بررسی کیفی منابع آب‌های سطحی در جهت دستیابی به کشاورزی و منابع طبیعی پایدار (مطالعه موردی: رودخانه مرزی ارس)

میلاد طباطبائی هاشمی[۱]، مهدی سرائی تبریزی[۲]* و حسین بابازاده[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته منابع آب، 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.

*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: m.sarai@srbiau.ac.ir

۳) استاد گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

چکیده

از آنجایی که بخش کشاورزی مصرف‌کننده اصلی آب در کشور است، دستیابی به کشاورزی پایدار بدون در نظر گرفتن مسایل زیست محیطی ممکن است در درازمدت مخاطراتی را به دنبال داشته باشد، لذا کمّیت و کیفیت آب‌های سطحی در کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. این پژوهش با هدف پایش کیفی منابع آب‌های سطحی برای دستیابی به کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، به بررسی محدوده مطالعاتی حوضه آبریز رودخانه ارس پرداخته است. بالغ بر ۱۰۰ نمونه برداشت شده از ۹ ایستگاه رودخانه ارس، حدفاصل روستای یایچی کشور آذربایجان تا نزدیک دریاچه سد ارس، از مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸ با استفاده از شاخص کیفیت آب کشاورزی ویلکوکس و نرم‌افزار Grapher مورد بررسی، طبقه‌بندی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد نمونه‌ها در دیاگرام شولر در محدوده قابل قبول بوده، اما می‌بایست برای شرب، سایر عناصر موثر نیز مورد بررسی قرار گیرد. کم‌ترین میزان نسبت جذب سدیم در خرداد ماه (۱/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) و بیشترین مقدار آن در آبان ماه (۳/۴۳ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. همچنین میزان هدایت الکتریکی آب در خرداد ماه (۸۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) کم‌ترین و در مهرماه (۱۳۷۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) بیشترین مقدار به ثبت رسیده است. بر اساس دیاگرام ویلکوکس، کلیه نمونه‌ها در محدوده کیفی C_3S_1 بوده و جز آب‌های شور به‌شمار می‌روند. علی‌رغم بالا بودن سطح شوری در نمونه‌های این رودخانه، طی بازه زمانی مورد بررسی جهت کاربری کشاورزی تفاوت معنی‌داری در روند کیفی ایستگاه‌ها مشاهده نشد، لیکن باید تمهیدات لازم در استفاده از این آب‌ها به‌عمل آید.

واژه‌های کلیدی: دیاگرام ویلکوکس، رودخانه ارس، شاخص‌های کیفی آب، Grapher.

مقدمه

منابع آب سطحی از مهمترین منابع تامین مصارف کشاورزی، شرب و صنعت بوده و بسیاری از تمدن‌ها از دیرباز در کنار این منابع از جمله رودخانه‌ها شکل گرفته است. از طرفی این نزدیکی سبب تخریب منابع طبیعی و همچنین بروز تغییراتی در هندسه بستر و همچنین افت کمی و کیفی آب رودخانه‌ها گردیده که این تغییرات به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر زندگی انسان‌ها و سایر موجودات زنده تاثیرگذار است (Gupta *et al*., 2017). این افت کیفی آب، به‌دلیل ورود فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی، تخلیه پسماند و مواد زاید به درون رودخانه‌ها بوده که باعث افزایش نگرانی در رابطه با کیفیت آب رودخانه‌ها و تاثیر آن بر اکوسیستم شده است (دادخواه‌تهرانی و همکاران، ۱۴۰۲). بررسی و پایش کیفی منابع آب سطحی به‌خصوص رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به‌منظور کنترل آسیب‌های احتمالی و همچنین بهره‌برداری پایدار آن بسیار حایز اهمیت

است (Esmaeilzadeh Hanjani *et al*., 2023). طبق گزارش نهادهای بین‌المللی برداشت آب از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای مصرف در بخش کشاورزی ۷۰ درصد کل برداشت آب در جهان را نشان می‌دهد که البته این میزان برداشت در کشورهای خشک تا بیش از ۹۰ درصد نیز افزایش می‌یابد (UNESCO, 2021). بنابراین علاوه بر لزوم پایش کیفی آب در بخش شرب، به‌دلیل تاثیر کیفی آب بر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، ضرورت دارد تا کیفیت آب مصرفی در این بخش نیز مورد بررسی و پایش قرار گیرد. برای سنجش کیفی آب، شاخص‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شاخص کیفی استاندارد و بین‌المللی رایج در بحث کشاورزی که مورد تایید FAO (۲۰۱۱) نیز است، شاخص ساده و کاربردی ویلکوکس می‌باشد. در این شاخص آنچه از نظر کیفیت آب کشاورزی مطرح می‌باشد، غلظت و ترکیبات مواد محلول در آب شامل کلسیم، سدیم، منیزیم و همچنین نسبت جذب سدیم است که به‌ترتیب بیش‌ترین تاثیر را بر رشد گیاه و تغییر خصوصیات خاک دارا می‌باشد (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۶). به‌منظور پایش کیفی آب در محدوده‌های مطالعاتی مختلف و طی سالیان متوالی مطالعات و پژوهش‌های متعددی صورت پذیرفته است. به طوری که ارزیابی کیفیت آب رودخانه خرم‌آباد با استفاده از شاخص ویلکوکس نشان داد افزایش غلظت یون‌های اصلی محلول در آب و تغییرات شدید آن در طول رودخانه، به‌علت فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، صنعتی و فاضلاب‌های شهری اطراف رودخانه بوده است (طهماسبی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). در پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه شاهرود در استان قزوین، نتایج حاصل از دیاگرام‌های ویلکوکس و شولر کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی را مناسب و قابل استفاده ارزیابی نمود (ماه‌رویان و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی تغییرات کیفی ۱۳ چشمه در محدوده مطالعاتی عجب‌شیر واقع در شرق دریاچه ارومیه نشان داد تمامی چشمه‌ها از نظر کیفیت شرب بسیار مناسب و از نظر بهره‌برداری در بخش کشاورزی نیز تنها موضوع بالا بودن میزان هدایت الکتریکی (خطر شوری) در برخی چشمه‌ها وجود داشته و قلیاییت کلیه چشمه‌ها بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس در کلاس S_1 بوده است (سرائی‌تبریزی و همکاران، ۱۴۰۰).

همچنین در بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در جنوب غربی تونس در بیش از ۵۴،۰۰۰ هکتار از واحه نفزاوا[1] برای کاربری کشاورزی، نامناسب بودن این آب‌ها برای اهداف آبیاری و خطر تخریب اراضی به‌دلیل استفاده از شیوه‌های کشاورزی نامناسب، سوء مدیریت و شرایط سخت طبیعی موجود را نشان داد (Dhaouadi *et al*., 2021). ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت رفسنجان برای کاربری کشاورزی، با استفاده از وزن‌دهی پارامترهای ارزیابی کیفی به روش تحلیل سلسله مراتبی[2] و طبقه‌بندی کیفی آب آبیاری براساس دیاگرام ویلکوکس صورت گرفت. این مطالعات نشان داد آب ۱/۱۵ درصد از چاه‌های منطقه دارای کیفیت خوب، ۱۶/۲ درصد دارای کیفیت متوسط و ۶۰/۲۰ درصد دارای کیفیت نامناسب بوده و۲۲/۱ درصد از چاه‌ها نیز به‌دلیل کیفیت بسیار بد در محدوده طبقه‌بندی دیاگرام قرار نگرفتند (صالحی و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج حاصل از نمودارهای پایپر، استیف، شولر، گیبس و ویلکوکس با استفاده از نرم‌افزارهای هیدروشیمیایی نشان داد آب کانال الغراف در جنوب عراق با اعمال مدیریت ویژه برای کنترل شوری و نفوذپذیری برای اهداف آبیاری مناسب می‌باشد (Ewaid, 2017). اما در بررسی کیفی حوضه آبریز جدار وادی در منطقه سوق اهراس کشور الجزایر، وجود انواع کربنات‌های ناشی از آب‌شویی توسط رودخانه، علت اصلی نامناسب بودن آب پایین‌دست برای آبیاری شناخته شد (Saadali *et al*., 2022). همچنین در Ramanathapuram کشور هندوستان، پارامترهای فیزیک‌وشیمیایی آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی مورد پایش قرار گرفت که حدود ۹۰ درصد نمونه‌ها حاوی مقدار بالای کلریدسدیم و کلریدکلسیم بوده و برای آبیاری نامناسب بودند (Vahith *et al*., 2023).

رودخانه فرامرزی ارس در شمال‌غربی کشور یکی از منابع اصلی تامین آب کشاورزی و شرب کشورهای حاشیه این رودخانه به‌ویژه در پایین دست یعنی کشور ایران و جمهوری آذربایجان می‌باشد. طرح‌های توسعه کشاورزی از جمله دشت مغان و خداآفرین از مهمترین فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه هستند که پایداری کمی و کیفی منابع آب در کشاورزی پایدار این منطقه نقش به‌سزایی دارد، بنابراین در این پژوهش با هدف پایش کیفی منابع آب‌های سطحی در دسترس برای دستیابی به ثبات و پایداری در بخش کشاورزی و منابع طبیعی

۱ Nefzaoua

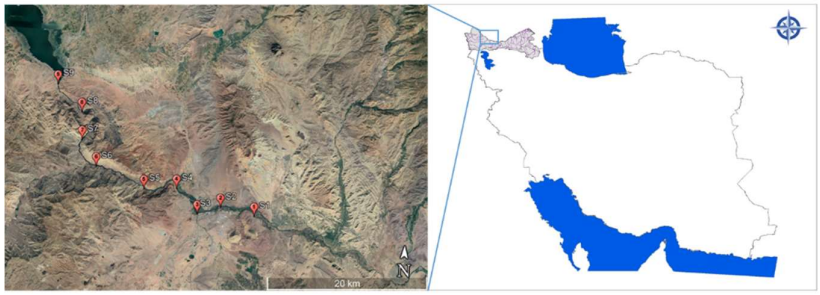
2 AHP

به بررسی محدوده مطالعاتی حوضه آبریز رودخانه ارس از منظر کیفیت آب برای کشاورزی با نرم افزار Grapher پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حوضه آبریز رودخانه ارس (شکل ۱) که یکی از حوضه‌های اصلی ۹گانه کشوری می‌باشد، واقع شده است. شاخه اصلی رودخانه ارس از ارتفاعات کوه‌های بین‌گل‌داغ در جنوب کشور ترکیه در نزدیکی شهر ارزروم سرچشمه می‌گیرد و در مسیر عبور خود در ایران از مجاورت شهرهای پلدشت، جلفا، سیه‌رود، خمارلو، اصلاندوز و پارس‌آباد مغان عبور می‌کند و در نهایت در محدوده پاسگاه تازه‌کند استان اردبیل از مرز ایران جدا و وارد خاک جمهوری آذربایجان می‌شود. رودخانه ارس در آذربایجان به رودخانه کورا که از تفلیس جاری است، ملحق شده و در نهایت به دریای خزر می‌ریزد.



شکل ۱. موقعیت مکانی حوضه رودخانه ارس و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

در این پژوهش بالغ بر ۱۰۰ نمونه آب از ۹ ایستگاه (جدول ۱) در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸ و در محدوده مطالعاتی رودخانه ارس، حد فاصل روستای یایچی کشور آذربایجان و دریاچه سد ارس مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. مکان‌یابی ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به نحوه دسترسی، موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. بر اساس شرایط طبیعی، امکان دسترسی به رودخانه و در نظر داشتن عوارض طبیعی و انسانی و منابع آلاینده شامل اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و صنایع موجود، ایستگاه‌های نمونه‌برداری انتخاب گردید. موقعیت و مختصات این نقاط با دستگاه GPS برداشت در جدول ۱ مشخص گردید. نمونه‌برداری به صورت ماهانه و در ظروف پلی‌اتیلن (شسته شده با آب رودخانه) و از زیر سطح آب با رعایت اصول نمونه‌برداری از نواحی مرکزی رودخانه صورت گرفت. ظروف نمونه پس از درج اطلاعات و شماره‌گذاری در محفظه چوبی قرار گرفت و به آزمایشگاه حمل گردید. در آزمایشگاه، پارامترهای کیفی شامل هدایت الکتریکی[۱]، pH، کلسیم[۲]، منیزیم[۳]، سدیم[۴]، کلر[۵]، بی‌کربنات[۶]، سولفات[۷]، مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفت. در آزمایشگاه هدایت الکتریکی و قلیائیت[۸] به‌وسیله ECمتر وpHمتر اندازه‌گیری شد. همچنین کاتیون‌های کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون و سدیم از طریق طیف‌سنجی و آنیون‌های کلر و بی‌کربنات با روش تیتراسیون و سولفات به کمک طیف‌سنجی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

جدول ۱. نام و مشخصات ایستگاه‌های معرف

نماد	ایستگاه	Y	X
E1	یایچی	۴۳۱۰۷۶۱	۵۶۰۶۰۵
E2	جنب پل راه آهن	۴۳۱۱۵۴۶	۵۵۶۲۶۷
E3	کنار هنگ مرزی	۴۳۱۰۴۵۷	۵۵۳۴۰۹
E4	پل ضیاءالملک	۴۳۱۳۶۰۵	۵۵۰۵۷۱
E5	کلیسای چوپان	۴۳۱۳۲۷۰	۵۴۶۴۵۶
E6	پاسگاه فرهادی	۴۳۱۵۷۵۴	۵۴۰۲۶۳
E7	نزدیک قطور چای	۴۳۱۹۰۸۰	۵۳۸۲۳۴
E8	پاسگاه مرزی تکداغ	۴۳۲۲۶۱۹	۵۳۷۹۱۹
E9	نزدیک سد ارس	۴۳۲۶۱۱۴	۵۳۴۵۸۵

۱ EC
2 Ca
3 Mg
4 Na
5 Cl
6 HCO3
7 SO4
8 pH

هدایت الکتریکی

یکی از راه‌های ساده تعیین غلظت یون‌های محلول در آب، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی است. هرچه میزان املاح محلول در آب بیش‌تر باشد، قابلیت هدایت الکتریکی نیز افزایش و به‌عبارت دیگر مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد. آب‌ها به لحاظ هدایت الکتریکی یا خطر شوری مطابق جدول ۲ به چهار گروه تقسیم می‌شوند (Wilcox, 1955).

جدول ۲. طبقه‌بندی آب آبیاری بر اساس هدایت الکتریکی (Wilcox, 1955)

خطر شوری	علامت اختصاری	مقدار EC بر حسب µs/cm
کم	C۱	۱۰۰-۲۵۰
متوسط	C۲	۲۵۰-۷۵۰
زیاد	C۳	۷۵۰-۲۲۵۰
خیلی زیاد	C۴	۲۲۵۰<

میزان نسبی سدیم[1]

سدیمی بودن آب یا میزان نسبی سدیم از نسبت سدیم به میانگین مجذور کلسیم و منیزیم آب برآورد می‌شود (رابطه ۱). چنانچه این نسبت بالا باشد آب را سدیمی می‌گویند که آب سدیمی نیز به نوبه خود باعث افزایش سدیم خاک می‌شود. استفاده مداوم از آب آبیاری با سدیم بیش از حد کلسیم و منیزیم منجر به تحکم ساختار خاک با نفوذ آب ضعیف، هوادهی ضعیف و افزایش پوسته پوسته شدن سطح زمین می‌شود (Rice *et al*., 2012). این شرایط خاک‌ورزی را دشوار می‌کند و باعث محدود شدن جوانه‌زنی و رشد ریشه می‌شود و تحت عنوان خطر سدیمی بیان می‌گردد. بنابراین از نظر سدیمی بودن آب‌ها را به چهار گروه مطابق جدول ۳ می‌توان تقسیم نمود (Wilcox, 1955).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+M}{2}}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن SAR نسبت جذب سدیم (خطر سدیمی)؛ Na سدیم (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)؛ Mg منیزیم (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) و Ca کلسیم (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد.

جدول ۳. طبقه‌بندی آب آبیاری براساس نسبت جذب سدیم (Wilcox, 1955)

خطر قلیایی شدن	علامت اختصاری	مقدار S.A.R
کم	S۱	≤۱۰
متوسط	S۲	۱۰-۱۸
زیاد	S۳	۱۸-۲۶
خیلی زیاد	S۴	۲۶-۳۲

دیاگرام ویلکوکس[2]

این دیاگرام از روش‌های متداول در تقسیم‌بندی آب کشاورزی به‌شمار می‌رود. در این طبقه‌بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم به‌عنوان مخاطرات شوری و سدیمی بودن در نظر گرفته شد و بر این اساس آب‌ها در ۱۶ رده مختلف کیفی دسته‌بندی شدند. در این دسته‌بندی C نشان‌دهنده هدایت الکتریکی (خطر شوری) و S نشان‌دهنده نسبت جذب سدیم (خطر سدیمی) می‌باشد (Wilcox, 1955).

جدول ۴. طبقه‌بندی کیفیت آب براساس دیاگرام ویلکوکس (Wilcox, 1955)

نوع کیفیت آب برای کشاورزی	رده آب
شیرین - برای کشاورزی کاملا بی‌ضرر	C۱S۱
کمی شور - برای کشاورزی تقریبا مناسب	C۲S۱,C۲S۲,C۱S۲
شور - برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم	C۳S۳,C۳S۲,C۳S۱,C۲S۳,C۱S۳
خیلی شور - مضرر برای کشاورزی	C۴S۱,C۴S۲,C۴S۳,C۴S۴,C۳S۴,C۲S۴,C۱S۴

۱ S.A.R

2 Wilcox

دیاگرام شولر[1]

آب آشامیدنی به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو باید در حدی باشد که مصرف آن موجب تهدید سلامت انسان در کوتاه‌مدت و درازمدت نگردد. آب آشامیدنی باید بدون هر گونه طعم و بوی نامطلوب باشد. دیاگرام شولر از متداول‌ترین روش‌های تقسیم‌بندی کیفی آب در ایران و سایر نقاط جهان می‌باشد که براساس آن آب‌ها به ۶ گروه (جدول ۵) طبقه‌بندی می‌شوند (حسن‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰). غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر بیان شده‌اند.

جدول ۵. طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس دیاگرام شولر (Schoeller, 1967)

کیفیت	Na	Cl	SO4	T.D.S	T.H.
خوب	۱۱۵>	۱۷۵>	۱۴۵>	۵۰۰>	۲۵۰>
قابل قبول	۱۱۵–۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۴۵-۲۸۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰
نامناسب	۲۳۰–۴۶۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
بد	۴۶۰–۹۲۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰
قابل شرب در شرایط اضطراری	۹۲۰–۱۸۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۱۱۵۰-۲۲۴۰	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰
غیرقابل شرب	۱۸۴۰<	۲۸۰۰<	۲۲۴۰<	۸۰۰۰<	۴۰۰۰<

نرم‌افزار Grapher

در این پژوهش ترسیم دیاگرام‌های ویلکوکس و شولر به‌وسیله نرم‌افزار Grapher صورت گرفت. Grapher یک نرم‌افزار آماری- گرافیکی از مجموعه نرم افزاری Software Golden بوده که از جمله این مجموعه می‌توان به نرم‌افزار Surfer اشاره نمود. Grapher امکان تولید مدل‌های هیدروشیمیایی نظیر دیاگرام ویلکوکس، شولر و نمودار پایپر[2]، استیف[3]، دایره‌ای[4] و همچنین تولید نمودارهای سفارشی بر اساس استانداردهای تعریف شده را دارا می‌باشد. بنابراین گرافر قابلیت ترسیم دیاگرام‌ها و استانداردهای مختلف در زمینه کیفیت آب را دارا است و می‌تواند نقشی موثر در روندیابی کیفی آب برای کاربردهای گوناگون داشته باشد.

نتایج

تحلیل نتایج حاصل از دیاگرام‌ها و مدل‌های هیدروشیمیایی در حل بسیاری از مسایل مرتبط با کیفیت آب‌ها از جمله وضعیت کیفی آب‌های منطقه، کلاس‌بندی و تیپ‌های آبی، مکانیسم‌های آبی حاکم، تاثیر عوامل مختلف بر کیفیت آب و مناسب بودن یا نبودن آب برای کاربردهای خاص اهمیت دارند. پس از آنالیز شیمیایی بر روی نمونه‌های آبی برداشت شده از رودخانه ارس، تغییرات غلظت عناصر فیزیکی و شیمیایی و همبستگی میان آنها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۶ و ۷).

بر اساس آزمون همبستگی به‌عمل آمده به روش پیرسون، مشخص گردید ارتباط معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین هدایت الکتریکی و TDS وجود دارد. از طرفی سطوح همبستگی یکسان سدیم با هدایت الکتریکی (۰/۸۹۹) و TDS (۰/۸۹۹) و همچنین کلر با هدایت الکتریکی (۰/۹۳۴) و TDS (۰/۹۳۵) نشان از انحلال نمک کلریدسدیم در آب رودخانه ارس دارد. بین سدیم و پتاسیم (۰/۵۰۴)، سدیم و کلر (۰/۹۹۶) و پتاسیم و کلر (۰/۴۴۵) با سطوح تقریبی ۰/۵ و ۱ درصد نشان از ارتباط بین این عناصر دارد. در میان آنیون‌ها بی‌کربنات (HCO_3) با کلر رابطه مستقیم با همبستگی سطح ۰/۵ و با سولفات فاقد ارتباط معنی‌دار می‌باشد. کاتیون‌های پتاسیم و سدیم نیز در سطح ۰/۵ درصد با هم دارای همبستگی می‌باشند.

جدول ۶ آماره متغیرهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از رودخانه ارس

متغیرها	EC	pH	K	Ca	Mg	Na	T.D.S	T.H	Cl	SO4	Hco3
	µs/cm	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
کمینه	۸۴۰	۷/۶۹	۳/۱۳	۱۶/۰۳	۲۷/۲۲	۷۶/۳۳	۵۳۷/۶۰	۲۶۰/۱۹	۷۶/۹۳	۸۵/۹۷	۲۴۴/۰۸
بیشینه	۱۳۷۵	۸/۵۹	۱۳/۲۹	۸۲/۱۶	۹۷/۶۹	۱۶۵/۳۰	۸۸۰/۰۰	۵۱۴/۳۶	۱۶۸/۰۳	۲۱۱/۸۱	۴۶۳/۷۵
میانگین	۱۱۵۸/۰۷	۸/۲۵	۶/۸۱	۵۰/۹۸	۵۸/۹۷	۱۲۴/۸۳	۷۴۱/۲۶	۳۷۰/۱۴	۱۲۹/۵۶	۱۴۶/۵۰	۳۶۷/۲۷
انحراف‌معیار	۱۵۳/۱۸	۰/۱۹	۲/۲۵	۱۴/۰۵	۱۸/۱۱	۲۰/۶۷	۹۸/۱۶	۵۶/۵۹	۲۱/۷۳	۳۰/۲۳	۶۰/۳۲

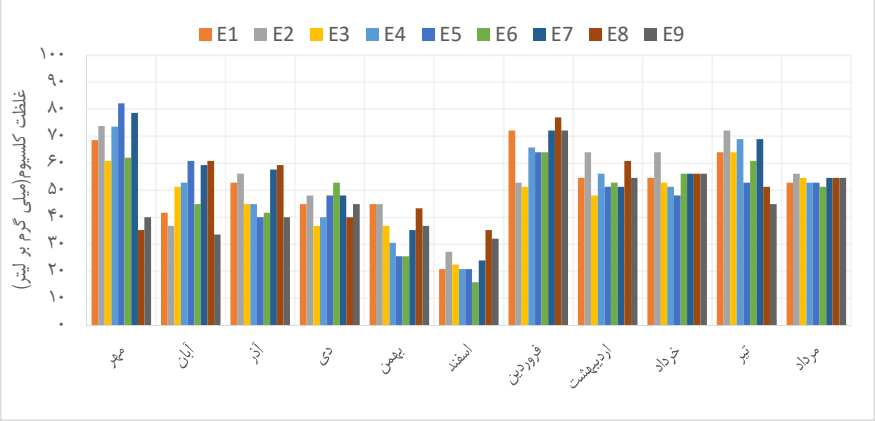
۱ Scholler
2 Piper
3 Stiff
4 Pie

جدول ۷. نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین عناصر فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از رودخانه ارس

عناصر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4
EC	۱									
T.D.S	۱/۰۰۰	۱								
PH	۰/۰۹۸	۰/۰۹۸	۱							
Ca	-۰/۲۸۷	-۰/۲۸۸	-۰/۰۲۸	۱						
Mg	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۹۹۴	-۰/۰۶۱	۱					
Na	۰/۸۹۹	۰/۸۹۹	۰/۰۵۲	-۰/۲۱۴	۰/۰۶۵	۱				
K	۰/۳۶۸	۰/۳۷۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۲۰	۰/۵۰۴	۱			
HCO3	۰/۶۱۸	۰/۶۱۸	۰/۱۴۰	-۰/۳۹۰	۰/۱۵۱	۰/۵۰۹	۰/۳۸۵	۱		
Cl	۰/۹۳۴	۰/۹۳۵	۰/۰۷۸	-۰/۲۲۸	۰/۰۹۵	۰/۹۶۶	۰/۴۴۵	۰/۵۴۳	۱	
SO4	۰/۵۲۷	۰/۵۲۸	-۰/۰۸۰	-۰/۱۳۳	-۰/۰۷۲	۰/۶۴۰	۰/۲۴۰	۰/۰۵۹	۰/۵۹۵	۱

کلسیم

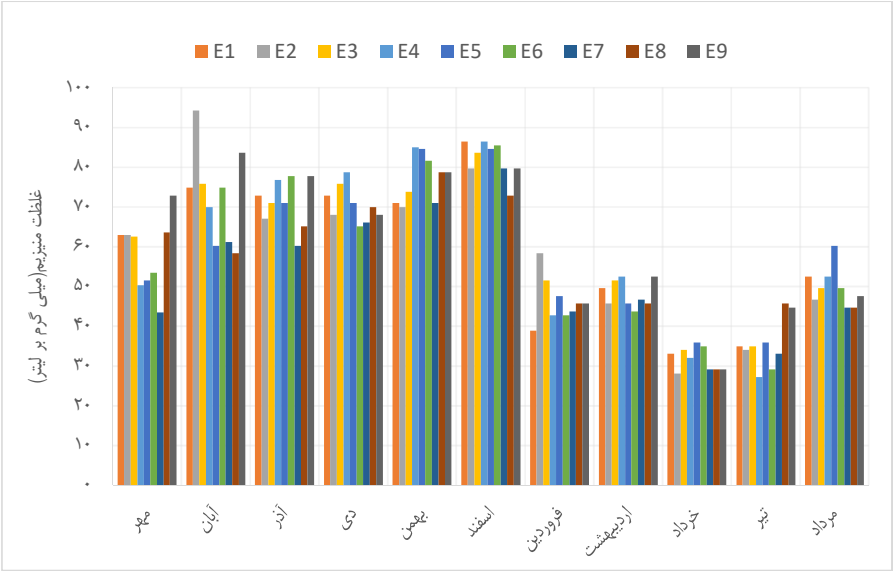
کلسیم از دسته کاتیون‌ها بوده و به راحتی از طریق آب‌شویی سنگ‌های غنی از کانی‌های کلسیم به‌ویژه سنگ‌آهک و ژیپس وارد آب می‌شود. نمک‌های کلسیم به همراه منیزیم مسئول سختی آب به‌شمار می‌روند. مقدار کلسیم در نمونه‌های آب مورد مطالعه رودخانه ارس بین ۱۶/۰۳ تا ۸۲/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر متغیر می‌باشد (شکل ۲). همچنین میزان کلسیم در ماه‌های بهمن و اسفند روند کاهشی داشته و در فروردین ماه میزان کلسیم آب افزایش یافته و با مقداری کاهش در ماه بعد تقریبا روند ثابتی را تا مرداد ماه نشان می‌دهد. افزایش کلسیم در بهار و تابستان احتمالا به‌دلیل افزایش دبی رودخانه ناشی از ذوب برف‌ها در حوضه آبریز و انحلال بیشتر کلسیم در آب می‌باشد.



شکل ۲. روند تغییرات یون کلسیم نمونه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸

منیزیم

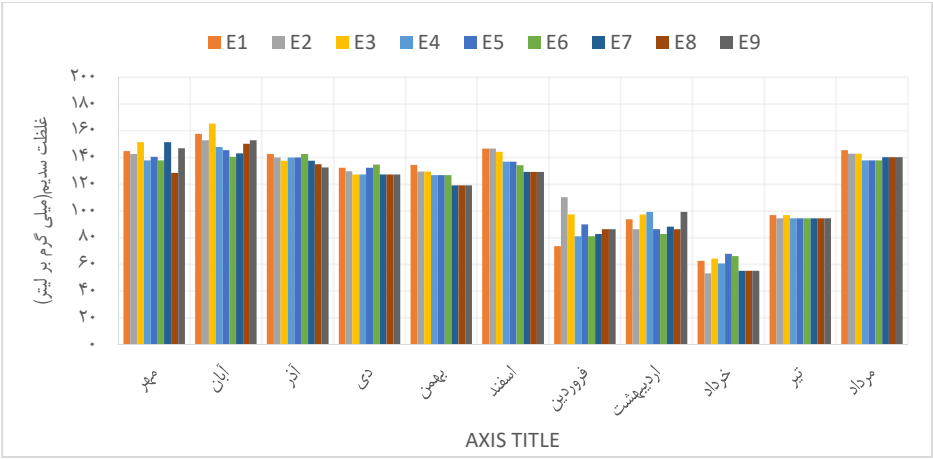
مقدار منیزیم در نمونه‌های آب مورد مطالعه رودخانه ارس بین ۳/۱۳ تا ۱۳/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. مطابق با شکل ۳، مقدار یون منیزیم در نمونه‌ها از مهر تا اسفند ماه روند افزایشی داشته و در فروردین با یک کاهش محسوس به‌طورکلی روند ثابتی را تا مرداد ماه ادامه می‌دهد. منشا تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب می‌تواند ناشی از سنگ‌ها و خاک تشکیل‌دهنده حوضه آبخیز، پساب زه‌کشی و رواناب‌های شهری باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۳. روند تغییرات یون منیزیم نمونه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸

سدیم

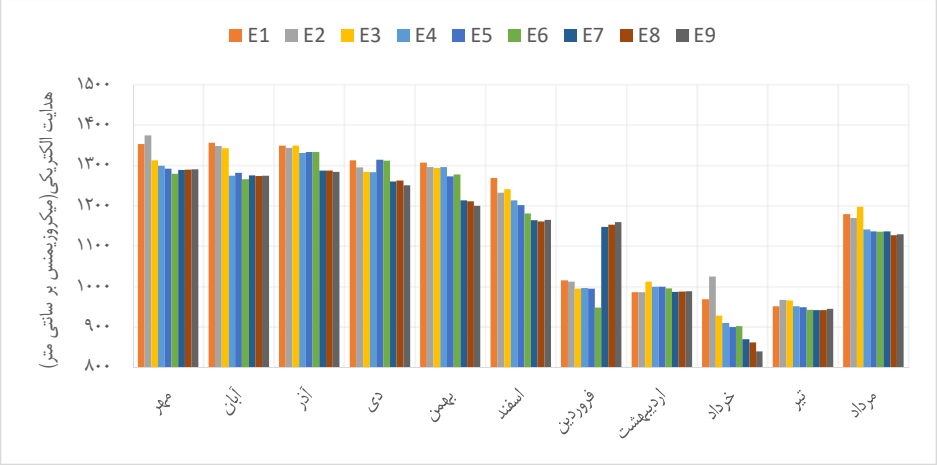
سدیم یکی دیگر از کاتیون ها بوده که جز فراوان‌ترین عنا صر در زمین می‌با شد و نمک‌های آن به‌راحتی در آب حل می‌شود. به همین دلیل همه آب‌های طبیعی حاوی مقادیری سدیم هستند. غلظت یون سدیم در نمونه‌های آب مورد مطالعه بین مقادیر ۲/۳۲ تا ۷/۱۹ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده که بیش‌ترین مقدار سدیم در مهر ماه و کم‌ترین مقدار آن در خرداد ماه ثبت شده است (شکل ۴). به‌طور کلی سدیم از مهر تا خرداد ماه روند کاهشی را نشان می‌دهد و از تیر ماه روندی افزایشی داشته است.



شکل ۴. روند تغییرات یون سدیم نمونه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸

هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی، یکی از مهم‌ترین پارامترها در تعیین کیفیت مناسب آب برای کشاورزی است و انجام آبیاری با EC بالا می‌تواند غلظت نمک خاک را افزایش دهد. بیشیه و کمینه مقادیر هدایت الکتریکی ۱۳۷۵ و ۸۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متعلق به ایستگاه‌های E۲ و E۹ بوده که دامنه تغییرات EC را نشان می‌دهد. همچنین بارندگی در میزان هدایت الکتریکی موثر بوده، چرا که به‌دلیل افزایش بارندگی در فصل بهار، مقدار EC نسبت به فصول کم‌بارش کاهش می‌یابد.



شکل ۵. تغییرات هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد مطالعه رودخانه ارس- میکروزیمنس بر سانتی‌متر

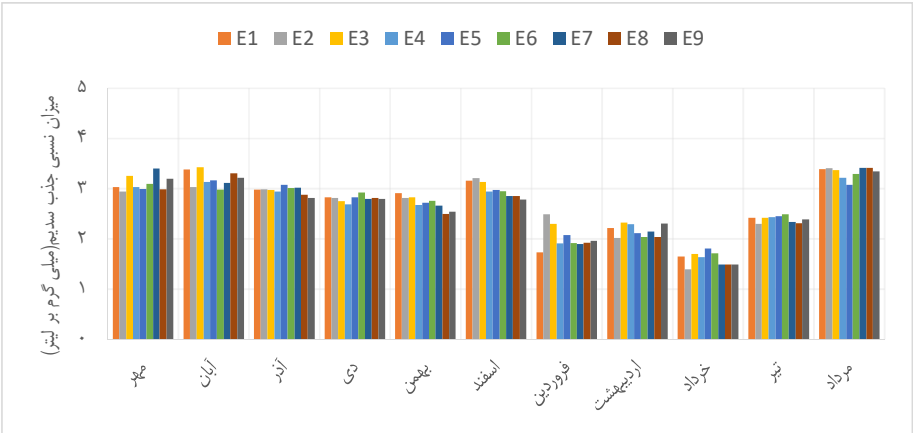
نسبت جذب سدیم

به‌منظور استانداردسازی و جایگذاری مقادیر یون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم در فرمول محاسباتی نسبت جذب سدیم، تبدیل واحد غلظت از میلی‌اکی‌والان بر لیتر (meq/L) به میلی‌گرم بر لیتر (mg/L)، براساس‌دستورالعمل‌ها آبفا (۱۳۹۴) و با تقسیم نمودن وزن یون بر باریون صورت گرفت (جدول ۸).

جدول ۸. تبدیل غلظت کاتیون‌ها از میلی‌گرم در لیتر به میلی‌اکی‌والان بر لیتر و برعکس (آبفا، ۱۳۹۴)

کاتیون‌ها	meq/L=mg/L×	mg/L=meq/L×
Ca	۰/۰۴۹۹	۲۰/۰۴
Mg	۰/۰۸۲۹	۱۲/۱۵
Na	۰/۰۴۳۵	۲۲/۹۹

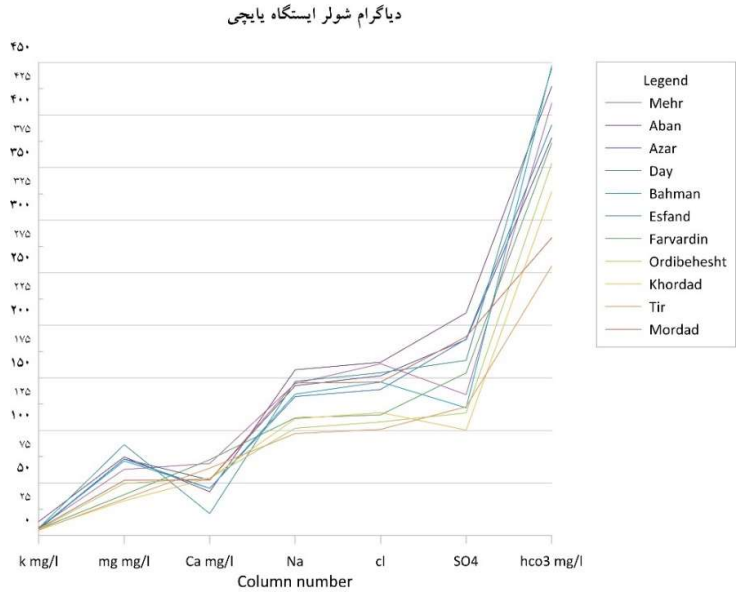
همان‌گونه که اشاره شد تغییرات غلظت سدیم و منیزیم، در تمامی نمونه‌های برداشت شده از ایستگاه‌های رودخانه ارس، طی مدت مورد مطالعه نشان داد میزان این یون‌ها در ماه‌هایی که دبی رودخانه افزایش می‌یابد، کم‌تر است. همچنین بررسی میزان کلسیم نمونه‌ها حاکی از آن بود غلظت این یون در ماه‌های انتهایی سال کاهش و در ماه‌های ابتدایی افزایش می‌یابد که البته در فروردین ماه افزایش چشمگیری داشته است. بنابراین میزان نسبی سدیم به تبعیت از پارامترهای کیفی تعیین‌کننده آن در ماه‌های پرآب سال کاهش و در ماه‌های کم‌آب میزان آن افزایش می‌یابد (شکل ۶). بیشینه و کمینه میزان سدیمی بودن نمونه‌ها مربوط به ایستگاه‌های E۳ و E۷ به‌ترتیب با میزان ۳/۴۳ و ۱/۴۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.



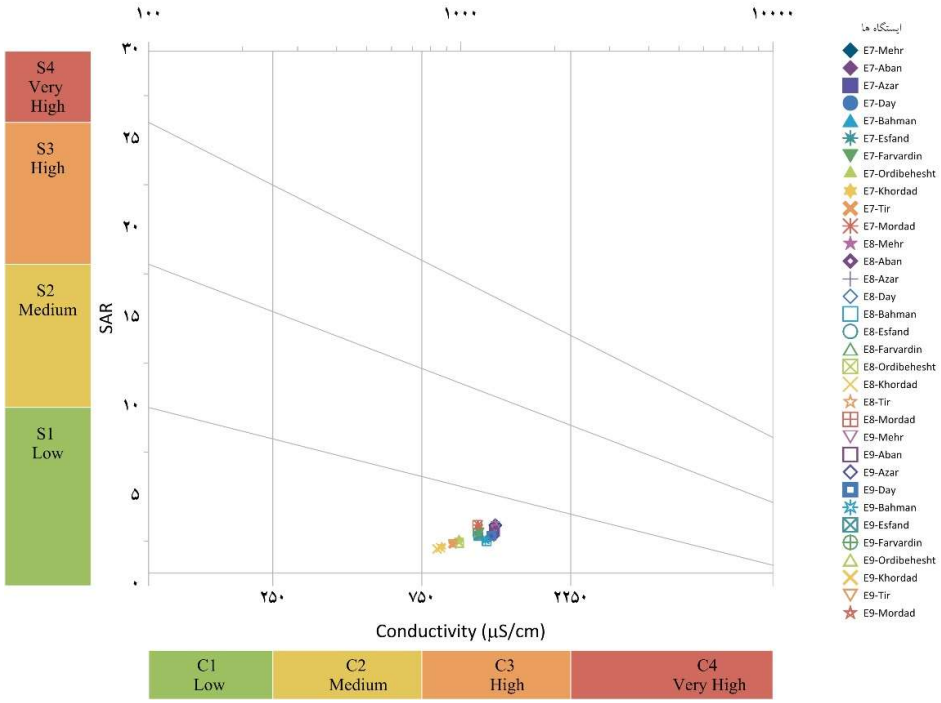
شکل ۶. تغییرات میزان نسبی سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه رودخانه ارس

طبقه‌بندی کیفیت آب

برای تولید دیاگرام‌های شولر و ویلکوکس، پارامترهای موثر نمونه‌های برداشت شده از کلیه ایستگاه‌ها به‌عنوان داده‌های ورودی نرم‌افزار Grapher مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس طبقه‌بندی شولر در تمامی ایستگاه‌ها و برای کلیه نمونه‌ها انجام و مشخص شد که کلیه نمونه‌ها در محدوده مناسب و قابل قبول قرار دارند. شکل ۷، دیاگرام شولر برای ایستگاه یایچی در بازه زمانی مورد بررسی می‌باشد. همچنین نتایج حاصله از دیاگرام ویلکوکس نشان‌دهنده شوری آب برای مصارف کشاورزی است و کلیه نمونه‌ها در محدوده C_3S_1 طبقه‌بندی ویلکوکس قرار دارند. شکل ۸ نتایج حاصل از دیاگرام ویلکوکس در ایستگاه‌های یایچی، راه آهن و هنگ مرزی، برای نمونه‌برداری در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۷. دیاگرام شولر ایستگاه یایچی در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸



شکل ۸ دیاگرام ویلکوکس برای ایستگاه‌های یایچی، راه‌آهن و هنگ مرزی در بازه زمانی مهر ماه ۱۳۹۷ تا مرداد ماه ۱۳۹۸

بحث و نتیجه‌گیری

مطابق با جدول ۶ متغیرهای آماری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها، بیش‌ترین دامنه تغییرات با انحراف از معیار ۱۵۳/۱۸ مربوط به هدایت الکتریکی (EC) می‌باشد. میزان EC با وجود بالا بودن در برخی ماه‌ها روندی رو به کاهش داشته ا ست (شکل ۵) که علت آن افزایش دبی رودخانه در ماه‌های پر آب سال می‌باشد. مقادیر pH با کم‌ترین دامنه تغییرات (انحراف از معیار ۰/۱۹) دارای ثبات نسبی در بازه ۷/۶۹ تا ۸/۵۹ بوده و در محدوده مجاز آب آبیاری و شرب قرار دارد که سایر پژوهش‌ها در این حوضه نیز چنین روندی را نشان دادند (شجاع‌جمال‌آباد و همکاران، ۱۳۹۶). بیش‌ترین مقدار pH در اسفند ماه در ایستگاه سد ارس و کم‌ترین آن متعلق به ایستگاه یامچی در تیر ماه می‌باشد. تغییرات pH در رودخانه به گونه‌ای است که به جز روند کاهشی در ماه‌های فروردین و خرداد، کم نوسان بوده که به‌نظر می‌رسد کاهش pH در این ماه‌ها به‌دلیل افزایش CO_2 می‌باشد که می‌تواند در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد.

نتایج آزمون همبستگی پیر سون (جدول ۷) نشان داد بین TDS و هدایت الکتریکی همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد که تحقیقات صفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) نیز چنین رابطه‌ای را نشان داده بود. مقادیر بالای این دو پارامتر علاوه بر تاثیر منفی بر مصارف کشاورزی، به لحاظ خورندگی در کاربری صنعت و همچنین در کاهش قدرت یونیزاسیون آب نیز حایز اهمیت می‌باشند. همبستگی عناصر سدیم و کلر با TDS به‌ترتیب ۰/۸۹۹ و۰/۹۳۵ بوده که می‌تواند نشان از انحلال هالیت[1] (کلریدسدیم) در آب رودخانه ارس باشد که با پژوهش روزرخ و همکاران (۱۳۹۶) در محدوده مطالعاتی دشت هرزندات و مطالعات سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) در محدوده مطالعاتی رودخانه ارس مطابقت دارد.

طبقه‌بندی کیفیت آب نمودار شولر نشان داد رودخانه ارس در ۹ ایستگاه انتخابی در بازه زمانی مورد مطالعه و به صورت نقطه‌ای در حالت پایه دارای شرایط قابل‌قبولی به لحاظ شرب می‌باشد، اما به‌دلیل عدم لحاظ برخی عناصر آلاینده در دیاگرام شولر، ضروری است که آب رودخانه توسط شاخص‌های کیفی دیگری نظیر WQI و استاندارد ملی ایران مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد، چرا که آلودگی عناصری چون نیترات و فلزات سنگین از جمله آلودگی های مهم در آب شرب بوده و رود خانه ارس به‌دلیل موقعیت مرزی آن می‌بایست مورد پایش مداوم و مستمر قرار گیرد.

بی‌کربنات یک پارامتر مهم در کاربری کشاورزی بوده و دلیل رسوب کلسیم و منیزیم در خاک و آب است، زیرا رسوب آنها باعث افزایش SAR و تشدید مشکل سدیم می‌شود (Goodarzi *et al*., 2023). SAR از متغیرهای موثر در آب آبیاری بوده و مقدار محاسبه شده آن برای تمامی نمونه‌ها بین ۱/۴۹ تا ۳/۴۳ و متوسط آن ۲/۶۶ می‌باشد که در طبقه‌بندی سدیمی بودن، در دسته S_1 (مناسب) قرار می‌گیرند. بنابراین رودخانه ارس با خطر قلیائیت بسیار کمی روبه‌رو است که در نتیجه تعادل نسبی بین یون سدیم با کلسیم و منیزیم است.

اما نتایج دیاگرام ویلکوکس بیشتر تحت تاثیر هدایت الکتریکی نمونه‌ها بوده که به‌دلیل مقدار بالای آن (بین ۸۴۰ تا ۱۳۷۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) می‌باشد. بیش‌ترین دامنه تغییرات زمانی و مکانی در بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها، بر اساس جدول ۲ و شکل ۵، مربوط به هدایت الکتریکی بوده که از این لحاظ آب رودخانه ارس در محدوده مطالعاتی در رده آب‌های با شوری زیاد (بین ۷۵۰ تا ۲۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) قرار دارد. همچنین بر ا ساس این دیاگرام تمامی نمونه‌های مورد برر سی در این پژوهش در رده کیفی C_3S_1 قرار دارند که در طبقه‌بندی ویلکوکس جز آب‌های شور (کیفیت متو سط) به شمار می‌آیند. به‌دلیل تغییرات سطح آلاینده‌ها در بازه‌های زمانی مختلف علت اصلی قلیائیت این آب‌ها را می‌توان ناشی از جنس سنگ‌ها و خاک حوضه آبخیز و ورود پساب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی به حریم رودخانه و همچنین رواناب‌های سطحی بر شمرد. آب‌هایی که در رده کیفی C_3S_1 قرار می‌گیرند، دارای کیفیت متوسط بوده و تنها برای آبیاری زمین‌های در شت‌بافت و با زهک شی خوب، مناسب می‌باشند زیرا خاصیت تجمعی شوری در خاک به زمین‌های زراعی و محصولات آسیب می‌زند، در چنین شرایطی اضافه نمودن مواد آلی به زمین، اثر مهمی در جلوگیری از تخریب خاک خواهد داشت. بنابراین باید تمهیدات لازم در استفاده از این آب‌ها به‌عمل آورده و به صورت مداوم مورد ارزیابی قرار گیرند که این امر بیانگر

[1] Halite

ضرورت پایش کیفی آب‌های سطحی به‌ویژه رودخانه مرزی و با اهمیت ارس می‌باشد.

همچنین این پژوهش نشان داد این رودخانه در ماه‌هایی از سال که دارای دبی عبوری کم‌تری می‌باشد، بیش‌تر تحت تاثیر عوامل آلاینده و املاح محلول قرار دارد که احتمالا ناشی از زهاب‌های کشاورزی اراضی بالادست می‌باشد که مطالعه سلطانی و همکاران (۱۳۹۸) نیز این روند را نشان داده بود. بنابراین می‌بایست در این بازه‌های زمانی کنترل و نظارت بیش‌تری بر استفاده از این آب‌ها صورت گیرد. به‌نظر می‌رسد پایش مستمر کیفی منابع آب‌های سطحی می‌تواند نقش به‌سزایی در تامین اهداف کشاورزی پایدار ایفا نماید، اما نکته مهمی که باید مد نظر قرار گیرد آن است که پایش کیفی مستمر و مداوم زمانی حایز اهمیت خواهد بود که اقدامات موثری در جهت بهبود کیفی نتایج حاصله از پایش‌های پیشین صورت پذیرفته باشد، در غیر این‌صورت علاوه بر ناکارآمد بودن، اتلاف منابع را در پی خواهد دا شت. هر چند نتایج این پژوهش نشان داد کیفیت آب چندان هم برای کشاورزی نامناسب نمی‌باشد، لیکن ممکن است همین نمونه‌ها به لحاظ کیفی و با به‌کارگیری شاخص‌های دیگر جهت کاربری‌های خاص مناسب یا نامناسب باشند.

منابع

آبفا (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور). (۱۳۹۴) دستورالعمل روش‌های کنترل کیفیت آزمون‌های شیمی آب، قسمت پنجم، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، صفحه ۸.

پورخباز، ح.، اقدر، ح. و محمدیاری، ف. (۱۳۹۶) پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس، مطالعه موردی دشت قزوین. فضای جغرافیایی، ۱۷(۵۸): ۱۱۱-۱۲۹.

حسن‌نیا، ا.، سلیمانی‌بابرصاد، م.، صفائی، ع. و کرکنی، ک. (۱۴۰۰) طبقه‌بندی کیفی آب جهت مصارف شرب، کشاورزی، صنعت، مطالعه موردی: رودخانه دز در محدوده مطالعاتی دزفول- اندیمشک. فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب، ۸(۲۱): ۱۹-۲۸.

دادخواه‌تهرانی، م.، کریمی‌درمیان، س.، مریدی، ع. و خلیلی، ر. (۱۴۰۲) ارزیابی کیفیت آب رودخانه چالوس بر اساس شاخص‌های کیفی IRWQIsc و NSFWQI. مطالعات علوم محیط زیست، ۸(۳): ۷۰۶۴-۷۰۷۲.

روزرخ، ج.، اصغری‌مقدم، ا. و ندیری، ع. (۱۳۹۶) بررسی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی و طبقه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت هرزندات برای مصارف مختلف با استفاده از روش‌های هیدروشیمیایی. نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(ویژه نامه شماره ۵): ۷۷-۹۲.

سرائی‌تبریزی، م.، کاردان‌مقدم، ح. و کرمی، ف. (۱۴۰۰) ارزیابی کیفیت آلودگی چشمه کارستی مبتنی بر سیمای بهره‌برداری و عوارض طبیعی، مطالعه موردی در محدوده مطالعاتی عجب شیر. محیط زیست و مهندسی آب، ۷(۱): ۸-۱۰۲.

سلطانی، ش.، قهرودی‌تالی، م. و صدوق، س. (۱۳۹۸) ارزیابی پارامترهای کیفیت آب سطحی با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره، مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه ارس. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۲): ۳۱۹-۳۲۸.

شجاع‌جمال‌آباد، م.، یارقلی، ب. و برقعی، م. (۱۳۹۶) شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌های فیزیکی کیفیت آب در حوضه رودخانه ارس. نشریه دانشجویی زیست‌سپهر، ۱۲(۱): ۱۸-۲۶.

صالحی، س.، اسماعیلی، ع. و فردهای، ه. (۱۴۰۱) تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از یک سیستم GIS-AHP مبنا و مقایسه آن با دیاگرام ویلکوکس، مطالعه موردی د شت رفسنجان. نشریه مهند سی عمران امیرکبیر، ۵۴(۱): ۱۶-۱۶.

صفی‌زاده، ا.، کریمی، د.، غفارزاده، ح. و پورهاشمی، س. (۱۳۹۹) جنبه های محیط زیستی آلودگی های محیطی رودخانه ارس. نشریه تحقیقات جغرافیایی، ۳۵(۲): ۱۶۷-۱۷۶.

طهماسبی‌پور، ن.، ارشیا، آ.، محمودی، ز. و راستین، س. (۱۳۹۶) بررسی عوامل موثر بر آلودگی رودخانه خرم‌آباد، شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، اردبیل. قابل دسترس در: https://civilica.com/doc/727498/

ماه‌رویان، ف.، تقوی، ل.، سرائی‌تبریزی، م. و بابازاده، ح. (۱۳۹۹) ارزیابی کیفیت آب رودخانه استان قزوین با استفاده از شاخص NSFWQI جهت طبقه‌بندی کیفی

آب، اکوبیولوژی تالاب (تالاب)، دانشـــگاه آزاد اســـلامی واحد اهواز، ۱۲(۴۳): ۹۹-۱۱۲.

Dhaouadi, L., Besser, H., Karbout, N., Vassar, F. and Al Omrane, A.R. (2021) Assessment of natural resources in tunisian Oases: Degradation of irrigation water quality and continued overexploitation of groundwater. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 6(2021): 1-13.

Ewaid, S. (2018) Irrigation water quality of Al-Gharraf Canal, south of Iraq. Journal of Physics: Conference Series, 1003(1): 2006.

FAO. (2011) The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)- managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 285p.

Goodarzi, M.R., Niknam, A.R.R., Barzkar, A., Niazkar, M., Zare Mehrjerdi, Y., Abedi, M.J. and Heydari Pour, M. (2023) Water quality index estimations using machine learning algorithms: A case study of Yazd-Ardakan Plain, Iran. Journal of Water, 15(10): 1876.

Gupta, N., Pandey, P. and Hussain, J. (2017) Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India. Water Science, 31(1): 11-23.

Esmaeilzadeh Hanjani, A., Sarai Tabrizi, M. and Babazadeh, H. (2023) Dissolved oxygen concentration and eutrophication evaluation in Yamchi dam reservoir, Ardabil, Iran. Applied Water Science, 13(1): 9-9.

Rice, E.W., Bridgewater, L. and American Public Health Association. (2012) Standard methods for the examination of water and wastewater, Vol. 10 (Eds.), Washington DC: American public health association, 1545p.

Saadali, B., Derradji, E.F., Hamad, A., Zerrouki, H., Khiari, A. and Brahmi, S. (2022) Water quality assessment by using contamination index (CI) and Institute of Hygiene and Epidemiology (IHE) methods in the Wetlands Complex of El Kala, extreme northeastern Algeria. Arabian Journal of Geosciences, 15(2022): 1-10.

Schoeller, H. (1967) Qualitative evaluation of ground water resources. Water Research Series, UNESCO-33: 44-52.

UNESCO. (2021) The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water, United Nations, pp. 67-78.

Vahith, R.A., Mahadir, A.M., Sajitha, I., Sirajudeen, J., Ahamath, J.M. and Abuthahir, S.S. (2023) Evaluation of groundwater quality in and around Ramanathapuram district, Tamil Nadu, India by using hydrogeochemical facies analysis and Wilcox diagram. European Journal of Molecular & Clinical Medicine, 10(01): 2681-2689.

Wilcox, L.V. (1955) Classification and use of irrigation waters. United States department of agriculture Circular 969, Washington DC, 367p.

Qualitative study of surface water sources to achieve sustainable agriculture and natural resources (case study: Aras Border river)

Milad Tabatabaei Hashemi[1], Mahdi Sarai Tabrizi[2]*, and Hossein Babazadeh[3]

1) M.Sc. Student, Water Resources, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: m.sarai@srbiau.ac.ir
3) Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2023/05/01 Date of Acceptance: 2023/08/28

Abstract

Since the agricultural sector is the main consumer of water in the country, achieving sustainable agriculture without considering environmental issues may lead to risks in the long term, therefore, the quantity and quality of surface water is so important in agriculture. This research has investigated the Ares River catchment area with the aim of qualitative monitoring of surface water resources to achieve sustainable agriculture and natural resources. More than 100 collected samples from 9 stations of Aras River between Yaichi village in Azerbaijan and near Aras Dam from October 2017 to August 2018 have been investigated, classified, and evaluated using the Wilcox agricultural water quality index and Grapher software. The results of this research showed that the samples in Schuler's diagram were within the acceptable range but for drinking, other effective elements should also be investigated. The lowest amount of sodium absorption ratio was in June (1.40 mg/L) and the highest amount was in November (3.43 mg/L). Also, the electrical conductivity of water was the lowest value in June (840 µs/cm) and the highest value in October (1375 µs/cm). According to the Wilcox diagram, all the samples were in the qualitative range of C_3S_1 and they are considered saltwater. Despite the high level of salinity in the samples of this river, there was no significant difference in the qualitative trends of the stations during the investigated period for agricultural use, but the necessary measures should be taken in using these waters.

Keywords: Aras river, Grapher, Water quality indicators, Wilcox diagram.