علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره هشت، آبان ماه ۹۸

افزایش کارایی مدل سازی کیفیت آب با تفکیک سال به ماه‌های گرم و سرد (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد قشلاق سنندج)

سید پدرام نی‌نیوا [۱*]

Pedram.nainava@gmail.com

کامران چپی [۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۸ **تاریخ پذیرش:۹۶/۲/۲۰**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آب به‌عنوان یکی از عوامل بهبود و رشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید تحقیق حاضر به‌منظور مدل‌سازی تعدادی از متغیرهای کیفی آب با دبی در دو زیرحوضه خلیفه‌ترخان و چهل‌گزی سد قشلاق سنندج، به تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال و مقایسه آن با عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال در بازه زمانی ۲۶ سال است.

روش بررسی: در این پژوهش، پس از بررسی و صحت داده‌های دبی، هدایت الکتریکی، مواد محلول، کلر، کلسیم، سدیم، منیزیم، اسیدیته و نسبت جذب سدیم دو ایستگاه مورد مطالعه، سعی شد که روابط رگرسیونی مناسبی بین پارامتر دبی و پارامترهای کیفی آب ارایه شود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در زیرحوضه چهل‌گزی برای ماه‌های سرد، بین دبی با هدایت الکتریکی، املاح محلول، کلر و سدیم، رابطه خطی و هم چنین برای بیان ارتباط بین دبی با کلسیم رابطه نمایی مناسب‌تر بود. در ماه‌های گرم این زیر حوضه رابطه خطی ارتباط مناسب‌تری بین دبی با املاح محلول، هدایت الکتریکی، منیزیم، کلسیم، سدیم و نسبت جذب سدیم، ارایه نمود. هم‌چنین در زیر حوضه خلیفه‌ترخان درماه‌های سرد سال برای بیان ارتباط بین دبی با املاح محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم، رابطه خطی و برای بیان ارتباط بین دبی با کلسیم، رابطه نمایی مناسب‌تر بود. در این زیرحوضه برای ماه‌های گرم، ارتباط بین دبی با املاح محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم و نسبت جذب سدیم، رابطه خطی مناسب‌تر بود. مقایسه تفکیک ماه‌های سرد و گرم با شرایط عدم تفکیک نشان داد که در صورت عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم، برآورد کلر و منیزیم (در زیرحوضه چهل‌گزی) و برآورد کلسیم (در زیرحوضه خلیفه‌ترخان) امکان‌پذیر نمی‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: حال می‌توان با استفاده از این روابط و توجه به تغییرات فصلی کیفیت آب‌های سطحی، بدون انجام اقدامات آزمایشگاهی و تنها با داشتن مقدار دبی و در نظرگرفتن صرفه‌جویی اقتصادی به مدل‌سازی کیفیت آب، استخراج و بازیابی داده‌های کیفی آب اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای کیفی آب، دبی، سد قشلاق سنندج، مدل‌سازی، متغیرهای آب.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران [*](مسوول مکاتبات).

۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.8, October, 2019

Increasing Water Quality Modeling Efficiency by Separating the Year into Hot and Cold Months

(Case of Study: Watershed of Sanandaj Gheshlagh Dam)

Seyed Pedram Nainiva[1*]

Pedram.nainava@gmail.com

Kamran Chapi[2]

Admission Date:May 10, 2017 Date Received: January 7, 2017

Abstract

Background and Objective: Nowadays, water is considered as one of the factors for improvement and economic growth of societies. The hot and cold seasons of the year and its comparison with the non-segregation of the hot and cold seasons are 26 years.

Method: In this study, after studying the accuracy of discharge data, electrical conductivity, soluble matter, chlorine, calcium, sodium, magnesium, acidity and sodium uptake ratio of the two stations, it was tried to find appropriate regression relationships between discharge parameter and qualitative parameters. Provide water.

Findings: The results showed that the Chehelgazi sub-watershed in cold months, the liner relationship between discharge with electrical conductivity, dissolved solids, chloride and sodium and also the exponential relationship was suitable between discharging with calcium. In warm months for this sub-watershed, the linear relationship presented the suitable relationship between discharge with dissolved solids, electrical conductivity, magnesium, calcium, sodium and the sodium adsorption. Also, the linear relationship was suitable between discharge with dissolved solids, electrical conductivity, chloride and sodium whereas the exponential relationship was better between the discharging with calcium in Khalifehtarkhan sub-watershed. In this sub-watershed, for warm months, the linear relationship was suitable for the relationship between discharge with dissolved solids, electrical conductivity, chloride, sodium and sodium adsorption. The separation comparison of cold and warm months with non-separation showed that non-separation of cold and warm months is not possible the chloride and magnesium estimation (in Chehelgazi sub-watershed) and calcium estimation (in Khalifetarkhan sub-watershed).

Discussion and Conclusion: using obtained relationships and seasonal changes of surface waters quality, with discharge rate can create modeling water quality, extraction and recovery of water quality data.

Key words: Discharge, Modeling, Sanandaj Gheshlagh Dam, Water Qualitative Parameters.

1- M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. *(Corresponding Authours)

2- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

مقدمه

امروزه آب به عنوان یکی از عوامل بهبود و رشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید که از دیر باز بهره‌برداری از منابع آبی به منظور استفاده در شرب، صنعت و کشاورزی مورد نیاز و توجه بشر بوده است (۱، ۲). به طوری که اولین جوامع بشری در اطراف رودخانه‌ها برپا شده‌اند (۲، ۳). گسترش جوامع، رشد جمعیت، در نتیجه دخل و تصرف غیرطبیعی و افزایش استفاده از منابع آبی، باعث کاهش کمی و کیفی منابع آب شرب شده است (۲). با توجه به این‌که کمیت آب‌های موجود دارای اهمیت بوده، بایستی بیان نمود که کیفیت آن‌ها نیز برای جوامع انسانی و نیز مدیریت بهینه منابع آب موجود، به عنوان برنامه های اصلی و حیاتی کشورها خصوصا کشورهای در حال توسعه می‌باشد (۱). کیفیت شیمیایی منابع آبی بخصوص رودخانه‌ها تحت تاثیر عوامل طبیعی و مصنوعی بوده که مرتبط با خصوصیات حوضه، نحوه‌استفاده از این منابع و نیز آلودگی منابع در حوضه‌ها است (۴). بررسی‌ها نشان داده که ارزیابی داده‌های کیفی رودخانه‌ها موجب می‌گردد که بتوان شیوه‌های مدیریتی صحیح و مناسبی اتخاذ نموده و به تدریج از آلودگی رودخانه‌ها کاسته شود (۲، ۴). با وجود حجم عظیم آب‌های موجود در چرخه جهانی آب، تنها ۲ درصد از آن‌ها شیرین و قابل شرب است و باقی آن به علت محلول بودن انواع نمک‌ها خصوصاً نمک طعام و سایر مواد محلول غیرقابل استفاده می باشند (۵، ۶). که وجود برخی از این مواد موجود در آب برای سلامتی انسان ضروری است (۲). با توجه به شواهد و مطالعات انجام شده یکی از مؤلفه‌های مهم در بررسی آب‌های سطحی و زیرزمینی کیفیت آن‌هاست (۷). کیفیت آب های سطحی در مناطق مختلف به دلیل تنوع سازندها و ساختارهای زمین شناسی، عوامل هیدرولوژیکی تغییرات متفاوتی را داشته و هم‌چنین این مساله نیز حایز اهمیت بوده زیرا که بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب های سطحی، جنبه مهمی در ارزیابی آلودگی رودخانه ها بر اثر منابع نقطه ای و یا غیرنقطه ای در اثر وجود عوامل طبیعی و عوامل انسانی می باشد (۸). تغییرات کیفیت آب در رودخانه‌ها توسط پژوهشگران زیادی مورد بررسی قرارگرفته است که در خارج از کشور می توان به می‌بک در فرانسه (۲۰۰۲)، کای و همکاران در بریتانیا (۲۰۰۵)، داو در کانادا (۲۰۰۶) و چانگ (۲۰۰۸) در کره جنوبی اشاره نمود [۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲]. لی و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه بالادست حوضه رودخانه ها به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب رودخانه در فصل تابستان بهتر از پاییز است و این تفاوت حاکی از حل مواد موجود در خاک توسط آب باران و سرازیر شدن آب باران در رودخانه در فصل بهار دارد، لذا بایستی در مناطق حریم‌رودخانه توجه خاصی به مسائل حفاظت خاک صورت گیرد (۱۳). لوکاس (۲۰۱۰) برای بررسی کیفیت و کمیت آب سطحی در رودخانه پینیوس یونان داده های رواناب ماهانه ۱۵ ایستگاه و داده‌های کیفیت آب شش ایستگاه را بر اساس استانداردهای ملی، اروپایی و بین المللی بررسی کرد. نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه در یک محدوده متوسط است و آب رودخانه باید با احتیاط برای آبیاری استفاده گردد (۱۴). سان و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای که بر روی رودخانه دونگ‌ژیانگ در چین داشتند، به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب‌رودخانه در نزدیکی مخزن عالی، در بالادست رودخانه خوب و در پایین‌دست رودخانه متوسط بوده که نشان می‌دهد فاضلاب شهری نشأت گرفته از افزایش جمعیت و توسعه صنعت در پایین دست به آلودگی آب در امتداد رودخانه منجر شده است (۱۵). در ایران نیز گرجی و رفاهی (۱۹۹۴)، در بررسی علل شوری رودخانه آجی چای بیان کرد که برای بهره برداری بهینه باید در ماه های فروردین و اردیبهشت که آب‌رودخانه از کیفیت خوبی برخوردار است جهت کشاورزی یا ذخیره سازی، یا تزریق به منابع آب زیرزمینی به مصرف برسد (۱۶). کرمی مقدم و حاجی مشهدی (۲۰۰۶)، با بررسی تغییرات دبی رودخانه گرگانرود به این نتیجه رسیدند که با تغییر دبی رودخانه، غلظت مواد محلول در آب‌تغییر یافته، لذا در طول دوره های پرآبی و کم آبی، پارامترهای کیفیت آب باید به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. ایشان هم‌چنین بیان نمود که در ایستگاه گنبد بین افزایش دبی و کاهش شوری، ارتباط بسیار نزدیکی وجود داشت و در ایستگاه قزاقلی

افزایش دبی باعث کاهش میزان NaCl و در ایستگاه سد گرگان باعث کاهش عوامل شیمیایی به ویژه سولفات‌ها شد (۱۷). هادی قورقی و همکاران (۲۰۱۲) با دسته‌بندی داده‌ها بر اساس شرایط آب و هوای به فصول تقویمی و هیدرواقلیمی در منطقه غرب کشور نشان دادند که دسته‌بندی داده‌ها به روش هیدرواقلیمی دارای دقت مناسب‌تری نسبت به فصول تقویمی سال می‌باشد (۱۸). کرمی و هوشمند (۲۰۱۳) به صحت سنجی و برآورد ارتباط بین کل مواد جامد محلول[1] و هدایت الکتریکی[2] آب رودخانه کارون در فصول پرآب و فصول کم آب دورابطه جدید برای محاسبه TDS ارائه دادند (۴). محمدی و همکاران (۲۰۱۴) بررسی روی احداث سد جره بر کیفیت آب رودخانه زرد داشتند و بدین منظور از داده‌های هیدروشیمیایی ماهانه ایستگاه ماشین واقع در پایین دست سد جره در دو دوره آماری قبل از احداث سد و بعد از احداث سد استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تیپ آب از کلرید سدیم به سولفات کلسیم تغییر کرده است که به دلیل واکنش آب با سازند گچساران در مخزن سد بود. هم‌چنین میزان کلرید کاهش یافت و باعث شد که آب از لحاظ کشاورزی از کلاس C_4S_2 به کلاس C_3S_1 بهبود یابد و برای کشاورزی مناسب‌تر گردد (۱۹). نی نیوا و همکاران (۲۰۱۴) ارتباط پارامترهای کیفی آب با دبی در حوزه سدقشلاق سنندج را ارزیابی نمودند و بیان داشتند که ارتباط بین دبی و کلسیم رابطه لگاریتمی و توانی مناسب‌تر بود (۶). در بررسی کیفیت آب متغیرهای زیادی وجود دارند که انتخاب آن بر اساس هدف مورد نظر و عوامل اقتصادی است که شامل متغیرهای پایه و اضافی هستند. حال مطالعه شاخص‌هایی مانند کل مواد جامد محلول که نشان دهنده کل ناخالصی‌های جامد حل شده در آب است و یا مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد، هدایت الکتریکی که نشان دهنده قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان الکتریسیته است و تابعی از قدرت یونی آب (مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب) می‌باشد، و همچنین کلر[3]، کلسیم[4]، سدیم[5]، منیزیم[6]، اسیدیته[7] و نسبت جذب سدیم[8] برای بررسی کیفیت آب ضروری است (۶، ۷). اما این نکته مهم است که اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب نیاز به صرف وقت و هزینه‌های زیادی دارد و از سویی دیگر مقدار دبی آب رودخانه و تغییرات فصلی می‌تواند روی مقادیر پارامترهای کیفی آب تأثیرگذار باشند. در موارد گوناگونی رابطه دبی آب با کیفیت آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است از جمله گروم و همکاران (۱۹۹۷) و وروير و همکاران (۱۹۹۹) از تجزیه و تحلیل همبستگی برای ارزیابی رابطه بین متغیرهای کیفی آب استفاده کرده‌اند (۲۰، ۲۱). میلر و هیرست (۱۹۹۸) با استفاده از آمار کیفیت شیمیایی در یک دوره ۵ ساله در حوضه‌ای در اسکاتلند، تغییرات سالانه مقدار و غلظت و هم‌چنین تغییرات آب نهرها را به دلیل تغییر دبی بررسی کردند (۲۲). از جمله کارهایی که در ایران انجام گرفته نیز می‌توان به پژوهش‌های رزاز (۱۳۸۵) و نوریان (۱۳۸۶) در مورد مشاهدات زیست محیطی و عوامل فیزیکی و شیمیای رودخانه زاینده‌رود در پایین دست سد و کارهای ندافی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی حوزه آبخیز کارون در ارتباط با رابطه دبی و کیفیت آب با استفاده از روش کم‌ترین مربعات اشاره کرد (۲۳). در تحقیق حاضر سعی شده است که روابط بین دبی با پارامترهای کیفی آب در دو زیرحوضه خلیفه‌ترخان و چهل‌گزی سد قشلاق سنندج به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال بررسی گردد تا بتوان از طریق آنها و بدون انجام اقدامات صحرایی و تنها با داشتن مقدار دبی و توجه به تغییرات فصلی کیفیت آب های سطحی، به استخراج و بازیابی داده‌های کیفی آب پرداخت.

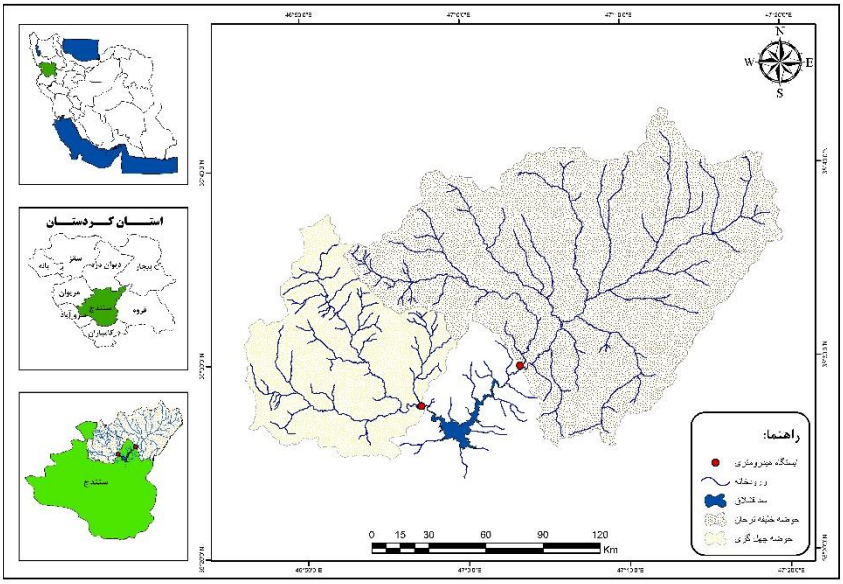
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ایستگاه‌های هیدرومتری یا آب سنجی دو زیر حوضه چهل‌گزی و خلیفه‌ترخان به عنوان محل اندازه گیری و جمع آوری داده‌های پژوهش حاضر، از ایستگاه‌های مهم سد قشلاق (سد

1- Total Dissolved Salts (TDS)
2- Electronic Control Unit (EC)
3- Chlorine (CL)
4- Calcium (Ca)
5- Natrium (Na)
6- Magnesia (Mg)
7- Potential of Hydrogen (pH)
8- Sodium adsorption ratio (SAR)

وحدت) واقع در حومه استحفاظی شهر سنندج می‌باشند. ایستگاه چهل‌گزی دارای طول جغرافیایی "۱۲ '۵۷ °۴۶ و عرض جغرافیای "۴۶ '۲۷ °۳۵ و همچنین ایستگاه خلیفه‌ترخان دارای طول جغرافیایی "۱۹ '۰۳ °۴۷ و عرض جغرافیایی "۵۴ '۲۹ °۳۵ می‌باشد. شکل(۱) موقعیت جغرافیایی این دو زیر حوزه و ایستگاه‌های آن را نشان می‌دهد. مساحت حوضه‌های چهل گزی و خلیفه ترخان به ترتیب ۲۷۲ و ۶۹۰ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط هر دو زیرحوزه مذکور حدود ۱۵۶۰ متر بوده و همچنین متوسط بارندگی نیز در این دو زیرحوزه ۲۹۴/۲ میلی-متر می‌باشد. در این دو زیرحوزه شیل بیش‌ترین فرسایش و آهک‌های میکروفسیل‌دار کم‌ترین فرسایش را در بین سنگ‌های پیوسته به خود اختصاص می‌دهند. علاوه بر این نهشته‌های منفصل بستر رودخانه ها بیش‌ترین حساسیت را دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زیر حوضه‌های خلیفه‌ترخان و چهل‌گزی درحوزه آبخیز سد قشلاق سنندج.

Figure 1. The location of Chehelgazi and khalifehtarkhan sub-watersheds in Sanandaj Gheshlagh dam watershed

نحوه جمع‌آوری داده‌ها

تحقیق انجام گرفته به منظور بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب با دبی، به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال جهت مدل‌سازی کیفیت آب با استفاده از داده‌های جمع-آوری شده دبی، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، کلر، کلسیم، سدیم، منیزیم، اسیدیته و نسبت جذب سدیم انجام شده است که این داده‌ها توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کردستان در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۰ از ایستگاه‌های هیدرومتری دو زیرحوضه چهل‌گزی و خلیفه‌ترخان سد قشلاق سنندج جمع‌آوری شده است.

نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق رابطه بین پارامترهای کیفی آب شامل املاح محلول، هدایت الکتریکی، کلر، کلسیم، سدیم، منیزیم، اسیدیته و نسبت جذب سدیم به عنوان متغیرهای وابسته و دبی آب به عنوان متغیر مستقل با استفاده از پنج رابطه خطی، لگاریتمی، توانی، معکوس و نمایی بررسی شد. که کلیه تحلیل‌های آماری انجام شده توسط نرم‌افزار آماری SPSS و در سطح اطمینان ۹۵ درصد، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف – اسمیرنوف، صورت گرفته است.

واسنجی و بررسی صحت مدل‌ها

در این تحقیق برای ارزیابی و سنجش میزان کارایی دقت مدل های رگرسیونی و مقایسه نسبی نتایج مدل های تخمینی با

مقادیر اندازه‌گیری شد پارامترهای کیفی، آزمون‌هایی که توسط جاکویدز (۱۹۹۷) پیشنهاد شده، انجام گرفته است. بدین جهت برای ارزیابی اعتبار و دقت مدل از معیارهای آماری ضریب تبیین[1]، ریشه میانگین مربعات خطا[2] و میانگین اریبی اشتباه[3] استفاده شد (رابطه‌های ۱ و ۲). جاکویدز نشان داد که استفاده از شاخص های RMSE و MBE به تنهایی، موجب به وجود آمدن خطا در انتخاب بهترین مدل می‌شود هم‌چنین توصیه نمود که در کنار این دو شاخص، از معیار t که ترکیبی از دو رابطه مورد نظر می‌باشد (رابطه ۳)، استفاده شود (۲۴).

رابطه (۱)
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}}$$

رابطه (۲)
$$MBE = \frac{\sum_{1}^{n}(P_i - O_i)}{n}$$

رابطه (۳)
$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}}$$

در این معادلات P_i مقدار برآورد شده یا شبیه سازی شده پارامترهای کیفی، O_i مقدار اندازه‌گیری شده یا مقادیر واقعی پارامترهای کیفی و n تعداد مشاهدات می‌باشد. t نیز معیار جاکویدز است که مقادیر کم‌تر آن نشان‌گر کارایی بالاتر مدل در مدل سازی است و ضریب تبیین نیز نشان دهنده میزان ارتباط مقادیر برآورد شده با مقادیر محاسبه شده است که هر چه مقدار آن بیشتر باشد، این ارتباط نزدیک‌تر است و اختلاف مقدار برآورد شده با مقدارمحاسبه شده کمتر خواهد بود. پارامتر ارزیابی میانگین اریبی اشتباه نشان می دهد که مدل مقدار متغیر مورد نظر را کم یا زیاد برآورد می کند. زمانی که میانگین اریبی اشتباه برابر صفر است، مشخص می شود که مدل برآورد مناسبی داشته و هیچ گونه انحرافی وجود ندارد. هم‌چنین مقادیر کم‌تر ریشه میانگین مربعات خطا و معیار جاکویدز نشانگر کارایی و اعتبار بالاتر در مدل سازی است. در این مطالعه مدل‌های قابل قبول با ضریب تبیین بالای ۰/۵ مدنظر قرار گرفته شده اند و شاخص اعتبارسنجی RMSE، MBE و معیار t تنها برای این مدل ها محاسبه شده اند. درمدل‌های که معیار جاکویدز به علت مقدار پایین و منفی بودن MBE وجود نداشت، الگوهای برتر بر اساس شاخص ریشه میانگین مربعات خطا تعیین گردیده شد و به جای مقدار t، علامت خط تیره به مفهوم عدم وجود این معیار برای مدل مورد نظر در جدول استفاده شده است (۳، ۲۴).

نتایج و بحث

رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی در زیر حوضه چهل‌گزی

اطلاعات حاصل از بررسی رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال در زیرحوضه چهل‌گزی با استفاده از هر ۵ رابطه با ارایه روابط برتر درجدول (۱) خلاصه شده است. در این جدول ضریب همبستگی رگرسیون، ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل شده[4]، سطح معنی‌داری[5]، ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین اریبی اشتباه و معیار جاکویدز آمده است.

ماه‌های سرد زیرحوضه چهل‌گزی

نتایج نشان می‌دهد که در زیرحوضه چهل‌گزی در ماه‌های سرد دبی آب توانایی ارتباط معنی‌دار با پارامترهای کیفی TDS، EC، Ca، CL و Na داشته که در بین آنها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به EC و کم‌ترین آن مربوط به یون CL می‌باشد(جدول(۱)). ارتباط بین دبی با Mg، SAR و pH آب به دلیل پایین بودن ضریب تبیین مدنظر قرار نگرفته شد. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون واسنجی و بررسی صحت مدل‌ها نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، CL و Na به علت پایین بودن معیار جاکویدز از نوع خطی بوده و رابطه بین یون Ca با دبی نیز در این زیرحوضه از نوع نمایی می‌باشد که معادله این روابط در جدول (۲) آمده است.

ماه‌های گرم زیرحوضه چهل‌گزی

نتایج در ماه‌های گرم زیرحوضه چهل‌گزی بیان داشت دبی آب توانایی ارتباط معنی‌دار با پارامترهای کیفی TDS، EC، Ca،

1- R-Square (R2)
2- Root mean square error (RMSE)
3- Mean bias error (MBE)
4- Adjusted R-Square
5- Significance (Sig)

Mg، Na و SAR دارد که در بین آن‌ها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به EC و کم‌ترین آن مربوط به پارامتر Mg می‌باشد (جدول (۱)). ارتباط بین دبی و یون CL و pH آب به دلیل پایین بودن ضریب تبیین مدنظر قرار نگرفته شد. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون‌های واسنجی نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، Ca، Mg، Na و SAR به علت پایین بودن RMSE و معیار جاکویدز از نوع خطی بود که معادله این روابط نیز در جدول (۲) آمده است.

عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم زیرحوضه چهل‌گزی

اطلاعات حاصل از بررسی رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی، بدون تفکیک ماه‌های سرد و گرم زیرحوضه چهل‌گزی نیز نشان می‌دهد که در زیرحوضه چهل‌گزی دبی آب توانایی ارتباط معنی‌دار با پارامترهای کیفی TDS، EC، Ca، Na و SAR را دارد که در بین آن‌ها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به EC و کم‌ترین آن مربوط به پارامتر SAR می‌باشد (جدول(۱)). ارتباط بین دبی و یون CL، Mg و pH آب به‌دلیل پایین بودن ضریب تبیین مدنظر قرار نگرفته شد. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون‌های واسنجی نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، Ca، Na و SAR به علت پایین بودن RMSE و معیار جاکویدز از نوع خطی می باشد که معادله این روابط نیز در جدول (۲) آمده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از روابط برتر بین پارامترهای کیفی آب با دبی در زیرحوضه چهل‌گزی

Table 1. The results of superior relationships between water quality parameters with discharch in Chehelgazi subwatershed

حالت بررسی	پارامترهای کیفی آب	رابطه	همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	ریشه میانگین مربعات خطا	میانگین اریبی‌اشتباه	جاکویدز	معنی داری
ماه‌های سرد	TDS	خطی	۰/۸۳۱	۰/۶۹۰	۰/۶۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۳۲	۰/۶۹۲	۰/۶۸۹	۰/۰۹۱	-۰/۰۰۱۵	۰/۱۹۴	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۸۴۸	۰/۷۲۰	۰/۷۱۷	۰/۰۸۳	-۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۴۹	۰/۷۲۰	۰/۷۱۸	۰/۰۸۳	-۶/۵۵۰	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰
	CL	خطی	۰/۷۲۰	۰/۵۱۹	۰/۵۱۵	۰/۳۱۱	-۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰
	Ca	خطی	۰/۸۰۵	۰/۶۴۹	۰/۶۴۶	۰/۰۸۶۵	۰/۰۰۰۰۸	۰/۴۸۳	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۹۹	۰/۶۳۹	۰/۶۳۶	۰/۰۸۶۹	-۰/۰۰۳۷	۰/۴۸۱	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۷۸۲	۰/۶۱۲	۰/۶۰۸	۰/۱۹۶	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۲۷	۰/۰۰
ماه‌های گرم	TDS	خطی	۰/۸۷۴	۰/۷۶۴	۰/۷۶۱	۲۱/۲۹	-۰/۰۰۰۲	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۶۶	۰/۷۵۰	۰/۷۴۷	۲۳/۰۵	-۰/۸۹۶	-	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۸۸۹	۰/۷۹۱	۰/۷۸۹	۲۹/۸۰	۰/۰۰۰۰۵	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۷۶	۰/۷۶۷	۰/۷۶۵	۳۲/۴۶	-۱/۱۶۶	-	۰/۰۰
	Ca	خطی	۰/۸۶۹	۰/۷۵۶	۰/۷۵۳	۰/۲۸۲	-۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۴۷	۰/۷۱۷	۰/۷۱۵	۰/۳۰۶	-۰/۰۱۲۸	۰/۴۲۹	۰/۰۰

	Mg	خطی	۰/۷۱۸	۰/۵۱۶	۰/۵۱۱	۰/۱۱۶	-۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۴۲۳	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۸۶۷	۰/۷۵۲	۰/۷۵	۰/۱۶۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۵۲	۰/۰۰
	SAR	خطی	۰/۷۷۷	۰/۶۰۴	۰/۶	۰/۱۶۱	-۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۴۱۶	۰/۰۰
بدون تفکیک ماه های سرد و گرم	TDS	خطی	۰/۸۷۶	۰/۷۶۷	۰/۷۶۵	۱۹/۱۹	۵/۴۲ ×۱۰^-۱۰	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۶۹	۰/۷۵۶	۰/۷۵۵	۲۰/۱۵	-۰/۷۵۵	-	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۸۸۱	۰/۷۷۶	۰/۷۷۵	۲۸/۹۱	۸/۳۹ ×۱۰^-۱۰	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۷۷	۰/۷۶۸	۰/۷۶۷	۳۰/۴	-۱/۰۸۲	-	۰/۰۰
	Ca	خطی	۰/۸۵۸	۰/۷۳۶	۰/۷۳۵	۰/۲۶	۶/۸۵ ×۱۰^-۱۲	۳/۵۶ ×۱۰^-۱۰	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۴۶	۰/۷۱۵	۰/۷۱۴	۰/۲۷	-۰/۰۱۱	۰/۵۶	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۸۶۲	۰/۷۴۴	۰/۷۴۲	۰/۰۴۲	۱/۱۴ ×۱۰^-۱۲	۳/۵۶ ×۱۰^-۱۰	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۷	۰/۷۵۷	۰/۷۵۶	۰/۰۴۶	-۰/۰۰۲۷	۰/۸۰۸	۰/۰۰
	SAR	خطی	۰/۷۹۸	۰/۶۳۷	۰/۶۳۵	۰/۱۴۶	-۱/۳۸ ×۱۰^-۱۱	۱/۲۷ ×۱۰^-۱۲	۰/۰۰

جدول ۲- معادله ارتباطی دبی آب با پارامترهای کیفی آب در زیرحوضه چهل‌گزی.

Table 2. The equation between water discharge with water quality parameters in Chehelgazi subwatershed

حالت بررسی	پارامتر	نوع رابطه	معادله رگرسیونی
ماه‌های سرد	TDS	خطی	TDS = ۲۳۶/۵۱ + Q × (-۰/۱۱)
	EC	خطی	EC = ۳۶۹/۸۱ + Q × (-۰/۱۰)
	CL	خطی	CL = ۰/۲۴ + Q × (-۰/۲۵)
	Ca	نمایی	$Ca = ۳/۰۴ \times e^{Q \times (-۰/۰۸)}$
	Na	خطی	Na = ۰/۲۸ + Q × (-۰/۱۹)
ماه‌های گرم	TDS	خطی	TDS = ۲۴۴/۲۵ + Q × (-۲۳/۱۷)
	EC	خطی	EC = ۳۸۱/۰۸ + Q × (-۳۵/۰۷)
	Ca	خطی	Ca = ۳/۲۳ + Q × (-۰/۳۰)
	Mg	خطی	Mg = ۰/۵۷ + Q × (-۰/۰۷)
	Na	خطی	EC = ۰/۲۸ + Q × (-۰/۱۷)
	SAR	خطی	SAR = ۰/۲ + Q × (-۰/۱۲)
بدون تفکیک ماه های سرد و گرم	TDS	خطی	TDS = ۲۴۰/۵۷ + Q × (-۲۳/۱۳)
	EC	خطی	EC = ۳۷۶/۸۵ + Q × (-۳۵/۸۵)
	Ca	خطی	Ca = ۳/۱۸ + Q × (-۰/۲۹)
	Na	خطی	Na = ۰/۲۸ + Q × (-۰/۰۵)
	SAR	خطی	SAR = ۰/۲ + Q × (-۰/۱۳)

رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی در زیرحوضه خلیفه‌ترخان

اطلاعات حاصل از بررسی رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال در زیرحوضه خلیفه‌ترخان با استفاده از هر ۵ الگوی ارتباطی و با ارایه الگو های برتر در جدول (۳) خلاصه شده است.

ماه‌های سرد زیرحوضه خلیفه‌ترخان

خلاصه نتایج جدول (۳) در ماه‌های سرد زیرحوضه خلیفه-ترخان حاکی از آن است که دبی آب توانایی ارتباط معنی‌دار با پارامترهای کیفی TDS، EC، CL، Ca و Na را دارد که در بین آن‌ها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به یون CL و کم-ترین آن مربوط به پارامتر Na می‌باشد. ارتباط بین دبی با Mg، SAR و pH آب به دلیل پایین بودن ضریب تبیین مدنظر قرار نگرفته شد. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون های واسنجی نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، CL و Na از نوع خطی بوده و رابطه بین دبی با یون Ca نیز از نوع نمایی بوده که معادله این روابط در جدول (۴) آمده است.

ماه‌های گرم زیرحوضه خلیفه‌ترخان

خلاصه نتایج جدول (۳) در ماه‌های گرم زیرحوضه خلیفه-ترخان گویای آن است که دبی آب دارای ارتباط معنی‌دار با پارامتر TDS، EC، CL، Na و SAR می‌باشد که در بین آن‌ها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به یون Na و کم‌ترین آن مربوط به پارامتر TDS است. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون واسنجی نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، CL، Na و SAR از نوع خطی بوده که معادله این روابط در جدول (۴) آمده است. قابل ذکر است که سایر پارامترهای کیفی آب ارتباط معنی‌داری با دبی در این‌زیرحوضه را نداشتند.

۳-۲-۳- عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم زیرحوضه خلیفه‌ترخان

خلاصه نتایج جدول (۳) در بررسی رابطه بین پارامترهای کیفی آب با دبی، بدون تفکیک ماه‌های سرد و گرم زیرحوضه چهل‌گزی نیز نشان می‌دهد که در این زیرحوضه دبی آب دارای ارتباط معنی‌دار با پارامتر TDS، EC، CL، Na و SAR دارد که در بین آن‌ها بیش‌ترین ضریب تبیین مربوط به یون CL و کم‌ترین آن مربوط به پارامتر TDS و EC می-باشد. هم‌چنین نتایج حاصل از آزمون واسنجی نشان داد که رابطه بین دبی با پارامترهای کیفی TDS، EC، از نوع نمایی و CL، Na و SAR از نوع خطی بوده که معادله این روابط در جدول (۴) آمده است. لذا سایر پارامترهای کیفی آب نیز ارتباط معنی‌داری با دبی در این زیرحوضه را نداشتند.

جدول ۳- نتایج حاصل از روابط برتر بین پارامترهای کیفی آب با دبی در زیرحوضه خلیفه ترخان

Table 3. The results of superior relationships between water quality parameters with discharch in Khalifehtarkhan subwatershed

حالت بررسی	پارامترهای کیفی آب	رابطه	همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	ریشه میانگین مربعات خطا	میانگین اریبی اشتباه	جاکویدز	معنی داری
ماه‌های سرد	TDS	خطی	۰/۸۲۸	۰/۶۸۶	۰/۶۸۲	۲۸/۱۷	-۰/۰۰۰۴۴	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۱۸	۰/۶۶۹	۰/۶۶۵	۲۸/۶۴	-۱/۴۵۷	-	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۸۲۸	۰/۶۸۶	۰/۶۸۲	۴۳/۸۲	۰/۰۰۰۰۴	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸۱۹	۰/۶۷	۰/۶۶۶	۴۴/۵۱	-۲/۲۵۳	-	۰/۰۰

	CL	خطی	۰/۸۵۵	۰/۷۳۲	۰/۷۲۸	۰/۱۹۸	-۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰
	Ca	خطی	۰/۷۸۷	۰/۶۱۹	۰/۶۱۴	۰/۳۱۴	-۱/۳۷۵	۳۹/۴۱	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۸۰	۰/۶۰۸	۰/۶۰۴	۰/۳۱۶	-۱/۱۸	۳۳/۵۸	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۷۴۱	۰/۵۵	۰/۵۴۴	۰/۱۸۴	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰
ماه‌های گرم	TDS	خطی	۰/۷۰۸	۰/۵۰۱	۰/۴۹۵	۳۵/۴	۰/۰۰۰۵	-	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۱۳	۰/۵۰۸	۰/۵۰۲	۳۷/۳۲	-۲/۴۵۴	-	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۷۲۳	۰/۵۲۲	۰/۴۵۶	۰/۱۳۹	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۲۱	۰/۵۲	۰/۵۱۴	۰/۱۴	-۰/۰۰۱	۰/۰۹	۰/۰۰
	CL	خطی	۰/۸۳۸	۰/۷۰۲	۰/۶۹۸	۰/۲۷۵	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۸۴۱	۰/۷۰۸	۰/۷۰۴	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰
		نمایی	۰/۸	۰/۶۴۱	۰/۶۳۶	۰/۱۶۹	-۰/۰۱۵	۰/۸۱۳	۰/۰۰
	SAR	خطی	۰/۸۳۴	۰/۶۹۵	۰/۶۹۱	۰/۰۸۷	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۲	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۹۹	۰/۶۳۸	۰/۶۳۴	۰/۱۰۳	-۰/۰۰۹	۰/۷۹۳	۰/۰۰
بدون تفکیک ماه های سرد و گرم	TDS	خطی	۰/۷۰۸	۰/۵۰۲	۰/۴۹۸	۳۷/۴۶	-۲/۴۳	–	۰/۰۰
	EC	خطی	۰/۷۰۸	۰/۵۰۲	۰/۴۹۸	۵۷/۰۴	-۳/۶۲	–	۰/۰۰
	CL	خطی	۰/۷۵۳	۰/۵۶۸	۰/۵۶۴	۰/۰۶	۴/۵۱ ×۱۰^-۱۰	۲/۳۲ ×۱۰^-۱۰	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۵۸	۰/۵۷۵	۰/۵۷۲	۰/۰۷	-۰/۰۰۸۵	۱/۴۳	۰/۰۰
	Na	خطی	۰/۷۱۳	۰/۵۰۹	۰/۵۰۵	۰/۱۸۱	۳/۴۸ ×۱۰^-۸	۵/۴ ×۱۰^-۱۰	۰/۰۰
		نمایی	۰/۷۱۴	۰/۵۱	۰/۵۰۷	۰/۲۰	-۰/۰۲۸	۱/۶۷۸	۰/۰۰
	SAR	خطی	۰/۷۱	۰/۵۰۴	۰/۵	۰/۱۶	۴/۴۶ ×۱۰^-۱۰	۱۲/۶ ×۱۰^-۱۲	۰/۰۰

جدول ۴- معادله ارتباطی دبی آب با پارامترهای کیفی آب در زیرحوضه خلیفه ترخان

Table 4.The equation between water discharge with water quality parameters in khalifehtarkhan subwatershed

حالت بررسی	پارامتر	نوع رابطه	معادله رگرسیونی
ماه‌های سرد	TDS	خطی	TDS = ۳۰۱/۵۶ + Q × (- ۴۷/۴۷)
	EC	خطی	EC = ۴۷۱/۲۶ + Q × (- ۷۳/۸۵)
	CL	خطی	CL = ۰/۳۵ + Q × (- ۰/۳۷)
	Ca	نمایی	$Ca = ۳/۳۹ \times e^{Q \times (-۰/۱۴)}$
	Na	خطی	Na = ۰/۷۷ + Q × (- ۰/۲۳)
ماه‌های گرم	TDS	خطی	TDS = ۲۵۷/۴۷ + Q × (- ۱۹/۰۳)
	EC	خطی	EC = ۳۹۳/۸۶۱ + Q × (- ۰/۰۸)
	CL	خطی	CL = ۰/۲۳ + Q × (- ۰/۲۳)
	Na	خطی	Na = ۰/۶۰ + Q × (- ۰/۱۱)

	SAR	خطی	$SAR = ۰/۴۳ + Q \times (- ۰/۰۷)$
بدون تفکیک ماه های سرد و گرم	TDS	نمایی	$TDS = ۲۷۷/۴۶ \times e^{Q \times (- ۰/۱۲)}$
	EC	نمایی	$EC = ۴۳۲/۸۰ \times e^{Q \times (- ۰/۱۱)}$
	CL	خطی	$CL = ۰/۳۰ + Q \times (- ۰/۰۶)$
	Na	خطی	$Na = ۰/۶۸ + Q \times (- ۰/۱۵)$
	SAR	خطی	$SAR = ۰/۴۷ + Q \times (- ۰/۰۹)$

مقایسه نتایج در دو زیرحوضه چهل‌گزی و خلیفه‌ترخان

نتایج حاصل از (جدول‌های ۱ و ۳) ارتباط پارامترهای کیفی آب با دبی به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال در زیرحوضه‌های چهل‌گزی و خلیفه‌ترخان نشان داد که ارتباط بین دبی با هدایت الکتریکی، املاح محلول، کلر و سدیم در زیرحوضه چهل‌گزی در ماه‌های سرد سال، رابطه خطی و همچنین برای بیان ارتباط بین دبی با کلسیم رابطه نمایی با توجه به ضریب تبیین بالا و بررسی آزمون‌های واسنجی مناسب‌تر بوده و هم‌چنین در این زیرحوضه برای ماه‌های گرم سال برای بیان ارتباط بین دبی با املاح محلول، هدایت‌الکتریکی، منیزیم، کلسیم، سدیم و نسبت جذب سدیم، رابطه خطی مناسب‌تر می باشند. مقایسه تفکیکی ارتباط پارامترهای کیفی آب با دبی به صورت ماه‌های سرد و گرم سال در زیرحوضه چهل‌گزی با عدم تفکیک ماه‌های سرد وگرم سال گویای آن می‌باشد که بررسی ارتباط پارامترهای کیفی با دبی به صورت عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال، توانایی دست-یابی به مدل مناسب جهت برآورد، کلر و منیزیم را دارا نمی باشد. در زیرحوضه خلیفه‌ترخان نیز درماه‌های سرد سال برای بیان ارتباط بین دبی با املاح محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم، الگوی خطی و برای بیان ارتباط بین دبی با کلسیم، الگوی نمایی مناسب تر و همچنین در ماه‌های گرم برای بیان ارتباط بین دبی با املاح محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم و نسبت جذب سدیم، رابطه خطی با توجه به ضریب تبیین بالا و آزمون های واسنجی صورت گرفته مناسب‌تر می باشد. مقایسه تفکیکی ارتباط پارامترهای کیفی آب با دبی به‌صورت ماه‌های سرد و گرم سال در زیرحوضه‌خلیفه‌ترخان با عدم تفکیک ماه-های سرد وگرم سال در این زیرحوضه نیز گویای آن است که بررسی ارتباط پارامترهای کیفی با دبی به صورت عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال، توانایی برآورد کلر و منیزیم در زیرحوضه چهل‌گزی و برآورد کلسیم در زیرحوضه خلیفه ترخان امکان‌پذیر نمی‌باشد. که دبی آب دارای ارتباط معنی‌دار با پارامتر کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، کلر، کلسیم، سدیم، منیزیم، اسیدیته و نسبت جذب سدیم می باشد. همچنین نتایج حاصل از این مدل‌سازی با نتایج حجتی و همکاران(۲۰۰۹)، کرمی و هوشمند (۲۰۱۳)، مساعدی و همکاران (۲۰۱۰)، محمدی و همکاران (۲۰۱۴)، نی نیوا و همکاران (۲۰۱۴) و ندافی و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد (۷، ۴، ۳، ۱۹، ۶ و ۲۳).

نتیجه گیری

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی ارتباط پارامترهای کیفی آب با دبی به تفکیک و عدم تفکیک ماه‌های سرد و گرم سال در ایستگاه‌های چهل‌گزی و خلیفه‌ترخان در حوضه سد قشلاق سنندج بیان‌گر آن می‌باشد که می‌توان با استفاده از این روابط و توجه به تغییرات فصلی کیفیت آب‌های سطحی، بدون انجام اقدامات آزمایشگاهی و تنها با داشتن مقدار دبی و در نظرگرفتن صرفه‌جویی اقتصادی به مدل‌سازی کیفیت آب، استخراج و بازیابی داده‌های کیفی آب اقدام نمود.

تشکر و قدردانی

با سپاس از زحمات بی شائبه دکتر لقمان قهرمانی، استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی،گروه جنگل، دانشگاه‌کردستان و دکتر لیلا غلامی، استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی،گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع‌طبیعی‌ساری که نویسندگان را در تمامی مراحل این پژوهش همراهی و همیاری نمودند.

Reference

1. SolaimaniSardo, M ., Vali, A.A., Ghazavi, R., Saidi Goraghani, H.R. 2013. Trend Analysis of Chemical Water Quality Parameters; Case study Cham Anjir River, Journal of Irrigation and Water Engineering, 3(12), 95-106 (In Persian).
2. Shekohifar, M., Izadpanah, Z. 2013. Relationship between TDS, EC, HCO3 and CL with Karun River discharge in cold and hot seasons using regression analysis, First National Conference on Water and Agricultural Resources Challenges, Irrigation and Drainage Association of Iran Islamic Azad University Khorasgan Branch (In Persian).
3. Mosaedi, A., Zanganeh, M.E., Karimi, I. 2010. Investigating the Relationship between Chemical Parameters in Water and Flow Rate by Regression Analysis, 6th National Conference on Watershed Management Science and Engineering and 4th National Conference on Erosion and Sedimentology, Tarbiat Modares University, Mazandaran (In Persian).
4. Karami, O., Hoshmand, A.R. 2013. Validation and estimation of correlation between TDS and EC of Karun River water, In high water and low water seasons, 4th National Conference on Irrigation and Drainage Network Management, Shahid Chamran University of Ahwaz, Faculty of Water Science Engineering (In Persian).
5. Nainiva, S.P., Hamidi, SH., Yarahmad, S. 2014. Linear Regression Model of Electrical Conductivity (EC) and Total dissolved solids (TDS) for Water Quality Management in Two Hydrometric Stations of Qeshlagh Dam, Sanandaj, Third National Conference on Environmental Research in Iran, University of Kurdistan, Sanandaj (In Persian).
6. Nainiva, S.P., Chapi, K., Yarahmad, S., Hamidi, SH. 201٤. Relationships of Chemical Parameters of Water with Water Discharge in the Gheshlagh Watershed, The First Electronic Conference on New Findings in the Environment and Agricultural Ecosystems, Institute of New Energy and Environment, University of Tehran, Tehran (In Persian).
7. Hojati, M., Bostani, F., Aboverdi, J. 2009. Correlation of discharge and electrical conductivity of rivers in Bakhtegan basin using two methods of Pearson and Kendall, Journal of Water Engineering, 2, 83-94 (In Persian).
8. Ouyang, Y., P. Nkedi-Kizza, Q.T. Wu, D. Shinde, C.H. Huang. 2006.Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Research, 40(20), 3800-3810.
9. Meybeck, M. 2002. Riverine quality at the Anthropocene: propositions for global space and time analysis, illustrated by the Seine River. Aquat. Sci. 64: 376-393.
10. Kay, D., M. Wyer, J. Crowther, C. Stapleton, M. Bradford, A. McDonald, J. Greaves, C. Francis and J. Watkins. 2005. Predicting faecal indicator fluxes using digital land use data in the UKs sentinel Water Framework Directive catchment: the Ribble study. Water Res. 39: 3967-3981.

11. Dawe, P. 2006. A statistical evaluation of water quality trend in selected water bodies of Newfoundland and Labrador. J. Eviron. Eng. Sci. 5: 59-73.
12. Chang, H.J. 2008. Spatial analysis of water quality trend in the Han River basin, South Korea, 1993_2002. Water Resour. 42: 3285-3304.
13. Li, S., Gu,S., Tan,X., Zhang,Q. 2009. Water guality in the upper Han River. China: The impacts of land use/land cover in riparian buffer zones, Journal of Hazardous Materials, 195, pp 317-324.
14. Loukas, A. 2010. Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. Desalination, 250(1), 266-273.
15. Sun, W., Xia, C., Xu, M., Guo, J., and Sun, G. 2016. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Ecological Indicators, 66, 306-312.
16. Gorji, M., Refahi, H. 1994. Investigating the causes of salinity of Ajji River and its optimal use of water, Seventh Seminar of the National Committee on Irrigation and Drainage (In Persian).
17. Karami Moghadam, A., Hji MashHadi, S. 2006. Investigating the role of Gorganrood River discharge changes in the process of influence of chemical foundations of its water quality (Case Study on Gorgan, Ghoraqoli and Gorgan Dam Stations), Seventh International Seminar on River Engineering (In Persian).
18. Ghovhi, J.H., Habibnezhad, M., Vahabzadeh. G., Khaledi Darvishan, A. 2012. Efficiency of Different Data Separation Methods to Increase the Accuracy of Sediment Rating Curve; Case Study A Part of the Sefidrood Watershed, Journal of Irrigation and Water Engineering, 2(7), 97-111 (In Persian).
19. Mohamadi, H., Kalantari, N., Pahlavanzadeh, S. 2014. Investigation of the Impact of Jarra Dam Construction on Yellow River Water Quality Using Statistical and Hydrochemical Methods, Second National Conference on Water Crisis, Shahrekord University, 116-122 (In Persian).
20. Grum M., R. H. Aalderink, L. Lijklema and H. Spliid. 1997. The underlying structure of systematic variations in the event mean concentrations of pollutants in urban runoff. Water Sci. Tech. 36(8-9): 135-140.
21. Vervier P., A. Pinheiro, A. Fabre, G. Pinay and E. Fustec. 1999. Spatial changes in the modalities of N and P inputs in a rural river network. Water Res. 331: 95-104.
22. Miller, J. D. D. Hirst. 1998. Trends in concentration of solutes in an upland catchment in Scotland. Science of the Total Environment 216: 77-88.
23. Naddafi, K., H. Honari, and M. Ahmadi. 2007. Water quality trend analysis for the Karoon River in Iran. Journal of Environ Monitor Assessment 134: 305-312.
24. Jacovides, C. P., 1997, Reply to comment on Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models. Agricultural water management 3:95-97.