

مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه سردآبرود مازندران با استفاده از شاخص کیفیت آب

فهیمه خادم‌پور^۱، نسرين سياري^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۱/۰۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۶/۰۵)

چکیده

رودخانه‌ها جزء کوچکی از آب‌های جاری جهان هستند و به‌عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصرف در کشاورزی، شرب و صنعت مطرح‌اند. هدف از این پژوهش بررسی کیفیت آب سه ایستگاه (زوات، والت و رودبارک) واقع در حوضه رودخانه سردآبرود استان مازندران طی سال‌های آبی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۴، با استفاده از شاخص کیفیت آب (CWQI) و همچنین نرم‌افزار Aquachem است. در این پژوهش برای محاسبه شاخص از پارامترهایی نظیر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، کلراید، سولفات، هدایت الکتریکی و اسیدیته استفاده شد. با توجه به نتایج پژوهش، ایستگاه زوات برای مصرف شرب در رتبه نسبتاً خوب و برای مصرف آبیاری و احشام در رتبه عالی و در همه مصارف دو ایستگاه والت و رودبارک در رتبه بد قرار داشتند. همه ایستگاه‌های رودخانه سردآبرود برای مصرف آب در آبی‌پروری و تفریح و سرگرمی در شرایط بد قرار داشته و تقریباً در همه موارد به تصفیه نیاز داشتند. با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت‌گرفته، بهترین و بدترین کیفیت آب به ترتیب مربوط به ایستگاه زوات، والت و رودبارک بود. همچنین، تیپ و رخساره آب در این رودخانه با استفاده از نرم‌افزار Aquachem تیپ بی‌کربنات-سدیمی تشخیص داده شد.

کلیدواژگان: پارامترهای کیفی آب، رودخانه سردآبرود، CWQI.

مقدمه

رودخانه‌ها از منابع اساسی تأمین آب هستند. از این‌رو، حفظ کیفیت این منابع با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی از وظایف مهم در حیطه محیط زیست است و اطلاع از چگونگی کیفیت آب رودخانه‌ها ضروری به نظر می‌رسد [۱]. امروزه، کمبود منابع آب با کیفیت مناسب در بخش کشاورزی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از موضوع‌های اساسی بحث‌شده است [۲]. با توجه به قوانین زیست‌محیطی و مسائل موجود در زمینه آلودگی و کیفیت منابع آب، لزوم توجه به کیفیت منابع آب اهمیت زیادی پیدا کرده است. رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله و جریان آب‌های سطحی سبب گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب در دسترس شده است [۳]. به‌طور کلی، کیفیت آب در اکوسیستم‌های آبی با پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بررسی و شناخت نقاط آلوده و آلاینده‌های موجود، سبب استفاده بهینه و مناسب از آب در مصارف مختلف می‌شود [۴]. یکی از روش‌های بسیار ساده و بدون پیچیدگی‌های ریاضی و آماری که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو کند و به عنوان یک ابزار پیشرفته قوی برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به آن استفاده شود، استفاده از شاخص کیفی آب است [۵]. با توجه به اهمیت آب و مسائل مربوط به آن، شمار زیادی از شاخص‌های زیست‌محیطی طی سال‌های گذشته توسط سازمان‌ها و مؤسسه‌های مختلف، اعم از دولتی و یا خصوصی پیشنهاد شده‌اند. به‌طوری که در دهه آخر قرن بیستم علاقه‌مندان زیادی در زمینه ایجاد و یا بهبود شاخص‌های کنترل کیفی آب براساس شرایط موجود مطالعاتی انجام داده‌اند. یکی از روش‌هایی که سبب بهبود شاخص‌های قدیمی می‌شود، مقایسه این شاخص‌ها با یکدیگر است. در این میان اولین مقایسه بین شاخص‌های کیفی آب توسط آت^۱ در سال ۱۹۷۱ انجام شد [۶]. شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را طی مکان و زمان نشان می‌دهند. به کمک شاخص‌های کیفی می‌توان مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر تهدید می‌شوند، مشخص و منابع آبی را مدیریت کرد.

دو گروه شاخص وجود دارد: گروه نخست شاخص‌های آلودگی نظیر BCWQI^۲ هستند که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آنها نیز افزایش می‌یابد و گروه دوم شاخص‌های کیفی آلودگی، نظیر CWQI^۳ هستند که عدد شاخص آنها با افزایش آلودگی کاهش می‌یابد و با نام شاخص کیفی شناخته می‌شوند [۴]. در زمینه بررسی کیفیت آب با استفاده از شاخص‌ها مطالعات بسیاری در ایران و سایر کشورهای جهان صورت گرفته است که در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

صادقی و همکارانش [۷] در تحقیقی برای بررسی کیفیت آب رودخانه زرین‌گل استان گلستان در فصول تابستان و پاییز و تأثیر زه‌آب‌های کشاورزی بر آن از شاخص کیفی مؤسسه ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI)^۴ و شاخص ساده مدیریتی (WQI)^۵ با به‌کارگیری نه پارامتر کیفی آب نظیر اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)^۶، اسیدیته، دما، فسفر، نترات، کدورت و جامدات کل استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه براساس شاخص NSFQI نشان داد کیفیت آب رودخانه در حد متوسط است، اما زه‌آب‌های کشاورزی کیفیت بدی داشتند که دلیل قرارگیری کیفیت آب در طبقه متوسط را می‌توان مقدار تقریباً زیاد مواد مغذی به‌ویژه نیتريت و وجود کلیفرم گرم‌پای زه‌آب‌های کشاورزی و فعالیت‌های تفرجی در بالادست ایستگاه پایش دانست. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده از شاخص WQI، نشان داد این شاخص برای همه ایستگاه‌های مطالعه‌شده در محدوده ۵۴-۶۱ قرار داشت. این شاخص برای زه‌آب‌های کشاورزی در محدوده ۳۷-۴۵ بود که براساس طبقه‌بندی کیفیت آن بد محاسبه شد. شمس خرم‌آبادی و همکارانش [۸] در تحقیقی پارامترهای کیفی آب نظیر اسیدیته، اکسیژن محلول، کل جامدات، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، کدورت، دما، فسفات، نترات و کلیفرم مدفوعی را در شش ایستگاه از رودخانه خرم‌رود خرم‌آباد به مدت شش ماه از سال ۱۳۹۱ اندازه‌گیری کردند و با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFQI به ارزیابی کیفیت آب پرداختند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، بیشترین کیفیت آب در

2. British Columbia Water Quality Index
3. Canadian Water Quality Index
4. National Sanitation Foundation Water Quality Index
5. Water Quality Index
6. Biological Oxygen Demand

1. Ott

کیفی کانادا (CWQI) با کاربرد ۲۲ پارامتر اصلی استفاده کردند. آنها با استفاده از نقشه پهنه‌بندی دریاچه زریوار نشان دادند آب این دریاچه با توجه به شاخص NSFQI، در محدوده کیفی متوسط و از نظر شاخص OWQI، در محدوده بسیار بد قرار می‌گیرد. آنها همچنین نشان دادند کیفیت آب دریاچه از نظر شاخص CWQI برای آشمیدن خوب، برای آبیان بد و برای تفریح، آبیاری و استفاده احشام عالی است. میرمشتاقی و همکارانش [۱۲] در مطالعه‌ای کیفیت آب رودخانه سفیدرود استان گیلان را با شاخص NSFQI بررسی کردند و آن را با استانداردهای کیفیت آب آشمیدنی و آبیاری در ماه‌های زمستان ۱۳۸۹ و بهار و تابستان ۱۳۹۰، در پنج ایستگاه اندازه‌گیری و آزمایش کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد بیشترین شاخص NSFQI را ایستگاه سد منجیل و کمترین مقدار شاخص را ایستگاه سد تاریک داشت. همچنین، ایستگاه‌های سد سنگر، پل آستانه، وضعیت بد و ایستگاه سد منجیل و سد تاریک وضعیت متوسط را از نظر کیفیت آب آشمیدنی نشان دادند.

سینگ و کانت کمال [۱۳] در تحقیقی شاخص‌های کیفیت آب در منطقه گویا هند را ارزیابی کردند. کیفیت آب‌های سطحی با آزمایش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مختلف مانند اسیدیته، مجموع مواد جامد محلول (TDS)، مجموع سختی (TH)، کل معلق (TSS)، کلسیم، منیزیم، کلرید، نیترات، سولفات، اکسیژن محلول و نیاز بیوشیمیایی به اکسیژن (BOD) بررسی شد. برای همه نمونه‌ها BOD در محدوده ۳۴ تا ۱۰۷ بود و بیشترین مقدار WQI طی فصل باران‌های موسمی مشاهده شد در حالی که کمترین مقدار آن طی فصل بعد از باران‌های موسمی بود. بسیاری از نمونه‌های آب در منطقه مطالعه‌شده در دسته‌بندی‌های خوب تا متوسط قرار داشتند. آزالینا نور و همکارانش [۱۴] کیفیت آب رودخانه سالک واقع در مالزی را با استفاده از شاخص WQI بررسی کردند. نتایج پژوهش‌های آنها نشان‌دهنده مقدار کم اکسیژن محلول و مقادیر زیاد اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و سرب بود که بر اساس نتایج، آب رودخانه یادشده طبق شاخص WQI در دسته آب‌های آلوده طبقه‌بندی شد.

متأسفانه امروزه به‌علت وجود منابع متعدد آلوده‌کننده آب، از کیفیت آب رودخانه‌ها کاسته شده است. بنابراین، باید قبل از استفاده از آب در مصارف مختلف، کیفیت آن بررسی شود. با توجه به اینکه در اطراف رودخانه سردآبرود منابع

ایستگاه سرچشمه رودخانه خرم‌رود و بالاتر از روستای رباط کریم (ایستگاه ۱) با میزان عددی شاخص (NSFWQI) معادل ۸۲ (آب‌های با کیفیت خوب) در مردادماه و آبان‌ماه و بدترین کیفیت آب در ایستگاه پایین‌تر از فرودگاه خرم‌آباد (ایستگاه ۶) با میزان عددی شاخص (NSFWQI) معادل ۴۲ (آب‌های با کیفیت بد) در شهریورماه و آبان‌ماه گزارش شد. از ایستگاه نخست به سمت ایستگاه‌های آخر آلودگی آب بیشتر است و از کیفیت آن کاسته می‌شود. فتائی و همکارانش [۹] کیفیت آب رودخانه بلخی در استان اردبیل طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۸ را با استفاده از دو شاخص WQI و شاخص کیفی کانادا (CWQI) بررسی و مطالعه کردند. نتایج به‌دست‌آمده از شاخص CWQI نشان داد کیفیت آب رودخانه برای تفریح، کشاورزی و احشام در همه ایستگاه‌ها در رده عالی قرار می‌گیرد. آنها همچنین نشان دادند WQI، شاخص کلی برای ارزیابی کیفیت آب است در حالی که CWQI یک شاخص مناسب به‌منظور تعیین کیفیت آب برای کاربردهای مختلف نظیر شرب، آبیاری و استفاده برای آبیان است و به طور کلی اطلاعات دقیق‌تر و مناسب‌تری در اختیار کاربر قرار می‌دهد. سیاری و همکارانش [۱۰] با بررسی کیفی آب رودخانه کارون و سد دز با استفاده از شاخص CWQI نشان دادند کیفیت آب در این رودخانه به طور کلی برای شرب در رده متوسط، آبیان در رده نسبتاً خوب، تفریح در رده خوب، آبیاری در رده عالی و استفاده احشام در رده ضعیف قرار دارد. آنالیز حساسیت نیز نشان داد با دو برابر شدن کدورت، تغییر چندانی در نتایج به‌وجود نمی‌آید. صداقت و همکارانش [۱۱] وضعیت کیفی آب رودخانه تجن را با استفاده از شاخص کیفی آب کانادا مطالعه کردند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شاخص آب این رودخانه از نظر مصارف احشام و تفریح و سرگرمی در کلیه ایستگاه‌ها در رده عالی قرار داشت و از نظر کشاورزی ایستگاه علی‌آباد در بالادست رودخانه تجن بهترین حالت را داشت و ایستگاه کردخیل به عنوان انتهای مسیر جریان که در رودخانه نزدیک به دریا است در رده متوسط قرار داشت. ابراهیم‌پور و محمدزاده [۴] در تحقیقی برای بررسی کیفیت آب دریاچه تالابی زریوار (زریبار) در استان کردستان از شاخص NSFQI با به‌کارگیری نه پارامتر کیفی، شاخص اورگان^۱ با استفاده از هشت پارامتر و شاخص

۳۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. منطقه حفاظت‌شده رودخانه سردآبرود در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۰۲ دقیقه طول شرقی در استان مازندران واقع است. سرچشمه سردآبرود در بلندترین کوه‌های منطقه البرز مرکزی مانند تخت سلیمان، علم کوه، سیاه‌کمان، رسم بنیشت و خراسان قرار دارد. رودخانه سردآبرود که یکی از رودهای حفاظت‌شده دریای مازندران محسوب می‌شود، به دلیل مصارف شرب، کشاورزی و آبی‌پروری اهمیت دارد. در این پژوهش از داده‌های ماهانه سال‌های آبی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. ایستگاه‌های مطالعه‌شده روی رودخانه سردآبرود شامل رودبارک، زوات و والت هستند که مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده است. پارامترهای مطالعه‌شده در این پژوهش کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، کلراید، سولفات، هدایت الکتریکی و اسیدیته هستند.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مطالعه‌شده

شماره ایستگاه	ایستگاه	رودخانه	ارتفاع از سطح دریا (m)	طول	عرض
۱	کلاردشت- رودبارک	سردآبرود	۱۳۸۰	۳۶-۲۸-۵	۳۶-۲۸-۵
۲	زوات	سردآبرود	۲۳	۵۱-۲۱-۵	۳۶-۳۸-۴
۳	والت	سردآبرود	۹۷۵	۵۱-۱۲-۴	۳۶-۳۲-۳

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده

استان مازندران با حدود ۲۴ هزار کیلومتر مربع مساحت بین ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و

روش‌های استفاده‌شده

شاخص WQI ابزاری ریاضی و آماری برای تبدیل مقادیر کمی تعداد زیادی از داده‌های کیفی آب به یک عدد است که ابزاری ساده و قابل فهم را در اختیار کارشناسان برای اطلاع از کیفیت آب و به‌کارگیری تصمیم برای کاربری‌های مجاز از آب قرار می‌دهد. شاخص‌های تدوین‌شده انواع مختلفی دارند که براساس روش‌شناسی خاص هر منطقه و استاندارد موجود در آن تهیه شده‌اند که برای نمونه می‌توان به شاخص‌های WQI، OWQI، NSFQI و غیره اشاره کرد. در این پژوهش از مدل CWQI1.0 استفاده شد.

شاخص کیفیت CWQI

شاخص کیفی آب CWQI توسط محیط زیست بریتیش کلمبیای کانادا در سال ۱۹۹۰ طراحی شده و از شاخص‌های مهم و مفید برای ارزیابی آب‌های سطحی برای حفاظت از زندگی آبزیان و مصرف‌کنندگان آب است. این شاخص با توجه به پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز،

پهنه آبی را از نظر کیفی برای آشامیدن، کشاورزی، آبزیان و استفاده احشام بررسی می‌کند. شایان یادآوری است که در این روش محدودیت پارامتر وجود ندارد و هر چه تعداد پارامترها بیشتر باشد، دقت ارزیابی بیشتر خواهد شد. ۳۸ پارامتر ورودی برای اجرای این مدل وجود دارد که عبارت‌اند از: پتاسیم، قلیائیت، کلسیم، سدیم، منیزیم، جیوه، لیتیم، منگنز، مولیبدنیوم، نیکل، سرب، سلنیوم، استرانتیوم، وانادیوم، نیتروژن، سیلیکا، آلومینیوم، آرسنیک، باریوم، برلیوم، کادمیوم، کبالت، کرومیوم، مس، فسفر، روی، آهن، سولفات، کلراید، فلوراید، نیتريت، کدورت، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، کربن آلی محلول^۱، اسیدیته، دما، رنگ (گزارش فنی شاخص کیفیت آب کانادا، [۱۵]). شاخص CWQI با عددی بین صفر تا ۱۰۰ بیان می‌شود. هر اندازه مقدار این شاخص بیشتر باشد، کیفیت آب آزمایش‌شده بهتر است. محاسبه سه فاکتور مؤثر (فاکتورهای F₁، F₂ و F₃) در محاسبه شاخص کیفیت آب کانادا انجام می‌شود.

1. Dissolved Organic Carbon

مرحله دوم: مقدار تجمعی آزمایش‌ها که تابع ندارد، از جمع کردن انحراف‌های آزمایش‌های مجزای مشاهدات تقسیم بر کل آزمایش‌ها محاسبه می‌شوند. این متغیرها به مجموع انحراف‌های نرمال شده معروف بوده و در معادله ۵ نشان داده شده است.

$$F_1 = \frac{\text{مجموع کل انحرافات}}{\text{تعداد دفعات اندازه‌گیری شده}} - 1 \quad (5)$$

مرحله سوم: پس از انجام مراحل یادشده، فاکتور F_3 که محدوده‌ای از صفر تا ۱۰۰ دارد، با استفاده از معادله ۶ محاسبه می‌شود:

$$F_3 = \frac{\text{میانگین تخطی}}{0.01(\text{میانگین تخطی}) + 0.01} \quad (6)$$

در نهایت، هنگامی که فاکتورهای F_1 و F_2 و F_3 محاسبه شدند، می‌توان شاخص کیفیت آب کانادا را از معادله ۷ به‌دست آورد (گزارش فنی شاخص کیفیت آب کانادا، ۲۰۰۱). همچنین، طبقه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص کیفی کانادا در جدول ۲ نشان داده شده است.

$$CWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1/732} \right) \quad (7)$$

فاکتور F_1 (درصد پارامترهای رد شده به درصد کل پارامترهای اندازه‌گیری شده) $\times 100$ (معادله ۱):

$$F_1 = \frac{\text{درصد پارامترهای رد شده}}{\text{درصد کل پارامترهای اندازه‌گیری شده}} \times 100 \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{\text{درصد آزمایش‌های رد شده}}{\text{درصد کل آزمایش‌ها}} \times 100 \quad (2)$$

در معادلات یادشده فاکتور F_2 (فراوانی) درصد آزمایش‌های منفردی را نشان می‌دهد که با مشاهدات تطابق ندارد (معادله ۲):

F_3 (بزرگی): تعداد آزمایش‌های رد شده‌ای را نشان می‌دهد که با مشاهدات تطابق ندارد. فاکتور F_3 را می‌توان براساس مراحل زیر محاسبه کرد.

مرحله اول: محاسبه میزان انحراف مقادیر رد شده با استاندارد در مواقعی که مقادیر شاخص نباید از مقدار استاندارد تجاوز کند:

$$F_3 = 1 - \frac{\text{مقدار تست رد شده}}{\text{مقدار استاندارد}} = \text{انحراف پارامتر مد نظر} \quad (3)$$

در غیر این صورت (مقادیر شاخص نباید از مقدار استاندارد کمتر باشد):

$$F_3 = 1 - \frac{\text{مقدار استاندارد}}{\text{مقدار تست رد شده}} = \text{انحراف پارامتر مد نظر} \quad (4)$$

جدول ۲. طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص کیفیت آب کانادا

شرح	رتبه‌بندی	محدوده شاخص کیفی کانادا (CWQI)
بدون نیاز به تصفیه	عالی	۱۰۰-۹۵
نیاز به تصفیه خیلی کم	خوب	۹۴-۸۰
نیاز به تصفیه دارد	نسبتاً خوب	۷۹-۶۵
نیاز به تصفیه فراوان	مرزی	۶۴-۴۵
تقریباً در همه موارد نیاز به تصفیه داشته و در حد خطرناک قرار دارد	بد	۴۴-۰

شیمیایی آب رودخانه سردآبرود، برای تعیین تیپ و رخساره آن به وسیله نرم‌افزار Aquachem استفاده شده‌اند. برای تعیین تیپ آب نمودارهایی مانند پایپر^۱، شولر^۲ ترسیم شدند که در ادامه به توضیح آنها پرداخته شده است. نمودار پایپر از بهترین نمودارهای ترسیمی برای تعیین تیپ و رخساره آب است. این نمودار تعداد زیادی نمونه را در یک دیاگرام نشان می‌دهد. براساس نمودار پایپر هشت رخساره شیمیایی نظیر کلسیم-منیزیم-بی‌کربنات^۳ و سدیم-بی‌کربنات قابل تشخیص است.

تعیین تیپ آب رودخانه سردآبرود

به‌منظور بررسی وضعیت آب شرب از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از روش‌های متداول در دهه‌های اخیر، استفاده از نرم‌افزارهای داده‌پرداز در این زمینه است. از جمله این نرم‌افزارها، برنامه تحلیلی مانند نرم‌افزار Aquachem است که در زمینه تعیین کیفیت آب با ارائه انواع دیاگرام‌های کیفی و نقشه‌های تحلیلی، بخش عظیمی از اطلاعات را دریافت می‌کند و یک خروجی گرافیکی را ارائه می‌دهد که به‌راحتی برای اهداف مختلف تعیین کیفیت آب قابل تحلیل و نتیجه‌گیری است. کاتیون‌ها و آنیون‌های به‌دست‌آمده از آنالیز

1. Piper
2. Schoeller
3. Ca-Mg-HCO₃

جدول ۳، نتایج به دست آمده از نرم افزار CWQI برای تعیین شرایط کیفی آب در ایستگاه های نامبرده ارائه شده است. طبق نتایج به دست آمده، ایستگاه زوات برای مصرف شرب در رتبه نسبتاً خوب بود و ایستگاه والت و رودبارک در رتبه بد قرار داشتند. شرایط کیفی آب برای مصرف آبیاری در ایستگاه زوات در رتبه عالی، ولی برای سایر ایستگاه ها در رتبه بد قرار گرفت. مصارف آب برای آبیاری پروری و تفریح و سرگرمی در همه ایستگاه ها در حالت بد قرار داشت. با بررسی کیفیت آب ایستگاه زوات برای مصارف احشام، در رتبه عالی قرار داشت و سایر ایستگاه ها در محدوده کیفی بد قرار گرفتند.

براساس نمودار پایپر در شکل ۲، تیپ کیفی شیمیایی آب رودخانه سردآبرود در هر سه ایستگاه از نوع بی کربنات- سدیمی است.

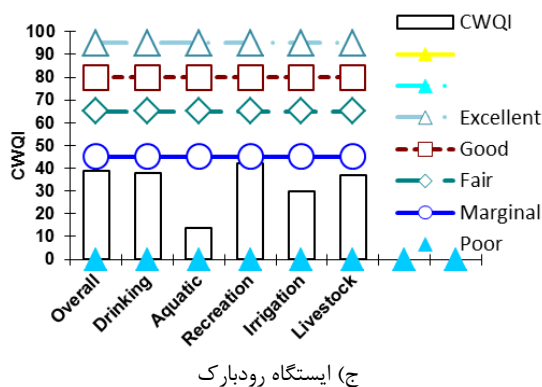
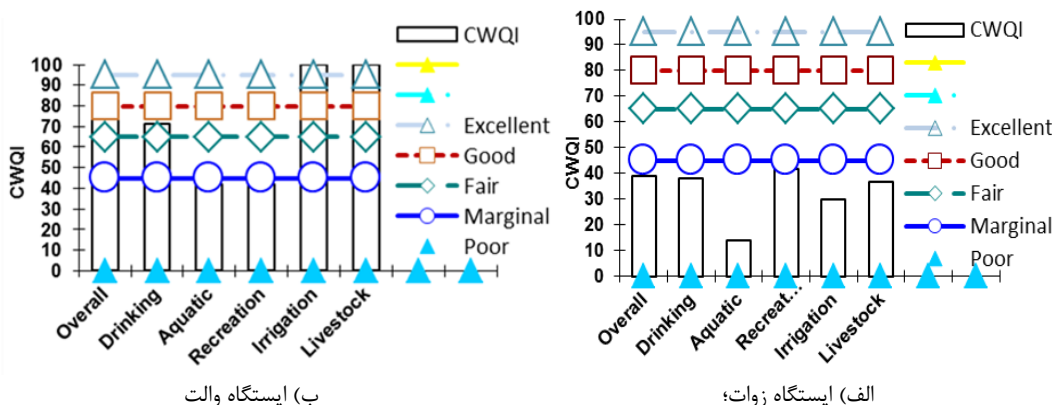
همچنین، این دیاگرام براساس موقعیت مکانی برخی کاتیون ها و آنیون های اصلی نظیر Na^+ ، K^+ و Mg^{2+} نیز برای تعیین تیپ و رخساره آب استفاده می شود [۱۶ و ۱۷].

نتایج و بحث

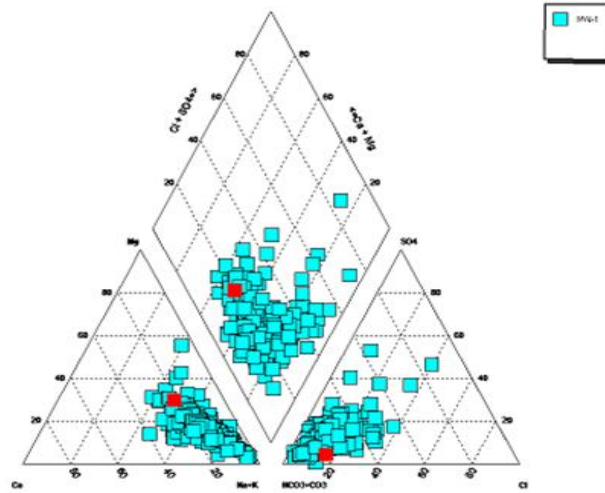
شاخص CWQI، که کیفیت آب را از نظر مصارف مختلف با توجه به استانداردهای کیفی ارزیابی می کند، جزء شاخص های مفید برای ارزیابی کیفیت آب است. به طور کلی، استفاده از این شاخص برای شناخت کیفیت منابع آبی کشور (به خصوص دریاچه ها و رودخانه ها) می تواند ابزاری مناسب و راهگشا باشد. در این پژوهش کیفیت آب در سه ایستگاه زوات، والت و رودبارک واقع در حوضه رودخانه سردآبرود استان مازندران طی سال های آبی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۴ با استفاده از شاخص کیفیت آب (CWQI) و نرم افزار Aquachem بررسی شد. در

جدول ۳. شرایط کیفی آب ایستگاه ها با توجه به نوع مصرف

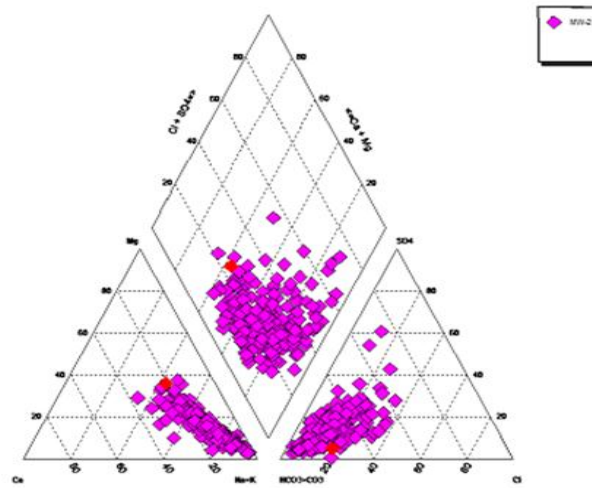
ایستگاه	شرب	آبی	تفریح و سرگرمی	آبیاری	احشام
زوات	نسبتاً خوب	بد	بد	عالی	عالی
الت	بد	بد	بد	بد	بد
رودبارک	بد	بد	بد	بد	بد



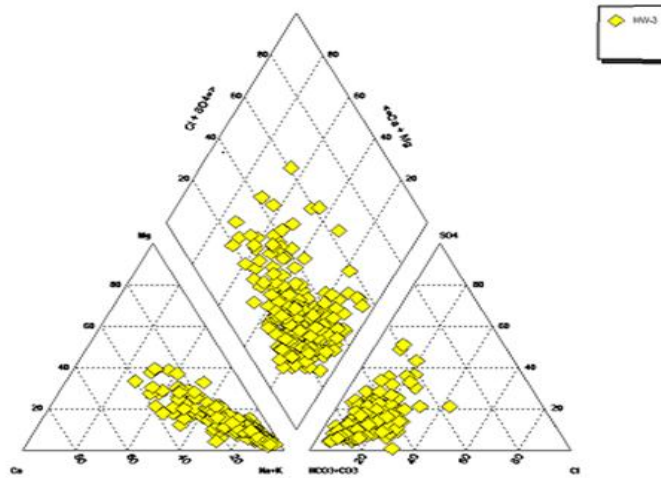
شکل ۱. شرایط کیفی به دست آمده از نرم افزار CWQI در ایستگاه های مطالعه شده



الف) ایستگاه زوات



ب) ایستگاه والت

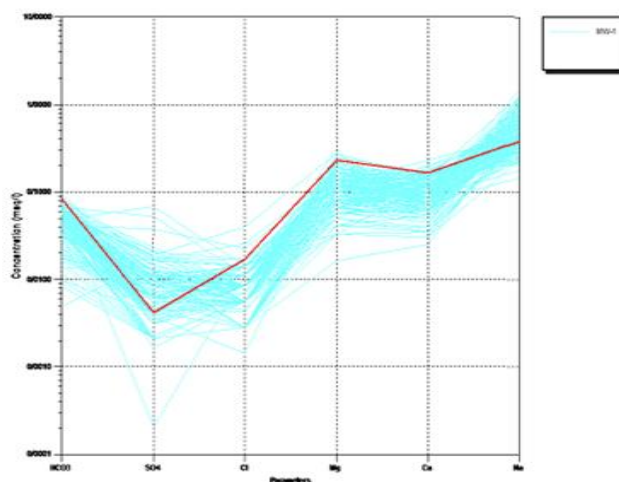


ج) ایستگاه رودبارک

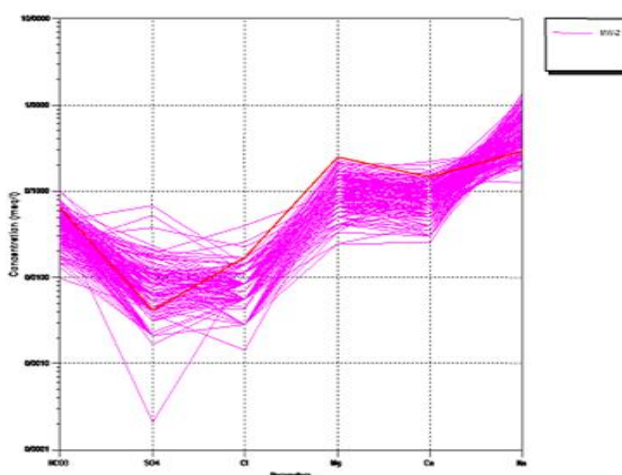
شکل ۲. نمودار پایپر برای ایستگاه‌های مطالعه شده

ندارد و ایستگاه‌های والت و رودبارک از نظر شرب در دسته بد قرار دارند.

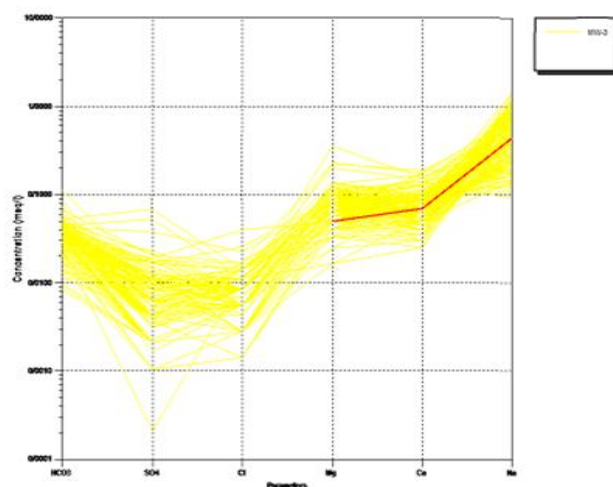
براساس دیاگرام شولر در شکل ۳، ایستگاه زوات در دسته خوب از نظر شرب قرار دارد و مانعی از نظر شرب



الف) ایستگاه زوات



ب) ایستگاه والت



ج) ایستگاه رودبارک

شکل ۳. دیاگرام شولر برای ایستگاه‌های مطالعه شده

- [6]. Shamsaei A, Oreei Zareh A, Sarang. The comparison of water indices and zoning quality in karoon and dezrivers. *Journal of Water and Wastewater*, 2005; 55: 39-48. (In Persian).
- [7]. Sadeghi M, Bay A, Bay N, Soflaie N, Mehdinejad M.H, Mallah M. The effect oagriculture drainage on water quality of the zaringol in golestan province by the water quality index. *Journal of Research in Environmental Health*, 2015; 1(3): 177-185. (In Persian).
- [8]. Khorramabadi Shams G, Yusefzadeh A, Godini H, Hoseinzadeh E, Khoshgoftar M, Yusefzadeh A. Evaluation of river water quality using NSFQI and GIS: A case study of Khorramrood river in khorramabad, Iran. *Journal of Lorestan University of Medical Sciences*, 2014; 3(3):101-111. (In Persian).
- [9]. Fataei A, Seyyedsharifi S.A, Seiiedsafaviyan S.T, Nasrollahzadeh S. Water quality assessment based on WQI and CWQI indexes in balikhlorriver. *Iran. Journal of Basic and Applied*. 2013; 3(3):263- 269. (In Persian).
- [10]. Sayari N, Abbas Zadeh M, Taji H, Hatamei B. Karunriver water quality monitoring and dose using the index. CWQI First National Conference on Sustainable Management of Soil Resources and Environment, Kerman University, Iran. 2014. (In Persian).
- [11]. Sedaghat M, Esmaeelpour Alamdari Z, Sayari N. Water quality study using the canadian water quality index (Case study: Tajan river). The First National Conference on Sustainable Management of Soil Resources and the Environment, Kerman University, Iran. 2014. (In Persian).
- [12]. Myrmshtaqy S. M, Amirnejad R, Khaledian M.R. Sefidrud river water quality study and mapping of them using qualitative indicators NSFQI and OWQI. *Journal of Wetlands*, 2011; 3(9): 23-34.
- [13]. Singh G, Kant Kamal R. Application of water quality index for assessment of surface water quality status in Goa. *Current World Environment*, 2014; 9(3): 994- 1000.
- [14]. Nor Azalina R, Mohd Hafiz Z, Rosmina A. Salak river water quality identification and classification according to physico-chemical characteristics. *Procedia Engineering Journal*, 2012; 50:69-77.
- [15]. The Canadian Water Quality Index 1.0 Technical Report. (http://www.ccme.ca/ceqg_rcqe/ea2.html). 2001.

نتیجه‌گیری

نتایج CWQI برای ایستگاه‌های زوات، والت و رودبارک نشان داد هر سه ایستگاه مطالعه‌شده برای مصارف آبرزی و تفریح و سرگرمی در رتبهٔ بد قرار دارند (مطابق استانداردهای موجود در جدول ۲ نیاز به تصفیه دارند). شاخص CWQI برای مصرف کشاورزی از بالادست به پایین‌دست روند کاهشی داشته است که ممکن است به علت افزایش شوری آب در جهت پایین‌دست یا ورود زه‌آب‌های کشاورزی، صنعتی و شهری (پساب‌های خانگی و صنعتی) باشد. میزان آلودگی و غلظت فاکتورهای نامطلوب از بالادست به پایین‌دست افزایش می‌یابد و کیفیت آب را برای حیات ماهی‌ها نامطلوب می‌سازد، به‌طوری که در بیشتر ایستگاه‌ها به تصفیه برای مصرف آبرزی‌پروری نیاز دارد. با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج، بهترین و بدترین کیفیت آب به ترتیب مربوط به ایستگاه زوات و ایستگاه‌های والت و رودبارک است. همچنین، براساس نمودار پایپر تیپ و رخسارهٔ آب بی‌کربنات- سدیم است که نشان می‌دهد منشأ آب این رودخانه از سنگ‌های کربناته است.

منابع

- [1]. Hushmand A, Syed cable H, Delqandi M. Review changes to the water quality index (WQI) and the effective parameters (period Mlasany- Karun River Ahwaz), Conference and Exhibition of Environmental Engineering, Tehran University, Iran. 2008. (In Persian).
- [2]. Delbari M, Afrasiabi P, Salari M. Zoning quality parameters (salinity and alkalinity) using geostatistical methods case study: Kerman Plain. *Journal of Water Resources Engineering*, 2012; 6:11-24. (In Persian).
- [3]. Enriqu S, Manuel F, Colmenarejo J, Angel R, Garcl L, Borja R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*, 2007; 7:315-328.
- [4]. Ebrahimpur S, Mohammadzadeh H. Water quality assessment and zoning lake using qualitative indicators NSFQI, OWQI, CWQI. *Journal of Environmental Research*, 2013; 4(7): 137-146. (In Persian).
- [5]. Simoes F, Moreira A, Bisinoti M.C, Gimenez S, Santos M. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*. 2008; 38: 476-480.

[16]. Piper A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Trans. American Geophysical Union, 1944; 25 (6): 914-928.

[17]. Fetter C.W. Applied Hydrogeology. 2nd ed. Macmillan Publishing Company, New York, 310p. 1988.