ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی و کشاورزی در چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

بابک طالبی[1]*، نوشین سجادی[2] و ترانه شارمد[3]

۱. گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲. گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۳. گروه هیدروژئوشیمی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۳/۱۸

چکیده

منابع آب زیرزمینی مهم ترین منبع برای مصارف مختلف از جمله آشامیدن و کشاورزی می باشند. در منطقه دشت قزوین وجود این منابع از جمله چشمه ها به علت معیشت و استفاده مردم از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه، به بررسی ۱۵ چشمه نمونه برداری شده در سال ۱۳۹۲ پرداخته شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی کیفیت چشمه های منطقه شمال دشت قزوین براساس مصارف شرب و کشاورزی بود. بدین منظور طبقه بندی کیفی برای مصارف آشامیدن به کمک روش شاخص کیفی آب WQI و برای مصارف کشاورزی از طبقه بندی های ویلکاکس، درصد سدیم و RSC استفاده گردید. نتایج بررسی ها نشان داد که براساس روش WQI حدود ۹۳ درصد چشمه های مورد بررسی در محدوده خوب و عالی و حدود ۷ درصد در محدوده ضعیف واقع شده است. براساس روش طبقه بندی ویلکاکس حدود ۸۰ درصد نمونه ها در محدوده کم شور و مناسب برای کشاورزی (C2S1) قرار دارند و ۲۰ درصد آن شور و برای مصارف در مواقع ضروری (C3S1) است. برای طبقه بندی بر مبنای درصد سدیم حدود ۸۰ درصد از نمونه های مورد بررسی در وضعیت عالی، خوب و قابل قبول قرار دارند و ۲۰ درصد آن وضعیت مشکوک دارد. همچنین طبق رده بندی کیفی RSC حدود ۹۳ درصد نمونه ها مناسب و قابل قبول هستند و ۷ درصد بقیه وضعیت نامناسب دارد. بطور کلی باتوجه به طبقه بندی های مذکور چشمه های منطقه مورد مطالعه برای مصارف شرب و کشاورزی وضعیتی مطلوب و مناسب دارند و تعداد کمی از آن ها نیاز به بررسی و پایش مجدد دارند.

واژگان کلیدی: نمودار شولر، شاخص کیفی آب، طبقه بندی ویلکاکس، درصد سدیم، RSC، دشت قزوین
***نگارنده پاسخگو: babaketalebi@yahoo.com**

مقدمه

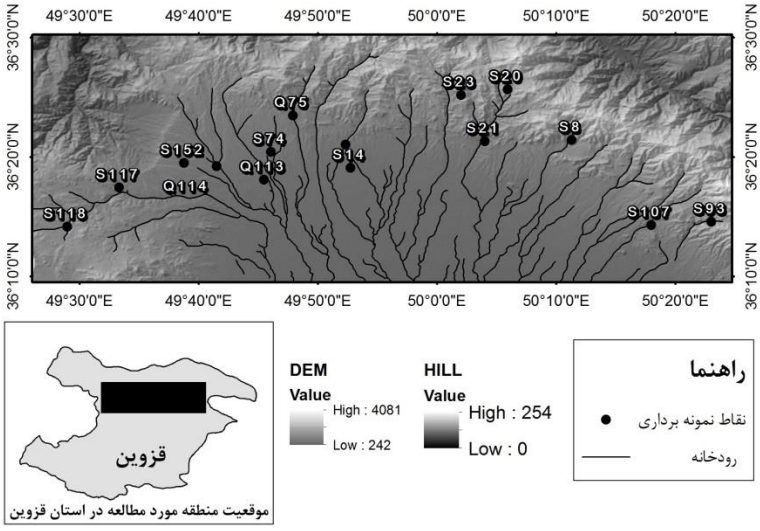
آب های زیرزمینی از جمله مهم ترین منابع در سراسر دنیا جهت مصارف آشامیدن و کشاورزی تلقی می شوند. این منابع از دیرباز مورد استفاده گسترده بشر قرار گرفته اند. در طی چند سال اخیر شهرنشینی و رشد غیر قابل کنترل جمعیت افزایش استفاده از منابع آبی را در پی داشته است. لذا پیش بینی می شود که این روند کمبود منابع آب و افزایش سطح آلودگی را در بر خواهد داشت. بدین جهت بررسی، سنجش و طبقه بندی این منابع برای مصارف مختلف از جمله شرب و کشاورزی اهمیت بسیاری دارد. از جمله کلیدی ترین روش ها به منظور ارزیابی و مدیریت منابع آب زیرزمینی برای مصارف آشامیدنی استفاده از نمودار شولر و روش شاخص کیفی آب (Water Quality Index) WQI است. نمودار نیمه لگاریتمی شولر به طور گسترده ای برای مقایسه کیفیت آب های زیرزمینی به کار می رود. این نمودار تفاوت های غلظتی میان نمونه های آب زیرزمینی را نشان می دهد و در تقسیم بندی آب شرب نیز به کار می رود (Schoeller, 1962). از دیگر روش های تعیین کیفیت مصارف آشامیدن شاخص کیفی آب می باشد که در سال ۱۹۶۵ Horton برای اولین بار آن را پیشنهاد داد (Gummadi *et al*, 2014). پایه و اساس روش WQI بر وزن دهی به پارامترهای مهم و پراهمیت آب شرب می باشد. به منظور سنجش آب برای مصارف کشاورزی طبقه بندی ویلکاکس (Wilcox (US salinity) diagram)، درصد سدیم و سدیم کربنات باقیمانده RSC (Residual Sodium Carbonate) مهم ترین و پرکاربرد ترین روش ها می باشند. طبقه بندی ویلکاکس شامل دو ستون اصلی است. ستون اول نرخ جذب سدیم SAR (Sodium Adsorption Ratio) می باشد که برای مناسب بودن آب مورد استفاده در آبیاری می باشد و بوسیله غلظت مواد محلول در آب تعیین می شود (Parastar *et al*., 2015) و ستون دوم هدایت الکتریکیEC (Electrical Conductivity) است که به عنوان شاخص کیفی آبیاری شوری کلی خاک را اندازه گیری می کند (Asiwaju-Bello *et al*., 2013). از طرف دیگر در تمامی آب های طبیعی درصد سدیم Percent Sodium ((%Na)یک پارامتر مهم جهت ارزیابی برای اهداف کشاورزی می باشد (Janardhana Raju *et al*., 2009). علاوه بر طبقه بندی ها ی ویلکاکس و درصد سدیم، خطر فزونی سدیم کربنات باقیمانده نیز بسیار پراهمیت است. افزایش مقدار عددی رابطه اختلاف مجموع کربنات و بیکربنات و مجموع کلسیم و منیزیم در آب زیرزمینی می تواند مناسب بودن آن را برای اهداف آبیاری تحت تاثیر قرار دهد(Alobaidy, 2010). در مورد مباحث مذکور مطالعات گسترده و فراوانی صورت گرفته است. استفاده از شاخص کیفی منابع آب برای ارزیابی کیفیت آب های زیرزمینی شمال شرقی شهر لیسبون در کشور پرتغال نشان داده که کاهش نزولات جوی و آلودگی ناشی از فعالیت های انسانی بر روی کیفیت آب منطقه تاثیر منفی زیادی داشته است (Silva *et al*., 2008). در تحقیقی که برای بررسی آب زیرزمینی براساس روش شاخص کیفی آب زیرزمینی در منطقه دلتای نیجر واقع در جنوب کشور نیجریه صورت گرفت بیان می دارد که در مناطق ساحلی اکثر موارد (حدود ۶۵ درصد) کیفیت ضعیف و اقلیت آب ها (حدود ۳۵ درصد) حد متوسط و خوب که این نشان دهنده آن است که جوامع دلتای نیجر دسترسی به آب مناسب برای رفع نیازهای روزمره خود ندارند (Edet, 2010). مطالعه ای که توسط Singh و همکاران در ۲۰۱۴ برای ارزیابی کیفی آب زیرزمینی شهر رانچی در ایالت جارکند در کشور هند بوسیله روش WQI صورت گرفته است بیان می دارد که ۸۵ درصد نمونه های آب زیرزمینی در محدوده خیلی خوب و خوب قرار دارند و ۱۵ درصد نمونه ها در محدوده ضعیف قرار دارند. مطالعه ای که برای ارزیابی کیفیت سفره آب کربنات در جنوب لاتیوم، مرکز کشور ایتالیا برای مصارف آبیاری صورت پذیرفت این نتیجه را در برداشت که مطابق با طبقه بندی ویلکاکس بیشتر نمونه های منطقه در محدوده C2S1 و دارای شوری متوسط و نمک کم می باشند و از لحاظ طبقه بندی درصد سدیم ۷۰ درصد چشمه ها و آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه کیفیتی عالی تا مناسب برای آبیاری دارند (Sappa *et al*., 2014). Celiker و همکاران در سال ۲۰۱۴ با ارزیابی کیفیت پارامترهای آب چشمه مونزور در تونسلی (۵ نمونه طی سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹) کشور ترکیه به این نتیجه دست یافتند که از لحاظ طبقه بندی ویلکاکس تمامی نمونه ها در محدوده C1S1 قرار دارند. همچنین براساس طبقه بندی درصد سدیم آب

چشمه در محدوده خوب و بسیار خوب قرار دارد (کمتر از ۱۰ درصد در تمامی نمونه ها) و از نظر طبقه بندی RSC تغییرات بین ۰/۴۷- تا ۰/۴۲ را دارا می باشد. بنابراین آب چشمه برای اهداف کشاورزی بسیار مطلوب می باشد. ورقچی و همکاران در سال ۱۳۸۹ با تهیه نقشه های هم میزان آب آشامیدنی دشت مشهد واقع در استان خراسان در ایران بر اساس طبقه بندی شولر به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب از سمت مرکز به غرب دشت وضعیت خوب و در سمت شرق و شمال شرق افت کرده و وضعیت نامطبوع و نامناسب گرفته است. در تحقیقی که توسط عزیزی و محمدزاده در سال ۱۳۹۱ برای بررسی کیفی آب شرب منطقه آبخوان امام زاده جعفر گچساران در استان کهکیلویه و بویراحمد در ایران صورت گرفته است بیان می دارد که طبق مقایسه نتایج حاصل از دو روش GWQI و شولر حدود ۱/۶، ۸۳/۴ و ۱۲/۱ درصد از آب های زیرزمینی دشت به ترتیب دارای کیفیتی عالی، خوب و بد می باشند. مطالعه ای که برای بررسی کیفیت منابع آب شرب شهرستان بوئین زهرا در استان قزوین با استفاده از روش GWQI صورت پذیرفت بیانگر این بود که درجه کیفی آب چاه های ارداق، بوئین زهرا، شال، دانسفهان و سگزآباد خوب بوده و مقدار عددی بین۵۰-۲۵ دارد و حتی چاه های اوج و آب گرم در وضعیت خیلی خوب (کمتر از ۲۵) قرار دارند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۲). زلکی بدیلی و همکاران در سال ۱۳۹۲ با بررسی روند تغییرات فراسنج های کیفی آب رود مارون در حوزه آبخیز سد مارون در استان کهگیلویه و بویراحمد به این نتیجه رسیدند که براساس طبقه بندی ویلکاکس نمونه های آب ایستگاه ادنک در ردیف C3S1، و ایستگاه دهنو در ردیف C2S1 قرار گرفته اند، همچنین طبق طبقه بندی RSC آب هر دو ایستگاه مناسب (کمتر از ۱/۲۵ اکی والان در لیتر) است و در نهایت آب ایستگاه های مربوطه برای مصارف کشاورزی مناسب می باشند. لذا با توجه به اهمیت موضوع، هدف از مطالعه حاضر سنجش کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه برای مصارف شرب و کشاورزی می باشد.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی و ویژگی های منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه واقع در استان قزوین و بین طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی واقع شده است. همچنین این منطقه از سمت شمال به دامنه های جنوبی البرز و از سمت جنوب به منطقه دشت قزوین منتهی می شود(شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری

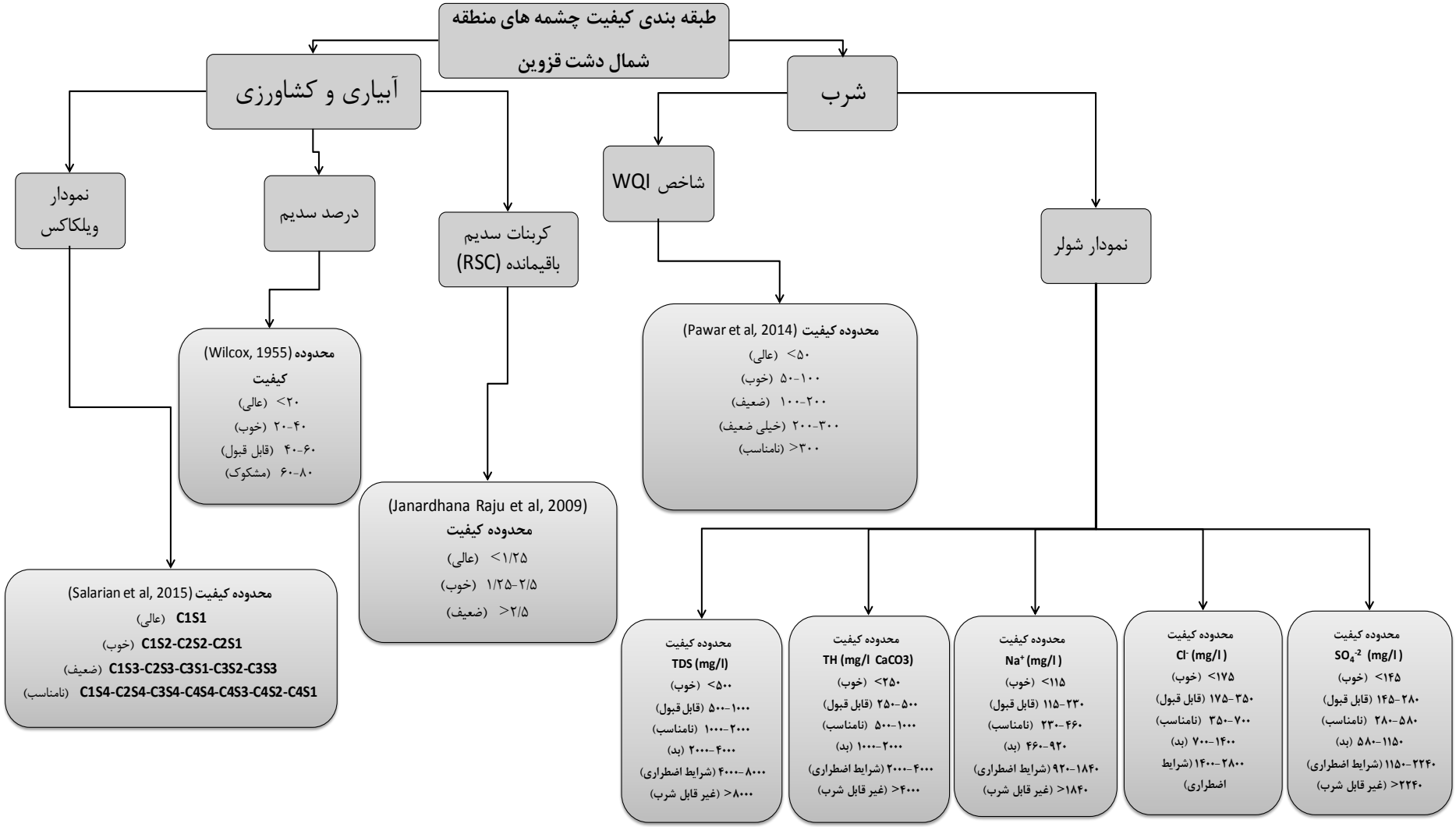
میانگین حداقل و حداکثر دمای منطقه ۰-۲۲ درجه سانتی گراد می باشد میانگین بارندگی در این منطقه حدود ۲۲۰ میلی متر در سال می باشد. . تیپ آب غالب منطقه مورد مطالعه بیکربناته کلسیک می باشد. شکل (۱) موقعیت و جدول شماره (۱) مختصات نقاط نمونه برداری و نام محل را نشان داده است.

جدول ۱- نام و مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری

ردیف	کد نمونه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)	محل نمونه برداری
		X (UTM)	Y (UTM)		
۱	S8	۴۲۷۱۸۰	۴۰۲۳۸۰۱	۲۸۳۳	رزجرد
۲	S14	۳۹۹۳۷۹	۴۰۱۹۸۲۰	۲۴۲۵	مهمانخانه گل سرخ
۳	S20	۴۱۹۲۰۰	۴۰۳۱۷۶۶	۱۹۴۱	زرشک
۴	S21	۴۱۶۲۵۳	۴۰۲۳۷۳۳	۱۵۴۰	باراجین
۵	S23	۴۱۳۳۵۸	۴۰۳۰۹۰۳	۱۸۳۰	الولک
۶	S74	۳۸۹۴۳۰	۴۰۲۲۳۷۵	۲۴۸۳	آق بابا
۷	Q75	۳۹۲۲۴۵	۴۰۲۸۰۱۷	۲۵۷۸	کیخنان
۸	S93	۴۴۴۶۱۴	۴۰۱۱۰۲۸	۲۸۸۹	کیاده
۹	S107	۴۳۷۰۸۲	۴۰۱۰۵۵۹	۲۶۳۳	مدام آباد
۱۰	Q113	۳۸۸۵۱۰	۴۰۱۸۰۶۳	۲۴۱۵	شنازند
۱۱	Q114	۳۸۲۵۷۰	۴۰۲۰۲۵۶	۲۵۰۷	جم جرد
۱۲	S117	۳۷۰۲۸۹	۴۰۱۷۱۳۸	۲۵۹۱	نیکویه
۱۳	S118	۳۶۳۶۵۵	۴۰۱۱۱۴۰	۲۷۱۷	چنگوره
۱۴	S152	۳۷۸۴۷۴	۴۰۲۰۸۱۱	۲۴۵۰	بهرام آباد قاقازان
۱۵	S176	۳۹۸۸۰۴	۴۰۲۳۴۲۶	۱۴۴۹	مشکین آباد

پارامترهای مورد مطالعه

در انجام این تحقیق از داده های پارامترهای کیفی شامل اسیدیته (pH)، کل ذرات جامد محلول(TDS)، سختی کل(TH)، کلر(Cl^-)، سدیم(Na^+)، منیزیم(Mg^{2+})، کلسیم(Ca^{2+})، پتاسیم(K^+)، سولفات(SO_4^{2-})، بیکربنات(HCO_3^-)، فلئورید(F)، نیترات (NO_3^-)مربوط به ۱۵ عدد چشمه نمونه برداری شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در شهریور ماه سال ۱۳۹۲ استفاده شد.


طبقه بندی کیفیت چشمه های منطقه شمال دشت قزوین
آبیاری و کشاورزی
شرب
نمودار ویلکاکس
درصد سدیم
کربنات سدیم باقیمانده (RSC)
شاخص WQI
نمودار شولر
محدوده کیفیت (Wilcox, 1955)
<۲۰ (عالی)
۲۰-۴۰ (خوب)
۴۰-۶۰ (قابل قبول)
۶۰-۸۰ (مشکوک)
محدوده کیفیت (Janardhana Raju et al, 2009)
<۱/۲۵ (عالی)
۱/۲۵-۲/۵ (خوب)
>۲/۵ (ضعیف)
محدوده کیفیت (Pawar et al, 2014)
<۵۰ (عالی)
۵۰-۱۰۰ (خوب)
۱۰۰-۲۰۰ (ضعیف)
۲۰۰-۳۰۰ (خیلی ضعیف)
>۳۰۰ (نامناسب)
محدوده کیفیت (Salarian et al, 2015)
C1S1 (عالی)
C1S2-C2S2-C2S1 (خوب)
C1S3-C2S3-C3S1-C3S2-C3S3 (ضعیف)
C1S4-C2S4-C3S4-C4S4-C4S3-C4S2-C4S1 (نامناسب)
محدوده کیفیت TDS (mg/l)
<۵۰۰ (خوب)
۵۰۰-۱۰۰۰ (قابل قبول)
۱۰۰۰-۲۰۰۰ (نامناسب)
۲۰۰۰-۴۰۰۰ (بد)
۴۰۰۰-۸۰۰۰ (شرایط اضطراری)
>۸۰۰۰ (غیر قابل شرب)
محدوده کیفیت TH (mg/l CaCO3)
<۲۵۰ (خوب)
۲۵۰-۵۰۰ (قابل قبول)
۵۰۰-۱۰۰۰ (نامناسب)
۱۰۰۰-۲۰۰۰ (بد)
۲۰۰۰-۴۰۰۰ (شرایط اضطراری)
>۴۰۰۰ (غیر قابل شرب)
محدوده کیفیت Na^{+} (mg/l)
<۱۱۵ (خوب)
۱۱۵-۲۳۰ (قابل قبول)
۲۳۰-۴۶۰ (نامناسب)
۴۶۰-۹۲۰ (بد)
۹۲۰-۱۸۴۰ (شرایط اضطراری)
>۱۸۴۰ (غیر قابل شرب)
محدوده کیفیت Cl^{-} (mg/l)
<۱۷۵ (خوب)
۱۷۵-۳۵۰ (قابل قبول)
۳۵۰-۷۰۰ (نامناسب)
۷۰۰-۱۴۰۰ (بد)
۱۴۰۰-۲۸۰۰ (شرایط اضطراری)
محدوده کیفیت SO_4^{-2} (mg/l)
<۱۴۵ (خوب)
۱۴۵-۲۸۰ (قابل قبول)
۲۸۰-۵۸۰ (نامناسب)
۵۸۰-۱۱۵۰ (بد)
۱۱۵۰-۲۲۴۰ (شرایط اضطراری)
>۲۲۴۰ (غیر قابل شرب)

طبقه بندی مصارف شرب با استفاده از نمودار شولر و روش WQI

در روش طبقه بندی شولر پارامترهای عمده و اصلی آب مطابق با جدول شماره (۲) دسته بندی می شوند. این دسته بندی از کیفیت آب خوب تا غیرقابل شرب است. در این مطالعه نمودار شولر بوسیله نرم افزار AquaChem رسم شد.

جدول ۲-معیارهای کیفیت آب شرب براساس طبقه بندی شولر

ردیف	کیفیت آب	TDS (mg/l)	T.H.(mg/l CaCO3)	Na^+ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)
۱	خوب	۵۰۰	۲۵۰	۱۱۵	۱۷۵	۱۴۵
۲	قابل قبول	۱۰۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۲۵۰	۲۳۰-۱۱۵	۳۵۰-۱۷۵	۲۸۰-۱۴۵
۳	نامناسب	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۴۶۰-۲۳۰	۷۰۰-۳۵۰	۵۸۰-۲۸۰
۴	بد	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۹۲۰-۴۶۰	۱۴۰۰-۷۰۰	۱۱۵۰-۵۸۰
۵	قابل قبول در شرایط اضطراری	۸۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۱۸۴۰-۹۲۰	۲۸۰۰-۱۴۰۰	۲۲۴۰-۱۱۵۰
۶	غیر قابل شرب	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰

تخمین روش شاخص کیفی آب WQI بدین صورت است که ابتدا به هر یک از پارامترها یک وزن عامل (W_i) تعلق می گیرد که این وزن براساس نقش آن ها در سلامت و اهمیت آن ها برطبق معیار آشامیدن بین اعداد ۱ تا ۵ می باشد. بیشترین وزن که عدد ۵ است مربوط به پارامترهایی که بیشترین تاثیر و اهمیت را در آشامیدن دارند (پارامترهای TDS، Cl، F، NO_3 در این مطالعه) و کمترین وزن عدد ۱ که مربوط به پارامتر با حداقل اثر (در این مطالعه پارامتر HCO_3) می باشد.

محاسبه وزن نسبی (Wr) هر پارامتر طبق رابطه شماره (۱) محاسبه می شود. بدین صورت که وزن عامل هر پارامتر (Wi) بر مجموع آن ها تقسیم می گردد.

$$W_{ri} = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$ رابطه (۱)

محاسبه رتبه کیفی (q_i) طبق رابطه شماره (۲) از تقسیم هر پارامتر اندازه گیری شده (C_i) بر مقدار استاندارد پارامتر (C_{si}) (مطابق با جدول شماره ۳) محاسبه می شود. مقادیر استاندارد مورد استفاده در این مطالعه بر مبنای استانداردهای جهانی مانند سازمان جهانی بهداشت WHO (۲۰۱۱) و اداره استاندارد کشور هندوستان BIS (Bureau of Indian Standards) (۲۰۰۳) می باشد.

$$q_i = \left(\frac{C_i}{C_{si}}\right) \times 100$$ رابطه (۲)

جدول ۳- محاسبه وزن عامل، وزن نسبی، استاندارد

پارامتر	استاندارد پارامتر	وزن عامل	وزن نسبی (Wr)
pH	۸/۸	۴	۰/۱۱
TDS	۵۰۰	۵	۰/۱۴
Ca^{2+}	۷۵	۲	۰/۰۶
Mg^{2+}	۳۰	۲	۰/۰۶
Cl^{-}	۲۵۰	۵	۰/۱۴
SO_4^{2-}	۲۰۰	۴	۰/۱۱
HCO_3^{-}	۲۰۰	۱	۰/۰۳
TH	۳۰۰	۲	۰/۰۶
F^{-}	۱	۵	۰/۱۴
NO_3^{-}	۴۵	۵	۰/۱۴
NO_3^{-}	مجموع	۳۵	۱

محاسبه WQI مطابق رابطه شماره (۳) شاخص کیفی آب زیرزمینی از مجموع حاصلضرب رتبه کیفی در وزن نسبی هر نمونه بدست می آید.

$$\mathrm{WQI} = \sum_{i=1}^{n}(W_{ri} \times q_i) \quad \text{رابطه (۳)}$$

سنجش کیفیت مصارف کشاورزی با استفاده از طبقه بندی های ویلکاکس، درصد سدیم، RSC

برای رسم نمودار ویلکاکس بایستی دو پارامتر هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) را بدست آورد. پارامتر هدایت الکتریکی بصورت میدانی و بوسیله دستگاه مولتی پارامتر اندازه گیری شد. واحد اندازه گیری EC میکروزیمنس بر سانتی متر می باشد. نسبت جذب سدیم برای تمامی نمونه ها مطابق با رابطه شماره (۴) بدست می آید. غلظت نرخ جذب سدیم بر حسب میلی اکی والان در لیتر بیان می شود. ستون افقی نمودار ویلکاکس، پارامتر هدایت الکتریکی و ستون عمودی آن پارامتر نرخ جذب سدیم می باشد. بعد از رسم نمودار ویلکاکس بایستی عمل طبقه بندی نمونه های مورد مطالعه را انجام داد. لازم به ذکر است که در این مطالعه نمودار ویلکاکس بوسیله نرم افزار AquaChem رسم شد.

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

برای مشخص نمودن کیفیت آب از لحاظ درصد سدیم بایستی طبق رابطه شماره (۵) درصد سدیم نمونه های مورد بررسی را محاسبه نمود.

$$\%Na = \frac{(\mathrm{Na+K})100}{\mathrm{Ca+Mg+Na+K}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

برای بدست آوردن RSC بایستی طبق رابطه شماره (۶) مقادیر را محاسبه و سپس با استفاده از جدول شماره ۷ عمل طبقه بندی را انجام داد.

$$\mathbf{RSC} = [(\mathrm{HCO_3 + CO_3^{-}}) - (\mathrm{Ca^{2+} + Mg^{2+}})] \quad \text{رابطه (۶)}$$

غلظت RSC بر حسب میلی اکی والان در لیتر بیان می‌شود. جهت سهولت در بدست آوردن مقادیر درصد سدیم و RSC از نرم افزار Chemistry بهره گرفته شد.

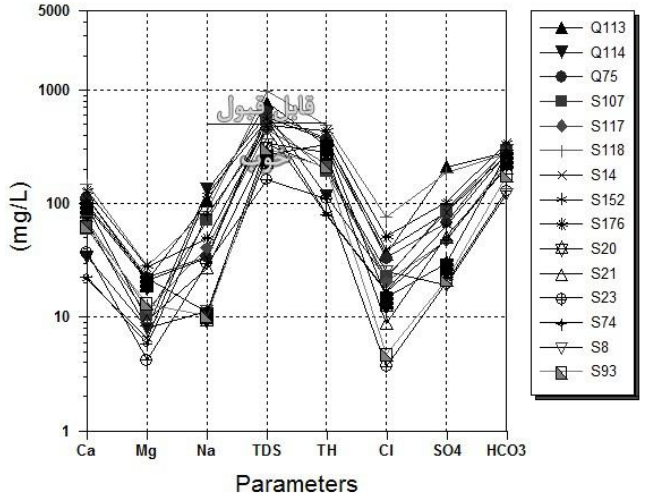
نتایج

در این مطالعه پارامترهای کیفی آب نمونه های مورد مطالعه برای مصارف آشامیدن بوسیله شاخص کیفی آب زیرزمینی و برای مصارف کشاورزی بوسیله طبقه بندی ویلکاکس، درصد سدیم و RSC مورد بررسی قرار گرفته است. جدول شماره (۴) خلاصه آماری داده های مورد مطالعه را نشان داده است. همانطور که در جدول شماره (۴) مشاهده می شود میانگین حسابی نمونه های تمامی پارامترها مطلوب بوده است و از غلظت حد مجاز استانداردهای WHO و BIS کمتر می باشد. این روند بیانگر قابل قبول بودن کیفیت اکثر نمونه ها می باشد.

جدول ۴- نتایج مشخصات آماری پارامترهای آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

پارامتر	pH	EC	TDS	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^-	Cl^-	F^-	SO_4^{2-}	NO_3^-
تعداد نمونه	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
میانگین	۷/۴۶	۵۸۵/۶	۴۹۷/۵۵	۷۷/۷۳	۱۴/۷	۵۶/۲۶	۱/۰۵	۲۴۵/۳	۲۶/۱	۰/۸۸۶	۷۵/۱۳	۲۴/۶۱
انحراف	۰/۵۳	۲۱۵/۷۷	۲۰۹/۵۹	۳۹/۱	۸/۳	۴۰/۵۲	۱/۸۸	۶۴/۳	۱۸/۹۷	۰/۸۶	۵۷/۱۸	۱۴/۱۱
ضریب	۷/۱	۳۶/۸۵	۴۲/۱۲	۵۰/۳	۵۶/۴۶	۷۲/۰۲	۱۷۹/۰۵	۲۶/۲۱	۷۲/۶۸	۹۷/۰۷	۷۶/۱۱	۵۷/۳۳
حداکثر	۸/۴۹	۱۰۵۸	۹۷۹/۹	۱۴۸/۲۱	۲۸/۶۲	۱۳۲/۸	۷/۶۸	۳۳۸/۵	۷۵/۹	۳/۲	۲۱۱	۶۳/۵۹
حداقل	۶/۷۵	۲۷۶/۸	۱۶۲/۸	۲۱/۷۹	۴/۱۷	۱۰/۲۸	۰/۱۶	۱۲۰/۳	۳/۷	۰/۱۷	۱۹	۷/۸
میانه	۷/۳۸	۵۸۵/۵	۴۹۰	۶۹/۹۸۱	۱۱/۹۹	۴۱/۰۸	۰/۵۴۱۲	۲۶۹/۳	۲۱/۹	۰/۴۸	۶۴	۲۴/۶۱
دامنه	۱/۷۴	۷۸۱/۲	۸۱۷/۱	۱۲۶/۴۲	۲۴/۴۵	۱۲۲/۵	۷/۵۲	۲۱۸/۲	۷۲/۲	۳/۰۳	۱۹۲	۵۵/۷۹
چولگی	۰/۳۵	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۱۱	۰/۴۴	۰/۶۴	۳/۵۸	-۰/۷۹	۱/۳۷	۱/۸	۱/۴۶	۱/۴۷
واریانس	۰/۲۸	۴۶۵۵۷	۴۳۹۲۹	۱۵۲۸/۷	۶۸/۸۲	۱۶۴۲	۳/۵۲	۴۱۳۵	۳۵۹/۷	۰/۷۴	۳۲۶۹/۳	۱۹۹/۰۳

برای تعیین کیفیت مصارف شرب نمودار شولر رسم و طبقه بندی WQI صورت گرفت. همانطور که در نمودار شولر مربوط به آب های زیرزمینی منطقه شمال دشت قزوین (شکل شماره ۳) مشاهده می شود تمامی نمونه های مورد بررسی در دو محدوده ی خوب و قابل قبول قرار داشته و از شرایط خوبی برخوردارند .



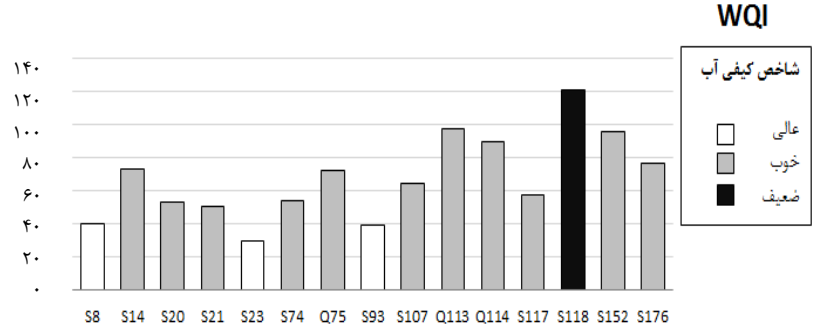
شکل ۳- نمودار شولر نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

شاخص کیفی آب دارای طبقه بندی مطابق با جدول شماره (۵) نشان می دهد. می باشد که محدوده کیفیت آب زیرزمینی را از عالی تا نامناسب

جدول ۵- طبقه بندی کیفی آب زیرزمینی برای مصارف آشامیدنی بر اساس WQI (Pawar *et al.*, 2014)

کیفیت آب زیرزمینی بر	محدوده
عالی	<۵۰
خوب	۵۰-۱۰۰
ضعیف	۱۰۰-۲۰۰
خیلی ضعیف	۲۰۰-۳۰۰
نامناسب برای شرب	>۳۰۰

نتایج حاصل از تخمین نمایه کیفیت آب زیرزمینی چشمه های منطقه شمال قزوین نشان می دهد که نمونه های مورد مطالعه بین مقادیر ۲۹/۹۹ تا ۱۲۰/۷ در تغییر است و مقدار متوسط آن ۶۷/۵۸ می باشد.



شکل ۴- گراف نمایش تغییرات شاخص کیفی آب نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

در طبقه بندی شاخص کیفی آب از میان نمونه های مورد بررسی، نمونه ها با کد S8،S23، S93 دارای کیفیت عالی و نمونه با کد S118 کیفیتی ضعیف دارد. مابقی نمونه ها کیفیتی خوب و مطلوب دارند. شکل شماره (۴) گراف تغییرات آب نمونه های مورد مطالعه را بر اساس شاخص کیفی آب نشان داده است. برای تعیین کیفیت مصارف آبیاری و کشاورزی از روش های ویلکاکس، درصد سدیم و RSC بهره گرفته شد. رسم نمودار ویلکاکس تابع طبقه بندی برای مقادیر SAR و EC می باشند (Wilcox, 1955). جدول شماره (۶) نشان دهنده رده بندی کیفیت آب برای اهداف کشاورزی با دو پارامتر SAR و EC است.

جدول۶- طبقه بندی کیفیت آب بر حسب SAR و EC (Wilcox, 1955)

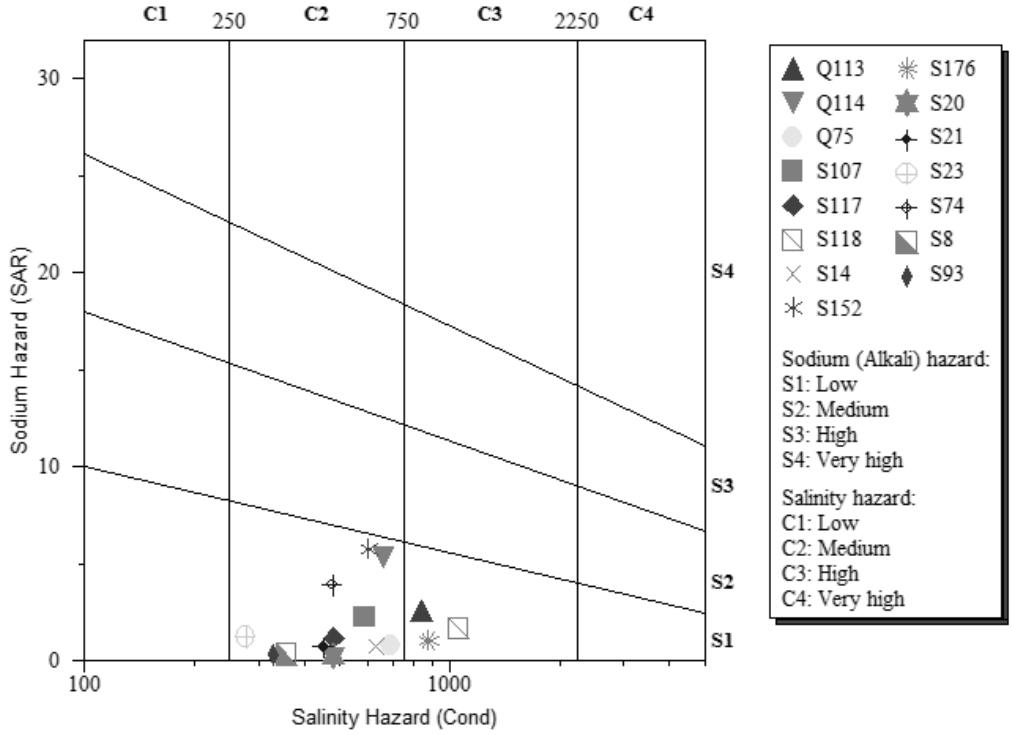
طبقه بندی بر اساس SAR		طبقه بندی بر اساس EC	
شرح	علامت اختصاری	شرح	علامت اختصاری
درجه قلیایی کم	**S1**	شیرین	**C1**
درجه قلیایی متوسط	**S2**	شوری کم	**C2**
درجه قلیایی زیاد	**S3**	شوری متوسط	**C3**
درجه قلیایی خیلی زیاد	**S4**	شوری زیاد	**C4**

پس از طبقه بندی های SAR و EC مطابق با جدول شماره (۷) نمونه ها با توجه به قرارگیری در محدوده های مربوطه، طبقه بندی می شوند.

جدول۷- طبقه بندی کیفیت منابع آب بر طبق طبقه بندی ویلکاکس (Salarian *et al*., 2015)

کشاورزی	کیفیت آب	طبقه بندی آب
کاملاً بی ضرر	آب شیرین	**C1S1**
تقریباً مناسب	کمی شور	**C1S2-C2S2-C2S1**
استفاده در مواقع ضروری	شور	**C1S3-C2S3-C3S1-C3S2-C3S3**
مضر برای کشاورزی	خیلی شور	**C1S4-C2S4-C3S4-C4S4-C4S3-**

همانطور که در نمودار ویلکاکس (شکل شماره ۵) مشاهده می شود اکثر نمونه ها در محدوده مطلوب و مناسب برای کشاورزی (C2S1) قرار دارند و فقط نمونه های با کد S118، Q113 و S176 در محدوده قابل استفاده در مواقع ضروری (C3S1) واقع شده اند. این نتایج بیانگر آن است که اکثر نمونه ها کمی شور و برای کشاورزی مناسب هستند.



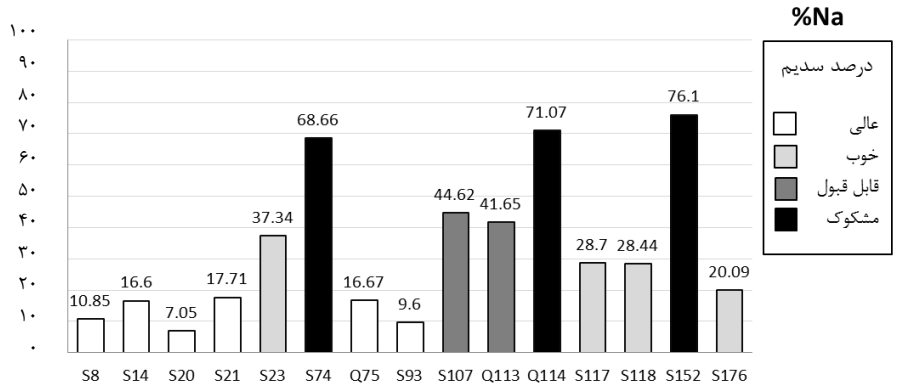
شکل ۵- نمودار ویلکاکس نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

پارامتر درصد سدیم دارای طبقه بندی (جدول ۸) از عالی تا نامناسب می باشد.

جدول۸- طبقه بندی آب بر پایه درصد سدیم (Wilcox, 1955; Mulwa,k *et al*., 2013)

درصد سدیم	طبقه بندی آب
<۲۰	عالی
۴۰-۲۰	خوب
۶۰-۴۰	قابل قبول
۸۰-۶۰	مشکوک
>۸۰	نامناسب

نتایج گراف تغییرات درصد سدیم (شکل شماره ۶) حاکی از آن است که از میان نمونه های مورد استفاده در تحقیق نمونه ها با کد S74، Q114 و S152 دارای کیفیت مشکوک و بقیه نمونه ها کیفیتی عالی تا قابل قبول دارند. این نتایج نشان می دهد که نمونه های آب منطقه کیفیتی مناسب از نظر طبقه بندی درصد سدیم دارند.



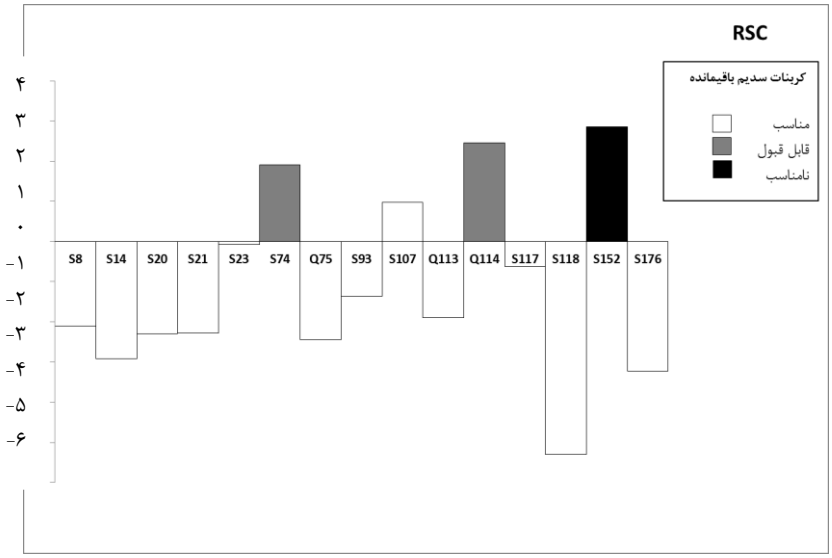
شکل ۶-گراف نمایش تغییرات درصد سدیم نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

کربنات سدیم باقیمانده نیز دارای طبقه بندی برای مصارف آبیاری می باشد. جدول شماره (۹) طبقه بندی براساس RSC را نشان می دهد.

جدول ۹- طبقه بندی بر حسب کربنات سدیم باقیمانده (Janardhana Raju *et al*., 2009)

طبقه بندی آب	RSC
سالم	**<۱/۲۵**
مناسب	**۱/۲-۲۵/۵**
نامناسب	**>۲/۵**

با توجه به طبقه بندی کیفی سدیم کربنات باقیمانده (RSC) تمامی نمونه ها به غیر از نمونه شماره S152 ، در طبقه مناسب و قابل قبول واقع شده اند. شکل شماره (۷) نشان دهنده نمودار تغییرات کربنات سدیم باقیمانده است.



شکل ۷- گراف نمایش تغییرات RSC نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

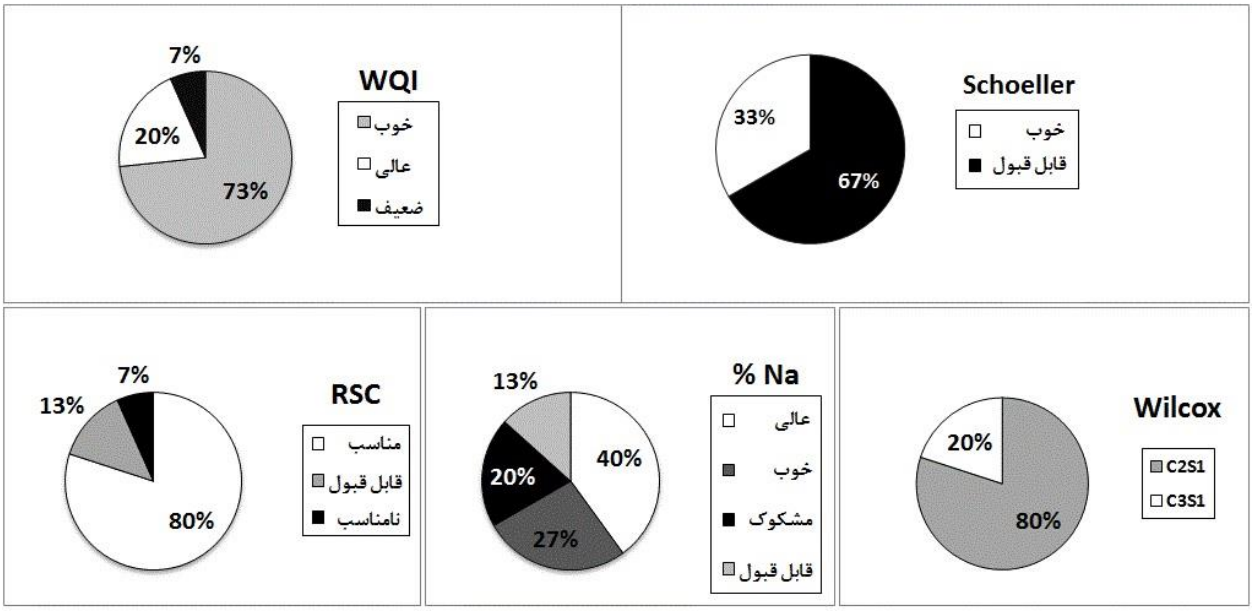
در نهایت نتایج حاصل از طبقه بندی های شولر، WQI، Wilcox، %Na، RSC در جدول شماره (۹) ارائه شده است.

جدول ۱۰. نتایج طبقه بندی های شولر، WQI، Wilcox، %Na، RSC چشمه های مورد مطالعه در منطقه شمال دشت قزوین

ردیف	کد نمونه	محل نمونه برداری	شولر	WQI	طبقه بندی	%Na	RSC
۱	S8	,,زجرد	خوب	۴۰/۳۳	C2-S1	۱۰/۸۵	-۲/۱۱
۲	S14	مهمانخانه گل سرخ	قابل قبول	۷۲/۷	C2-S1	۱۶/۶	-۲/۹۲
۳	S20	زرشک	قابل قبول	۵۳/۴۳	C2-S1	۷/۰۵	-۲/۲۹
۴	S21	باراجین	قابل قبول	۵۰/۳۴	C2-S1	۱۷/۷۱	-۲/۲۸
۵	S23	الولک	خوب	۳۰	C2-S1	۳۷/۳۴	-۰/۰۸
۶	S74	آق بابا	خوب	۵۴/۴۴	C2-S1	۶۸/۶۶	۱/۹۱
۷	Q75	کیخنان	قابل قبول	۷۱/۹۶	C2-S1	۱۶/۶۷	-۲/۴۵
۸	S93	کیاده	خوب	۳۹/۰۹	C2-S1	۹/۶	-۱/۳۶
۹	S107	مدام آباد	قابل قبول	۶۴/۳۹	C2-S1	۴۴/۶۲	۰/۹۷
۱۰	Q113	شنازند	قابل قبول	۹۷/۲۹	C3-S1	۴۱/۶۵	-۱/۹
۱۱	Q114	جم جرد	قابل قبول	۸۹/۵۰	C2-S1	۷۱/۰۷	۲/۴۶
۱۲	S117	نیکویه	خوب	۵۷/۷۴	C2-S1	۲۸/۷	-۰/۶۲
۱۳	S118	چنگوره	قابل قبول	۱۲۰/۷۱	C3-S1	۲۸/۴۴	-۵/۳۱
۱۴	S152	بهرام آباد قاقازان	قابل قبول	۹۵/۲۳	C2-S1	۷۶/۱	۲/۸۶
۱۵	S176	مشکین آباد	قابل قبول	۷۶/۵۷	C3-S1	۲۰/۰۹	-۳/۲۳

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، چشمه های انتخاب شده در منطقه دشت قزوین براساس نمودار شولر و طبقه بندی WQI برای مصارف آشامیدن و جهت مصارف آبیاری برطبق طبقه بندی های ویلکاکس، درصد سدیم و RSC مورد بررسی قرار گرفت. نمودار شولر روشی برای سنجش کیفیت است که اساس آن پارامترهای اصلی آب هستند. روش WQI نیز بر پایه انتخاب و وزن دهی پارامترهای پراهمیت آب آشامیدنی می باشد Singh (Pawar *et al*., 2014 ; *et al*., 2014). روش طبقه بندی ویلکاکس و درصد سدیم براساس مطالعات صورت گرفته توسط Wilcox در سال ۱۹۵۵ صورت گرفت. طبقه بندی RSC توسط Janardhana Raju در سال ۲۰۰۹ انجام شد. با توجه به نتایج بدست آمده از طبقه بندی های مذکور و مشاهده شکل شماره (۸) می توان نتیجه گرفت که براساس طبقه بندی شولر حدود ۳۳ درصد نمونه های مورد مطالعه کیفیتی خوب و ۶۷ درصد کیفیتی قابل قبول دارند. در طبقه بندی WQI حدود ۹۳ درصد نمونه های مورد مطالعه در محدوده عالی و خوب و ۷ درصد نمونه ها در محدوده ضعیف قرار دارند. طبق طبقه بندی ویلکاکس ۱۰۰ درصد نمونه ها در محدوده مناسب و قابل استفاده در کشاورزی واقع شده اند. از نظر طبقه بندی درصد سدیم حدود ۸۰ درصد نمونه ها در دسته بندی عالی، خوب و قابل قبول قرار دارند. از لحاظ طبقه بندی RSC حدود ۹۳ درصد نمونه های مورد مطالعه در محدوده مناسب و قابل قبول و ۷ درصد در دسته بندی نامناسب قرار دارند. نتایج حاصل شده نشان داد که نمونه با کد S118 براساس طبقه بندی WQI و نمونه های Q114، S152 و S74 (واقع در قسمت شمال غربی منطقه شمال دشت قزوین) طبق طبقه بندی درصد سدیم و نمونه S152 بر مبنای طبقه بندی RSC نیاز به بررسی و پایش مجدد دارند.



شکل۸- درصد طبقه بندی شولر، شاخص کیفی آب، طبقه بندی ویلکاکس، درصد سدیم و RSC نمونه های آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین

در نهایت می توان وضعیت آب چشمه های منطقه شمال دشت قزوین را بدین صورت ارزیابی کرد که براساس طبقه بندی شولر تمامی نمونه ها در وضعیت مناسب قرار دارند. حدود ۹۳ درصد براساس طبقه بندی های WQI و RSC در محدوده های کیفیت خوب و مناسب هستند. حدود ۸۰ درصد طبق طبقه بندی های ویلکاکس و درصد سدیم در محدوده های عالی، مناسب و قابل قبول قرار دارند. در مجموع این نتایج بیانگر آن است که بطور کلی چشمه های منطقه شمال دشت قزوین وضعیتی مناسب جهت مصارف شرب و کشاورزی دارند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی به دلیل در اختیار گذاشتن داده های لازم در این تحقیق اعلام می دارند.

منابع

رحمانی، ز.، غلامی، م.، خوشنویس زاده، آ. و رضایی کلانتری، ر.۱۳۹۲. بررسی کیفیت منابع آب شرب شهرستان بوئین زهرا با استفاده از روش GWQI . *نشریه دانشگاه علوم پزشکی البرز*، ۲(۳): ۱۴۷-۱۵۵.

زلکی بدیلی، ن.، سالاری، م.، صیاد، غ. و حمادی، ک. ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات فراسنجهای کیفی آب رود مارون درحوضه ی آبخیز سد مارون. *مجله مهندسی منابع آب*، ۵۰(۱۶):۳۷-۶.

ورقچی، ف.، خاشعی سیوکی، ع. و شجاعی سیوکی، ح. ۱۳۸۹. بررسی آلودگی آب های زیرزمینی دشت مشهد به منظور ارزیابی شاخص های آب شرب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه.

عزیزی، ف. و محمد زاده، ح. ۱۳۹۱. پهنه بندی آسیب پذیری و ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آبخوان دشت امامزاده جعفرگچساران با استفاده از شبیه DRASTIC و شاخص کیفیGWQI . *مجله مهندسی منابع آب*، ۵(۱۳): ۱۷-۱.

Alobaidy, A.M., Al-Sameraiy, M.A.& Majeed, A. 2010. Evaluation of treated municipal wastewater quality for irrigation. *Journal of Environmental Protection*, 1: 216-225.

Asiwaju-Bello, Y.A., Olabode, F.O., Duvbiama, O.A., Iyamu, J.O., Adeyemo, A.A. & Onigbinde, M.T. 2013. Hydrochemical Evaluation of

Using Water Quality index of solapur industrial Belt, Maharashtra, India. *International Journal of Research in Engineering & Technology*, 2(4):31-36.

Salarian, M., Najafi, M., Hosseini, S.V. & Heydari, M. 2015. Classification of Zayandehrud River Basin Water Quality Regarding Agriculture, Drinking, and Industrial Usage. *American Research Journal of Civil and Structural Engineering*, 1(1):1-9.

Sappa, G., Ergul, S. & Ferranti, F. 2014. Water quality assessment of carbonate aquifers in southern Latium region, Central Italy: a case study for irrigation and drinking purposes. *Applied Water Science*, 4:115-128.

Schoeller, H. 1962 .Les Eaux Souterraines. Masson et Cie. Paris, France.

Silva, M.C.R., Albuquerque, M.T.D. & Ribeiro, L. 2008. Use OF Water Quality Index to Evaluate the Influence of Anthropogenic Contamination of Groundwater Chemistry of a Shallow Aquifer, Loures Valley, Lisbon, Portugal. Global Groundwater Resources and Management- The 33rd International Geological Congress, General Symposium: Hydrogeology, Oslo (Norway).

Singh, P., Tiwari, A. k. & Singh, P.K. 2014. Assessment of Groundwater Quality of Ranchi Township Area. Jharkhand. India by Using Water Quality Index Method. *International Journal of Chem Tech Research*, 7(1):73-79.

Wilcox, L.V. 1955 .Classification and Use of Irrigation Waters .U.S. Department of Agriculture, Circular 969, Washington DC.

World Health Organization (WHO). 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Ed. Geneva, Switzerland.

Groundwater in Akure Area, South-western Nigeria, for Irrigation Purpose. *European International Journal of Science & Technology*, 2(8):235-249.

BIS. 2003. Indian Standard drinking water specifications IS 10500:1991. Bureau of Indian Standards. New Delhi.

Celiker, M., Yildiz, O. & Sonmezer, Y.B. 2014. Assessing the Water Quality Parameters of the Munzur Spring, Tunceli, Turkey. *Ekoloji*, 23(93):43-49.

Edet, A.E. 2010. The development of a groundwater quality Index for the Niger Delta Region. XXXVIII IAH Congress, Groundwater Quality Sustainability, Krakow. Poland.

Gummadi, S., Swarnalatha, G., Venkataratnamma, V. & Vishnuvardha, Z. 2014. Determination of Water Quality Index for Groundwater of Bapatla Mandal-Guntur District- Andhra Pradesh-India. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(3):77-80.

Janardhana Raju, N., Ram, P. & Dey, S. 2009. Groundwater quality in the lower Varuna River basin, Varanasi district, Uttar Pradesh. *Journal of the Geology Society of India*, 73(2):178-192.

Muiwa, J.K., Mwega, B.W. & Kigomo, M.K. 2013. Hydrogeochemical analysis and evaluation of water quality in Lake Chala catchment area, Kenya. *Global Advanced Research Journal of Physical and Applied Sciences*, 2(1): 1-7.

Parastar, S., Jalilzadeh, A., Poureshg, Y., Hashemi, M., Rezaee, A. & Hossini, H. 2015. Assessment of national sanitation foundation water quality index and other quality characterization of Mamloo dam and supporting streams. *International Journal of Environmental Engineering*, 4(3):1-7.

Pawar, R.S., Panaskar, D.B. & Wagh, V.M. 2014. Characterization of groundwater

Evaluation of Drinking and Agricultural Water Quality in the North of Qazvin Plain's Springs

Talebi[1*], B., Sajjadi[2], N. & Sharmad[3], T.

1- Dept. of Environmental Management, Islamic Azad University, Tehran North Branch
2- Dept. of Environment, Islamic Azad University, Tehran North Branch
3- Dept. of Hydrogeochemistry, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran

Abstract

Groundwater is the most important source for various uses, including drinking and farming requirements. In Qazvin plain region the existence of these resources such as springs are very important for livelihood and consumption of the region's population. In this study, fifteen springs were sampled in 2013. The aim of this study was to evaluate water quality of springs in the north region of Qazvin plain for drinking and agricultural purposes. For this purpose, for classification of water quality for drinking water, the Water Quality Index (WQI) method and for agricultural water usages, Wilcox classification, sodium percentage and RSC was used. The results indicated that among springs evaluated, based on the WQI method, about 93 percent of them were categorized in good and excellent range and about 7 percent in poor range. Based on Wilcox classification, about 80 percent of samples were categorized in the range of low salt level suitable for agriculture (C2S1), and 20 percent were categorized as salty and should only be used when necessary(C3S1). The classification based on the percentage of sodium, showed that about 80 percent of the samples examined were in excellent, good and acceptable conditions and 20 percent were in uncertain status. Similarly, according to RSC rankings, about 93 percent had acceptable quality, and 7 percent had poor quality. In general, according to the results of classification of this study area, springs were suitable and favorable for drinking and farming purposes and a few need further monitoring and investigation.

Keywords: Schoeller Diagram, Water Quality Index, Wilcox Classification, Percent Sodium, RSC, Qazvin Plain

*Corresponding author: babaketalebi@yahoo.com