلاش‌های فراوانی صورت گرفته است. همچنین آب زیرزمینی به عنوان یک بخش فعال از چرخه هیدرولوژیکی یکی از مهم‌ترین منابع برای شرب و آبیاری است (۱، ۲). پارامترهای مختلف کیفی جهت طبقه‌بندی آب زیرزمینی شامل رخساره‌های شیمیایی آب، سختی کل، نمودار ویلکاکس، درصد سدیم و کربنات سدیم است (۳، ۴). استانداردهای جهانی کیفیت آب، به صورت حدود مجاز برای عناصر سنگین توسط WHO (سازمان بهداشت جهانی) ارائه شده و به عنوان قوانین و استانداردهای پایه در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵، ۶). عناصر سنگین از نظر زیست‌محیطی پایدار، غیرقابل تجزیه و دارای گرایش به انباشتگی در گیاهان و جانوران در انواع اکوسیستم‌ها بوده و در حدود غیر مجاز خود تاثیرات نامطلوبی بر سلامتی بشر می‌گذارند (۷). همچنین ممکن است این عناصر آب زیرزمینی را آلوده و منجر به کاهش کیفیت آن برای شرب و آبیاری شود (۸). ترکیب اولیه آب زیرزمینی همانند ترکیب آب حاصل از بارندگی بوده و ممکن است آب دریای رقیق شده در نظر گرفته شود. ترکیب آب زیرزمینی طی برگشت آب به اقیانوس، در نتیجه تبخیر و تاثیر هوازدگی سنگ‌ها تغییر می‌کند (۹). در کل، آنالیزهای آماری چندمتغیره شامل ضریب همبستگی بین فلزها، تحلیل خوشه‌ای، و تحلیل عاملی برای توضیح ماتریس‌های داده‌های بزرگ و پیچیده و فهم بهتر کیفیت آب منطقه مورد مطالعه استفاده می‌شود. محاسبه نسبت‌های یونی نیز می‌تواند منشا احتمالی آب‌های زیرزمینی برداشت شده از یک منطقه مشخص سازد. (۱۰). در این راستا مطالعات مختلفی بر روی منابع آبی در استان‌های قزوین و زنجان صورت گرفته که می‌توان به ارزیابی کیفی آبهای



شکل ۲- نقشه موقعیت نمونه برداری از آب های زیرزمینی در ناحیه قیدار

Figure 2. Map of sample composition from groundwater in Qeydar area

نتایج و بحث

شده و به کمک نمودار ویلکاکس، نمونه های برداشت شده در بیشتر موارد برای کشاورزی نامناسب (شکل ۴ و جدول ۲) هستند.

همچنین طبقه بندی درجه سختی آب معمولاً بر اساس میزان $CaCO_3$ و برحسب میلی گرم بر لیتر بیان می شود (۵). بر اساس مطالعات انجام شده بیشتر نمونه های برداشت شده کاملاً سخت و به ندرت سخت (جدول ۳) می باشند. از طرف دیگر خاک های با شوری بالا مقدار آب قابل دسترس برای گیاه را کاهش داده و باعث خشکی آن می شوند. جهت آبیاری، مجموع مقادیر نمک های محلول در آب بسیار مهم است. کربنات سدیم باقیمانده (RSC) برای طبقه بندی آب جهت استفاده در آبیاری و جهت شناسایی خطر قلیائیت برای خاک استفاده می شود. بر این اساس، آب زیرزمینی دارای RSC بیشتر از ۲/۵ میلی اکی والان بر لیتر جهت آبیاری نامناسب است (۲۰).

خصوصیات شیمیایی آب های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه رخساره های هیدروژئوشیمیایی در گروه های ترکیبی مشخصی قابل توصیف می باشند (۱۶). نمودار پایپر به سادگی شباهت ها و تفاوت های بین نمونه های آب زیرزمینی و اختلاط آنها را آشکار می کند. نمونه های آب با کیفیت مشابه تمایل به قرار گرفتن با یکدیگر در یک گروه را دارا هستند (۳، ۱۰، ۱۷، ۱۸). بر طبق مطالعات انجام شده و به کمک این نمودار، نمونه ها دارای تیپ شیمیایی بی کربناته کلسیک، بی کربناته منیزیک، سولفاته کلسیک، سولفاته سدیک و کلروره سدیک (شکل ۳ و جدول ۲) می باشند.

نمودار ویلکاکس به شناخت انواع مختلف تیپ در یک آب زیرزمینی جهت آبیاری کمک می کند. این نمودار، بستگی به EC و SAR (جدول ۳) دارد و آب را به ۱۶ رده از C1-S1 تا C4-S4 تقسیم می کند (۱۸-۲۰). بر اساس مطالعات انجام

جدول ۱- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آنیونها و کاتیونها و برخی عناصر در ناحیه قیدار

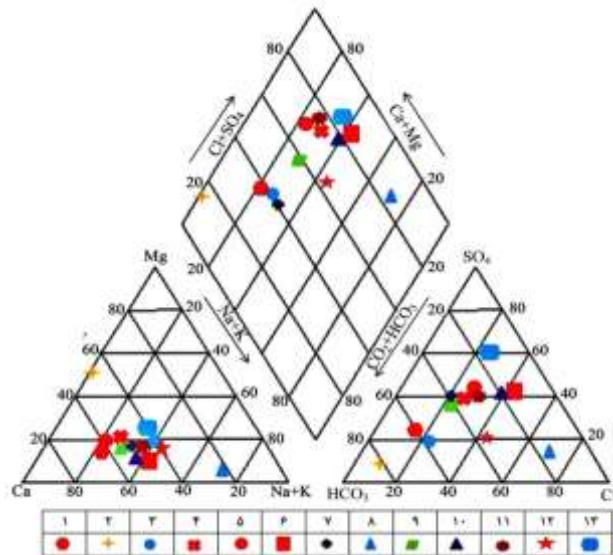
Table 1. Physical and chemical parameters of anions and cations and some elements in Qeydar Area

۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	نمونه
۳۱۵۵۲۲	۳۴۴۷۵	۳۳۴۶۹	۳۰۳۱۵۷	۳۲۱۳۳۷	۳۴۴۹۸۶	۳۲۹۴۷۶	۳۰۳۵۷۳	۳۱۲۲۴۴	۳۲۴۳۴۴	۳۱۳۹۰۸	۳۳۱۱۱۵	۳۳۸۱۳۱	X
۳۹۶۷۱۰۹	۳۹۶۲۶۰۴	۳۹۶۸۵۴۵	۳۹۷۲۲۹۹	۳۹۶۷۸۲۹	۳۹۵۸۶۹۴	۳۹۵۲۱۱۲	۳۹۶۷۱۳۴	۳۹۶۲۵۱	۳۹۵۱۷۰۹	۳۹۵۷۱۷۳	۳۹۵۹۶۱۰	۳۹۶۸۷۸۴	Y
چشمه	چشمه	چاه	چشمه	چاه	چشمه	چشمه	چشمه	چشمه	چشمه	چاه	چشمه	چاه	محل
۱۵/۷	۱۶/۰	۱۵/۴	۱۸/۰	۱۷/۸	۱۷/۰	۱۶/۰	۱۸/۵	۱۷/۶	۴۱/۵	۱۷/۰	۱۷/۳	۱۶/۲	Te
۷/۶۲	۷/۱۸	۷/۰۹	۶/۹۹	۷/۲۴	۷/۵۶	۷/۶۵	۶/۸۸	۷/۵۴	۶/۶۲	۶/۷۳	۷/۰۸	۷/۵۸	PH
۶۶۱/۴	۱۰۳۶	۱۰۲۱	۳۱۵/۲	۳۲۲۵	۲۹۱۲	۷۶۱/۴	۳۲۲۷	۳۰۱/۷	۱۲۰۲۰	۴۹۶۲	۳۹۹۹	۱۱۵۳	EC (µS)
۶۳۶/۸	۹۸۱/۴	۹۴۸/۶	۲۸۳/۳	۳۰۰۱	۲۶۸۳	۶۲۷/۸	۲۲۲۱	۲۹۷/۲	۱۱۲۴۰	۴۹۰۴	۳۳۵۵	۱۰۰۸	TDS (ppm)
۲۹۴	۲۶۷	۲۷۶/۲	۱۶۲/۸	۳۵۹/۸	۱۴۲/۷	۲۰۴/۹	۲۷۵/۹	۲۵۲/۶	۹۸/۳	۳۳۰	۳۶۸/۵	۳۶۵/۶	Eh (mV)
۸۵/۶۸	۱۳۳	۱۹۲	۳۹/۵۶	۲۷۳	۳/۵	۱۰۶	۲۴۴	۳۵/۹۱	۳۳۸/۶۷	۳۸۹	۵۲۱	۸۹/۵۵	Ca (ppm)
۰/۷۹	۰/۸۱	۲/۱۸	۰/۴۰	۶/۴۲	۱/۳۷	۰/۶۵	۴/۹۱	۰/۳۱	۱۱۳/۶۴	۱۵/۸۸	۱۰۰/۰	۲۹/۱۱	K (ppm)
۱۶/۹۶	۳۴/۷۵	۳۴/۸۳	۶/۳۹	۹۶/۳۸	۱/۶	۱۹/۰۰	۵۷/۱۶	۳۴/۴۱	۱۰۰۹/۵۴	۹۸/۳۶	۷۳/۰۲	۳۹/۴۷	Mg (ppm)
۳۹/۹۴	۸۸/۱۸	۴۳/۷۷	۱۵/۹۳	۴۴۰	۳۲۲	۶۵/۲۰	۳۰۳	۱/۰۱	۲۷۷۱	۷۹۲	۵۴۴	۱۳۲	Na (ppm)
۰/۹۴	۱/۹۸	۰/۴۰	۰/۲۳	۲/۴۰	۲/۴۲	۰/۶۷	۰/۳۷	۰/۱۱	۱/۱۷	۱/۲۹	۱/۷۰	۱/۲۱	F (ppm)
۶۳/۲۰	۹۱/۵۰	۲۹/۴۰	۱۵/۱۰	۵۲۸	۳/۶	۶۵/۷۰	۳۹۸	۵/۵۰	۲۹/۵۲	۱۱۱۹	۶۶۴	۶۷/۵۰	Cl (ppm)
۳۷/۴۳	۱۲/۰۹	۱۷/۱۰	۱۲/۵۱	۴۲/۱۷	۵۷/۱۲	۱۶/۶۰	۳۷/۶۱	۶/۳۶	۱۸/۳۳	۴۸/۹۳	۳۳/۸۳	۳۹/۸۷	NO ₃ (ppm)
۱۳۵	۱۱۰	۹۸	۳۳	۸۴۰	۱۰۳۸	۱۵۸	۲۶۲	۹	۷۹۱	۴۲۰	۹۱۶	۳۰۱	SO ₄ ^{۲-} (ppm)
۰/۸۰	۰/۶۲	۲/۵۴	۲/۴۵	۱۲/۷۶	۶/۹۰	۲/۳۲	۷۴/۳۱	۸/۱۶	۱۴/۳۶	۱۸/۲۰	۱/۶۴۷	۱/۱/۸۴	As (ppm)
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۸	Cd (ppm)
۰/۱۹	۰/۲۶	۱/۶۰	۰/۰۶	۱/۳۹	۱/۳۰	۰/۲۹	۱/۰۴	۰/۰۹	۱/۲۲	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۳۱	Co (ppm)
۴/۰۴	۳/۴۹	۴/۳۸	۱/۴۴	۱۰/۴۴	۱۴/۹۲	۹/۴۹	۱۱/۰۳	۱/۹۵	۹/۴۱	۱۰/۵۷	۴/۲۰	۷/۰۱	Cr (ppm)

	۱/۰۰۰	۳/۳۹	۳۹/۰	۳۱۷۹	۳/۴۰	-۱۵۹	۳/۸۴	-۱/۶۶	۸/۴۷	۴/۷۹	۳/۱۳	۴/۰۸	Cu (ppm)
۰/۰۴	-۱/۰۴	-۱/۱۴	-۱/۰۱	-۱/۰۴	-۱/۰۱	-۱/۰۶	-۱/۰۴	-۱/۰۴	-۱/۳۴	-۱/۱۷	-۱/۰۲	-۱/۰۴	Fe (ppm)
۰/۰۸	-۱/۰۸	-۱/۰۸	-۱/۳۳	-۱/۳۳	-۱/۳۵	-۱/۲۰	-۱/۴۱	-۱/۴۲	-۱/۳۴	-۱/۳۴	-۱/۵۱	-۱/۱۶	Hg (ppm)
۰/۷۶	۱/۹۹	۱۲/۳۰	-۱/۷۹	۱/۱۷	۳/۱۳	-۱/۶۷	-۱/۳۵	-۱/۶۹	۶/۱۰۶	۶/۱۸۵	-۱/۴۲	۳/۱۶	Mn (ppm)
۴/۳۶	۶/۰۴	۱۴/۳۹	۱/۳۳	۳۴/۴۲	۳۴/۷۹	۷/۶۴	۳۴/۳۹	۱/۸۲	۳۷/۷۰	۱/۶۵۹	۱۵/۷۲	۵/۲۸	Ni (ppm)
۰/۳۵	-۱/۳۴	-۱/۴۰	۱/۰۲	۱/۷۰	۱/۰۲	-۱/۸۵	۳/۰۸	-۱/۵۵	۱/۳۰	۱/۲۲	-۱/۸۰	۱/۰۶	Pb (ppm)
۲/۱۸	-۱/۶۱	-۱/۳۸	۱/۳۴	۴۹/۶۰	۲۹/۳۹	۳/۴۷	۱/۳/۱۷	-۱/۵۲	۳۸/۶۶	۱/۱۴۵	۳/۸۴	۴/۸۶	Se (ppm)
۱/۶۹	۱/۵۳	۵/۴۰	۸/۱/۱۳	۵/۱۰	۴/۱۵	۱/۸۵	۷/۴۴	۱/۸۵	۴/۵۶	۳/۷۰	۷/۲۹	۶/۲۲	Zn (ppm)
۱۱۴/۵	۴۲۵/۷	۲۶۹/۷	۱۰۴/۹	۳۱۱/۰	۳۰۰/۹	۲۱۷/۱	۵۵۷/۵	۹۰/۹	۱۱۰/۱۰	۷۱۸/۹	۴۰/۱/۱	۲۸۵/۵	HCO ₃ (ppm)

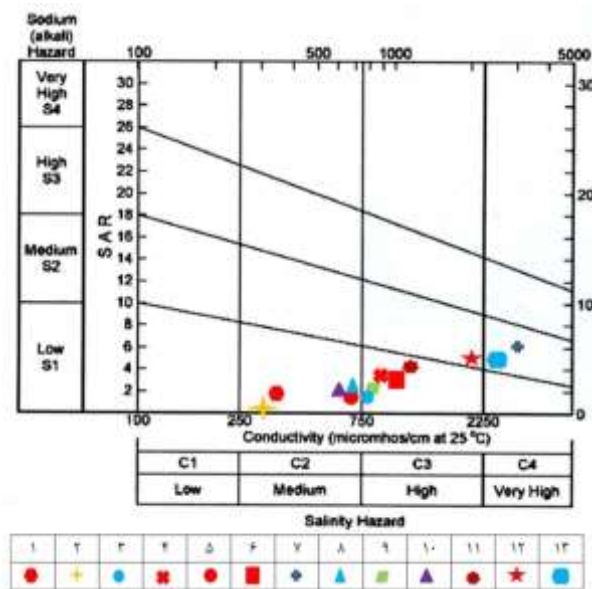
۵۰ درصد نمونه‌ها برای کلسیم، منیزیم، سدیم، کلرید و آرسنیک، ۳۰ درصد نمونه‌ها برای فلورید و سولفات و در حدود ۸ درصد نمونه‌ها برای نیتрат، آهن و سلیوم بالاتر از حد مجاز مشاهده شده است (جدول ۱).

با توجه به موارد فوق، کیفیت نمونه‌های برداشت‌شده بر اساس درصد سدیم در همه موارد مناسب است (جدول ۳). همچنین بر اساس مقادیر مجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO) در حدود ۸۵ درصد نمونه‌ها برای مواد جامد محلول (TDS)، نزدیک به



شکل ۳- دیاگرام پایپر، نشان دهنده ترکیب یون های اصلی در آبهای طبیعی

Figure 3. Piper diagram, shows the composition of the main ions in natural waters



شکل ۴- دیاگرام ویلکاکس نشان دهنده ترکیب آبهای طبیعی

Figure 4. Wilcox diagram, shows the composition of natural waters

جدول ۲- تیپ شیمیایی و کیفیت آب نمونه ها برای کشاورزی

Table 2. Chemical type and water quality of samples for agriculture

غلظت آنیونها	غلظت کاتیونها	تیپ و رخساره	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی	No.
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Na + K > Ca > Mg$	سولفات سدیک	۱۱۵۳	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱
$SO_4 > Cl > HCO_3$	$Ca > Na + K > Mg$	سولفات کلسیک	۳۹۹۹	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۲
$Cl > HCO_3 > SO_4$	$Na + K > Ca > Mg$	کلروره سدیک	۴۹۶۲	C4-S3	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۳
$Cl > HCO_3 > SO_4$	$Na + K > Ca > Mg$	کلروره سدیک	۱۲۰۲۰	C4-S4	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۴
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Mg > Ca > Na + K$	بی کربناته منیزیک	۳۰۱/۷	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	۵
$Cl > HCO_3 > SO_4$	$Na + K > Ca > Mg$	کلروره سدیک	۲۳۲۷	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۶
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Ca > Na + K > Mg$	بی کربناته کلسیک	۷۶۱/۴	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۷
$SO_4 > Cl > HCO_3$	$Ca > Na + K > Mg$	سولفات کلسیک	۲۹۱۲	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۸
$SO_4 > Cl > HCO_3$	$Na + K > Ca > Mg$	سولفات سدیک	۳۲۳۵	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	۹
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Ca > Na + K > Mg$	بی کربناته کلسیک	۳۱۵/۲	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	۱۰
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Ca > Mg > Na + K$	بی کربناته کلسیک	۱۰۲۱	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۱
$Cl > HCO_3 > SO_4$	$Ca > Na + K > Mg$	بی کربناته کلسیک	۱۰۳۶	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	۱۲
$SO_4 > HCO_3 > Cl$	$Ca > Na + K > Mg$	سولفات کلسیک	۶۶۱/۴	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	۱۳

جدول ۳- بررسی کیفی نمونه ها براساس سختی کل، درصد سدیم و RSC

Table 3. Samples qualitative evaluation based on total hardness, sodium percentage and RSC

کیفیت آب بر اساس سختی کل	SAR	Na%	کیفیت بر اساس Na%	RSC	کیفیت بر اساس RSC	سختی کل	سختی موقت	سختی دائم	شماره نمونه
کاملاً سخت	۲/۹۳	۴۵/۶۹	قابل قبول	-۳/۰۴	مناسب	۳۸۳/۴۸	۳۸۳/۴۸	۰/۰۰	۱
کاملاً سخت	۵/۹۲	۴۲/۷۹	قابل قبول	-۲۵/۴۴	مناسب	۱۵۹۵/۲۴	۶۵۷/۴۱	۹۳۷/۸۲	۲
کاملاً سخت	۹/۲۹	۵۵/۹۰	قابل قبول	-۱۵/۷۳	مناسب	۱۳۶۹/۳۸	۱۱۷۸/۲۰	۱۹۱/۱۷	۳
کاملاً سخت	۲۵/۱۸	۷۲/۹۱	مشکوک	-۲۷/۸۲	مناسب	۲۲۸۵/۷۱	۱۸۰۴/۵۶	۴۸۱/۱۴	۴
سخت	۰/۰۳	۱/۳۴	عالی	-۲/۳۱	مناسب	۱۸۸/۶۴	۱۴۸/۹۹	۳۹/۶۴	۵
کاملاً سخت	۴/۵۵	۴۴/۱۴	قابل قبول	-۷/۸۳	مناسب	۸۴۰/۸۴	۸۴۰/۸۴	۰/۰۰	۶
کاملاً سخت	۱/۵۳	۲۹/۲۶	خوب	-۳/۴۲	مناسب	۳۴۳/۶۲	۳۴۳/۶۲	۰/۰۰	۷
کاملاً سخت	۳/۹۵	۳۵/۷۲	خوب	-۲۰/۴۱	مناسب	۱۲۶۰/۲۴	۴۹۳/۰۸	۷۶۷/۱۵	۸
کاملاً سخت	۵/۸۴	۴۷/۲۶	قابل قبول	-۱۶/۴۷	مناسب	۱۰۷۲/۷۳	۵۰۹/۶۸	۵۶۳/۰۴	۹
کاملاً سخت	۰/۶۲	۲۱/۹۵	خوب	-۰/۷۸	مناسب	۱۲۴/۵۴	۱۲۴/۵۴	۰/۰۰	۱۰
کاملاً سخت	۰/۷۶	۱۳/۵۷	عالی	-۳/۱۴	مناسب	۶۲۱/۵۵	۶۲۱/۵۵	۰/۰۰	۱۱
کاملاً سخت	۱/۸۴	۳۰/۷۵	خوب	-۱/۷۱	مناسب	۴۳۲/۶	۴۳۲/۶	۰/۰۰	۱۲
سخت	۱/۰۳	۲۳/۶۶	خوب	-۳/۷۹	مناسب	۲۸۲/۴۱	۱۸۷/۶۴	۹۴/۷۶	۱۳

شاخص فلزی MI و آلودگی فلزات سنگین (HPI)

شاخص MI به ۷/۹۱ می‌رسد که علت آن مقدار بالای آرسنیک است (جدول ۴). شاخص آلودگی فلزات سنگین نیز در نمونه‌های برداشت شده از ناحیه مورد مطالعه کمتر از ۱۰۰ و بین ۴۴ تا ۴۷ متغیر و برای شرب مناسب است (جدول ۴).

شاخص فلزی اثرات آلودگی عناصر سنگین را بر کیفیت آب آشامیدنی و سلامت انسان نشان می‌دهد. بر طبق شاخص فلزی MI در نمونه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸ و ۹ مقادیر بیشتر از ۱ و غیر قابل شرب خواهد بود که این میزان در نمونه ۶ برای

جدول ۴- مقادیر شاخص فلزی و شاخص آلودگی فلزات سنگین در ناحیه قیدار

Table 4. Metal index values and heavy metal pollution index in Qeydar area

HPI	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	MI	No.	Sample
۴۵/۳۸	۱۱/۱۲	۰/۰۸۰	۲/۰۱	۴/۰۸	۲/۱۶	۱/۰۸	۶/۲۱	۱/۲۹	۱	QZ-W
۴۴/۸۱	۱۶/۴۷	۰/۱۰۰	۴/۲	۳/۱۳	۴/۴۲	۱/۷۹	۷/۲۹	۱/۹۶	۲	QZ-S
۴۵/۵۶	۱۸/۱۹	۰/۱۱۰	۱۰/۶	۴/۷۹	۸۵/۶۰	۱/۲۲	۳/۷۰	۲/۳۶	۳	QZ-W
۴۶/۲۳	۱۴/۳۶	۰/۰۳۸	۹/۴۱	۸/۴۷	۶۱/۰۶	۱/۳۰	۴/۵۶	۱/۸۹	۴	QZ-S
۴۶/۳۸	۸/۱۶	۰/۰۳۸	۱/۹۵	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۵۸	۱/۸۵	۰/۹۲	۵	QZ-S
۴۷/۰۳	۷۴/۳۱	۰/۱۲۰	۱۱/۰۳	۲/۸۴	۱/۳۵۸	۲/۰۸	۷/۴۴	۷/۹۱	۶	QZ-S
۴۶/۴۳	۲/۳۲	۰/۰۳۸	۹/۴۹	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۸۵	۱/۸۵	۰/۵۲	۷	QZ-S
۴۶/۱۰	۶/۹۰	۰/۰۳۸	۱۳/۹۲	۲/۴۰	۲/۱۳	۱/۰۲	۴/۱۵	۱/۰۹	۸	QZ-S
۴۴/۸۴	۱۲/۷۵	۰/۰۹۰	۱۰/۴۴	۳/۷۸	۱/۱۷	۱/۷۰	۵/۱۰	۱/۶۹	۹	QZ-W
۴۶/۳۰	۲/۴۵	۰/۰۳۸	۱/۴۴	۰/۲۹	۰/۷۹	۱/۰۲	۱/۱۳	۰/۳۹	۱۰	QZ-S
۴۶/۸۱	۲/۵۴۰	۰/۰۳۸	۴/۳۸	۳/۲۹	۱۲/۳۰	۰/۴۰	۵/۴۰	۰/۴۲	۱۱	QZ-W
۴۶/۹۶	۰/۶۲۱	۰/۰۳۸	۳/۴۹	۰/۹۹	۱/۹۹	۰/۲۴	۱/۵۳	۰/۱۷	۱۲	QZ-S
۴۶/۹۴	۰/۱۰	۰/۰۳۸	۴/۰۴	۰/۳۴	۰/۷۶	۰/۲۵	۱/۶۹	۰/۲۰	۱۳	QZ-S

پارامترهای آماری و تحلیل عاملی

شامل Na, Cl, EC, Ca, Fe, K, Cu, Alkalinity, Mn که دارای همبستگی بالایی می‌باشند؛ گروه دوم شامل F و NO₃، گروه سوم شامل Mg, SO₄, Ni, Se, Cr, Co، که Mg, SO₄ و Ni, Se دارای بالاترین همبستگی هستند، گروه چهارم شامل Cd, Pb, As, Zn, Hg و گروه پنجم شامل pH و Eh می‌باشند (شکل ۵).

پس از تعیین شاخص‌های آماری در منطقه مورد مطالعه (جدول ۵) و انجام مطالعات آماری نتایج مشابهی بین آنالیز فاکتوری و آنالیز خوشه‌ای مشاهده شد پس از انجام تحلیل عاملی ۵ عامل معرفی گردید، که عامل اول شامل Cl, Fe, Na, K, EC, Alkalinity, Cu, Mn, Ca, pH، عامل دوم شامل SO₄, F, Mg, NO₃, Ni, Se, Cr، عامل سوم شامل Hg, As, Pb, Cd, Zn، عامل چهارم Eh و عامل پنجم Co است (جدول ۶). علاوه بر این، بر اساس نتایج دندروگرام، پنج گروه اصلی با یک همبستگی خوب دیده شد، که گروه اول

جدول ۵- پارامترهای آماری عناصر در نمونه های آب زیرزمینی ناحیه مورد مطالعه

Table 5. Statistical parameters of the elements in groundwater samples of the study area

Statistics									
N	Mean	Std.Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis	Minimum	Median	Maximum	
۵۲	۵/۱۹۳	۱/۱۶۸	۱/۳۶۵	-۰/۲۵۱	-۱/۳۰۳	۳/۳۹۰	۵/۱۷۰	۶/۶۵۰	DO
۵۲	۱۸/۷۶۹	۶/۸۹۷	۴۷/۵۶۶	۳/۴۸۳	۱۲/۳۶۷	۱۵/۴۰۰	۱۷/۰۰۰	۴۱/۵۰۰	T
۵۲	۷/۲۱۲	۰/۳۵۳	۰/۱۲۵	-۰/۲۰۸	-۱/۲۶۶	۶/۶۲۰	۷/۱۸۰	۷/۶۵۰	pH
۵۲	۲۶۶۹/۵۹۲	۳۱۸۱/۴۴۴	۱۰۱۲۱۵۸۶/۸۹۱	۲/۳۸۱	۶/۵۵۲	۳۰۱/۷۰۰	۱۱۵۳/۰	۱۲۰۲۰/۰	EC
۵۲	۲۴۷۵/۹۶۹	۲۹۸۵/۱۴۳	۸۹۱۱۰۷۹/۸۹۷	۲/۳۸۷	۶/۵۲۳	۲۸۳/۳۰۰	۱۰۰۸/۵	۱۱۲۴۰/۰	TDS
۵۲	۲۵۲۵/۷۷۷	۳۰۱۴/۳۸۳	۹۰۸۶۵۰۶/۱۰۵	۲/۳۰۳	۶/۱۳۸	۲۶۸/۹۰۰	۱۰۲۵/۰	۱۱۲۹۰/۰	Salinity
۵۲	۲۶۹/۱۷۷	۸۶/۵۱۶	۷۴۸۵/۰۰۷	-۰/۸۰۸	-۰/۲۲۷	۹۸/۳۰۰	۲۷۶/۲	۳۶۸/۵۰۰	Eh
۵۲	۱۳/۱۵۵	۱۹/۳۶۵	۳۷۵/۰۰۷	۲/۹۹۶	۹/۸۷۳	۰/۶۲۱	۸/۱۵۷	۷۴/۳۰۷	As
۵۲	۲۴۳/۵۲۳	۲۰۷/۴۱۸	۴۳۰۲۲/۲۰۷	۱/۲۹۴	۱/۴۲۱	۳۵/۹۰۹	۱۹۲/۶۵۸	۷۳۸/۶۶۶	Ca
۵۲	۰/۰۶۲	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۷۹۶	-۱/۲۵۳	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۱۲۰	Cd
۵۲	۰/۰۷۳	۰/۰۹۰	۰/۰۰۸	۲/۶۰۱	۷/۴۴۳	۰/۰۰۸	۰/۰۴۰	۰/۳۴۳	Fe
۵۲	۰/۲۶۴	۰/۱۴۴	۰/۰۲۱	۰/۰۸۹	-۱/۰۴۶	۰/۰۷۵	۰/۲۴۵	۰/۵۱۴	Hg
۵۲	۱۴/۳۳۵	۳۰/۹۷۸	۹۵۹/۶۰۹	۳/۱۹۴	۱۰/۶۷۵	۰/۳۰۷	۲/۱۷۵	۱۱۳/۶۲۷	K
۵۲	۵۵/۱۴۱	۳۹/۰۴۷	۱۵۲۴/۷۰۵	۰/۴۳۳	-۱/۴۹۵	۰/۳۸۹	۳۹/۴۷۰	۱۱۶/۸۷۰	Mg
۵۲	۴۲۷/۸۶۸	۷۴۴/۴۹۶	۵۵۴۲۷۶/۹۰۳	۲/۹۹۵	۹/۶۹۳	۱/۰۰۹	۱۳۲/۱۱۳	۲۷۷۱/۸۱۷	Na
۵۲	۱/۰۳۶	۰/۵۸۷	۰/۳۴۴	۰/۲۵۴	-۰/۷۷۹	۰/۲۴۳	۱/۰۱۸	۲/۰۷۹	Pb
۵۲	۱/۱۴۵	۰/۷۹۴	۰/۶۳۰	۰/۳۷۹	-۱/۰۵۶	۰/۱۱۰	۱/۱۷۰	۲/۴۲۰	F
۵۲	۴۸۵/۳۴۶	۸۱۱/۷۱۸	۶۵۸۸۸۶/۹۱۴	۲/۷۰۵	۷/۹۸۵	۵/۵۰۰	۹۱/۵۰۰	۷۹۵۳/۰	Cl
۵۲	۲۸/۱۵۰	۱۶/۳۷۴	۲۶۸/۱۲۳	۰/۳۲۱	-۱/۲۱۵	۶/۳۶۰	۲۷/۶۱۰	۵۷/۱۲۰	Nitrate
۵۲	۳۹۳/۲۳۱	۳۶۹/۶۶۴	۱۳۶۶۵۱/۵۲۶	۰/۷۳۷	-۱/۱۷۴	۹/۰۰۰	۲۶۳/۰۰۰	۱۰۰۳۸	Sulfate
۵۲	۳۹۹/۱۲۷	۲۸۵/۲۰۸	۸۱۳۴۳/۴۶۶	۱/۲۷۲	۱/۸۹۰	۹۰/۹۰۸	۳۱۰/۹۷۲	۱۱۰۱/۰۱۷	Alkalinity

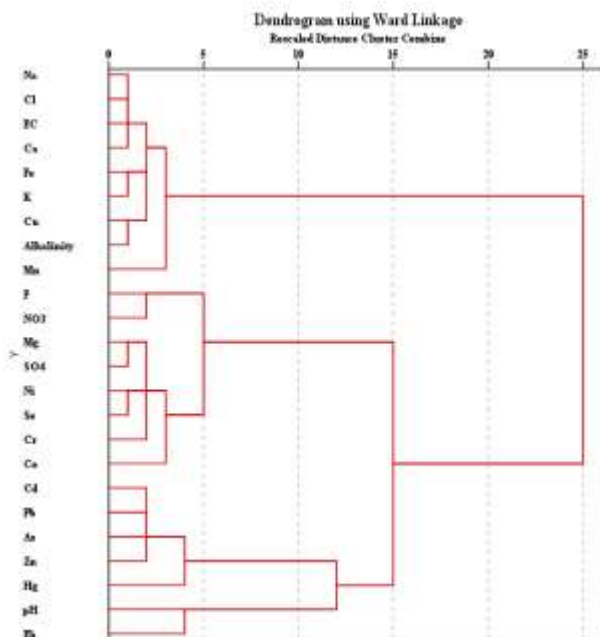
دیگرآمار چند متغیره در بردارنده مشاهده و آنالیز همزمان بیش

مکانیسم های کنترل کننده شیمی آب

از یک متغیر خروجی می باشد. (۸).

رابطه بین کاتیون ها و آنیون های اصلی، جهت استنتاج منابع

احتمالی این یون ها در آب زیرزمینی استفاده می شود. از طرف



شکل ۵- آنالیزهای خوشه ای

Figure 6. Cluster analysis

جدول ۶- نتایج آنالیزهای فاکتوری

Table 6. Results of factor analysis

	Rotated Component Matrix				
	Component				
	1	2	3	4	5
Cl	.937	.250	.114	-.168	.002
Fe	.933	-.063	-.170	-.147	.226
Na	.928	.240	.074	-.214	.032
K	.907	.087	-.045	-.166	.048
EC	.906	.353	.135	-.143	.042
Alkalinity	.898	.103	.120	.051	.324
Cu	.863	.311	.117	.156	.254
Mn	.829	.090	.039	.146	-.171
Ca	.792	.454	.248	-.038	.071
pH	-.727	.103	-.414	-.002	-.142
SO4	.281	.892	.210	-.030	.036
F	.013	.876	-.201	.182	-.036
Mg	.486	.801	.247	-.003	.130
NO3	-.061	.801	.118	.364	-.086
Ni	.165	.796	.291	-.086	.478
Se	.356	.767	.128	-.168	.261
Cr	.178	.670	.270	-.156	.316
Hg	.002	.190	.850	-.178	-.331
As	.080	-.053	.835	.123	.364
Pb	.196	.368	.830	.145	.127
Cd	.084	.200	.716	.643	.050
Zn	.197	.273	.535	.441	.479
Eh	-.320	-.011	.077	.882	-.049
Co	.256	.478	.088	-.074	.788

زوج‌های آنیون و کاتیونی کمتر از ۵۰٪ می‌باشند. بیشتر نمونه‌ها کاملاً سخت بوده و در رده نامناسب برای کشاورزی قرار می‌گیرند. این آبها صرفاً برای خاک‌های دارای بافت سبک با قابلیت نفوذ زیاد و شرایط زهکشی مناسب قابل استفاده بوده و در صورتی که در دوره اولیه رشد گیاه، آب شیرین کافی از طریق بارندگی و یا سیلاب‌ها به منطقه برسد تا حدودی قابلیت استفاده دارند. همچنین مقادیر بیش از حدود مجاز WHO در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. بررسی شاخص فلزی و شاخص آلودگی فلزات سنگین نشانگر غیر قابل شرب بودن برخی از نمونه‌ها بود که در تمامی موارد ذکر شده می‌توان تاثیر هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و شوری بالا را مشاهده کرد.

در بیشتر نمونه‌ها کل مواد جامد محلول بیشتر از ۵۰۰ ppm بوده است. بر طبق نسبت یونی (جدول ۷) می‌توان گفت نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه از هوازدگی و بر همکنش آب-سنگ های کربناته منشأ گرفته‌اند. تاثیرشوری بالا و Ion Exchange نیز قابل مشاهده است (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

بر طبق مطالعات انجام شده در ارتباط با کیفیت آب، نمونه‌ها دارای تیپ شیمیایی بی‌کربناته کلسیک، بی‌کربناته منیزیک، سولفات کلسیک، سولفات سدیک و کلروره سدیک بوده و میزان عناصر قلیائی خاکی در آنها بیشتر از قلیائی‌ها، اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف، سختی غیر کربناتی بیش از ۵۰٪ و

جدول ۷- نتایج حاصل از نسبت های یونی در ناحیه مورد مطالعه

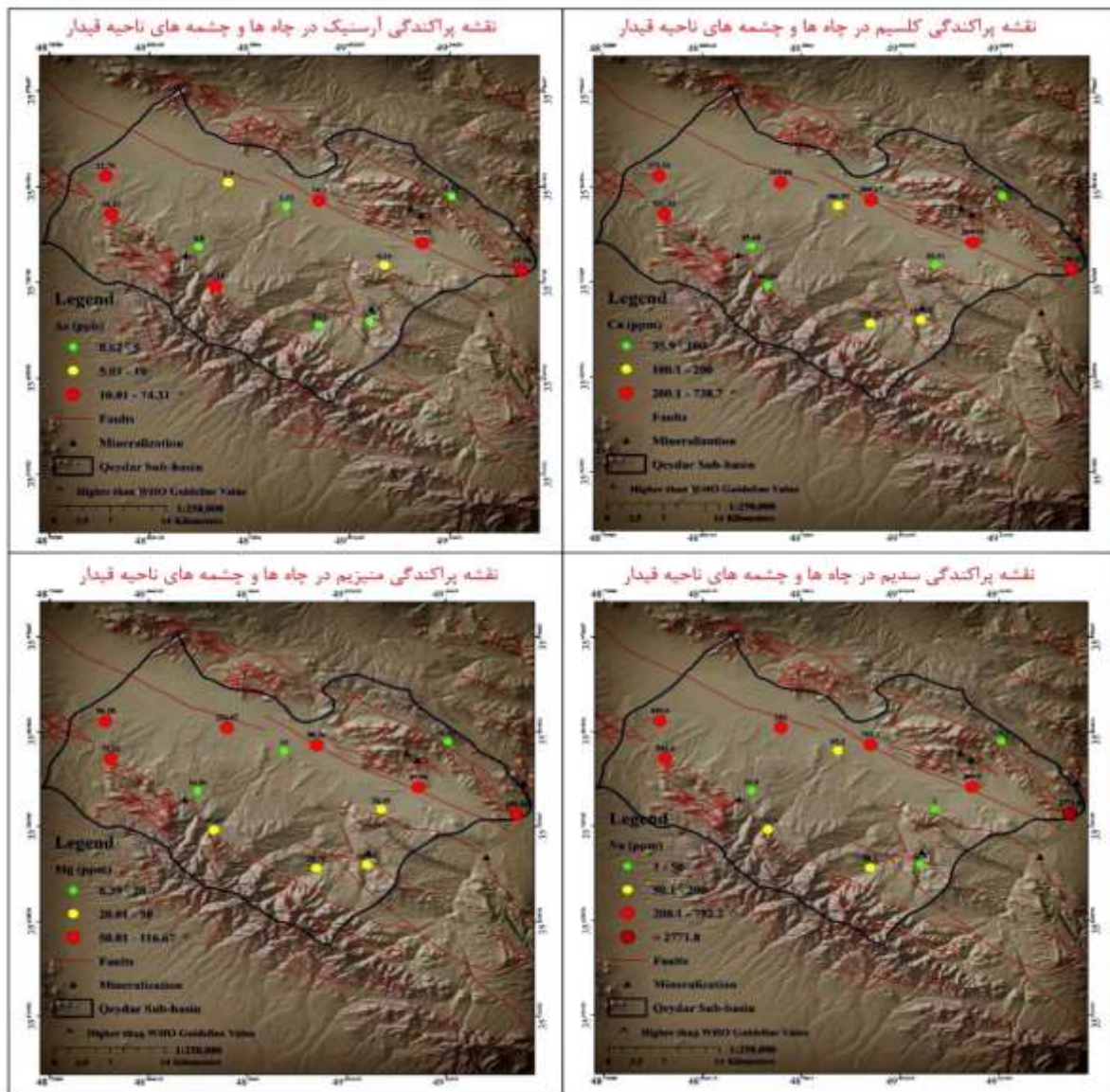
Table 7. Results of ionic ratios in the study area

No.	TDS	Ionic Ratio	Na+K-Cl/Na+K-Cl+Ca	Ionic Ratio
۱	۱۰۰۸/۵	Carbonate weathering or brine or seawater	۰/۵۰۷	Plafioclast weathering possible
۲	۳۳۵۵/۰		۰/۱۶۷	
۳	۴۹۰۴		۰/۱۴۴	
۴	۱۱۲۴۰/۰		۰/۵۲۲	
۵	۲۹۷/۲	Silicate weathering	-۰/۰۶۱	
۶	۲۲۲۱/۰	Carbonate weathering or brine or seawater	۰/۱۶۲	
۷	۶۲۷/۸		۰/۱۵۸	
۸	۲۶۸۳/۰		۰/۲۴۶	
۹	۳۰۰۱		۰/۲۴۵	
۱۰	۲۸۳/۳	Silicate weathering	۰/۱۲۳	
۱۱	۹۴۸/۶	Carbonate weathering or brine or seawater	۰/۱۰۵	
۱۲	۹۸۱/۴		۰/۱۶۱	
۱۳	۶۳۶/۸		-۰/۰۰۶	
No.	Na/Na+Cl	Ionic Ratio	Cl/Sum Anion	Ionic Ratio
۱	۰/۷۵۱	Sodinn source other than halite-albite, ion exchange	۰/۱۴۰	Rock weathering
۲	۰/۵۵۸		۰/۴۱۶	
۳	۰/۵۲۲		۰/۵۹۶	
۴	۰/۵۹۱		۰/۷۰۵	
۵	۰/۲۲۱	Analy is error	۰/۰۸۰	
۶	۰/۵۴۶	Sodinn source other than halite-	۰/۴۲۳	

۷	۰/۶۰۵	albite, ion exchange	۰/۲۰۸	
۸	۰/۶۱۱		۰/۲۴۵	
۹	۰/۵۶۳		۰/۳۸۹	
۱۰	۰/۶۱۹		۰/۱۴۰	
۱۱	۰/۶۹۷		۰/۰۶۷	
۱۲	۰/۵۹۸		۰/۲۱۲	
۱۳	۰/۴۹۴	Reverse softening , seawater	۰/۲۵۰	
NO.	Ca/Ca+SO4	Ionic Ratio	HCO3/Sum Anion	Ionic Ratio
۱	۰/۴۱۶	Calcium removal-ion exchange or calcite precipitation	۰/۳۴۵	Seawter or brine
۲	۰/۵۷۷	Calcinm source other than gypsum – carbonates or silicates	۰/۱۴۶	Gypsum dissolution
۳	۰/۶۹۰		۰/۲۲۲	Seawter or brine
۴	۰/۶۹۱		۰/۱۵۳	Gypsum dissolution
۵	۰/۹۰۵		۰/۷۶۸	Seawter or brine
۶	۰/۶۹۰		۰/۳۴۹	
۷	۰/۶۱۹		۰/۳۹۰	
۸	۰/۴۲۱		Calcium removal-ion exchange or calcite precipitation	۰/۱۳۵
۹	۰/۴۳۸	۰/۱۳۳		
۱۰	۰/۷۴۲	Calcinm source other than gypsum–carbonates or silicates	۰/۵۶۴	Seawter or brine
۱۱	۰/۸۲۵		۰/۷۵۲	
۱۲	۰/۷۴۴		۰/۵۷۴	
۱۳	۰/۶۰۳		۰/۲۶۳	

است. عامل دوم شامل $SO_4, F, Mg, NO_3, Ni, Se, Cr$ تاثیر شرایط کشاورزی موجود در محدوده را نشان داده و بیانگر حضور آمونیاک و مقادیر قابل توجهی نمک‌های قلیائی در محدوده است. وعامل سوم و چهارم شامل Hg, As, Pb, Cd, Zn و غیره تحت تاثیر مقادیر بالای فلزات سنگین و زمین شناسی محدوده قرار گرفته و نشان دهنده حضور کانی‌ها و سنگ‌های سولفیدی و حاوی فلزات سنگین است که باعث کاهش شدید شاخص کیفیت آب می‌شوند.

همچنین قرارگیری موقعیت نمونه‌ها بر امتداد گسلها و تاثیرات ناشی از آن بر نتایج قابل مشاهده می‌باشد. مطالعات آماری انجام شده در محدوده قیدار نشان دهنده نتایج مشابهی بین آنالیز فاکتوری و آنالیز خوشه‌ای است. در تحلیل عاملی ۵ مورد مشخص گردید که عامل اول شامل $Cl, Fe, Na, K, EC, Alkalinity, Cu, Mn, Ca, pH$ تحت تاثیر شوری بالا در نمونه‌هاست، این عامل نشان می‌دهد که آب از منبع تغذیه دور شده و میزان مسافت زیادی را طی کرده



شکل ۶-نقشه عناصر و یونها در ناحیه قیدار(مختصات همانند شکل یک است).

Figure 7. Elements map and ions in Qeydar area (coordinates are the same as in Figure 1).

همچنین چشمه شماره ۴ یک چشمه آبگرم است که تاثیر آن بر نتایج این نمونه قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می شود تیپ آب این نمونه کلروره سدیک و برای کشاورزی نامناسب، در بیشتر فلزات، یونها و پارامترها بالاتر از حد مجاز WHO بوده و بر طبق شاخص فلزی غیر قابل شرب می باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می باشد. برخورد لازم میدانیم از زحمات همکاران محترم معاونت

تاثیر همبستگی بالای این فلزات در کنار هم در نتایج حاصله از شاخص فلزی قابل مشاهده است. شاخص فلزی MI نشان می دهد که اکثر آبهای موجود به دلیل حضور عناصری همانند آرسنیک غیر قابل شرب می باشند. علاوه بر این نتایج بدست آمده از دندروگرام و مشابهت آن با تحلیل عاملی شاهدهی بر این مدعا ست. نتایج حاصل از نسبت های یونی نمونه های آب زیرزمینی در منطقه عموماً از هوازدگی و بر همکنش آب-سنگ های کربناته، شوری بالا و Ion Exchange منشأ گرفته اند.

visualized monitoring of urban drinking water quality, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol.155, PP.26–35.

7. Smita, A., Chary, M., Panigrahi, S., Satpathy, K.K., Prabhu, R.K., Panigrahy, R.C., 2016. Health risk assessment and seasonal distribution of dissolved trace metals in surface waters of Kalpakkam, southwest coast of Bay of Bengal: *Regional Studies in Marine Science*, Vol.6, PP.96–108.
8. Krishna, A.K., Satyanarayanan, M., Govil, P.K., 2009. Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area, a case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh India, *J. Hazard. Mater.*, Vol.167, PP.366–373.
9. Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry: *Science*, Vol.170, PP.1088–1090.
10. Yang, Q., Wang, L., Ma, H., Yu, K., Martín, J.D., 2016. Hydrochemical characterization and pollution sources identification of groundwater in Salawusu aquifer system of Ordos Basin, China, *Environmental Pollution*, Vol.216, PP.340-349.
11. Mahrooyan, F., Taghavi, L., Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., 2021, Water Quality Assessment of Qazvin River Using Nsfwqi Index for Water Quality Classification, *Journal of wetland ecobiology*, 12(1): 99-112 (Persian).
12. Pourkhbbaz, H.R., Aghdar, H., Mohamadyari, F., 2017, Zoning groundwater quality for agriculture by classification WILCOX index (Case study: Qazvin plain), *Geographic space*, 17(58): 111-129 (Persian).

پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد تشکر و سپاسگزاری نمائیم. همچنین از پیشنهادهای ارزنده سردبیر و داوران محترم نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست که موجب بهبود ساختار علمی مقاله گردید قدردانی می‌نمائیم.

References

1. Koundouri, P., Groom, B., 2010. Groundwater Management: An Overview of Hydrogeology, Economic Values and Principles of Management, *Groundwater*, Vol. 3, Encyclopedia of Life Support Systems.
2. Shrestha, S., Viet Bachb, T., Prasad Pandeya, V., 2016. Climate change impacts on groundwater resources in Mekong Delta under representative concentration pathways (RCPs) scenarios, *Environmental Science & Policy*, Vol.61, PP.1–13.
3. Chidambaram, S., Karmegam, U., Prasanna, M.V., Sasidhar, P., Vasanthavigar, M., 2011. A study on hydrochemical elucidation of coastal groundwater in and around kalpakkam region, southern india, *Environmental Earth Science*, Vol.64, N.5, PP.1419-1431.
4. Zaidi, F., Mogren, S., Mukhopadhyay, M., Ibrahim, E., 2016. Evaluation of groundwater chemistry and its impact on drinking and irrigation water quality in the eastern part of the Central Arabian graben and trough system, Saudi Arabia, *Journal of African Earth Sciences*, Vol.120, PP.208–219.
5. WHO. 2011. Guidelines for Drinking-water Quality, fourth edition, World Health Organization, Switzerland, PP. 469-475.
6. Yan, W., Li, J., Bai, X., 2016. Comprehensive assessment and

- Interpretation of Water-Analyses. Transactions, American Geophysical Union, Vol.25, PP.914-928.
18. Halim, M.A., Majumder, R.K., Nessa, S.A., Hiroshiro, Y., Uddin, M.J., Shimada, J., Jinno, K., 2009. Hydrogeochemistry and arsenic contamination of groundwater in the Ganges Delta Plain, Bangladesh, Journal of Hazardous Materials, Vol.164, PP.1335-1345.
19. Wilcox, L.V., 1955, Classification and Use of Irrigation Water, US Department of Agriculture, Circular 969, Washington DC.
20. FAO. 1994. Water Quality for Agriculture: Food and Agriculture Organization of United Nations.
13. Bolourchi, M.H. 1977. Geological Map of Avaj Area, Geological survey and mineral exploration of Iran, No. 5861 sheet. 17 p.
14. Majidifard, M.R., 2006. Report of Marzban Geological 1/100000 Map, Geological survey and mineral exploration of Iran, No. 5761 sheet. 15p. (Persian).
15. JaniSarnavi, T., 2022. Environmental Geology and Hydrogeochemistry in Qeydar Area (NE of Qazvin Province), M.Sc. Thesis, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran, 149p.
16. Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater: Prentice-Hall, 604 p.
17. Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical