

بررسی کیفیت آب های زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت

فائزه داودی^{۱*}، حسین محمدزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات آبهای زیرزمینی (متآب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

صندوق پستی: ۹۱۷۲۵-۱۴۳۶

Faezehdavodi@yahoo.com

چکیده

بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی اهمیت ویژه ای برای تعیین کیفیت آب جهت مصارف گوناگون (شرب، کشاورزی و صنعت) دارد. در این تحقیق، جهت بررسی خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت بجنورد به منظور مصارف شرب، کشاورزی و صنعت از آنالیز شیمیایی ۱۴ نمونه آب زیرزمینی برداشت شده در شهریور ماه ۱۳۹۱ استفاده شده است. بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف فوق براساس دیاگرام شولر، دیاگرام ویلکوکس و ضریب اشباعیت لانتولیه با استفاده از نرم افزار Chemistry صورت پذیرفت. همچنین نقشه تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت (GQI) نیز با استفاده از نرم افزار ArcGIS 9.3 تهیه شد. نتایج نشان می دهد که کیفیت آب زیرزمینی دشت از نظر شرب براساس دیاگرام شولر و شاخص GQI از متوسط تا قابل قبول متغیر است. از لحاظ کشاورزی اکثر نمونه ها در رده C3-S1 قرار گرفته و قابل استفاده هستند. همچنین از لحاظ صنعتی اکثر نمونه ها رسوب گذار می باشند.

کلمات کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، دشت بجنورد، دیاگرام، شاخص GQI

۱- مقدمه

امروزه استفاده از آب های زیرزمینی برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی، صنعت در نقاط مختلف دنیا به ویژه در ایران به دلیل کمبود منابع آب سطحی، توسعه زیادی یافته است (صداقت م، ۱۳۸۷). در مطالعات منابع آب زیرزمینی، تعیین میزان عناصر و املاح موجود در آب از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا این مقادیر در تعیین نوع و تیپ آب و همچنین از نظر کاربردی در طراحی سیستم های آبی در پروژه های تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت بسیار حائز اهمیت است. عوامل طبیعی مختلفی بر روی کیفیت آب زیرزمینی تاثیر گذارند (محمدزاده ح، ۱۳۷۹). آب های سطحی و زیرزمینی هنگام عبور از سازندهای زمین شناسی بر اثر واکنش های شیمیایی مقادیر مختلفی از عناصر شیمیایی را در خود حل می کنند که کمیت و کیفیت این مقادیر تابع شرایط زیست محیطی و زمین شناسی منطقه می باشد (دانشور ن، ۱۳۷۱). مطالعات زیادی در زمینه آلودگی و کیفیت آب های زیرزمینی جهت مصارف گوناگون در مناطق مختلفی از جهان صورت گرفته، از آن جمله می توان به Subramani و همکاران (۲۰۰۵)، Babiker و همکاران (۲۰۰۷)، Chatterjee و همکاران (۲۰۰۹)، Khan و همکاران (۲۰۱۰)، Joseph و همکاران (۲۰۱۰)، Ramesh و Elango (۲۰۱۱)، Abdalla و Scheytt (۲۰۱۲) و غیره اشاره کرد. در ایران نیز آقازاده و همکاران (۱۳۸۷) هیدروژئوشیمی آب های زیرزمینی منطقه سلماس واقع در استان آذربایجان غربی را ارزیابی و کیفیت آنها را برای مصارف مختلف تعیین نمودند. پاپن و معزی (۱۳۸۷) کیفیت آب های زیرزمینی دشت گل گیر مسجد سلیمان (استان خوزستان) جهت شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نرم افزار Rochwork99 مورد بررسی قرار دادند. احمد نژاد و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده

از نرم افزار GIS به بررسی و ارزیابی کیفیت آب های زیرزمینی دشت زیرزاه واقع در استان بوشهر پرداختند. رجائی و همکاران (۱۳۹۰) کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن (خراسان جنوبی) را با استفاد از روش آماری توصیفی و دیاگرام شولر مورد ارزیابی قرار دادند. همچنین محمدی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب های زیرزمینی دشت قزوین را بررسی کردند.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

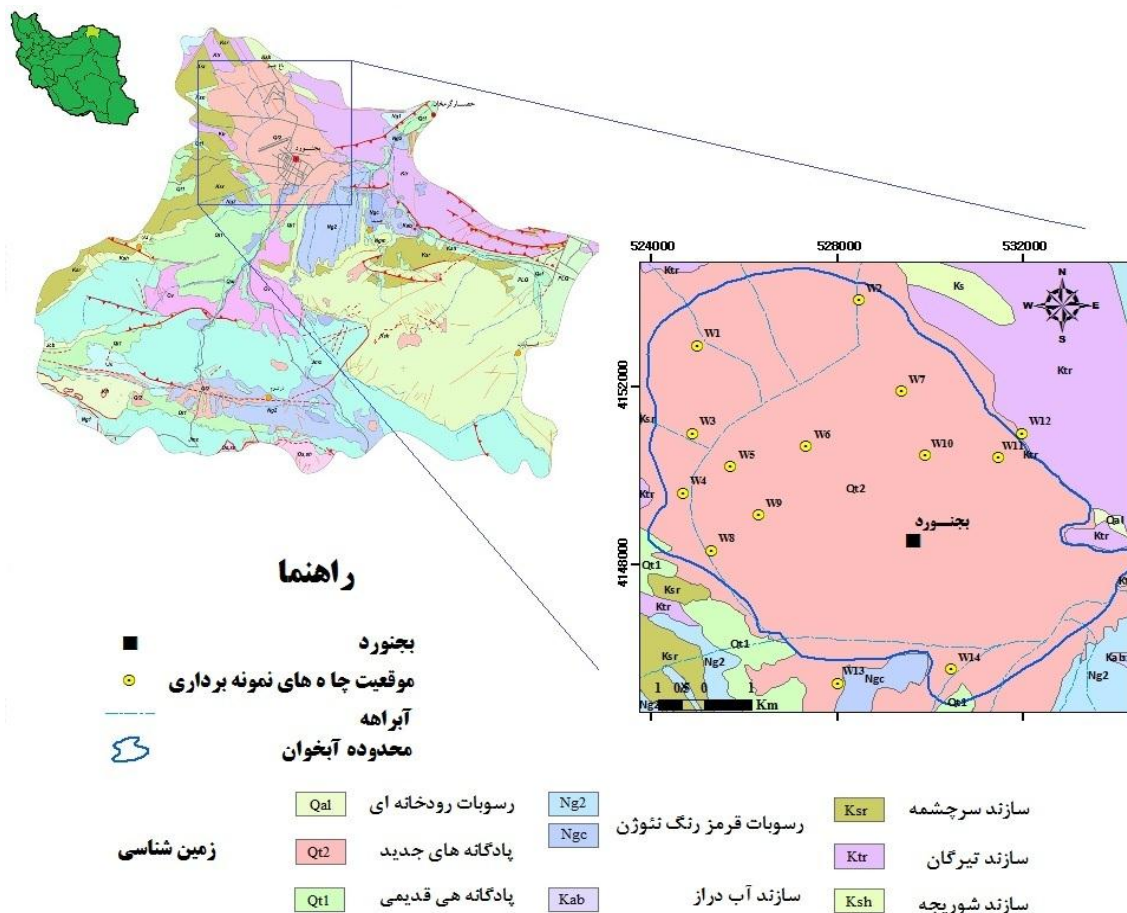
منطقه مورد مطالعه، دشت بجنورد، در شمال شرق ایران و در استان خراسان شمالی واقع شده است. این منطقه در قسمت غربی حوضه آبریز اترک بین مختصات جغرافیایی $2^{\circ}57'$ تا $40^{\circ}57'$ طول شرقی و $13^{\circ}37'$ تا $35^{\circ}37'$ عرض شمالی قرار گرفته است. کل وسعت محدوده مطالعاتی بجنورد ۱۲۸۰ کیلومتر مربع می باشد، که از این میزان حدود ۱۰۶ کیلومتر مربع آن را دشت و الباقی را ارتفاعات تشکیل می دهد. ارتفاع متوسط دشت بجنورد از سطح دریا ۱۰۵۰ متر می باشد. این منطقه به لحاظ ساختار زمین شناسی در محدوده گسترش واحدهای کپه داغ و بینالود قرار دارد و واحدهای سنگی از دوران اول زمین شناسی تا نهشته های عهد حاضر در منطقه رخنمون دارند. به طور کلی تغییرات ضخامت آبرفت در سطح دشت بجنورد یکنواخت نبوده و سطح وسیعی از این دشت دارای ضخامت ۴۰ متر می باشد. سنگ کف منطقه را تشکیلات کنگلومرایی و مارنی نئوژن تشکیل می دهد. جهت جریان آب زیرزمینی در دشت از جنوب به سمت شمال و شمال شرق بوده و شیب هیدرولیکی به سمت شرق افزایش می یابد. عمق سطح آب زیرزمینی از بخش جنوبی و مرکزی دشت به سمت شمال و شمال غرب افزایش می یابد (شکل ۱).

رسوبات آبرفتی دشت بجنورد یا منشا رودخانه ای دارد که از طریق رودخانه یا مسیل های اطراف مانند فیروزه، بازخانه و حمزانلو آورده شده اند یا نتیجه تخریب لایه های آهکی، آهک مارنی و مارن حاشیه دشت می باشند. به همین لحاظ لایه بندی آبرفت آن متناوب و با دانه بندی ریز یا درشت ماسه، شن و میزان رس زیاد و در قسمتهای مختلف دشت متفاوت می باشد. در نواحی شمال و شمال غربی به علت وجود لایه های آهک مارنی و مارن تخریبی که در مخروط افکنه ها به جای مانده دانه بندی آبرفت بسیار ریز و درصد رس آن زیاد است، در این ناحیه نفوذ پذیری و ذخیره آبی آبرفت کم می باشد. در ناحیه غربی و جنوب غربی رسوبات آبرفتی علاوه بر ریز بودن همراه با مارن گچ دار است و از کمیت و کیفیت مناسبی برخوردار نیست. در نواحی جنوب و جنوب شرقی رسوبات آبرفتی رودخانه ای و از ارتفاعات آهکی شکل گرفته است، دانه بندی رسوبات درشت تر و از کمیت آبی نسبتاً خوبی نیز برخوردار است. آبرفت در قسمتهای میانی دشت دانه ریز دارای ذخیره آبی کم تا متوسط و تحت تاثیر جبهه های تغذیه از سمت جنوب غربی همراه با املاح زیاد و گچ دار است (مهندسین مشاور مهار آب عمران گستر، ۱۳۸۶).

۳- مواد و روش ها

در این تحقیق، بررسی و ارزیابی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد جهت مصارف گوناگون (شرب، کشاورزی و صنعت) با استفاده از نرم افزار Chemistry و ArcGIS 9.3 بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی ۱۴ نمونه آب زیرزمینی برداشت شده در شهریور ماه ۱۳۹۱ صورت گرفته است. داده های مورد استفاده در تحقیق حاضر از شرکت آب منطقه ای خراسان شمالی تهیه شده است. به منظور تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب، از دیاگرام شولر و شاخص GQI استفاده شده است. دیاگرام شولر با توجه به مقیاس لگاریتمی، از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نمایش تعداد زیادی نمونه در یک دیاگرام، نمایش غلظت یون ها بر حسب میلی گرم در لیتر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این دیاگرام، غلظت های یون های اصلی،

بر روی محور لگاریتمی با مقیاس یکسان مشخص می گردد. سپس نقاط مشخص شده به وسیله خطوط مستقیمی به یکدیگر وصل می گردند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، زمین شناسی و موقعیت نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

این نمودار نه فقط مقادیر مطلق هر یون را نشان می دهد بلکه تفاوت غلظت های نمونه های آب زیرزمینی مختلف را نیز ارائه می کند (Todd D.K. & Mays L., 2005). جدول ۱ رده بندی کیفیت آب آشامیدنی به روش شولر را نشان می دهد.

جدول ۱ - رده بندی کیفیت آب به روش شولر

TH	TDS	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	رده کیفیت آب شرب
mg/l					
<۲۵۰	<۵۰۰	<۱۴۵	<۱۷۵	<۱۱۵	خوب
۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۴۵-۲۸۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۱۵-۲۳۰	قابل قبول
۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۸۰-۵۸۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۳۰-۴۶۰	متوسط
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۴۶۰-۹۲۰	نامناسب
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۱۱۵۰-۲۲۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۹۲۰-۱۸۶۰	کاملاً نامطلوب
>۴۰۰۰	>۸۰۰۰	>۲۲۴۰	>۲۸۰۰	>۱۸۶۰	غیر قابل شرب

یکی از روش های متداول ارزیابی و بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی، تعیین شاخص کیفی آب زیرزمینی (Groundwater Quality Index) می باشد (Babiker I. et al., 2007). جهت محاسبه شاخص GQI، ابتدا در محیط ArcGIS 9.3 با استفاده از روش درونپای IDW نقشه رستری شش پارامتر شیمیایی TDS، SO_4^{2-} ، Cl^- ، Na^+ ، Mg^{2+} و Ca^{2+} که فراوانی زیادی در آب های زیرزمینی دارند و در سلامت انسان نیز تاثیر گذار هستند، تهیه می گردد. سپس جهت یکسان سازی مقیاس نقشه ها از استاندارد WHO (جدول ۲) و رابطه ۱ استفاده می شود. نتیجه این یکسان سازی مقیاس ها تولید نقشه های جدید با ارزش عددی بین ۱- و ۱۰ می باشد.

$$C = (X' - X) / (X' + X) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن X' : غلظت هر پیکسل نقشه رستری هر پارامتر و X مقدار استاندارد WHO آن پارامتر می باشد. حال غلظت ها در این نقشه ها بین ۱ و ۱۰ درجه بندی می شوند تا نقشه رتبه بندی شده هر پارامتر بدست آید. در این نقشه ها رتبه ۱ نشانگر کیفیت خوب آب زیرزمینی و رتبه ۱۰ بیانگر تخریب کیفیت آب زیرزمینی می باشد. بدین منظور از رابطه ۲ که یک تابع چند جمله ای می باشد، برای تبدیل واحد هر پیکسل نقشه قبلی (C) به مقدار جدید (r) استفاده می گردد.

$$r = 0.5 * C^2 + 4.5 * C + 5 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در نهایت به منظور ایجاد یک نقشه که نماینده تمام پارامترهای شیمیایی باشد با استفاده از رابطه ۳ نقشه های رتبه بندی تولید شده پارامترها، تلفیق می شوند.

$$GQI = 100 - ((r_1W_1 + r_2W_2 + \dots + r_nW_n) / N) \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن r : رتبه هر پیکسل از نقشه های رتبه بندی شده (۱-۱۰)، w وزن نسبی هر یک از پارامترها می باشد که برابر با مقدار میانگین کل پیکسل های نقشه رتبه بندی شده مربوطه، N تعداد پارامترهای می باشد (Babiker I. et al., 2007). نتایج محاسبه GQI به صورت درصد نمایش داده می شود که مقادیر کمتر از ۶۰ درصد نشانگر کیفیت بد آب زیرزمینی، بین ۶۰-۸۰ درصد نشان دهنده کیفیت متوسط و بیش از ۸۰ درصد نماینده کیفیت های مناسب آب زیرزمینی برای مصارف شرب می باشد.

مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی به تاثیر مواد معدنی موجود در آب بر روی گیاهان و خاک مربوط می گردد. جهت تعیین کیفیت آب زیرزمینی این دشت برای مصارف کشاورزی از دیاگرام ویلکوکس که یکی از قدیمیترین و کاربردیترین سیستم های طبقه بندی آب برای استفاده در آبیاری می باشد، استفاده گردید. در این دیاگرام محور افقی ارقام هدایت الکتریکی (EC) بر حسب میکروموس بر سانتی متر و محور قائم نسبت جذب سدیم (SAR) را نشان می دهد. نسبت جذب سدیم به معنی جذب سدیم محلول در آب در نتیجه تبادل کاتیونی آب در خاک به ازای افزایش یا کاهش کاتیون های کلسیم و منیزیم بوده (طایفه نسکیلی ن. و برشنده س.، ۱۳۸۹) که از رابطه ۴ بدست می آید:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در این رابطه غلظت ها بر حسب میلی اکی والان در لیتر می باشد. دیاگرام ویلکوکس آب کشاورزی را به ۱۶ رده تقسیم می کند که آب های زیرزمینی با کیفیت خیلی خوب جهت کشاورزی در رده $C1-S1$ ، آب های خوب در رده $C1-S2$ ، $C2-S1$ ، $C2-S2$ ، آب های متوسط در رده $C3S3$ ، $C1S3$ ، $C2S3$ ، $C3S1$ و $C3S2$ قرار می گیرند و بقیه رده ها نامناسبند (علیزاده ا.، ۱۳۸۹).

آب های زیرزمینی به دلیل اثراتی نظیر خوردگی و رسوبگذاری بر روی ابزار و فلزات گوناگون و لوله های جدار چاه، پمپ، خطوط انتقال و آبرسانی و مخازن آب یا استفاده در کارخانجات و صنایع بایستی از نظر مصارف صنعتی نیز مورد بررسی قرار گیرند. علی رغم تنوع زیادی که در کیفیت آب مورد نیاز صنایع وجود دارد، برای تمام صنایع سه پارامتر شوری، سختی و میزان سیلیس حائز اهمیت می باشد (Todd D.K. & Mays L., 2005). جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به منظور مصارف صنعتی، از ضریب اشباعیت لانتزلیه (Is) استفاده گردید (رابطه ۵):

$$Is = pH - pHS \quad \text{رابطه (۵)}$$

Ph مقدار اندازه گیری شده اسیدیته در صحرا (واقعی) و pHS، میزان اسیدیته در حالت اشباع است که تحت عنوان شاخص اشباع از رابطه ۶ محاسبه می شود:

$$pHS = C - (\log Alk + \log Ca) \quad \text{رابطه (۶)}$$

C پارامتری تابع درجه حرارت (C°) و TDS است؛ Alk قلیائیت بر حسب میلی گرم در لیتر CaO؛ Ca غلظت کاتیون کلسیم بر حسب میلی گرم در لیتر.

در این روش اگر Is منفی باشد، آب خاصیت خوردگی دارد. در Is برابر صفر متعادل و در Is مثبت آب تمایل به رسوب گذاری دارد.

۴- نتایج و بحث

خلاصه آماری داده های تهیه شده و نتایج حاصل از تحلیل و بررسی آن ها در جدول ۲ ارائه شده است. طبق نتایج حاصل از دیاگرام شولر، کیفیت آب زیرزمینی دشت از نظر مصارف شرب از قابل قبول تا متوسط متغیر بوده و در مواردی نیز تا حد نامناسب می باشد. بر اساس نتایج حاصل از دیاگرام شولر، نقشه پهنه بندی آبخوان بجنورد از نظر شرب تهیه گردیده است (شکل ۲-الف). این نقشه نشان می دهد که کیفیت آب زیرزمینی در نواحی جنوبی و غربی منطقه مورد مطالعه در محدوده قابل قبول قرار می گیرد. در شرق محدوده مورد مطالعه کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب نامناسب و در مابقی مناطق متوسط می باشد. علاوه بر دیاگرام شولر نقشه تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی (GQI) دشت، جهت بررسی کیفیت آب های زیرزمینی از نظر شرب ترسیم شده است (شکل ۲-ب). مطابق شکل میزان شاخص GQI بین ۷۲/۳ تا ۸۲/۶ درصد تغییر می کند. طبق این روش کیفیت آب زیرزمینی در رده متوسط تا قابل قبول قرار می گیرد. در جدول ۲ نتایج شاخص GQI با نتایج حاصل از دیاگرام شولر مقایسه شده است، که در اکثر نمونه تطابق بین این دو روش مشاهده می شود.

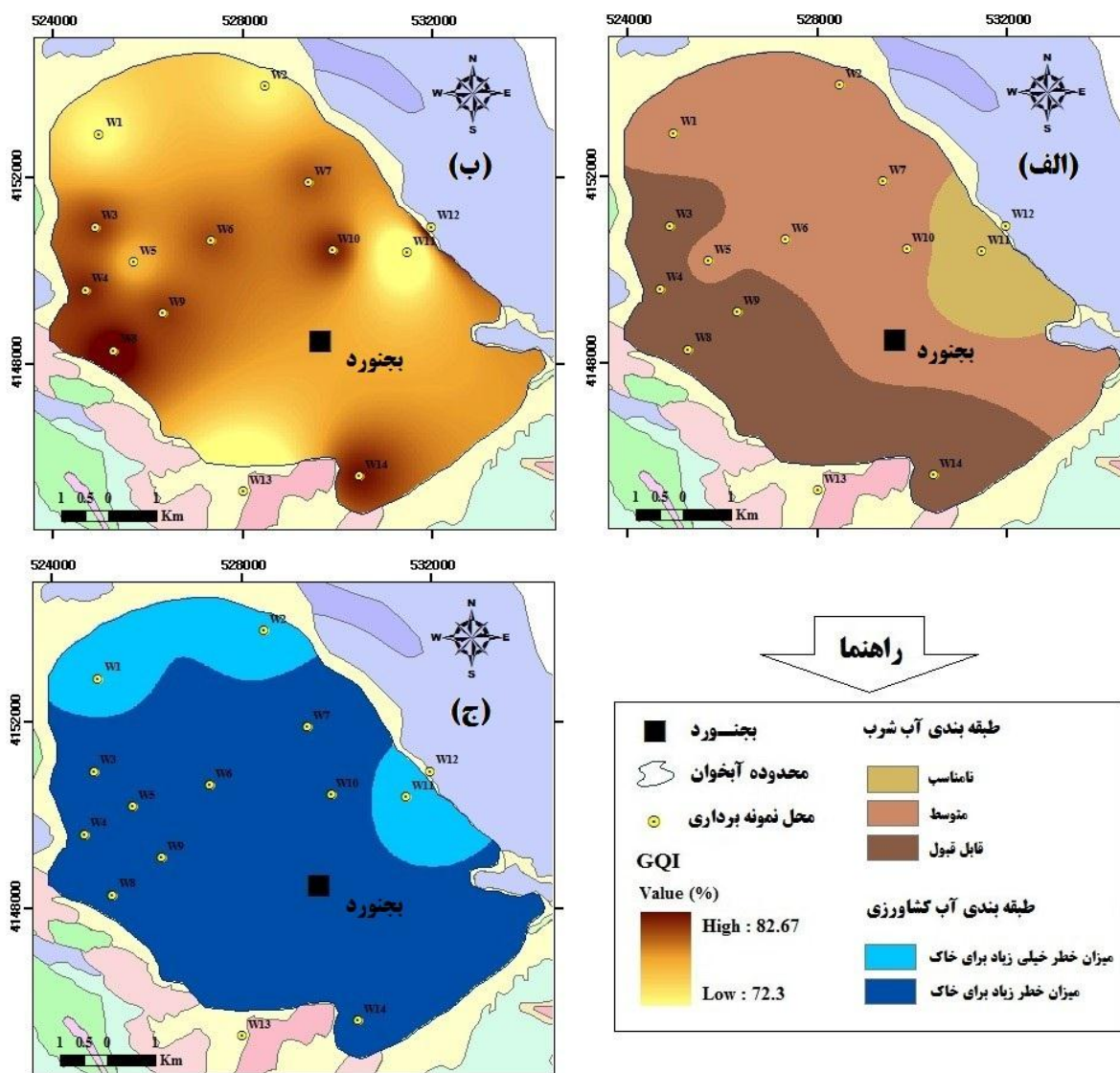
نتایج حاصل از دیاگرام ویلکوکس در جدول ۲ نشان می دهد که اکثر نمونه ها در رده C3-S1 قرار می گیرد که علی رغم شوری، برای کشاورزی قابل استفاده می باشد. بقیه نمونه ها در رده C4-S2 قرار می گیرد که خیلی شور بوده و برای کشاورزی مناسب نمی باشد. بر اساس نتایج حاصل نقشه پهنه بندی آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی ترسیم شده است (شکل ۲-ج). بررسی نقشه پهنه بندی تیپ آب جهت مصارف کشاورزی نشان می دهد که در محدوده جنوبی و مرکزی آبخوان خطر شوری خاک زیاد و در نواحی شمالی و شرقی خطر شوری خیلی زیاد می باشد.

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آب شهریور ماه ۱۳۹۱ (غلظت ها بر حسب mg/lit) و نتایج حاصل از تحلیل و بررسی نمونه ها جهت مصارف گوناگون در محدوده دشت بجنورد

علامت اختصاری	محل نمونه برداری	X	Y	EC (µmho/cm)	TDS	TH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	طبقه بندی کیفی آب جهت مصارف						
													شرب	کشاورزی	صنعت				
													شور	GQI (%)	SAR	کلاس آب ¹	pH	pHs	Is ²
W1	پورحسنی	۵۲۴۹۹۷	۴۱۵۲۹۲۸	۲۳۴۰	۱۱۶۰	۵۷۰/۰	۲۵۰/۲	۴۱۰/۵	۴۵۶/۸	۱۳۸/۳	۵۴/۷	۳۰۹/۲	متوسط	۷۵/۷	۵/۶	C4-S2	۷/۵	۶/۷	۰/۸
W2	شرکت طلوع	۵۲۸۴۷۵	۴۱۵۳۹۵۰	۲۲۸۰	۱۵۱۰	۵۸۰/۰	۲۹۵/۹	۴۷۸/۶	۳۲۳/۷	۱۳۶/۳	۵۸/۳	۳۳۳/۱	متوسط	۷۶/۰	۶/۰	C4-S2	۷/۵	۶/۷	۰/۸
W3	غلامحسین زاده	۵۲۴۹۰۰	۴۱۵۰۹۵۰	۱۴۳۳	۹۸۰	۳۵۶/۰	۲۵۹/۳	۲۰۶/۷	۲۵۵/۰	۷۶/۲	۴۲/۵	۱۸۳/۵	قابل قبول	۸۰/۹	۴/۲	C3-S1	۷/۶	۷/۲	۰/۴
W4	بهادری	۵۲۴۷۰۰	۴۱۴۹۶۰۰	۱۴۸۱	۹۶۵	۳۵۵/۰	۳۵۳/۹	۱۹۷/۸	۲۰۳/۲	۸۲/۲	۳۶/۵	۲۰۰/۲	قابل قبول	۸۱/۲	۴/۶	C3-S1	۷/۳	۷/۱	۰/۲
W5	مرادپور رستمی	۵۲۵۷۲۵	۴۱۵۰۲۰۰	۱۹۴۴	۱۲۳۰	۵۸۰/۰	۳۲۶/۴	۳۶۶/۲	۲۸۵/۳	۱۱۳/۲	۷۲/۳	۲۲۲/۸	متوسط	۷۸/۱	۴/۰	C3-S1	۷/۵	۶/۹	۰/۶
W6	بربر قلعه	۵۲۷۳۵۰	۴۱۵۰۶۵۰	۱۷۲۰	۱۱۳۰	۴۷۲/۵	۴۵۱/۵	۱۸۱/۹	۲۶۸/۰	۱۱۲/۲	۴۶/۸	۱۴۸/۶	متوسط	۸۰/۰	۳/۷	C3-S1	۷/۲	۷/۰	۰/۲
W7	کهنه کن	۵۲۹۴۰۰	۴۱۵۱۹۰۰	۱۸۷۸	۱۱۶۰	۵۲۰/۰	۴۷۲/۹	۳۶۶/۹	۹۹/۰	۱۰۸/۲	۶۰/۸	۲۲۳/۹	متوسط	۸۰/۰	۴/۳	C3-S1	۷/۳	۶/۹	۰/۴
W8	کارخانه پنبه	۵۲۵۳۰۰	۴۱۴۸۳۰۰	۱۳۲۴	۸۷۰	۳۸۰/۰	۳۲۹/۵	۲۳۳/۳	۱۰۸/۱	۹۰/۲	۳۷/۷	۱۴۹/۹	قابل قبول	۸۲/۷	۳/۳	C3-S1	۷/۱	۷/۲	-۰/۱
W9	رستمی و شرکاء	۵۲۶۳۲۵	۴۱۴۹۱۰۰	۱۵۰۱	۹۷۵	۵۲۲/۵	۳۱۱/۲	۲۴۳/۹	۲۱۴/۷	۱۱۲/۲	۵۸/۹	۱۵۳/۶	قابل قبول	۸۰/۸	۲/۹	C3-S1	۷/۵	۷/۱	۰/۴
W10	علی آبادی	۵۲۹۹۰۰	۴۱۵۰۴۵۰	۱۶۳۵	۱۰۸۵	۴۷۷/۵	۴۳۰/۲	۲۹۱/۸	۹۸/۰	۱۰۶/۲	۵۱/۷	۱۷۶/۸	متوسط	۸۱/۴	۳/۵	C3-S1	۷/۲	۷/۰	۰/۲
W11	منابع طبیعی	۵۳۱۴۷۵	۴۱۵۰۴۰۰	۳۵۶۰	۲۲۶۰	۱۲۳۰/۰	۴۴۸/۵	۵۱۴/۱	۸۰۹/۸	۲۱۲/۴	۱۷۰/۱	۳۵۵/۴	نامناسب	۷۲/۳	۴/۴	C4-S2	۷/۵	۶/۴	۱/۱
W12	ینگی قلعه	۵۳۲۰۰۰	۴۱۵۰۹۵۰	۱۴۰۴	۹۱۰	۴۹۲/۵	۴۴۸/۵	۱۹۶/۸	۱۰۵/۲	۹۲/۲	۶۳/۸	۱۱۲/۴	قابل قبول	۸۱/۹	۲/۲	C3-S1	۷/۰	۷/۳	-۰/۳
W13	ملکش	۵۲۸۰۲۵	۴۱۴۵۳۰۰	۳۵۶۰	۲۱۳۰	۱۱۴۰/۰	۴۱۸/۰	۵۷۷/۹	۶۸۵/۴	۳۲۸/۶	۷۷/۸	۳۲۴/۲	نامناسب	۷۲/۳	۴/۲	C4-S2	۶/۹	۶/۳	۰/۶
W14	کاظمیان	۵۳۰۴۷۵	۴۱۴۵۶۲۵	۱۵۳۶	۹۸۵	۵۹۰/۰	۴۴۸/۵	۱۹۳/۲	۱۹۸/۴	۱۴۰/۳	۵۸/۳	۱۲۳/۵	قابل قبول	۸۱/۶	۲/۲	C3-S1	۶/۹	۷/۱	-۰/۲
	استاندارد WHO	-	-	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۴۵	۲۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰	-	-	-	-	-	-	-

۱- کیفیت آب در کلاس C3-S1 شور (قابل استفاده برای کشاورزی) و C4-S2 خیلی شور (برای کشاورزی نامناسب) می باشد.

۲- $Is < 0$ خورنده، $Is = 0$ متعادل و $Is > 0$ رسوب گذار می باشد.



شکل ۲- الف) نقشه پهنه بندی آب زیرزمینی آبخوان بجنورد از نظر مصارف شرب بر حسب دیاگرام شولر.
ب) نقشه پهنه بندی کیفی آبخوان بجنورد بر حسب شاخص GQI. ج) نقشه پهنه بندی آب زیرزمینی آبخوان بجنورد از نظر مصارف کشاورزی بر حسب دیاگرام ویلکوکس.

نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب زیرزمینی نمونه های دشت بجنورد جهت مصارف صنعتی (جدول ۲) نشان می دهد که آب چاه های شماره ۸، ۱۲ و ۱۴ خاصیت خوردگی داشته که موجب تخریب تاسیسات و تجهیزات آب رسانی می گردد و بقیه نمونه ها رسوب گذار می باشند.

۵- نتیجه گیری

به طور کلی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد در نقشه های ارائه شده بیانگر این است که کیفیت آب زیرزمینی از مناطق جنوبی آبخوان به سمت مناطق شمال و شمال شرق کاهش می یابد. این روند با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی آبخوان که از بخش های جنوبی آبخوان به سمت شمال و شمال شرق آبخوان می باشد، تطابق دارد. همچنین علت دیگر

کاهش کیفیت آب زیرزمینی در بخش های شمال، شمال شرق و جنوب غرب (چهار شماره ۱۳) می تواند منشاء رسوبات آبرفتی آبخوان باشد که حاصل تخریب مارن سازند سرچشمه (در بخش های شمالی)، تخریب لایه های ژپیس دار سازند شوربچه (در بخش های شمال شرقی) و تخریب مارن نوژن (در بخش های جنوب غربی) می باشد.

۶- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مدیریت و کارمندان محترم معاونت مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه ای استان خراسان شمالی به خاطر در اختیار گذاشتن داده ها و اطلاعات مورد نیاز جهت انجام این تحقیق تشکر و سپاسگذاری می شود.

۷- منابع

- احمدنژاد ز، کلانتری ن، کشاورزی م.ر، بوسلیک ز. و سجادی ز، (۱۳۸۹). "بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت زیرراه با استفاده از GIS"، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین.
- آقازاده ن، اصغری مقدم ا. و کیمیایی ا. (۱۳۸۷). "ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب های زیرزمینی منطقه سلماس و تعیین کیفیت آنها برای مصارف مختلف"، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، جلد ۳۴ صفحات ۹۸-۷۹.
- پاین پ. و معزی ع، (۱۳۸۷). "بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی دشت گل گیر مسجد سلیمان جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت"، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.
- دانشور ن، (۱۳۷۱). شیمی آب، انتشارات تابش تبریز.
- رجائی ق، مهدی نژاد م.ه. و حصارى مطلق س، (۱۳۹۰). "بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن ۱۳۸۸-۱۳۸۹"، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال ۷ شماره ۶ صفحات ۷۴۵-۷۳۷.
- صداقت م، (۱۳۸۷). زمین و منابع آب (آب زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- طایفه نسکیلی ن. و برشنده س، (۱۳۸۹). "بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی حاشیه دریاچه ارومیه از نظر مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از GIS"، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین.
- علیزاده ا، (۱۳۸۹). اصول هیدرولوژی کاربردی (چاپ بیست و هشتم)، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- محمدزاده ح، (۱۳۷۹). "بررسی عوامل طبیعی موثر بر کاهش کیفیت آبهای زیرزمینی (بررسی موردی علل شوری آبهای زیرزمینی دشتهای کربال، گربابگان و بیرجند)"، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی عمران، جلد ۴ صفحات ۱۴۷-۱۳۹.
- محمدی م، محمدی قلعه نی م. و ابراهیمی ک.ک، (۱۳۹۰). "تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین"، مجله پژوهش آب ایران، سال ۵ شماره ۸ صفحات ۵۲-۴۱.
- مهندسین مشاور مهاباد آب عمران گستر، (۱۳۸۶). مطالعات نیمه تفضیلی منابع آب زیرزمینی دشت بجنورد، سازمان آب منطقه ای خراسان شمالی.
- Abdalla, F.A. and Scheytt, T. (2012). "Hydrochemistry of surface water and groundwater from a fractured carbonate aquifer in the Helwan area, Egypt", Journal of Earth System Science, Vol. 121, pp. 109-124.
- Babiker, I.S. and Mohamed, M.A.A. and Hiyama, T. (2007). "Assessing groundwater quality using GIS", Water Resources Management, Vol. 21, pp. 699-715.
- Chatterjee, R. and Tarafder G. and Paul S. (2009). "Groundwater quality assessment of Dhanbad district, Jharkhand, India", Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 69, pp. 137-141.
- Kannan, N. and Joseph, S. (2010). "Quality of Groundwater in the Shallow Aquifers of a Paddy Dominated Agricultural River Basin, Kerala, India", International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol. 52, pp. 160-178.
- Khan, H.H. and Khan, A. and Ahmed, S. and Perrin, J. (2010). "GIS-based impact assessment of land-use changes on groundwater quality: study from a rapidly urbanizing region of South India", Environmental Earth Sciences, Vol. 63, pp. 1289-1302.
- Ramesh, K. and Elango, L. (2011). "Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India", Environ Monit Assess.
- Subramani, L. and Elango, L. and Damodarasamy, S.R. (2005). "Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India", Environ Geo, Vol. 47, pp. 1099-1110.
- Todd, D.K. and Mays, L.W. (2005). "Groundwater Hydrogeology". 3rd. ed., John Wiley, New York.
- WHO, World Health Organization. (2011). "Guidelines for drinking-water quality", vol 1, 4th ed.