The Study and Classification of Water Quality of Ghorbaghestan and Doab Merk Stations in Gharasoo River Basin

Ayoub Khosravi Fard
M. Sc, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

Ghorban Vahabzadeh
* Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. Email: Email: vabzadeh.ghorban@gmail.com

Leila Gholami
Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
Email: l.gholami@sanru.ac.ir

Received: 2017/01/02
Accepted: 2017/01/27

ABSTRACT

Background: Water is considered as a vital element in the life cycle. Therefore, water safety in drinking and agricultural fields is one of the communities' necessities to protect health of humans and environment.

Objective: The main objective of the present study was to evaluate and classify the water quality of Ghorbaghestan and Doab Merk Stations in Kermanshah Province owing to the importance of their drinking and agricultural uses as well as recent droughts in Kermanshah province and Gharasoo watershed resulting in discharge reduction of Gharasoo river.

Material & Methods: The studied parameters of water chemical quality in this study were salts residual, acidity, electrical conductivity, bicarbonate, chloride, sulfate, magnesium, calcium, sodium, potassium, sodium absorption ratio and total hardness. In this study, the obtained data placed in the XLSTAT software. Then, the homogeneity and Mankendal numbers were drawn using Homogeneity and Petit tests in a period of 40 years. Also, the Paiper, Duru, Shuler and Wilcox diagrams were drawn in Ghorbaghestan and Doabmerck stations using the Aqua Chem software.

Results: The classification results of Wilcox in Ghorbaghestan and Doabmerck stations showed that the samples placed in the class slightly salty (C2S1);therefore, the river water in these stations was almost suitable for agricultural. The Shuler diagram showed that the water quality was inappropriate for drinking in Ghorbaghestan and Doabmerck stations.

Conclusion: For improving the quality of river water and its efficient use, point and non-point pollutants entry into the river water especially urban and non-urban sewage should be prevented with long-term plans.

Document Type: Research article
Keywords: Agricultural and Drinking Expenditure, Chemical Parameters, Gharasoo River, Water Quality.

▶ **Citation:** Khosravi Fard A, Vahabzadeh G, Gholami L. The Study and Classification of Water Quality of Ghorbaghestan and Doab Merk Stations in Gharasoo River Basin. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*.Winter 2016;2 (4): 299-310.

بررسی و طبقه‌بندی کیفیت آب ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک در حوضه آبخیز رودخانه قره‌سو

ایوب خسروی فرد
کارشناس‌ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

قربان وهاب‌زاده
* استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (نویسنده مسئول)،
Email: vabzadeh.ghorban@gmail.com

لیلا غلامی
استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۸

چکیده

زمینه و هدف: آب، یکی از عناصر حیاتی در چرخه حیات به شمار می‌رود، بنابراین اطمینان از سلامت آب مورد مصرف در زمینه‌های کشاورزی و شرب، یکی از ضروریات جوامع جهت حفظ سلامت انسان‌ها و محیط زیست است. مطالعه حاضر با هدف طبقه‌بندی و بررسی کیفیت آب در دو ایستگاه قورباغستان و دوآب‌مرک در استان کرمانشاه به دلیل اهمیت آن در مصارف شرب و کشاورزی و نیز خشکسالی‌های اخیر در استان کرمانشاه و حوضه آبخیز قره‌سو و در نتیجه کاهش دبی آب رودخانه قره‌سو انجام شد.

مواد و روش‌ها: پارامترهای کیفیت شیمیایی آب بررسی شده در این مطالعه شامل باقی‌مانده املاح، اسیدیته، هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلر، سولفات، منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، نسبت جذب سدیم و سختی کل بودند. در این مطالعه داده‌های به‌دست آمده در نرم‌افزار XLSTAT قرار گرفت، سپس با استفاده از آزمون یکنواختی و پتیت اعداد مربوط به همگنی و من‌کندال در یک بازه زمانی ۴۰ ساله ترسیم شد. هم‌چنین نمودارهای پایپر، دورو، شولر و ویلکاکس در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک با استفاده از نرم‌افزار Aqua Chem به‌دست آمد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از طبقه‌بندی ویلکاکس ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک نشان داد که نمونه‌ها در کلاس کمی شور (C2S1) قرار گرفته، بنابراین آب رودخانه در این ایستگاه‌ها برای کشاورزی تقریباً مناسب است. دیاگرام شولر نشان داد که کیفیت آب در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک جهت شرب نامناسب است.

نتیجه‌گیری: به‌منظور ارتقاء کیفیت آب رودخانه و استفاده بهینه، باید با برنامه‌ریزی‌های درازمدت از ورود آلاینده‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای، به‌ویژه آلاینده‌های فاضلاب‌های شهری و غیرشهری به آن جلوگیری شود.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلید واژه‌ها: پارامترهای شیمیایی، رودخانه قره‌سو، کیفیت آب، مصارف شرب و کشاورزی.

◀ **استناد:** خسروی فرد ا، وهاب‌زاده ق، غلامی ل. بررسی و طبقه‌بندی کیفیت آب ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک در حوضه آبخیز رودخانه قره‌سو. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۵؛۲(۴): ۲۹۹-۳۱۰.

مقدمه

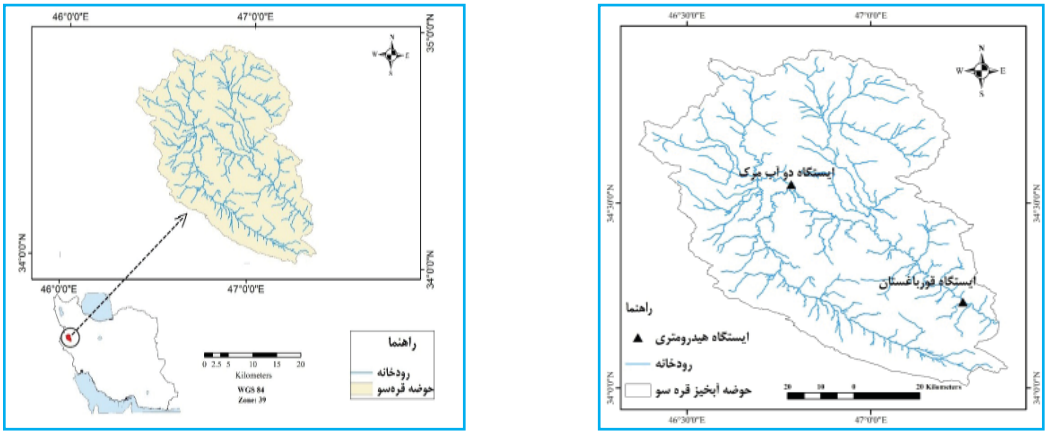
امروزه آب، به عنوان یکی از سه عامل تشکیل و بقای محیط زیست، بیش از هر زمان دیگر مورد توجه می‌باشد. بی‌شک امروزه حفظ و صیانت از منابع آب و بهره‌برداری بهینه و عادلانه از آن یک مسأله جهانی است (۱، ۲). برای درک عواقب ناشی از فعالیت‌های انسانی بر روی چرخه آب و محیط زیست در تمام مقیاس‌های مربوطه، تجزیه و تحلیل جامع لازم می‌باشد (۳). عمده فعالیت‌های هیدرولوژی در جهت تأمین آب برای مصارف کشاورزی یا شرب و صنعت بوده که هر کدام از لحاظ کیفیت می‌بایست دارای ویژگی‌ها و معیارهای مشخصی باشند (۲). متأسفانه در یک حوضه آبخیز بیش از همه، مباحث مرتبط با کمیت و محاسبه بیلان آبی مدنظر بوده و مطالعه کیفیت آب‌ها اغلب فراموش می‌شود. کیفیت آب سطحی یکی از نگرانی‌های مهم بوده و شاخصی برای سلامتی جامعه محسوب می‌شود (۴، ۵). هم‌چنین بایستی به این نکته اشاره کرد که با توجه به اینکه رودخانه‌ها در مسیر خود از بستر و مناطق مختلفی عبور می‌کنند، کیفیت آنها دارای نوسانات زیادی است. با توجه به اهمیت رودخانه‌ها و پدیده خشک‌سالی، حفظ این منابع یکی از وظایف مهم بوده و چنان‌چه بتوان نقاطی از رودخانه که از نظر پارامترهای کیفیت آب پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد را مشخص نمود، یافتن نقاط بحرانی و پیشنهاد راهکار مناسب برای رفع این نقاط بحرانی آسان‌تر می‌شود (۶). علاوه بر مواد آلوده کننده، مواردی از قبیل افزایش تقاضای آب، سطح بالای استانداردهای زندگی و کاهش منابع آب مطلوب، باعث ایجاد وضعیت نامناسب اجتماعی و زیست محیطی در سراسر جهان شده است (۷). بنابراین ارزیابی کیفیت آب رودخانه بسیار اهمیت داشته، زیرا مستقیماً بر سلامت عمومی و زندگی موجودات آبزی مؤثر است (۸). اوینگ (۲۰۰۵) که از ۲۲ ایستگاه در ارزیابی تغییرات سالانه کیفیت آب رودخانه جونز آمریکا استفاده کرد، نشان داد که تکنیک آنالیز مؤلفه اصلی تأثیر مناسبی در مشخص کردن ایستگاه‌ها و پارامترهای کیفی آب دارد (۹). واهلینگ و گریموال (۲۰۰۸) در ۳۴ رودخانه کشور سوئد نشان دادند که مدل رگرسیونی می‌تواند به‌طور قابل توجهی پارامترهای مکانی- زمانی را برای اندازه‌گیری داده‌های کیفیت آب نشان دهد (۱۰). کازی و همکاران (۲۰۰۹) در دریاچه منچار پاکستان، نشان دادند که دلایل اصلی تخریب کیفیت آب دریاچه شامل جریان فاضلاب‌های صنعتی، خانگی، کشاورزی و نیز شیوه زندگی مردم به‌صورت قایقرانی و ماهی‌گیری در این دریاچه می‌باشد (۱۱). بهاردواج و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کیفیت آب رودخانه کتی گانداک هند نشان دادند که آب در برخی مناطق، به‌دلیل افزایش قلیاییت، برای استفاده‌های شرب و آبیاری مناسب نیست(۱۲). لوکاس (۲۰۱۰) جهت بررسی کیفیت و کمیت آب سطحی در رودخانه پینیوس یونان بیان کرد که کیفیت آب رودخانه در یک محدوده متوسط بوده و آب رودخانه باید با احتیاط برای آبیاری استفاده شود (۱۳). شارما و همکاران(۲۰۱۴) ماتریس همبستگی پیرسون را برای پیدا کردن ارتباط احتمالی در میان پارامترهای کیفیت آب رسم نمودند و اثبات کردند که شاخص کیفیت آب می‌تواند است یک ابزار مفید برای ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات کیفیت آب در مکان‌های مختلف موجود در رودخانه گنگ باشد (۱۴). ازهر و همکاران (۲۰۱۵) برای طبقه‌بندی کیفیت آب در حوضه رودخانه مودا مالزی به این نتیجه رسیدند که طبقه‌بندی تولید شده توسط تجزیه و تحلیل چند متغیره با سازمان محیط زیست سازگار است(۱۵). سان و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه بر روی رودخانه دونگ ژیانگ به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب رودخانه در نزدیکی مخزن سد احداث شده بر روی این رودخانه عالی بوده، در حالی‌که در بالادست رودخانه خوب و در پایین‌دست رودخانه متوسط است. فاضلاب شهری نشأت گرفته از افزایش جمعیت و توسعه صنعت در پایین‌دست به آلودگی آب در امتداد رودخانه منجر شد (۱۶). در ایران نیز رحمانی (۲۰۰۶) در دشت همدان با استفاده از روش ویلکوکس بیان کرد که افزایش تدریجی آلاینده‌ها و کاهش کیفیت آب رودخانه در منطقه میانی و پایین‌دست دشت می‌باشد، اما وضعیت کیفی آب دشت جهت کشاورزی در کلاس خوب و متوسط قرار دارد (۵). نجف‌پور و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از ۱۶ پارامتر کیفیت آب در ۱۲ ماه در ۸ ایستگاه دریافتند که آنالیز تشخیصی از تعداد کمی پارامتر

مناسب برای تغییرات زیاد در کیفیت آب استفاده می‌کند که نتایج بهتری از تغییرات مکانی و زمانی ارائه می‌دهد (۱۷). فریادی (۲۰۱۱) با مطالعه بر روی رودخانه نکا نشان داد که مقدار عناصر از بالادست رودخانه به پایین‌دست آن کاهش می‌یابد (۱۸). رستمی و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که آب رودخانه سیاهرود برای شرب مناسب نبوده و تنها می‌توان برای مصارف کشاورزی استفاده کرد (۱۹). مقدم و همکاران (۲۰۱۳) در دشت مشهد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که افزایش فعالیت‌های انسانی، نوسانات آب و هوایی، دمای آب و آلودگی‌های انتقال یافته از خارج محدوده مطالعاتی، به‌ترتیب از عوامل مؤثر بر کیفیت آب دشت مشهد می‌باشند (۲۰). دلاور (۲۰۱۳) با مطالعه بر روی دشت فیروزآباد بیان کرد که آب‌های موجود در این منطقه تغییرات زیادی از نظر کیفیت شرب نداشته و کیفیت آب‌های منطقه در طبقه خوب و متوسط قرار دارد (۲۱). محمدی و همکاران (۲۰۱۵) در سد جره رودخانه زرد نشان دادند که کیفیت آب از کلرید سدیم به سولفات کلسیم تغییر کرده است که بر اثر واکنش آب با سازند گچساران مخزن سد می‌باشد. آب در این رودخانه از لحاظ کشاورزی از کلاس C۴S۲ به کلاس C۳S۱ تغییر یافت و برای کشاورزی مناسب بود (۱۳).

با توجه به مسائل و مشکلات منابع آب در جهان می‌توان بیان نمود که تغییرپذیری زمانی پارامترهای کیفیت آب همواره مورد توجه بوده است، با این وجود مرور سوابق نشان‌دهنده کمبود مطالعات در خصوص قابلیت مصرف منابع آب به‌ویژه آب‌های سطحی در زمینه شرب و کشاورزی بوده است. لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی روند تغییرات پارامترهای کیفیت آب در دو ایستگاه هیدرومتری قورباغستان و دوآب‌مرک رودخانه قره‌سو استان کرمانشاه جهت مصارف شرب و کشاورزی انجام شد تا بتوان مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب‌تری در مصارف آب این رودخانه ایجاد نمود.

روش کار

سرچشمه اصلی رودخانه قره‌سو سراب روانسر واقع در ۵۰ کیلومتری شمال غرب کرمانشاه می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده میزان متوسط آب‌دهی سالانه در محل ایستگاه هیدرومتری دوآب‌مرک و قورباغستان به‌ترتیب ۶/۶۶۱ و ۲۷/۱۴ متر مکعب در ثانیه است. این رودخانه با مسیر پر پیچ و خم، در سطح دشت جریان یافته و در نزدیکی روستای قزانچی رودخانه مرگ به آن متصل می‌شود و با یک شیب آرام از داخل شهر کرمانشاه عبور کرده و در نزدیکی فرامان به رودخانه گاماسیاب می‌پیوندد. ایستگاه قورباغستان با ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا، در طول جغرافیایی ۱۵ ° ۴۷ و عرض جغرافیایی ۱۴ ° ۳۴ قرار گرفته است و ایستگاه دوآب‌مرک نیز با ارتفاع ۱۲۹۰ متر در طول جغرافیایی ۴۷ ° ۴۶ و عرض جغرافیایی ۳۳ ° ۳۴ قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های دوآب‌مرک و قورباغستان را روی رودخانه قره‌سو در استان کرمانشاه نشان می‌دهد.



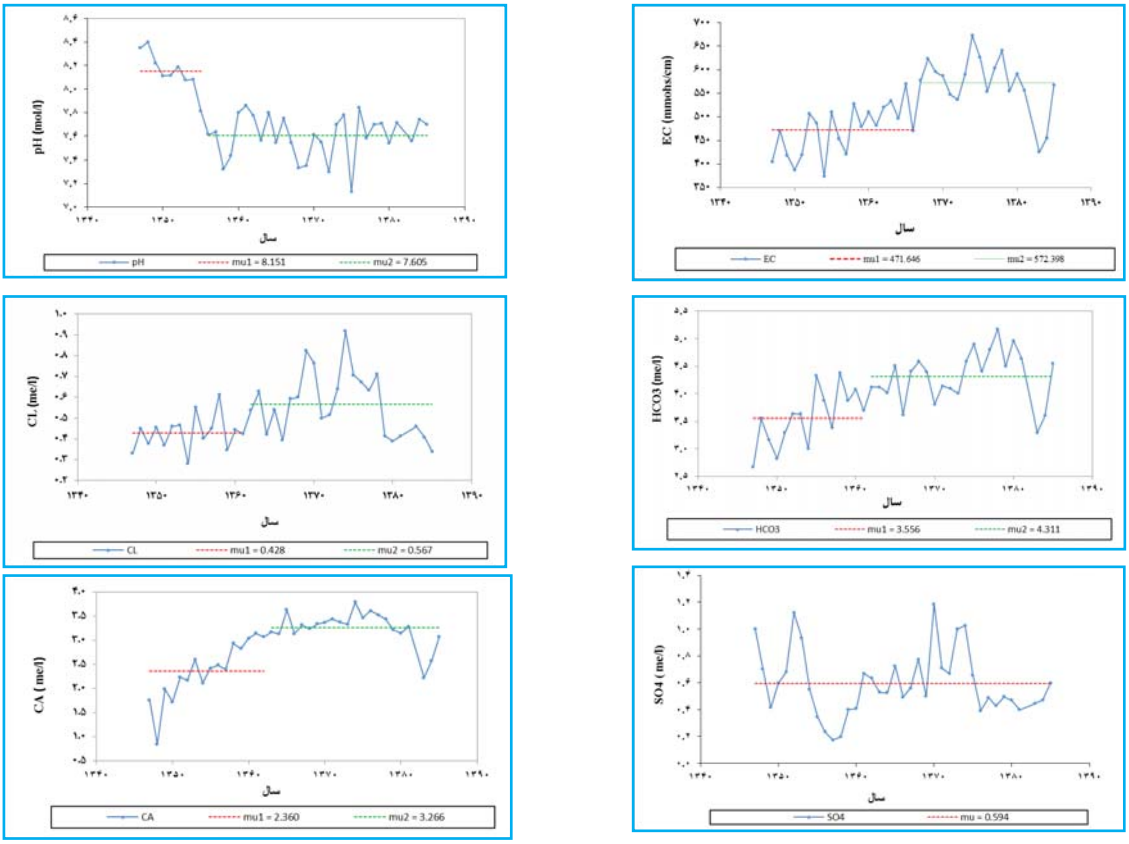
شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های دوآب‌مرک و قورباغستان در استان کرمانشاه و رودخانه قره‌سو

در این مطالعه پارامترهای کیفیت شیمیایی آب شامل هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، بی‌کربنات (HCO_3)، کلر (CL)، سولفات (SO_4)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و نسبت جذب سدیم (SAR) در پایه زمانی مشترک از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۰ بررسی و روند کلی سالانه آشکارسازی و مشخص شد. به‌منظور بررسی کیفیت آب، وضعیت آماری داده‌های جمع‌آوری شده از اداره آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، آزمون نرمال بودن داده‌ها و بررسی داده‌های پرت به کمک نمودار جعبه‌ای مشخص شد و نمودارهای ویلکاکس (Wilcox Diagram)، شولر (Scholar Diagram)، پایپر (Piper Diagram) و دورو (Duruv Diagram) ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه داده‌های موجود در نرم‌افزار XLSTAT وارد و سپس با استفاده از آزمون یکنواختی و پتیت اعداد مربوط به همگنی و من‌کندال و سطح اطمینان هر یک از پارامترها در یک بازه زمانی ۴۰ ساله ترسیم شد. هم‌چنین نمودار پایپر، دورو، شولر و ویلکاکس مربوط به هر دو ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار Aquachem به‌دست آمد. طبقه‌بندی آب‌های سطحی از نظر کشاورزی بر مبنای دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم استوار است. نقاط حاصل از تقاطع این دو پارامتر در نمودار ویلکاکس بیانگر رده نمونه آبی مورد نظر می‌باشد. روش طبقه‌بندی ویلکاکس و استفاده از نمودار آن، کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است.

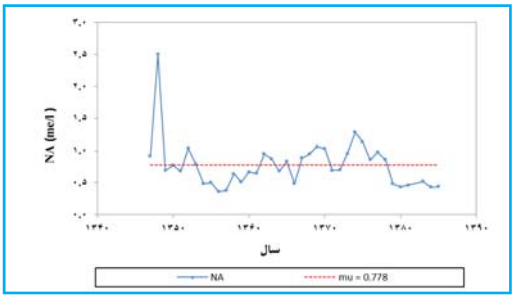
یافته‌ها

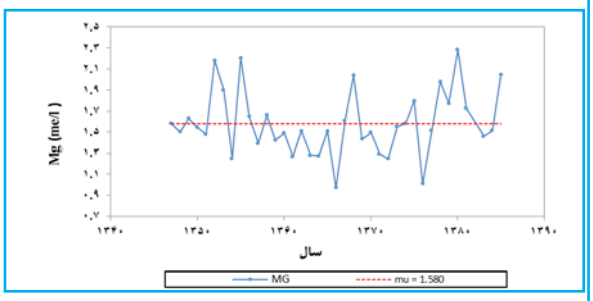
- روند تغییرات پارامترهای کیفی در ایستگاه قورباغستان

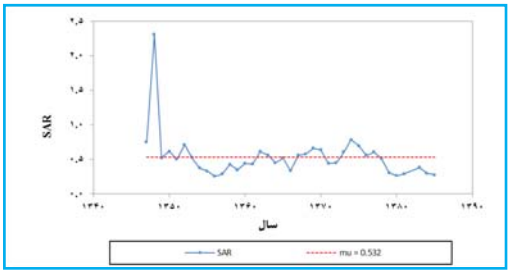
شکل ۲ روند تغییرات پارامترهای pH، HCO_3، EC، CL، SO_4، Na، Mg، Ca و SAR در ایستگاه قورباغستان در سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۰ (برای رسم مقادیر پارامترها از میانگین حسابی داده‌های ماهیانه هر سال استفاده شد) را نشان می‌دهد.



شکل ۲. روند تغییرات پارامترهای pH، EC، HCO_3، CL، SO_4، Na، Mg، Ca و SAR در ایستگاه قورباغستان



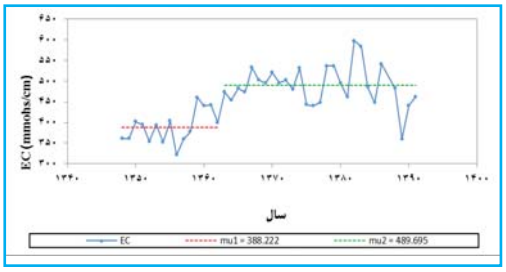


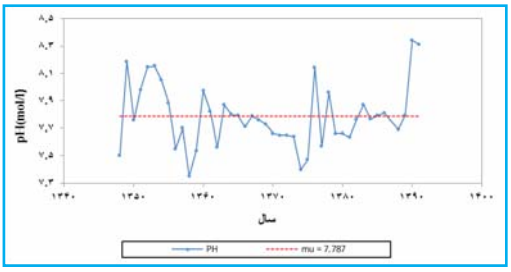


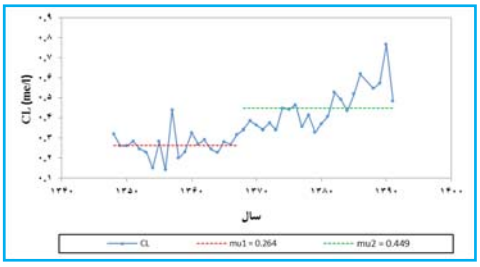
ادامه شکل ۲. روند تغییرات پارامترهای pH، EC، HCO_3 ، CL، SO_4 ، Na، Mg، Ca و SAR در ایستگاه قورباغستان

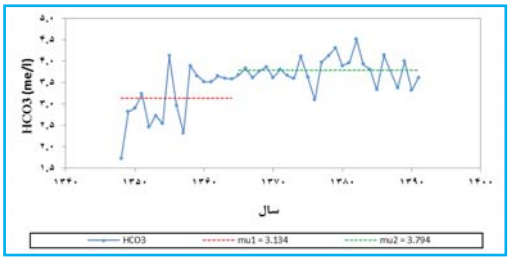
– روند تغییرات پارامترهای کیفی در ایستگاه دوآب‌مرک

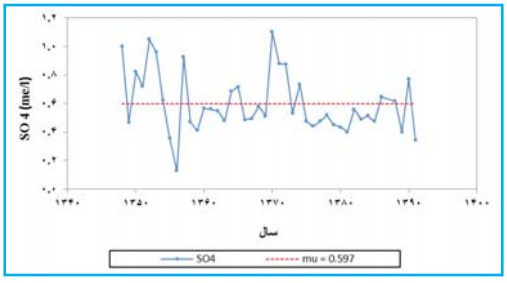
شکل ۳ روند تغییرات پارامترهای ، CL، Na، Mg، Ca، SO_4 و SAR در ایستگاه دوآب‌مرک در سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد.

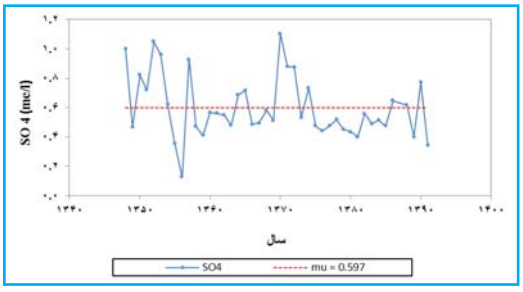




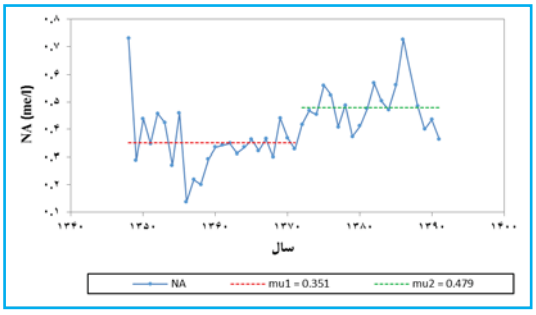


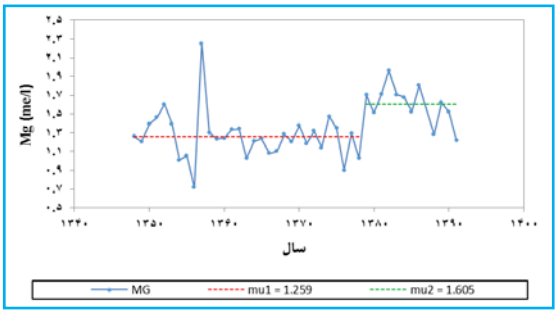


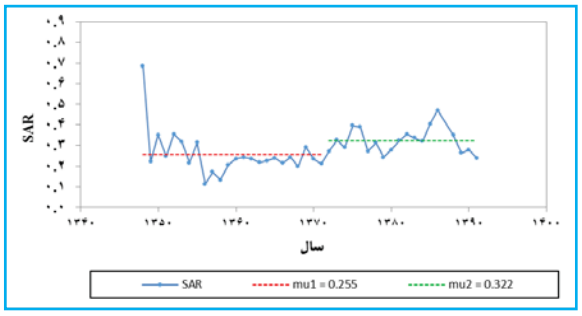




شکل ۳. روند تغییرات پارامترهای pH، EC، HCO_3 ، CL، SO_4 ، Na، Mg، Ca و SAR در ایستگاه دوآب مرگ







ادامه شکل ۳. روند تغییرات پارامترهای pH، EC، HCO۳ ، CL ، SO۴ ، Na، Mg، Ca و SAR در ایستگاه دوآب مرگ

- مقایسه روند پارامترهای کیفی در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

جدول ۱ ارزیابی روند پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک را نشان می‌دهد.

جدول ۱. ارزیابی روند پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

پارامترها	ایستگاه قورباغستان		ایستگاه دوآب‌مرک	
	آماره من کندال	سطح معنی‌داری	آماره من کندال	سطح معنی‌داری
EC	۰/۵۰	۰/۰۰۰۱	۰/۴۳	۰/۰۰۰۱
pH	- ۰/۳۹	۰/۰۰۱	- ۰/۰۲۷	۰/۸۱
۳HCO	۰/۵۱	۰/۰۰۰۱	- ۰/۵۳	۰/۰۰۰۱
Cl	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۶۴	۰/۰۰۰۱
۴SO	- ۰/۰۸	۰/۴۸	- ۰/۲۱	۰/۰۵۱
Ca	۰/۵۵	۰/۰۰۰۱	۰/۲	۰/۰۵۹
Mg	۰/۰۶	۰/۶	۰/۲۲	۰/۰۳۷
Na	- ۰/۰۴	۰/۷۳	۰/۳۸	۰/۰۰۰۱
SAR	- ۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۰۱۵

- طبقه‌بندی آب‌های سطحی از نظر کشاورزی در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

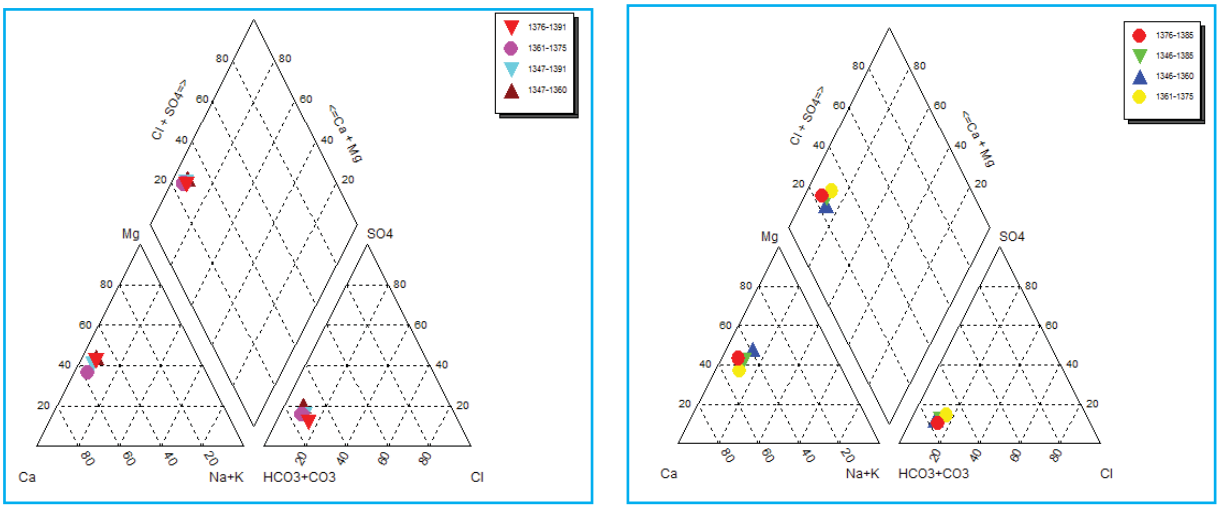
بر اساس نتایج بررسی کیفیت شیمیایی آب توسط نمودار ویلکاکس، نمونه‌ها در محل هر دو ایستگاه در کلاس کمی شور (C۲S۱) قرار گرفته و برای کشاورزی تقریباً مناسب می‌باشد.

- طبقه‌بندی آب از نظر شرب در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

بر اساس دیاگرام شولر، تمام نمونه‌های مربوط به آب رودخانه قره‌سو در محل هر دو ایستگاه در دسته نامناسب از نظر شرب قرار داشته و قابلیت شرب ندارند.

- نمودار پایپر در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

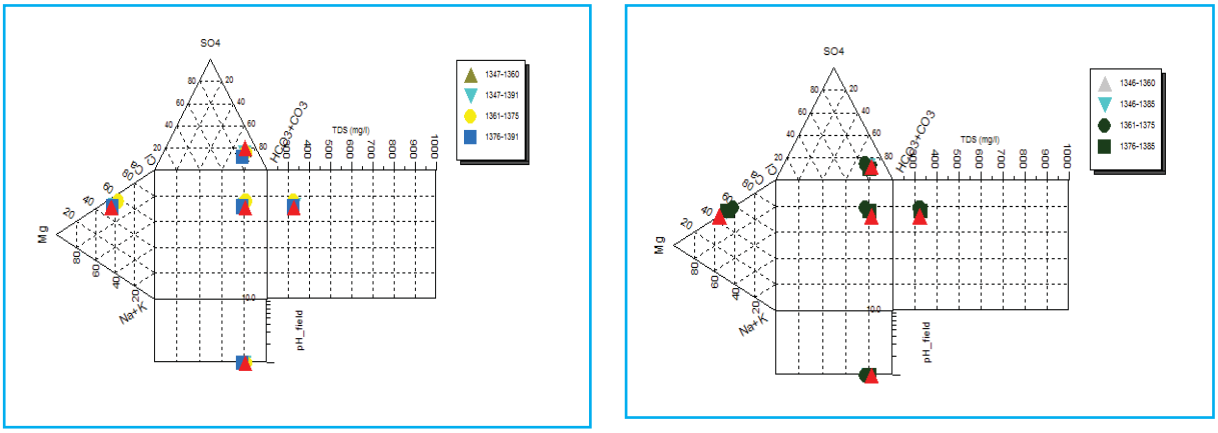
شکل ۴، نمودار پایپر را به‌ترتیب در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک نشان می‌دهد. نحوه قرار گرفتن نمونه‌ها بر روی نمودار پایپر نشان می‌دهد تیپ آب رودخانه قره‌سو در محل هر دو ایستگاه در ناحیه ۱۰ قرار گرفته که مربوط به تیپ کلسیم- منیزیم می‌باشد. هم‌چنین قرار گرفتن نمونه‌ها در ناحیه B نشان‌دهنده تیپ کلسیمی و در ناحیه E بیانگر تیپ کربناته- بی‌کربناته می‌باشد.



شکل ۴. نمودار پایپر برای ایستگاه‌های قورباغستان (راست) و دوآب‌مرک (چپ)

نمودار دورو در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک

شکل ۵ نمودار دورو در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب مرک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که سیر تکاملی نمودار نشان می‌دهد، تیپ آب در رودخانه قره‌سو در محل هر دو ایستگاه از نوع کلسیم- منیزیم می‌باشد و میزان آب رودخانه نیز به سمت اسیدی بودن تمایل می‌کند.



شکل ۵. نمودار دورو مربوط به ایستگاه‌های قورباغستان (راست) و دوآب‌مرک (چپ)

بحث

بر اساس نتایج شکل ۲، پارامتر EC دارای یک سیر صعودی بوده و بین سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ دارای یک تغییر ناگهانی بود؛ به گونه‌ای که در سال ۱۳۶۶ مقدار EC آن ۴۷۱/۶ میکروموس بر سانتی‌متر و در سال ۱۳۶۷ دارای مقدار ۵۷۲/۳ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. نمودار ناهمگن این پارامتر به دو نمودار همگن تبدیل شد که میانگین قسمت اول ۴۷۱/۶ و میانگین قسمت دوم ۵۷۲/۳ میکروموس بر سانتی‌متر بود. پارامتر pH از سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۶۰ دارای روند نزولی بود، درحالی‌که در سایر سال‌های مورد بررسی دارای شیب یکنواخت از نظر تغییرات بود و روند افزایشی و یا کاهشی نداشت و در سال‌های ۱۳۵۵ (۸/۱۵) و ۱۳۵۶ (۷/۶۰) دارای تغییرات ناگهانی کاهشی بود. سپس نمودار ناهمگن این پارامتر به دو نمودار همگن تبدیل شد که میانگین قسمت اول ۸/۱ و میانگین قسمت دوم ۷/۶ مول بر لیتر بود. نتایج حاصل از نمودار پارامتر HCO_3 و CL روند کلی صعودی داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار

آن به‌ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۷۸ (۵/۱۷ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر) و ۱۳۴۷ (۲/۶۷ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر) بود. میانگین قسمت اول نمودار همگن این پارامتر ۳/۵ و میانگین قسمت دوم ۴/۳ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. بیش‌ترین و کمترین مقدار پارامتر CL مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۵۴ با مقادیر به‌ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۲۸ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. میانگین قسمت اول نمودار همگن پارامتر Cl ۰/۴۲ و میانگین قسمت دوم ۰/۵۶ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد شد. در مورد پارامتر SO۴ هیچ‌گونه تغییرات ناگهانی مشاهده نشد و روند کلی نمودار، یک روند یکنواخت بود و میانگین مقدار این پارامتر نیز ۰/۵۴ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. بر اساس نتایج حاصل از نمودار Ca، روند کلی نمودار یک روند صعودی بود، اما در سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۶۳ دارای تغییرات ناگهانی بود. بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۴۸ با مقادیر به ترتیب ۳/۷۹ و ۰/۸۵ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. بعد از همگن کردن این پارامتر میانگین قسمت اول ۲/۳۶ و میانگین قسمت دوم ۳/۲۶ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. نمودار پارامتر Mg یک روند یکنواخت بود و تغییرات ناگهانی در این نمودار مشاهده نشد و میانگین مقدار Mg نیز ۱/۵۸ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد شد. بیش‌ترین و کمترین مقادیر این پارامتر مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۶۶ با مقادیر به ترتیب ۲/۲۸ و ۰/۹۶ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. نتایج حاصل از نمودارهای پارامتر Na نشان داد که این پارامتر هیچ‌گونه تغییر ناگهانی نداشت و نمودار یکنواخت بود. بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر در سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۵۶ با مقادیر ۲/۵۰ و ۰/۵۶ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود و میانگین پارامتر مورد نظر نیز ۰/۷۷ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. نمودار SAR در محل ایستگاه قورباغستان نیز بدون تغییر ناگهانی بود. بیش‌ترین و کمترین مقادیر پارامتر موجود در سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۵۶ با مقادیر به‌ترتیب ۲/۳۰ و ۰/۲۵ برآورد گردید و میانگین مقدار SAR نیز ۰/۵۳ بود.

روند کلی نمودار EC به جز سال‌های پایانی دارای سیر صعودی بود و بین سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۶۳ با مقادیر به‌ترتیب ۳۸۸/۲ و ۴۸۹/۶ میکروموس بر سانتی‌متر دارای تغییر ناگهانی بود. باهمگن کردن نمودار این پارامتر، میانگین قسمت اول ۳۸۸ و میانگین قسمت دوم ۴۸۹ میکروموس بر سانتی‌متر بود. در روند pH هیچ‌گونه تغییر ناگهانی مشاهده نشد و روند یکنواختی داشت. بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۵۸ با میزان به ترتیب ۸/۳۴ و ۷/۳۵ مول بر لیتر مشاهد شد و میانگین برآورد شده برای این پارامتر نیز ۷/۷ مول بر لیتر بود. پارامتر HCO۳ بین سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۵ با مقادیر به‌ترتیب ۳/۱۳ و ۳/۷۹ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر دارای تغییر ناگهانی بود و روند کلی نمودار روند صعودی بود و بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۴۸ با میزان به ترتیب ۴/۵۱ و ۱/۷۲ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. میانگین قسمت اول و دوم نمودار همگن شده به‌ترتیب ۳/۱۳ و ۳/۷۹ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد شد. روند کلی نمودار Cl صعودی و بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۵۶ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۷۶ و ۰/۱۴ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. نمودار همگن شده این پارامتر با میانگین قسمت اول و دوم به‌ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۴۴ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. در مورد پارامتر SO۴ روند کلی نمودار یکنواخت بود و بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۵۶ با مقادیر ۱/۱۰ و ۰/۱۲ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. هم‌چنین مقدار میانگین این پارامتر ۰/۵۹ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد گردید. مقدار Ca در سال ۱۳۵۷ از ۲/۱۱ به ۳/۰۷ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر در سال ۱۳۵۸ رسید و روند کلی نمودار یک روند صعودی بود و بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۵۶ با مقادیر به‌ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۱۴ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. میزان پارامتر Mg در این ایستگاه در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ به‌ترتیب ۱/۲۵ و ۱/۶۰ میلی‌اکی والانت بر لیتر بود. با همگن کردن این نمودار، میانگین قسمت اول و دوم آن به‌ترتیب ۱/۲۵

و ۱/۶۰ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد شد. در سال ۱۳۷۱ پارامتر Na دارای یک جهش بود؛ به گونه‌ای که مقدار آن در این سال ۰/۳۵ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر و در سال بعدی یعنی ۱۳۷۲ دارای مقدار ۰/۴۷ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۵۶ به ترتیب با میزان ۰/۷۲ و ۰/۳ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود. نمودار پارامتر SAR در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ با مقدار ۰/۲۵ و ۰/۳۲ دارای جهش بود. بیش‌ترین و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۵۶ با مقادیر ۰/۶۸ و ۰/۱۱ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برآورد شد. نمودار ناهمگن این پارامتر به دو نمودار همگن تبدیل شد که میانگین قسمت اول ۰/۲۵ و میانگین قسمت دوم ۰/۳۲ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر می‌باشدبود.

بر اساس بررسی روند پارامترهای کیفی ایستگاه قورباغستان، اکثر پارامترها دارای روند صعودی و معنی‌دار بودند و بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمون من‌کندال مطابق جدول ۱، پارامترهای pH و HCO_3 دارای روند نزولی و معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد بودند که نشان‌دهنده کاهش این پارامترها در گذشت این سال‌ها می‌باشد و پارامترهای HCO_3، EC، Ca و سختی کل دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد بودند، اما سایر پارامترها در این ایستگاه روند معنی‌دار نداشتند. هم‌چنین بر اساس نتایج آزمون من‌کندال در جدول ۱، در ایستگاه دوآب‌مرک پارامترهای Na، EC، Cl و سختی دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد بوده و پارامتر CO_3 دارای روند نزولی اما معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد بود، در حالی‌که بین سایر پارامترها در ایستگاه دوآب‌مرک در گذشت زمان روند معنی‌داری مشاهده نشد.

بر اساس نتایج حاصل از طبقه‌بندی ویلکاکس در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک، طبقه‌بندی آب در کلاس کمی شور C_2S_1 قرار گرفت و برای کشاورزی تقریباً مناسب است. در این زمینه رستمی و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه سیاهرود برای مصارف شرب و کشاورزی، ۱۵ نمونه از رودخانه برداشت و مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که آب این رودخانه برای شرب مناسب نبوده و تنها می‌توان برای مصارف کشاورزی استفاده کرد (۱۹). البته بایستی توجه داشت اگر آلودگی آب در این رودخانه افزایش یابد، در سالیان آینده ممکن است جهت استفاده کشاورزی و آبیاری نیز مناسب نباشد. بنابراین برای جلوگیری از افزایش آلودگی آب این رودخانه باید به وضعیت آن بیشتر رسیدگی شود. هم‌چنین لوکاس (۲۰۱۰) به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافت. او برای بررسی کیفیت و کمیت آب سطحی در رودخانه پینیوس یونان داده‌های رواناب ماهانه ۱۵ ایستگاه و داده‌های کیفیت آب شش ایستگاه را بر اساس استانداردهای ملی، اروپایی و بین‌المللی بررسی کرد. نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه پینیوس در یک محدوده متوسط بوده و آب رودخانه باید با احتیاط برای آبیاری استفاده شود (۱۳). محمدی و همکاران (۲۰۱۵) و رحمانی (۲۰۰۶) نیز در زمینه استفاده آب به‌ترتیب در رودخانه‌های زرد شهرکرد و بهار همدان جهت مصارف کشاورزی به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۲، ۵).

در مطالعه حاضر بر اساس نتایج دیاگرام شولر، کیفیت آب رودخانه قره‌سو در محل هر دو ایستگاه جهت شرب نامناسب بود. البته همان‌طور که گفته شد می‌توان با رسیدگی بیش‌تر، آلودگی آب را کاهش داد؛ به گونه‌ای که برای شرب و آشامیدن نیز قابل استفاده شود. نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر با نتایج مطالعه دلاور (۲۰۱۳) همخوانی نداشت (۲۱)؛ چراکه دلاور با بررسی کیفیت آب دشت فیروزآباد نشان داد که کیفیت آب تغییرات زیادی از نظر کیفیت شرب نداشته و فقط در سال ۱۳۹۰ به مقدار کمی کاهش کیفیت یافته است و بیش‌تر آب‌های منطقه در طبقه خوب و متوسط قرار گرفتند. کازی و همکاران (۲۰۱۱) در ارزیابی کیفیت آب دریاچه منچار پاکستان نشان دادند که دلایل اصلی تخریب کیفیت آب دریاچه شامل جریان فاضلاب‌های صنعتی، خانگی، کشاورزی و پخش نمک در مکان یک و نیز شیوه زندگی مردم به‌صورت قایقرانی و ماهی‌گیری در مکان‌های دو و سه می‌باشد (۱۳). مطالعه حاضر نشان داد که با توجه به

نمودار پایپر، آب رودخانه قره‌سو در محل هر دو ایستگاه با کمی اختلاف از تیپ کلسیم- منیزیم می‌باشد، این احتمال وجود دارد که وجود کلسیم به دلیل وجود انحلال کانی‌های کربناته یا ژیپس در بالای حوضه باشد، همچنین انحلال کانی‌های کربناته از جمله دولومیت و کلسیت دولومیتی و کانی‌های حاوی یون منیزیم می‌تواند به عنوان دلیلی بر افزایش میزان منیزیم آب باشد که نیازمند تحقیقات بیش‌تری در این زمینه می‌باشد که با نتایج مطالعه اویانگ (۲۰۰۵) نیز هم‌خوانی داشت (۹). ایشان نشان داد که تکنیک آنالیز مؤلفه اصلی، تأثیر مناسبی در مشخص کردن ایستگاه‌ها و پارامترهای کیفی آب دارد.

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر نتایج حاصل از طبقه‌بندی ویلکاکس در ایستگاه‌های قورباغستان و دوآب‌مرک نشان داد که طبقه‌بندی آب در کلاس کمی شور C۲S۱ قرار دارد و برای کشاورزی تقریباً مناسب است. روند تغییرات پارامترهای کیفی در این دو ایستگاه نشان داد که در اکثر پارامترهای مورد بررسی، روند مشاهده شده صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که به دلیل استفاده‌های نادرست و عدم رعایت اصول بهره‌برداری آب رودخانه قره‌سو، بر میزان املاح محلول این رودخانه افزوده شده و باعث کاهش کیفیت آب این رودخانه در طول دوره آماری (۱۳۴۰ تا ۱۳۹۰) شده است. از سوی دیگر خشکسالی‌های اخیر، دبی‌آب این رودخانه را تحت تأثیر قرار داده است و باعث کاهش آن شده که می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش کیفیت آن داشته باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روند افزایشی در میزان املاح محلول در آب و روند نزولی دبی جریان، باعث کاهش کیفیت شیمیایی آب جهت استفاده‌های گوناگون می‌شود، لذا سازمان‌های مربوطه باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی خود بر این امر واقف باشند. همچنین به‌منظور ارتقاء کیفیت آب رودخانه و استفاده بهینه باید با برنامه‌ریزی‌های درازمدت از ورود آلاینده‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای موجود در مسیر رودخانه، به‌ویژه آلاینده‌های ناشی از ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده شهری و غیر شهری به آن جلوگیری شود و با برداشت و کاربری مناسب آب، مانع از کاهش کیفیت بیش از حد آن در ایستگاه‌های پایین دست شد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بابت همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Alizadeh A. Design of irrigation systems. Emam Reza Publication. 2005. P. 583. (Persian)
2. Alizadeh A. Principles of applied hydrology. Emam Reza Publication. 2007. P. 870. (Persian)
3. Klocking B, Haberlandt U. Impact of land use changes on water dynamics–a case study in temperate meso and macroscale river basins. Physics Chemistry Earth, Parts A/B/C 2002; 27(9):619-629.
4. Parashar C, Verma N, Dixit S, Shrivastava R. Multivariate analysis of drinking water quality parameters in Bhopal, India. Environl Monitoring Assess 2008; 140(1-3):119-122.
5. Rahmani A. Determination of quality water in Hamedan-Bahar rivers using Wilcox classification method. 10th National Conference of Environmental Health. 2006 Oct 29-31, Hamedan, Iran. (Persian)
6. Nazari A, Mirzaii M, Yari A. Callsification of Jajrood river. Envirmental Researches (Iran) 2005; 37:17-26. (Persian)
7. Kerachian R, Karamouz M. A stochastic conflict resolution model for water quality management in reservoir–river systems. Advances Water Res 2007; 30(4):866-882.
8. Dixon W, Chiswell B. Review of aquatic monitoring program design. Water Res 1996; 30(9):1935-1948.
9. Ouyang Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Water Res 2005; 39(12):2621-2635.
10. Wahlin K, Grimvall A. Uncertainty in water quality data and its implications for trend detection: lessons from Swedish environmental data. Environ Sci Policy 2008; 11(2):115-124.
11. Kazi TG, Arain MB, Jamali MK, Jalbani N, Afridi HI, Sarfraz RA, Shah AQ. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. Ecotoxicology Environ Safety 2009; 72(2):301-309.
12. Bhardwaj V, Singh DS, Singh AK. Water quality of the Chhoti Gandak river using principal component analysis, Ganga Plain, India. J earth system sci 2010; 119(1):117-127.
13. Mohammadi H, Kalantari N, Pahlevanzadeh S. Impact study of Jareh dam on water quality of Zard river using

statistical and hydrochimical methods. 2th National Conference of Water Crisis, 2015. Shahrekord University, Shahrekord, Iran. PP. 116-122. (Persian)

14. Sharma P, Meher PK, Kumar A, Gautam YP, Mishra KP. Changes in water quality index of Ganges river at different locations in Allahabad. Sustainability Water Quality Ecology 2014; 3:67-76.
15. Azhar SC, Aris AZ, Yusoff MK, Ramli MF, Juahir H. Classification of river water quality using multivariate analysis. Procedia Environl Sci 2015; 30:79-84.
16. Sun W, Xia C, Xu M, Guo J, Sun G. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Ecoll Indic 2016; 66:306-312.
17. Najafpour Sh, Alkarkhi MA, Kadier O, Najafpour D. Evaluation of spatial and temporal water quality. International Jounal of Envirmental Research 2008; 2(4):349-358. (Persian)
18. Fariadi S. Study of spatial and temporal water quality parameters using statistical methods (Caase of study: Neka river, Mazandaran Province). Ms. C. Thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.2011. P. 72. (Persian)
19. Rostami Sh, Mostafavi R, Ghashghaii A. Evaluation of quality water in Siahrod river and usability of available water for drinking and agriculture uses. 31th National Conference of Earth Sciences. 2012. Shahrod, Iran. PP. 1346-1354. (Persian)
20. Moghaddam AR, Ghallehban Tekmedash M, Esmaili K. Investigation of temporal and spatial trend of water quality parameters in view of weather fluctuations using GIS; Mashhad Plain. Journal of Water and Soil Conservation 2013; 20(3):211-225.
21. Delavar H. Study of changes trend in quality and quantity water resources (case of study: Firozabad plain- Fars province). Ms.C. Thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 2013.P. 95. (Persian)
22. Mohammadi H, Kalantari N, Pahlevanzadeh S. Impact study of Jareh dam on water quality of Zard river using statistical and hydrochimical methods. 2th National Conference of Water Crisis, 2015. Shahrekord University, Shahrekord, Iran. PP. 116-122. (Persian)