اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص ۴۰۵-۳۹۵

اثر عوامل هیدروژئومورفولوژی بر تغییرات کیفیت آب رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف مطالعاتی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲

محمدحسین رضائی مقدم[1*]، محمدرضا نیکجو[2]، میر اسدالله حجازی[3]، سعید خضری[4]، آفاق کاظمی[5]

۱. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

۲. دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

۳. استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

۴. دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان

۵. دانشجوی دکتری گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۲/۲۵)

چکیده

در این مطالعه آثار فاکتورهای هیدروژئومورفولوژی روی تغییر کیفیت آب رودخانهٔ سیمینه‌رود و روند این تغییرات در بازه‌های مختلف زمانی و مکانی بررسی شده است. آمار مربوط به متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی دریافت شد. از طریق نرم‌افزار GIS نقشه‌های مربوط استخراج شد. سپس روند تغییرات کیفیت آب در فصول مختلف در هر ایستگاه به‌طور مجزا بررسی شد و چگونگی ارتباط بین متغیرها و سطح معناداری آنها از طریق آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS به‌دست آمد. درنهایت، به‌منظور ارزیابی تیپ و کیفیت شیمیایی آب رودخانه برای مصارف شرب و کشاورزی نمودارهای شولر و ویلکوکس از طریق نرم‌افزار Chemistry برای هر ایستگاه و در هر فصل ترسیم شد. کیفیت آب ایستگاه کاولان در فصل بهار با مقادیر کل جامدات محلول (۱۷۴/۹)، هدایت الکتریکی (۲۶۹/۱) و غلظت سولفات و کلر (۰/۷) به‌عنوان مطلوب‌ترین و ایستگاه میاندوآب در فصل تابستان با مقادیر کل جامدات محلول (۳۵۹/۳)، هدایت الکتریکی (۵۲۹/۳) و غلظت سولفات و کلر (۳/۷) بحرانی‌ترین بازهٔ زمانی و مکانی معرفی می‌شوند. در همهٔ ایستگاه‌های مطالعاتی، کاهش کیفیت آب رودخانه به‌صورت افزایش در TDS، EC و غلظت یون‌های سولفات و کلر با متغیر دبی رابطهٔ مستقیم معنادار دارد. در حوضهٔ آبریز سیمینه‌رود ویژگی‌های فیزیکی حوضه و همچنین فاکتورهای هیدروژئومورفولوژی در وجود داشتن یا نداشتن منابع آلاینده و تغییرات فصلی و مکانی کیفیت آب تأثیر دارند. طبق طبقه‌بندی شولر در همهٔ فصول آب رودخانهٔ سیمینه‌رود به‌لحاظ شرب در طبقهٔ آب‌های خوب و کاملاً بی‌مزه قرار می‌گیرد. در دیاگرام ویلکوکس نیز همهٔ ایستگاه‌ها در همهٔ فصول در کلاس C_2S_1 قرار گرفته‌اند و ردهٔ کیفیتی کمی شور و برای کشاورزی تقریباً مناسب دارند.

کلیدواژگان: حوضهٔ آبریز، رودخانهٔ سیمینه‌رود، کیفیت آب، نمودار شولر، نمودار ویلکوکس.

* نویسندهٔ مسئول

Email: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

مقدمه

یکی از موضوعات بسیار مهم در هیدرولوژی کاربردی کیفیت آب است، زیرا بیشتر فعالیت‌های آب‌شناسی به‌منظور تأمین آب برای مصارف کشاورزی یا شرب و صنعت است که هر یک به‌لحاظ کیفی باید ویژگی های کیفی و معیارهای مشخصی داشته باشند و اگر تأمین چنان آبی مقدور نباشد، این فعالیت‌ها بی اثر است. امروزه بررسی های کیفی آب دامنهٔ گسترده‌تری پیدا کرده است و مسائل مربوط به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را نیز شامل می‌شود [۱]. کیفیت آب معیاری برای شرایط آب، بسته به یک یا چند معیار زیستی خاص و یا نیاز و هدف انسانی است [۲]. زمین‌های کشاورزی، مجتمع‌های کشت و صنعت، دامپروری، کشتارگاه‌ها و واحدهای فرآوری محصولات دامی، سکونتگاه‌های شهری و روستایی، واحدهای صنعتی و معدنی، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، محل‌های دفن زباله، مخازن نگهداری هیدروکربورها و ضایعات صنعتی و غیره از فعالیت‌هایی هستند که موجب آلودگی آب‌ها می‌شوند. همچنین اجرای پروژه‌های عمرانی مانند سدها و بهره‌برداری از آنها می‌تواند بر کمیت و کیفیت آب‌ها اثر بگذارد [۳] در زمینهٔ موضوع کیفیت آب، پژوهشگران بسیاری تحقیق کرده‌اند که می‌توان به برخی از آنها اشاره کرد: رجایی و همکارانش کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به خشکسالی‌های اخیر و تأثیر آن بر کیفیت آب‌های شرب روستایی و همچنین مطابقت‌نداشتن مقادیر باقی‌ماندهٔ جامدات خشک، سختی، سولفات، سدیم، کلرید، هدایت الکتریکی و فلوراید با استانداردهای مربوط، برنامه‌ریزی به‌منظور پایش مستمر منابع آب ضروری به‌نظر می‌رسد [۴]. سلیمانی در تجزیهٔ شیمیایی و روندیابی شاخص‌های کیفیت شیمیایی آب رودخانهٔ چم انجیر خرم‌آباد به این نتیجه رسید که آب این رودخانه براساس نمودار شولر در دستهٔ خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار دارد و مانعی برای نوشیدن ندارد [۵]. مقدم و همکارانش در بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب دشت مشهد نشان دادند افزایش فعالیت‌های انسانی، نوسانات آب و هوایی، دمای آب و آلودگی‌های انتقال‌یافته از خارج محدودهٔ پژوهشی به‌ترتیب از عوامل کارآمد بر کیفیت آب دشت مشهد هستند [۶]. عبادتی و هوشمندزاده در بررسی کیفیت آب رودخانهٔ دز در ایستگاه آب‌سنجی دزفول به این نتیجه رسیدند که بیشتر متغیرهای کیفی آب مقادیری در محدودهٔ مجاز استاندارد سازمان جهانی بهداشت را داشتند و طبق نمودار ویلکوکس آب رودخانه در طبقهٔ C_2-S_1 است و به لحاظ شرب نیز برای دام و طیور مطلوب و بی‌ضرر است [۷]. حسین‌خانی و نجیب در ارزیابی کیفیت آب حوضهٔ آبریز سد شهریار برای مصارف خانگی و آبیاری با استفاده از شاخص‌های شیمیایی و نقشه‌برداری GIS در ناحیهٔ میانه، جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی، به این نتیجه رسیدند که آب قسمت جنوبی ناحیهٔ مطالعاتی به‌دلیل عبور از سازندهای تبخیری، برای استفاده‌های گوناگون (شرب، صنعت و آبیاری) محدودیت زیادی دارد؛ اما بخش‌های مرکزی و به‌خصوص ناحیهٔ شمالی حاوی آب با کیفیت قابل قبول و مناسب هستند که می‌توانند با اندک رسیدگی استفاده شود [۸]. ژانگ و همکارانش در پژوهشی با توجه به خصوصیات هیدرو شیمیایی آب، کیفیت آب‌های سطحی در شمال شرقی چین را با بررسی شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب نظیر سدیم، پتاسیم، نیترات، بی‌کربنات، آهن، منگنز و EC مطالعه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد آب‌های سطحی و زیرزمینی کم‌عمق برای آبیاری مناسب‌اند. همچنین ذخایر آب‌های زیرزمینی عمیق در بالادست، منابعی مناسب برای آشامیدن هستند و باید یون‌های طبیعی آهن و منگنز از آب آشامیدنی حذف شوند و کنترل خطر شوری و سدیم برای آبیاری مورد نیاز است [۹]. لوگانتان به بررسی روند کیفیت آب دریاچه‌های جنوبی چنای پرداخت. نتایج تجزیه و تحلیل روند با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نشان داد یک روند کاهشی در کیفیت آب به‌سرعت در بخش شرقی منطقهٔ مطالعه شده در حال گسترش است. نتایج این تحقیق بیان کرد فعالیت‌های انسانی تأثیر عمده‌ای بر کیفیت آب این منطقه دارد [۱۰]. رانکینن تأثیر فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی را بر کمیت و کیفیت آب بررسی کرد. در این تحقیق روندهای برداشت کیفیت آب و پارامترهای آب و هوایی طی ۳۷ سال در دو حوضهٔ آبریز بررسی شد. نتایج تحقیق هیچ تغییر شایان توجهی در جریان سالانه نشان نداد [۱۱].

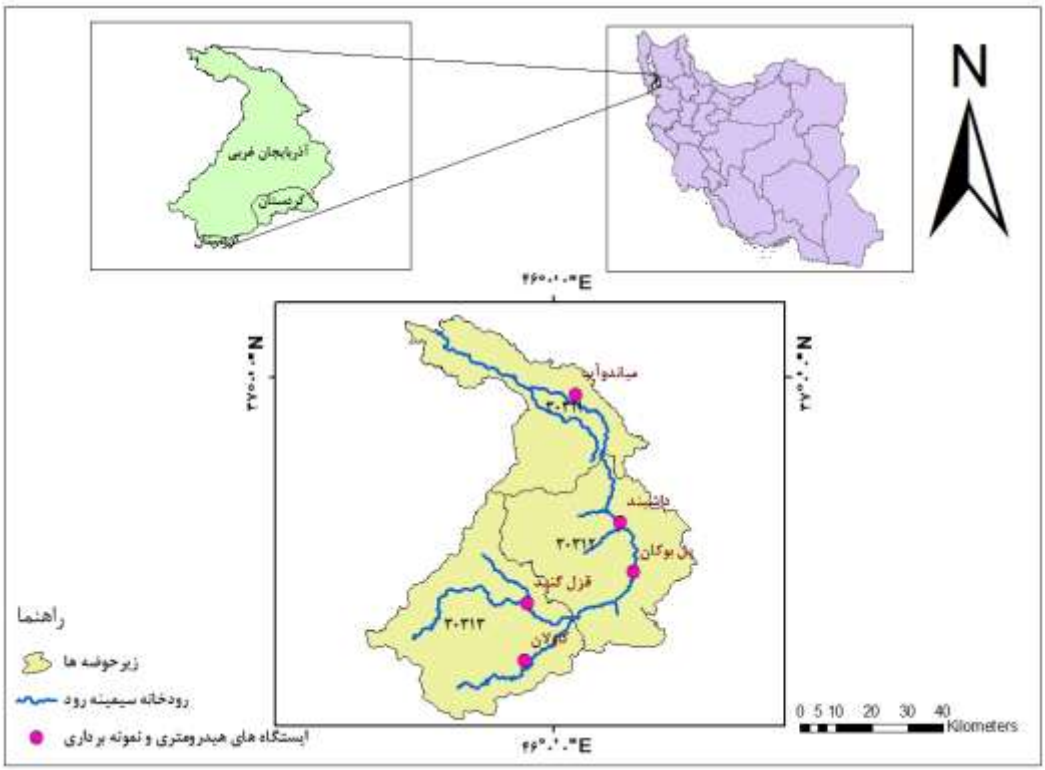
با توجه به تحقیقات انجام‌شده از سوی این نویسندگان می‌توان به اهمیت دوچندان بحث کیفیت آب پی برد و اینکه اگرچه در برخی موارد کم شدن کیفیت آب می‌تواند

ناشی از وجود عوامل طبیعی منطقه مانند سازندهای زمین‌شناسی باشد، اما در بیشتر موارد این نعمت الهی بر اثر بی‌توجهی و ضعف مدیریت جوامع بشری در معرض آلودگی قرار می‌گیرد و می‌تواند مخاطرات انسانی و طبیعی بسیاری را به‌دنبال داشته باشد. جایگاه این تحقیق در مقایسه با تحقیقات مرورشده این است که بتواند به‌صورت همه‌جانبه‌تری به مسئلهٔ کیفیت آب منطقه نگاه کند و علاوه بر بررسی اثر عوامل طبیعی و هیدروژئومورفولوژی حوضه بر کیفیت آب، تأثیر انسان و فعالیت های او را نیز در تغییر کیفیت آب نشان دهد.

بنابراین، در مطالعهٔ حاضر نیز به‌دلیل اهمیت فراوان رودخانهٔ سیمینه‌رود در تأمین آب شرب و کشاورزی چندین شهر و روستا در مسیر حرکت خود، هدف این است که با بررسی آثار فاکتورهای هیدروژئومورفولوژی مانند میزان دبی، رسوب و شیب و ارتفاع حوضهٔ آبریز رودخانهٔ سیمینه‌رود روی تغییر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب، روند تغییرات کیفیت آب رودخانه در بازه های مختلف زمانی و مکانی به‌منظور مدیریت بهتر آب این رودخانه شناسایی شود.

معرفی منطقهٔ مطالعه‌شده

محدودهٔ مطالعه‌شده حوضهٔ آبریز رودخانهٔ سیمینه‌رود در شمال غربی کشور است که بین طول‌های جغرافیایی شرقی ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۱ ثانیه و عرض‌های جغرافیایی شمالی ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه و ۵۳ ثانیه واقع شده است. مساحت کل محدودهٔ مطالعاتی ۳۸۰۳ کیلومترمربع است. قسمت بیشتر حوضهٔ مطالعه شده از نظر تقسیمات سیاسی در محدودهٔ شهرستان‌های مهاباد و بوکان و قسمت کوچکی نیز در محدودهٔ شهرستان‌های سردشت، بانه، سقز و میاندوآب قرار گرفته است. این محدوده از لحاظ تقسیمات حوضه‌های آبریز ایران نیز جزء حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با کد ۳۰۳۱ است که سه زیرحوضه با کدهای ۳۰۳۱۳ (سیمینه‌رود در بالادست تلاقی دو رودخانهٔ گلولان و تاتاهو) یا همان سراب سیمینه‌رود، ۳۰۳۱۲ (سیمینه‌رود از محل حاجی‌آباد تا محل تلاقی دو رودخانهٔ گلولان و تاتاهو) یا همان سیمینه‌رود میانی، ۳۰۳۱۱ (سیمینه‌رود از مصب تا محل ورود به دشت (آبادی حاجی‌آباد) یا همان پایاب سیمینه‌رود است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقهٔ مطالعه‌شده (حوضهٔ آبریز رودخانهٔ سیمینه‌رود)

مواد و روش‌ها

در این مطالعه آمار مربوط به متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک مانند EC (هدایت الکتریکی) با واحد اندازه‌گیری میکروموس بر سانتی‌متر، TDS (کل جامدات محلول) با واحد اندازه‌گیری میلی‌گرم در لیتر، SAR (نسبت جذب سدیم)، TH (سختی کل) بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، CL (کلر)، So_4 (سولفات)، Hco_3 (بیکربنات)، Ca (کلسیم)، Mg (منیزیم)، Na (سدیم)، همگی با واحد اندازه‌گیری میلی‌اکی‌والان در لیتر، دما، دبی و رسوب، در پنج ایستگاه هیدرومتری از حوضهٔ آبریز رودخانهٔ سیمینه‌رود طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی دریافت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Excel میانگین فصلی از آمار دریافت‌شده برای هر ایستگاه گرفته شد و ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن به‌عنوان نمایندهٔ هر فصل انتخاب شدند. از طریق نرم‌افزار GIS نقشه‌ها و متغیرهای مربوط به ویژگی های فیزیکی حوضهٔ آبریز استخراج شد. سپس به‌منظور بررسی آثار فاکتورهای هیدروژئومورفولوژی بر تغییرات متغیرهای کیفیت آب، روند تغییرات این پارامترها در فصول مختلف و در هر ایستگاه به‌طور مجزا بررسی شد و سپس چگونگی ارتباط بین متغیرها و سطح معناداری آنها در هر ایستگاه از طریق آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS به‌دست آمد. در نهایت، به‌منظور ارزیابی تیپ و کیفیت شیمیایی آب رودخانه برای مصارف شرب و کشاورزی نمودارهای شولر و ویلکوکس از طریق نرم‌افزار Chemistry برای هر ایستگاه و در هر فصل ترسیم شد. نمودار شولر[1] یک روش گرافیکی برای دسته‌بندی کیفیت آب شرب است و در این نمودار آب‌های بررسی شده به شش گروه دربرگیرندهٔ خوب، قابل قبول، میانگین، نامناسب، به‌طور کامل ناپسند و غیرقابل شرب تقسیم می‌شود. روش شولر معمول‌ترین روش تعیین کیفیت آب شرب است [۱۲]. در دیاگرام شولر غلظت پارامترها روی ستون های قائم پلات شده و سپس نقاط به هم متصل می‌شوند که نتایج آنالیز نمونه‌ها به‌صورت خطوطی نمایش داده می‌شود. نمونه های دارای TDS بیشتر در بخش بالایی نمودار و نمونه‌های با TDS کمتر در بخش پایینی آن قرار می‌گیرند [۱۳]. مهم‌ترین معیارهای کیفی برای دسته‌بندی آب از لحاظ شرب با استفاده از دیاگرام شولر عبارت است از میزان املاح محلول اصلی آب دربرگیرندهٔ آنیون‌ها و کاتیون‌ها، مجموع باقی‌مانده خشک و سختی کل منابع آب برحسب میلی‌گرم بر لیتر است [۱۴]. در خصوص کلاس‌های طبقه‌بندی آب برای مصارف آبیاری و کشاورزی می‌توان به روش ویلکوکس[2] اشاره کرد که متداول‌ترین روش در این زمینه است. در این طبقه‌بندی دو معیار اساسی، شوری و قلیائیت اهمیت دارند. آزمایشگاه شوری خاک آمریکا این روش را برای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری از ترکیب توأم شوری و سدیم ارائه کرده است که تا کنون کاربرد بسیاری در تعیین نوع آب آبیاری داشته است. در نمودار ویلکاکس طبقه‌بندی شوری و نسبت جذب سدیم به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌شود و بنابراین ترکیب این دو شاخص کیفیت آب‌ها را به ۱۶ گروه طبقه‌بندی می‌کند [۱۵]. محور افقی نمودار ویلکوکس براساس عامل هدایت الکتریکی و برحسب میکروموس بر سانتی‌متر و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم SAR اختصاص دارد [۱۶]. در واقع روش طبقه‌بندی ویلکاکس و استفاده از نمودار آن کاربردترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است [۱۷]. سدیمی‌بودن خاک حالت پیچیده‌تری در مقایسه با شوری است. هر چه SAR محلول خاک بیشتر باشد، سدیم قابل تبادل خاک هم زیادتر است. با افزایش سدیم تبادلی، تمایل خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد [۱۸].

یافته‌ها

در این پژوهش محدودهٔ بالادست حوضه (زیرحوضهٔ ۳۰۳۱۳) (ایستگاه‌های کاولان و قزل‌گنبد) رودخانه‌های پرشیب و کوهستانی دارند و به علت شیب زیاد بستر معمولاً رسوب‌گذاری بسیار کم و جنس بستر تخته‌سنگی تا قلوه‌سنگی است. ارتفاع متوسط این قسمت ۱۷۰۰ متر و شیب متوسط آن ۱۵/۹۸درصد است. بنابراین، به لحاظ تراکم کم فعالیت های کشاورزی آن هم به‌صورت دیم و شیب بالای حوضه، پتانسیل آلودگی منابع آب این نواحی کمتر است. در قسمت میان‌دست حوضه (۳۰۳۱۲)، ارتفاع متوسط ۱۵۳۱ متر و شیب متوسط ۸/۴۷ درصد است. با

1. Schoeller

2. Wilcox

توجه به این پارامترها می‌توان انتظار داشت کـه سـرعت آب در این بخش از رودخانه کمتر و بـا توجـه بـه شـیب کمتـر، جـنس بسـتر قلـوه‌سـنگی اسـت. در پـایین‌دسـت حوضـه (۳۰۳۱۱)، ارتفاع متوسط ۱۳۷۰ متر و شیب ۴/۹۷ درصـد است. با توجه به شیب کم در این بازه، رسوب‌گذاری در ایـن محـدوده فعـال بـوده و جـنس بسـتر گـل و لای و گـاهی سنگ‌ریزه‌ای است. بنابراین، در پژوهش حاضر پـس از نتـایج به‌دست‌آمده از ویژگی های فیزیکی یادشده در حوضهٔ آبریز و متغیرهای هیدروژئومورفولوژی مانند میـزان دبـی، رسـوب و شیب رودخانه، متغیرهـای فیزیکـی و شـیمیایی در بررسـی کیفیت آب نیز در جدول ۱، به‌صورت میانگین فصلی در هـر ایستگاه تنظیم شـده اسـت تـا از ایـن طریـق بتـوانیم رونـد تغییرات مکانی فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک آب رودخانهٔ سیمینه‌رود در فصول مختلف را بررسی کنیم.

جدول ۱. میانگین فصلی متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک ایستگاه‌های هیدرومتری در رودخانهٔ سیمینه‌رود (۱۳۸۲ـ ۱۳۹۲)

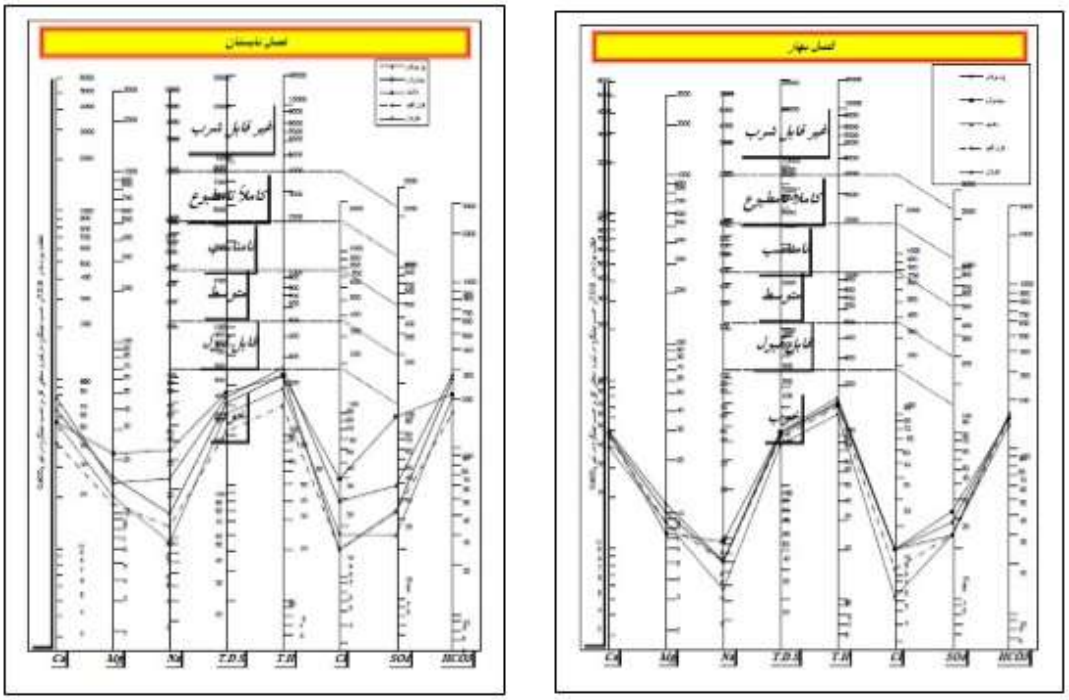
ایستگاه نمونه‌برداری	زمان نمونه‌برداری	دما	دبی	رسوب	EC	SAR	Ca	Mg	Na	T.D.S	T.H	CL	So_4	HCo_3
کاولان	اردیبهشت	۱۱/۶	۴/۳۱	۴۲/۲	۲۶۹/۱	۰/۲	۲	۰/۷	۰/۲	۱۷۴/۹	۱۳۷/۳	۰/۲	۰/۵	۲/۳
	مرداد	۲۳/۳	۰/۱	۱/۴	۴۱۲/۲	۰/۳	۲/۸	۱	۰/۴	۲۶۷/۹	۱۹۲/۲	۰/۵	۰/۵	۳/۴
	آبان	۱۰/۹	۱	۸/۴	۳۸۰/۷	۰/۲	۲/۶	۱/۱	۰/۳	۲۴۷/۵	۱۸۹/۱	۰/۳	۰/۷	۳/۲
	بهمن	۴/۵	۲/۹	۱۸/۱	۳۰۱/۸	۰/۲	۲/۳	۰/۸	۰/۳	۱۹۶/۲	۱۵۳/۲	۰/۳	۰/۶	۲/۴
قزل گنبد	اردیبهشت	۱۳/۲	۱۸/۱	۷۰/۶	۲۹۷/۳	۰/۲	۲/۳	۰/۷	۰/۳	۱۹۳/۲	۱۵۰/۵	۰/۳	۰/۵	۲/۵
	مرداد	۲۳/۴	۰/۳	۱/۷	۳۲۰/۷	۰/۴	۲/۱	۰/۹	۰/۵	۲۰۸/۴	۱۵۰/۸	۰/۴	۰/۷	۲/۷
	آبان	۱۰	۱/۷	۲۸/۴	۳۶۸	۰/۳	۳	۰/۷	۰/۳	۲۳۹/۲	۱۸۸/۹	۰/۴	۰/۸	۳/۱
	بهمن	۳/۳	۶/۵	۲۲/۵	۳۴۲/۴	۰/۳	۲/۷	۰/۷	۰/۳	۲۲۲/۵	۱۷۱/۴	۰/۴	۰/۶	۲/۷
پل بوکان	اردیبهشت	۱۳/۱	۳۲/۱	۲۹۵/۵	۳۰۹/۱	۰/۲	۲/۴	۰/۸	۰/۳	۲۰۰/۹	۱۵۸/۶	۰/۴	۰/۵	۲/۷
	مرداد	۲۲/۲	۰/۵	۳۲/۹	۴۷۵/۷	۰/۴	۳/۳	۱/۳	۰/۶	۳۰۹/۲	۲۳۰/۷	۰/۴	۰/۷	۴/۳
	آبان	۱۱/۱	۱۸	۱۴۹/۴	۳۴۱/۳	۰/۳	۲/۸	۰/۶	۰/۳	۲۲۱/۸	۱۶۸/۱	۰/۴	۰/۷	۲/۸
	بهمن	۳/۱	۱۴/۸	۹۸/۶	۳۷۰/۹	۰/۴	۲/۶	۰/۷	۰/۵	۲۴۱/۱	۱۶۴/۵	۰/۵	۰/۶	۲/۶
داشبند	اردیبهشت	۱۳/۳	۳۰/۳	۲۶۳/۶	۳۲۱/۸	۰/۲	۲/۵	۰/۹	۰/۳	۲۰۹/۲	۱۶۵/۹	۰/۴	۰/۶	۲/۶
	مرداد	۲۴/۷	۰/۴	۴/۱	۵۱۷/۵	۰/۶	۳/۹	۱/۲	۱	۳۳۶/۴	۲۵۱/۳	۰/۸	۱	۴/۶
	آبان	۹/۱	۲/۳	۴۷/۲	۵۱۲	۰/۵	۳/۳	۱/۲	۰/۸	۳۳۲/۸	۲۲۵/۵	۰/۷	۱	۳/۸
	بهمن	۳/۴	۱۷/۲	۱۲۱/۳	۳۵۸/۵	۰/۴	۲/۷	۰/۷	۰/۵	۲۳۳	۱۶۷/۳	۰/۵	۰/۷	۲/۷
میاندوآب	اردیبهشت	۱۱/۹	۲۱/۹	۱۱۳/۱	۳۲۲/۷	۰/۳	۲/۵	۰/۶	۰/۴	۲۰۹/۸	۱۵۶/۸	۰/۴	۰/۷	۲/۵
	مرداد	۲۴/۲	۲/۲	۱۰/۹	۵۲۹/۳	۰/۹	۲/۸	۱/۸	۱/۵	۳۵۹/۳	۲۱۶/۴	۱/۱	۲/۶	۳/۵
	آبان	۱۱/۴	۴/۵	۳۰/۴	۵۱۷/۳	۰/۷	۲/۶	۱/۶	۰/۹	۲۸۴/۵	۱۷۹/۳	۱/۳	۲/۷	۳/۲
	بهمن	۳/۵	۲۱/۴	۴۴/۶	۳۵۷/۵	۰/۵	۲/۴	۰/۸	۰/۶	۲۳۲/۴	۱۶۳/۸	۰/۵	۰/۸	۲/۵

با توجه بـه نتـایج بـه‌دسـت‌آمـده از آزمـون همبسـتگی پیرسون در ایستگاه هیدرومتری کاولان، می‌تـوان گفـت کـه سطح معناداری آزمون بین متغیر دبی با فاکتورهای هـدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در سطح خطای کوچـک‌تـر از ۰/۰۱ و با اطمینان ۹۹ درصد معنـادار اسـت. عـدد منفـی به‌دست‌آمده بـرای آنهـا نشـان دهنـدهٔ وجـود رابطـهٔ خطـی معکـوس اسـت. در همـین ایسـتگاه بـین متغیرهـای هیدرولوژیکی دبی و رسوب در سـطح خطـای کوچـک‌تـر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطی معنادار مستقیمی برقرار است. از طرفی، بین متغیـر رسـوب و مجمـوع غلظـت یون‌های سولفات و کلر در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطـی معنـادار معکـوس دیـده می‌شود. همچنین بین فاکتورهای فیزیکی هدایت الکتریکـی و کل جامدات محلول در سطح خطای کوچک‌تـر از ۰/۰۱ و با اطمینان ۹۹ درصد رابطهٔ خطی مثبت معنادار وجـود دارد. همچنین این آزمون در ایستگاه هیدرومتری قزل‌گنبد نشـان داد تنهـا همبسـتگی معنـادار مسـتقیم در سـطح خطـای کوچک‌تر از ۰/۰۱ و با اطمینـان ۹۹ درصـد بـین دو متغیـر هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول وجـود دارد. ایـن در حالی است که در ایستگاه پـل بوکـان، بـین متغیـر دبـی بـا

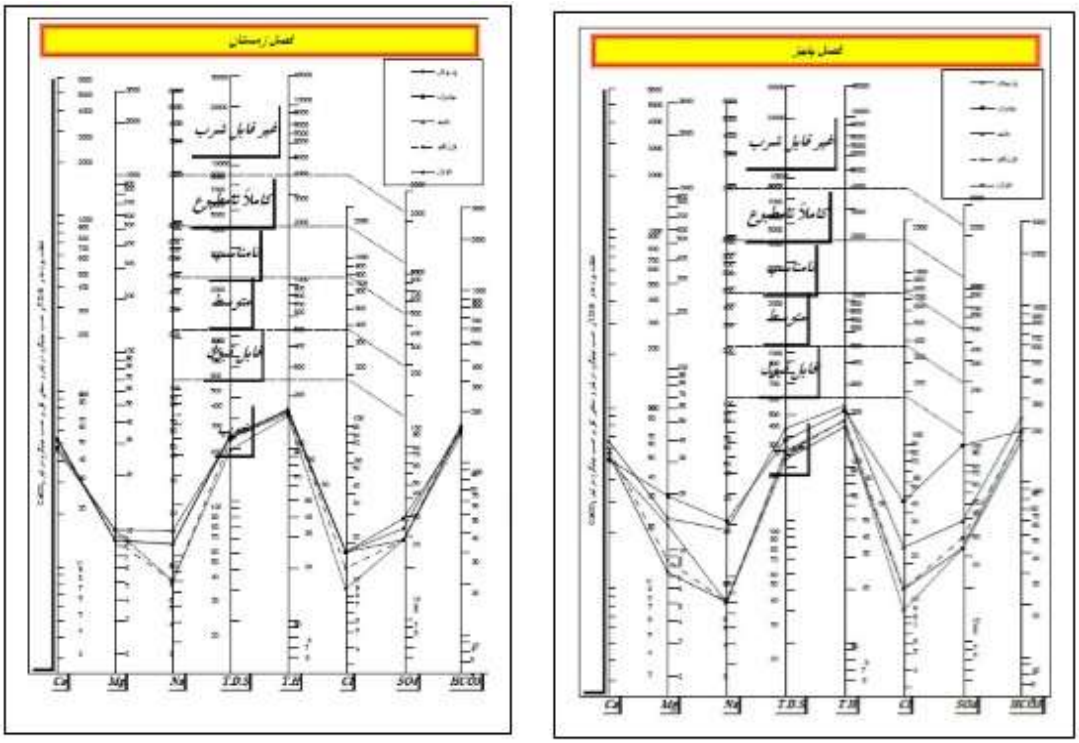
فاکتورهای هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطی معنادار معکوس دارد. همچنین بین دو متغیر دبی و رسوب در این ایستگاه رابطهٔ معنادار مستقیمی در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد دیده می‌شود. در همین ایستگاه بین فاکتورهای فیزیکی هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۱ و با اطمینان ۹۹ درصد رابطهٔ خطی مثبت معنادار وجود دارد. در ایستگاه هیدرومتری داشبند نیز بین متغیر دبی با فاکتورهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و مجموع غلظت سولفات و کلر در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطی معنادار معکوس دیده می‌شود. همچنین بین دو متغیر دبی و رسوب در این ایستگاه رابطهٔ معنادار مستقیمی در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد دیده می‌شود. در همین ایستگاه بین متغیر هدایت الکتریکی با فاکتورهای کل جامدات محلول و مجموع غلظت سولفات و کلر در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۱ و با اطمینان ۹۹ درصد رابطهٔ خطی مثبت معناداری وجود دارد. در نهایت، در ایستگاه هیدرومتری میاندوآب، بین متغیر دبی و مجموع غلظت یون‌های سولفات و کلر در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطی معنادار معکوس دیده می‌شود. همچنین بین دو متغیر دبی و هدایت الکتریکی در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۱ و با اطمینان ۹۹ درصد رابطهٔ خطی معنادار معکوس وجود دارد. در همین ایستگاه بین دو متغیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های سولفات و کلر در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ و با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ خطی معنادار مستقیمی دیده می‌شود.

با توجه به موقعیت ایستگاه‌ها در فصول مختلف روی نمودار شولر (شکل‌های ۲ و ۳)، می‌توان گفت که در همهٔ فصول آب رودخانهٔ سیمینه‌رود به لحاظ شرب در طبقهٔ آب های خوب و کاملاً بی‌مزه قرار می‌گیرد. البته طبق نمودار فصل تابستان، زیادبودن میزان سختی کل در ایستگاه های پل بوکان، داشبند و میاندوآب موجب شده است که کیفیت آب به لحاظ شاخص سختی کل در خط مرزی بین دو طبقهٔ خوب و قابل قبول برای آشامیدن قرار گیرد.

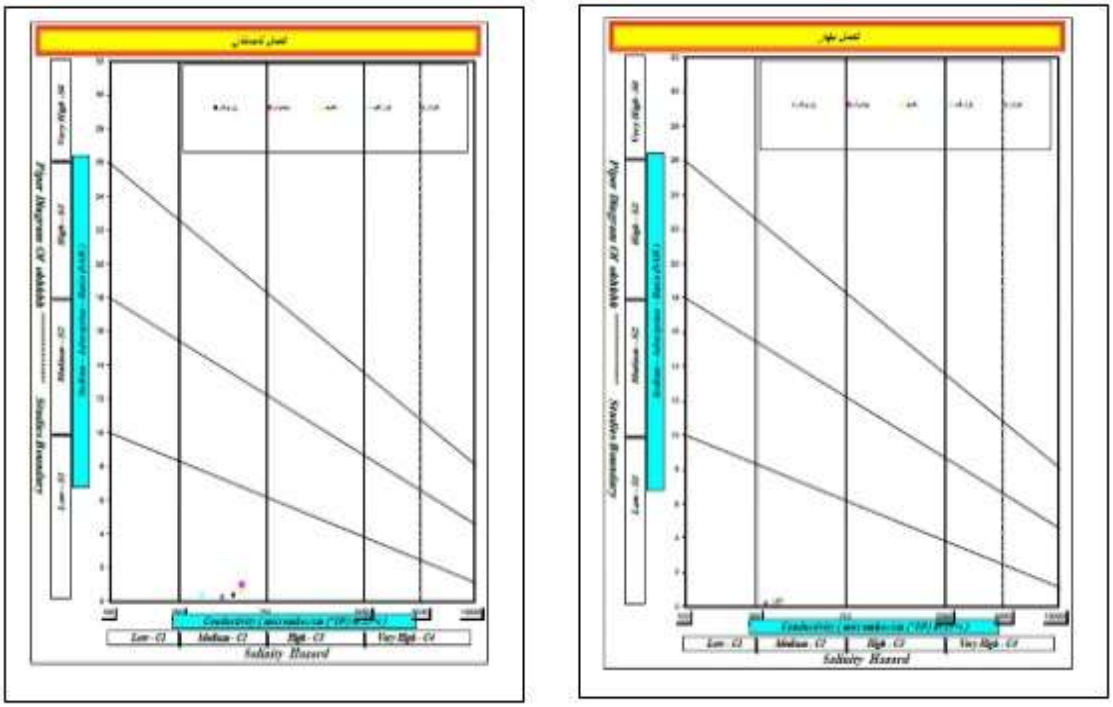
براساس طبقه‌بندی آب‌ها در دیاگرام ویلکوکس و موقعیت ایستگاه‌ها روی این نمودار طبق شکل‌های ۴ و ۵، می‌توان گفت که همهٔ ایستگاه‌ها در همهٔ فصول در کلاس C_2S_1 قرار گرفته‌اند و ردهٔ کیفیتی کمی شور و برای کشاورزی تقریباً مناسب دارند.



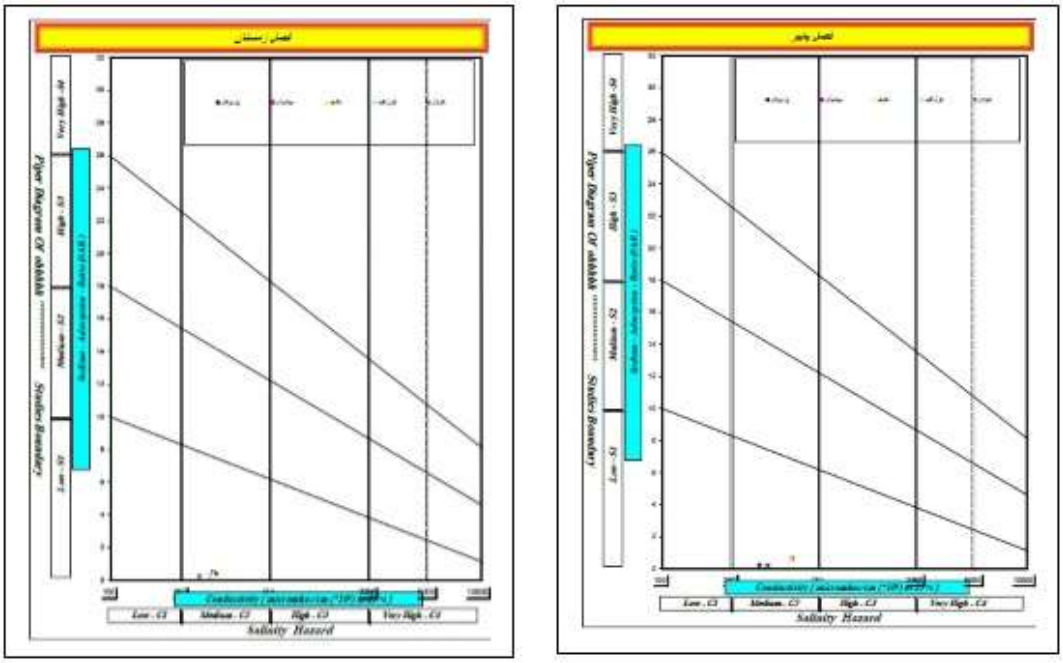
شکل ۲. نوع کیفیت آب شرب رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف فصل بهار و تابستان براساس نمودار شولر



شکل ۳. نوع کیفیت آب شرب رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف فصل پاییز و زمستان براساس نمودار شولر



شکل ۴. نوع کیفیت آب کشاورزی رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف فصل بهار و تابستان براساس نمودار ویلکوکس



شکل ۵. نوع کیفیت آب کشاورزی رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف فصل پاییز و زمستان براساس نمودار ویلکوکس

بحث

کل ذرات محلول نوعی عامل کیفی در آب است که مقدار زیاد این فاکتور موجب افزایش کدورت می‌شود، بنابراین شفافیت کاهش می‌یابد و پیامدهای اکولوژیکی و تبعات بیولوژیکی خاص خود را دارد. با توجه به جدول ۱، افزایش آبدهی رودخانه در فصل بهار از ایستگاه‌های بالادست به طرف ایستگاه پل بوکان روند افزایشی دارد. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که شیب حوضهٔ آبریز در ایستگاه پل بوکان نسبت به دو ایستگاه بالاتر آن کمتر شده و همچنین آثار هم‌افزایی شاخه‌های بالادست سبب پرآبی و رسوب‌دهی بیشتر در آن شده است؛ اما از این ایستگاه به طرف پایین‌دست به‌دلیل کمترشدن شیب منطقه و رونق بیشتر فعالیت‌های کشاورزی و برداشت از آب رودخانه، افزایش آبدهی در طول رودخانه کمتر شده و به تبع آن توان حمل رسوبات کمتر می‌شود. با توجه به این امر در اردیبهشت‌ماه که میزان دبی آب رودخانهٔ سیمینه‌رود در ایستگاه پل بوکان به بیشترین میزان خود می‌رسد مقدار TDS بیشتری نیز نسبت به ایستگاه های بالادست در منطقه قابل مشاهده است. زیرا فرسایش خاک‌های بستر و اطراف در پی جریانات سریع زیاد است و علاوه بر حمل مقدار زیادی رسوب سبب زیادشدن غلظت املاح محلول در آب می‌شود و به‌تبع آن گل‌آلودگی رودخانه صورت می‌گیرد. غلظت یون‌های سولفات و کلر و مواد جامد محلول به‌دلیل کاهش میزان دبی رودخانه و ورود پساب‌های شهری و زهاب‌های کشاورزی در ایستگاه میاندوآب در فصل بهار به بیشترین مقدار در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها رسیده است. همچنین در این نواحی کم‌شیب، به‌علت کاهش قطر دانه‌بندی، گسترش نهشته های ریزدانه و به تبع افزایش زمان تماس آب با لایه های آبرفتی منطقه، هدایت الکتریکی آب افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۱ در مردادماه، که به‌عنوان نمایندهٔ فصل تابستان در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ سیمینه‌رود در نظر گرفته شده است، ایستگاه میاندوآب بیشترین میزان دبی و بعد از آن ایستگاه های پل بوکان، داشبند، قزل‌گنبد و کاولان به‌ترتیب مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که میزان رسوب در ایستگاه پل بوکان به‌دلیل زیادبودن شیب حوضه در فصل تابستان بیشتر از ایستگاه میاندوآب است و ایستگاه های داشبند، قزل‌گنبد و کاولان به‌ترتیب بعد از این دو ایستگاه بیشترین مقدار را دارند. بنابراین، تقلیل دبی آب رودخانه در پی مصارف کشاورزی به‌خصوص در فصل تابستان سبب کم‌آبی، افزایش دما و افزایش بار آلودگی شده است، به‌طوری که غلظت یون های سولفات و کلر، هدایت الکتریکی و مجموع املاح محلول آب در این فصل در ایستگاه میاندوآب بیشترین مقدار را داشته و موجب کم شدن کیفیت آب شده‌اند. همان

طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، در آبان‌ماه که به‌عنوان نمایندهٔ فصل پاییز در نظر گرفته شده است، ایستگاه پل بوکان به‌علت بارش بیشتر و شیب تند این ناحیه بیشترین میزان دبی و رسوب دارد. ایستگاه های میاندوآب، داشبند، قزل‌گنبد و کاولان نیز به‌ترتیب بیشترین مقدار دبی و ایستگاه‌های داشبند، میاندوآب، قزل‌گنبد و کاولان بیشترین مقدار رسوب را دارند. بنابراین، با پایان‌یافتن فصل کشت دیم در خرداد و تیر ماه در نواحی مانند شهر بوکان و اطراف آن، می‌توان شاهد بهبود کیفیت EC آب در ایستگاه پل بوکان در ماه آبان بود. این در حالی است که افزایش شروع بارندگی‌ها و شست‌وشوی اراضی کشاورزی بالادست در ماه آبان موجب شده است که در ایستگاه میاندوآب که شیب حوضه نیز به کمترین مقدار خود می‌رسد، میزان شوری آب و غلظت یون‌های سولفات و کلر، بیشترین مقدار را به خود اختصاص دهند و کیفیت آب به‌شدت کاهش یابد. با شروع دورهٔ سرما از ماه دی در بالادست حوضه، بارش به‌صورت جامد است بنابراین کاهش روند شست وشوی زمین و درنهایت کاهش غلظت رسوب در ایستگاه پل بوکان نسبت به ایستگاه داشبند صورت می‌گیرد. در ایستگاه میاندوآب غلظت رسوبات نسبت به ایستگاه‌های بالادست خیلی کمتر است چون شیب حوضه ناچیز و رودخانه جریان ملایم و شرایط رسوب‌گذاری دارد، اما با شروع دورهٔ گرما، ذوب برف و افزایش باران از ماه فروردین شست‌وشوی زمین در این ناحیه بیشتر می‌شود. بنابراین، با توجه به جدول ۱ در بهمن‌ماه، در فصل زمستان نیز آثار افزایش دبی روی کاهش کیفیت آب محسوس است. به‌طوری که ایستگاه پل بوکان با داشتن میزان دبی بیشتر نسبت به ایستگاه‌های بالادست خود دارای مقدار رسوب، TDS و هدایت الکتریکی بیشتر نیز دارد. از طرفی، نیز جریان ملایم آب، کاهش شیب حوضه و شرایط رسوب‌گذاری در ایستگاه میاندوآب موجب افزایش غلظت یون‌های سولفات و کلر آب شده است و کیفیت آب با کاهش روبه‌رو می شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۱ و همچنین آزمون همبستگی پیرسون، می‌توان گفت که این یافته با مطالعهٔ پژوهشگرانی مانند کاوه و همکارانش که در بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رود تالار در استان مازندران، به این نتایج دست یافتند که زمان اثر معناداری بر تغییرات فراسنج‌های کیفیت آب رود در این حوضه داشته و این برحسب مکان متفاوت بوده است و مطالعهٔ تغییرات مکانی فراسنج‌های کیفیت آب رود آشکار کرد که مکان نیز بر تغییرات فراسنج های کیفیت آب رود اثر معناداری داشته است، همخوانی دارد [۱۹]. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهشی همخوانی دارد که توسط طاهیر و همکارانش صورت گرفته است، به‌طوری که آنها نیز در بررسی کیفیت آب ۱۲ رودخانهٔ بزرگ در ایالت آلبرتای کانادا به این نتایج دست یافتند که کیفیت آب رودخانه در فصل‌های بهار و فصل‌هایی که رویش گیاهان آغاز می‌شد، با زوال مواجه شده بود که علت این امر ذوب برف‌ها بود. فعالیت‌های کشاورزی نیز مسئول بدترشدن کیفیت آب رودخانه طی فصل‌های رویشی بودند [۲۰]. در این مطالعه نیز با توجه به اطلاعات گرفته‌شده از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، زمان کوددهی و مصرف سموم شیمیایی در منطقه بیشتر در ماه های فصل بهار است و همین امر مسئول کم‌شدن کیفیت آب در این فصل شده است. بنابراین، در نواحی میانی و پایین‌دست حوضه، به‌دلیل تغییر ویژگی های فیزیکی حوضهٔ آبریز به لحاظ ارتفاع و شیب، مراکز عمدهٔ جمعیتی در حاشیهٔ رودخانه‌ها واقع شده‌اند. به‌طوری که رودخانهٔ سیمینه‌رود از مرکز شهر بوکان و شهر سیمینه و از حاشیهٔ میاندوآب می‌گذرد. گسترش فعالیت‌های کشاورزی (کشت آبی) در این ناحیه و به تبع آن، افزایش مصرف کود و سموم سبب آلودگی بیشتر و کم شدن کیفیت آب های سطحی از طریق کانال‌های زهکش می‌شود، که یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های لیندل و همکارانش و لی و همکارانش همخوانی دارد. آنها نیز در مطالعهٔ خود به این نتایج دست یافته‌اند که ویژگی‌های فیزیکی حوضهٔ آبخیز مانند ویژگی‌های خاک (بافت خاک و زهکشی خاک)، متغیرهای مورفولوژیکی (تراکم زهکشی و کشیدگی) و به‌ویژه واریزه‌های[1] سطحی خاک به‌طور گسترده‌ای خصوصیات شیمیایی آب را در رودخانه تحت تأثیر قرار می‌دهند و اینکه نواحی کوهستانی جنگلی، که مقادیر زیادی میانگین شیب و ارتفاع دارند، مواد محلول کمتری را نسبت به اراضی مسطح (مثل گندمزار)، خارج می‌کنند و پتانسیل آلودگی منابع آب در این نواحی کمتر است [۲۱ و ۲۲].

1. Debris

نتیجه‌گیری

در حوضهٔ آبریز سیمینه‌رود، ویژگی‌های فیزیکی مانند شکل توپوگرافی زمین به لحاظ ارتفاع و شیب آن و همچنین فاکتورهای هیدروژئوموفولوژی مانند میزان دبی، رسوب و شیب رودخانه در وجود داشتن یا نداشتن منابع آلاینده و تغییرات فصلی و مکانی کیفیت آب تأثیر مهمی دارند. به‌طوری که محدودهٔ بالادست حوضه به علت رودخانه‌های پرشیب و کوهستانی و شیب زیاد حوضه، تراکم کم فعالیت‌های کشاورزی آن هم به‌صورت دیم دیده می‌شود و پتانسیل آلودگی منابع آب این نواحی کمتر است. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب، به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که یک روند کاهشی در کیفیت آب از ایستگاه بالادست به طرف پایین‌ترین ایستگاه یعنی ایستگاه میاندوآب در هر چهار فصل دیده می‌شود. از طرفی، کیفیت آب ایستگاه کاولان در فصل اردیبهشت را می‌توان به‌عنوان مطلوب‌ترین بازهٔ مکانی و زمانی در نظر گرفت و ایستگاه میاندوآب در فصل تابستان را به‌علت داشتن بیشترین میزان غلظت املاح محلول و هدایت الکتریکی در پی تقلیل شیب و دبی رودخانه، به‌عنوان بحرانی‌ترین بازهٔ زمانی و مکانی معرفی کرد. در زمینهٔ نتایج آزمون همبستگی خطی می‌توان نتیجه گرفت که در همهٔ ایستگاه‌های مطالعاتی، کاهش کیفیت آب رودخانه به صورت افزایش در TDS، EC و غلظت یون‌های سولفات و کلر با متغیر دبی دارای رابطهٔ مستقیم معنادار دارد. با توجه به موقعیت ایستگاه‌ها در فصول مختلف روی نمودار شولر در همهٔ فصول آب رودخانهٔ سیمینه‌رود به لحاظ شرب در طبقهٔ آب‌های خوب و کاملاً بی‌مزه قرار می‌گیرد. براساس طبقه‌بندی آب‌ها در دیاگرام ویلکوکس نیز همهٔ ایستگاه‌ها در تمام فصول در کلاس C_2S_1 قرار گرفته‌اند و ردهٔ کیفیتی کمی شور و برای کشاورزی تقریباً مناسب دارند.

منابع

[1].Alizade A. Principles Applied Hydrology. 23nd ed. Publishers Astan Qods Razavi: Beh Nashr Company; 2009. [Persian]

[2].Diersing N. Water Quality: Frequently Asked Questions. Florida Brooks National Marine Sanctuary, Key West, FL; 2009.

[3].David M. N. Practical handbook of environmental site characterization and ground water monitoring, 2nd ed. USA: Taylor and Francis group; CRC Press. 2006.

[4].Rajaee Gh, Mehdinejad M.H, Hesari Motlagh S. Evaluation the quality of drinking water of Birjand plain and Ghaen in 2009- 2010. Journal of Health System Research. 2011; 7 (6): 737-745. [Persian]

[5].Solaimani S. Trend Analysis of Chemical Water Quality Parameters; Case study Cham Anjir River. Journal of Irrigation and Water Engineering. 2013; 3 (12): 95- 106. [Persian]

[6].Moghadam A, Ghalheban Takmedash M, Esmaeeli K. Evaluation of spatial and temporal trends of water quality parameters of Mashhad plain using GIS. Journal of Soil and Water Conservation researches. 2013; 20 (3). [Persian]

[7].Ebadati N, Hoshmandzade M. Evaluation of water quality Dez River in Dezful hydrometric stations. Journal of Ecohidrology. 2014; 1 (2): 69- 81. [Persian]

[8]. Hosainkhani H, Najib M. water quality assessment Shahryar Dam catchment's for domestic use and irrigation using chemical indicators and mapping GIS in the Miane East Azarbaijan. Journal of Advanced Applied Geology. 2014; No 14. [Persian]

[9].Zhang B, Song X, Zhang Y, Han D, Tang Ch, YuY and et al. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. Water Research. 2012; 46, 2737 e 27 48.

[10]. Loganthan G. "Chemometric and trend analysis of water quality of the South Chennai lakes: an integrated environmental study." Journal of Chemometrics. 2015; 29(1): 59-68.

[11]. Rankinen K. "Comparison of impacts of human activities and climate change on water quantity and quality in Finnish agricultural catchments." Landscape Ecology. 2015; 30(3): 415-428.

[12]. Porkermani M, Naseri H, Arji A. Impact of salt dome Stone castle on salinity groundwater Dariyoon plain. Journal of Islamic Azad University basis Sciences. 2008; No 69. [Persian]

[13]. Hounslow A.W. Water quality data analysis and interpretation. Lewis publishers, CKC press, LLC; 1995: 378 p.

[14]. Thomas NV. Global water quality standards. Ground Water; 1996.

[15]. Wilcox L. V. The Quality of Water for Irrigation Use, U. S. Department of Agriculture, Bull. 962, Washington, D. C; 1948.

[16]. Todd D.K, Mays L.W. Groundwater Hydrology, 3rd Ed, John Wiley and Sons Inc., U.S.A; 2005: 636p.

[17]. Fetter C.W. Applied Hydrogeology. New York: Prentice hall publishing; 1994: 691p.

[18]. Dalir Hasannia R, Aghajani Kandol S, Karimi Sisi S. Evaluation of river water quality changes leading to the eastern shore of Lake Urmia. Thirty-second meeting of the first International Congress of Earth Sciences. 2013; Urmia University Urmia. [Persian]

[19]. Kave A.R, Habibnejad Roshan M, Shahedi K, Ghorbani J. Evaluation of temporal and spatial changes in water quality (Case Study: River Talar, Mazandaran Province). Journal of Water Resources Engineering. 2013; Sixth year: 49- 62. [Persian]

[20]. Tahir A. A, Quazi K. H, Achari G. Clusterization of Surface Water Quality and Its Relation to Climate and Land Use/Cover. Journal of Environmental Protection. 2013; 4: 333-343.

[21]. Lindell L, Aa Str O M, Berg T. Land-Use Change Versus Natural Controls On Stream Water Chemistry In The Subandean Amazon, Peru. Appl Geochem. 2010; 25: 485–495.

[22]. Li S, Xia X, Tan X, Zhang Q. Effects Of Catchment And Riparian Landscape Setting On Water Chemistry And Seasonal Evolution Of Water Quality In The Upper Han River Basin, China. Plos One 8. 2013: E53163.