نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۸، بهمن - اسفند ۱۴۰۳، ص. ۹۵۰-۹۳۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 18, Feb.-Mar. 2025, p. 937-950

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی رفتار آلاینده‌های رودخانه کیچیک‌چای اهر با پایش چند پارامتری و ماهواره‌ای کیفیت محلی آب

ابوالفضل جمالی[۱]، محمدابراهیم رمضانی*[۲]، آرزو نجائی[۳]، امید رفیعیان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۴

چکیده

انواع آلودگی‌های محیط‌زیست که از منابع مختلف ایجاد می‌گردد، باعث کاهش کیفیت خاک، گسترش در منابع آب و بروز سایر مشکلات زیست‌محیطی می‌گردد. تحقیق پیشروی، مطالعه و ارزیابی منابع بالفعل و بالقوه آلاینده‌های حوضه آبریز رودخانه کیچیک‌چای با تأکید بر پایش فلزات سنگین و کیفیت آب سطحی در طول سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲ است. هدف تحقیق، بررسی میزان آلاینده‌ها در رودخانه مذکور است. با استفاده از آنالیز داده‌ها در آزمایشگاه و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI و شبیه‌سازی با استفاده از مدل Qual2kw جهت تعیین میزان تطابق با استانداردها، تحلیل روند میزان تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه کیچیک‌چای انجام گردیده است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد پروژه مس انجرد (شامل سه فعالیت عمده اکتشاف و استخراج معدن، تولید کنسانتره و سد باطله فراوری کنسانتره) در کنار فعالیت زراعی، باغات و دامداری و مراکز سکونتی، همراه با ژئومورفولوژی منطقه موجب تغییراتی در کیفیت آب رودخانه کیچیک‌چای شده است. در طول این مدت مطالعه، میزان کدورت، ۳/۵۴ NTU کاهش؛ میزان BOD، ۳ mg/lit کاهش؛ میزان PH، ۸ واحد افزایش؛ میزان TSS، ۴/۸۶ mg/lit افزایش و میزان TDS، به مقدار ۴/۹ mg/lit افزایش‌یافته است. در پایش تغییرات کمی فلزات سنگین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، بیشترین و کمترین خطای مربع مربوط به ایستگاه‌های ۴ و ۲ در سال ۱۴۰۲ و ۱، ۴ و ۲ در سال ۱۳۹۸ است؛ بنابراین برای بهسازی کیفی رودخانه توصیه می‌شود قوانین مصوب و بالادست در اجرای قوانین مدیریت پسماندها، افزایش درخت‌کاری در حاشیه رودخانه و راهکارهای تقلیل اثر بر منابع آب‌های سطحی همچون استفاده از تثبیت‌کننده خاک شورابه پتاس و غیره، موردتوجه و الویت مدیریت بخش کشاورزی و صنعتی حاشیه رودخانه کیچیک‌چای اهر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، کیفیت آب سطحی، کیچیک‌چای اهر، Qual2kw

مقدمه

آب اهمیت زیادی در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاهان و جانوران دارد. (Adjovu et al,2023; Al-Afify et al., 2022). باتوجه‌به اینکه داده‌های مورد آنالیز درباره کیفیت آب پیچیده هستند، بااین‌وجود حل مشکلات کیفی و کمی آب رودخانه‌ها جهت استقرار نظم عمومی جهانی از نظر حفاظت و مدیریت کیفیت آب حیاتی است (Almodaresi et al., 2019). ازاین‌رو، اقدام فوری برای حفظ منابع آب از طریق مدیریت مؤثر و نظارت بر کیفیت آب ضروری است (Du et al, 2022; Imessoudene et al., 2022). از کل منبع آبی مورداستفاده، مصارف خانگی تنها ۵ درصد، بخش صنعت ۲۰ درصد و ۷۵ درصد برای مصارف کشاورزی باقی می‌ماند (Islam et al., 2023; Jadda et al, 2023). ارزیابی کیفیت آب قبل از استفاده از آن برای مصرف انسان بسیار مهم است (Kannel et al., 2007). ذرات معلق و فلزات سنگین ممکن است به اکوسیستم‌ها راه پیدا کنند و آلاینده‌های غیرقابل‌تجزیه را به طبیعت وارد کنند (Kormokar et al., 2022). در محیط، فلزات سنگین معمولاً در مقادیر بسیار کم

۱- دانشجوی دکترای گروه علوم ومهندسی محیط زیست گرایش آلودگی‌های محیط زیست، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۲- گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ایران- مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران
۳- گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ایران- مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران
۴- گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ایران- مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران
(*-نویسنده مسئول: Email: sdm@iaut.ac.ir)

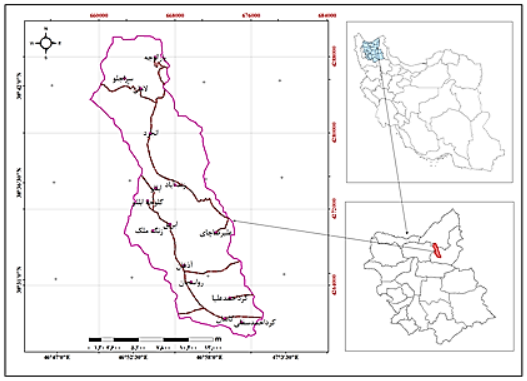
وجود دارند، اما به دلیل فعالیت‌های انسانی، غلظت آن‌ها افزایش‌یافته است. این عناصر توسط فعالیت‌های طبیعی و انسانی به رودخانه‌ها ساطع می‌شوند (Mammeri et al., 2023; Mingtao et al., 2021). تحقیقاتی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند از دیدگاه سلامت و بهداشت عمومی، حفظ تعادل اکوسیستم‌های آبی و جلوگیری از زوال زیستی آن‌ها به‌واسطه‌ی تأثیرات سوء آلاینده‌ها حائز اهمیت است (اسماعیلی، ۱۳۸۱). مطالعات نشان داده است که آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی مختلف با بسیاری از عوامل انسانی دیگر (Miranda et al., 2024)، از جمله مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، پسماندهای صنعتی تصفیه نشده، مدیریت ضعیف زباله‌دان باز و غیره مرتبط است (Osama et al., 2024; Ovidiu et al., 2022). ورود این عناصر به زنجیره غذایی از روش‌های مختلف، تهدیدی جدی برای انسان و سایر موجودات است. در اراضی کشاورزی واقع در اطراف مناطق صنعتی این تهدید جدی‌تر به نظر می‌رسد (لجمیراورک نجاتی،۱۳۹۷). فلزات سمی از راه‌های گوناگون سبب مرگ ماهیان می‌شوند. بیشتر ترکیبات فلزی یا یون‌های آن‌ها در بافته‌ای بدن، به‌ویژه کبد، آبشش، قلب، طحال و استخوان تجمع می‌یابند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۲). با درنظرگرفتن رشد روزافزون جمعیت، توسعه صنعتی (Pelletier et al., 2006) و گسترش جوامع مدرن شهری می‌توان انتظار داشت که رودخانه‌های واقع در نزدیکی این مناطق به دلیل ورود بخش اعظمی از آلاینده‌ها به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در حریم و حاشیه رودخانه‌ها، بیش از سایر سامانه‌های آبی در معرض خطر تخریب و نابودی قرار دارند (Pesce et al., 2000; Rao et al., 2014). از طرفی باتوجه‌به قرارگیری کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، تحقیق و تفحص منابع آلودگی رودخانه‌ها با تأکید بر اندازه‌گیری شاخص‌های آن‌ها و شناسایی منابع تولیدی این آلاینده‌ها، یک امر ضروری در جهت پیش‌بینی، ارزیابی و ارائه راه‌حل‌های مناسب برای کنترل میزان آلودگی و بهبود کیفیت آب رودخانه است. فلزات سنگین به دلیل اثرات سمی و ایجاد تجمعات زیستی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های آبی محسوب می‌گردد (Sajil Kumar, 2013). شاخص کیفیت آب ابزار مفیدی در بررسی میزان آلودگی آب و در نتیجه اجرای اقدامات مناسب برای کاهش آلودگی منابع آبی است. کیفیت آب با مقایسه عوامل فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب موردمطالعه با میزان مجاز تعیین می‌شود (Sankhla et al., 2016; Sunjida et al., 2016). همچنین می‌توان از آن برای توصیف کیفیت آب برای مصارف مختلف مانند شرب، کشاورزی و صنعتی استفاده کرد. رودخانه کیچیک‌چای سهم زیادی در تأمین آب شرب منطقه و کشاورزی و همچنین صنعتی داشته، و جایگاه اکولوژیک حساس و پر ارزش این اکوسیستم آبی در حفظ تعادل اکولوژیک منطقه، حفظ خصوصیات و ویژگی‌های حیاتی آب آن همواره موردتوجه محققان قرار گرفته است. شناسایی کانون‌های آلاینده (Smith, 2016) و عوامل و عناصر مؤثر در آلودگی جهت شناسایی پتانسیل و آلودگی بالفعل (Statonova, 2016) برای برنامه‌ریزی در مطالعات فرادست ازجمله آمایش سرزمین و همچنین استفاده بهینه از طبیعت از ضرورت این مطالعه است که باتوجه‌به اهداف و موضوع تحقیق با شناسایی کانون‌های آلاینده طبیعی نوع بهره‌برداری، میزان تحریک و فعال‌نمودن پتانسیل آلایندگی و نوع کانون‌های آلایندگی انسانی ازجمله پساب و پسماند انسانی نیز مشخص می‌گردد. بررسی منابع دراین‌خصوص نشان می‌دهد در بسیاری از نقاط شهرستان اهر منابع آلاینده به‌صورت بالفعل وجود دارد و معدن‌های زئلیک در جنوب غربی اهر، معدن گوگرد در حاشیه رودخانه اهر چای، معدن مس مزرعه نشان از پتانسیل بالای منابع آلاینده در این منطقه بوده که شناسایی وضع موجود و سناریوسازی در نحوه انتشار با استفاده از روش‌ها و نرم‌افزارهای روز می‌تواند در تصمیم‌سازی برای بهره‌برداری از طبیعت نقش ایفا نماید و در بهبود وضعیت و یا کاهش خسارات به جوامع انسانی مؤثر باشد.

به‌کارگیری هم‌زمان تحلیل آماری با پیش‌بینی خطاهای مطلق و خطای مربعات و همچنین استفاده از روش کوکریجینگ و تعیین ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته در کنار تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و با بهره‌گیری از قابلیت نرم‌افزار سناریوسازی QUAL2Kwاین مطالعه را از نظر دقت و قابل‌اعتماد بودن متفاوت نموده و می‌توان این مطالعه را به‌عنوان یک الگو برای مطالعه میزان آسیب‌پذیری از منابع بالفعل و بالقوه آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین و عناصر موجود، معرفی و برای مطالعه سایر مناطق مشابه تعمیم داد.

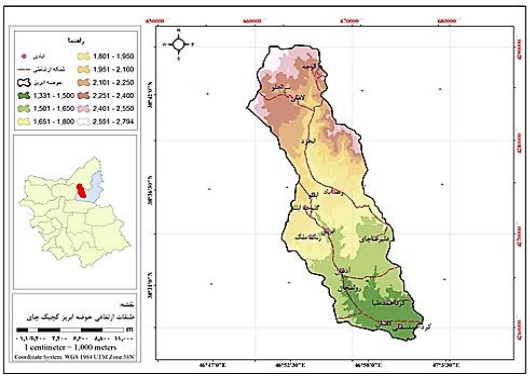
مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوضه آبخیز رودخانه انجرد به‌عنوان محدوده مطالعاتی و محدوده مجتمع صنعتی و معدنی مس انجرد به‌عنوان محل پایش زیست‌محیطی در نظر گرفته‌شده است که این رودخانه در شمال غربی شهرستان اهر قرار گرفته است (شکل ۱) و منبع تغذیه رودخانه، نزولات جوی و چشمه‌ها بوده و در جهت شمال به جنوب جریان دارد. طول رودخانه ۳۱ کیلومتر، در مناطق سولفاته بی‌کربناته و بی‌کربناته سولفاته در سازندهای سیلیکاته جریان دارد. اختلاف ارتفاع در این حوضه بین ۱۴۰۰–۲۷۰۰ متر بوده (شکل ۲) که نه‌تنها اقلیم منطقه و پوشش گیاهی را متنوع نموده، بلکه پتانسیل‌های مختلفی را از نظر آلودگی طبیعی ایجاد کرده است که عمده عامل آن نوع سنگ‌شناسی و دگرسانی این سازه‌ها در طول بازه زمانی مختلف بوده و متوسط شیب حوضه بین ۱۸–۳۰ درصد است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه (نگارنده)



شکل ۲- طبقات ارتفاعی حوضه آبریز کیچیک‌چای اهر (نگارنده)

جامعه آماری و حجم نمونه

جامعه آماری شامل داده‌های پارامتریک، شامل درجه‌حرارت، کدورت، DO[1]، pH[2]، BOD_5[3]، COD[4]، TOC[5]، TDS[6]، TSS[7]، CA[8]، نیترات، سولفات‌ها و کلی‌فرم‌ها (نتایج آزمایشگاه)، و ناپارامتریک که به‌صورت پیکسل است (تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های محیطی) تحت عنوان متغیرهای مستقل (پارامترهای محیطی) و وابسته (عناصر و پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی مورد بررسی) است که پارامترهای محیطی در زمینه لایه‌های کاربری اراضی، منابع آب و بافت خاک در رودخانه کیچیک‌چای است.

فرمول اصلی محاسبه حجم نمونه کوکران نیز به‌صورت زیر است:

$$n=\frac{\frac{Z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{Z^2pq}{d^2}-1\right)} \quad (۱)$$

n: حجم نمونه

N : حجم جامعه آماری

d: اشتباه مجاز (معمولاً d = 0.05)

z: مقدار متغیر نرمال با سطح اطمینان ۱-a. در آزمون دو دامنه مقدار z برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ و برای سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر ۲/۵۸ است.

P: نسبت برخورداری از صفت موردنظر

q= (1- p): نسبت عدم برخورداری از صفت موردنظر

باتوجه‌به تعداد جامعه آماری در تعیین پارامترهای مؤثر و متأثر، حجم نمونه ۸۹ برآورد گردید که میزان خطا ۰/۵ است.

روش نمونه‌برداری

روش نمونه‌برداری در زمینه منابع آبی بر اساس تعریف شاخص‌های مهم و اثرات آن بر رودخانه کیچیک‌چای بوده و باتوجه‌به دبی رودخانه و مورفومتری بستر رودخانه مذکور، نمونه‌گیری انجام گرفت و تعیین ایستگاه باتوجه‌به شاخص‌های تعریف شده در این محدوده به شرح ذیل است:

۱- نمونه‌برداری آب در بالادست کلیه محدوده‌های فعالیت انسانی که بتواند ویژگی و میزان پتانسیل آلایندگی منطقه را نشان دهد.

۲- نمونه‌برداری از پایین‌دست ایستگاه شماره ۱ بافاصله ۵۰۰ متر تا میزان بار آلودگی و اثر فعالیت عوامل انسانی در افزایش بار آلودگی در رودخانه کیچیک‌چای را نشان دهد.

۳- نمونه‌برداری و پایش از منابع آب زیر زمینی از پایین‌دست محدوده فعالیت عوامل انسانی جهت کنترل نفوذ آلاینده به آب‌های زیر زمینی

۴- نمونه‌برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی بر اساس روش سیستماتیک تصادفی انجام گرفت. برای این کار ابتدا منطقه موردمطالعه به شبکه‌های ۵×۵ متر تقسیم‌بندی شد. بر اساس روش تصادفی سیستماتیک در نقاطی که تحت‌تأثیر عوامل انسانی بود و همچنین بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و نقشه توپوگرافی نقاط نمونه‌برداری انتخاب شد. در مجموع ۵ نمونه از آب سطحی (عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتری) جهت بررسی میزان تطبیق با نتیجه تفسیر تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری شد. در این پژوهش از طبقه‌بندی هکنسن برای فاکتور آلودگی (جدول ۱) به‌منظور ارزیابی آلایندگی فلزات سنگین استفاده شد. میانگین غلظت هر عنصر در اراضی طبیعی (مرتع) دست‌نخورده به‌عنوان غلظت زمینه طبیعی در نظر گرفته می‌شود.

1- Dissolvrd Oxygen
2- Potential of Hydrogn Ion
3- Biological Oxygen Demand
4- Chemical Oxygen Demand
5- Total Organic Carbon
6- Total Dissolved Solids
7- Total Suspended Solids
8- Carbonate Alkalinity

جدول ۱- ارزیابی آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتورهای آلودگی (CF)

دامنه تغییرات CF	شدت آلودگی
CF<1	آلودگی کم
1≤CF<3	آلودگی متوسط
3≤CF<6	آلودگی زیاد
6≤CF	آلودگی بسیار زیاد

روش‌ها و ابزار تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

با استفاده از دستورالعمل و روش تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری شناسایی شدند و ۵ ایستگاه پایش متناسب با عوامل مؤثر طبیعی و انسانی تعیین گردید (شکل ۳، جدول ۳) که این محدوده‌ها به دلیل حضور معدن مس انجرد مکان‌یابی گردیدند و در ادامه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی موجود در آب از طریق آنالیز آب‌های نمونه‌برداری در آزمایشگاه معتمد اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی تهیه شد، سپس از تصاویر ماهواره‌ای برای صحت سنجی استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- معادله‌های به‌کارگرفته‌شده در تفسیر تصاویر ماهواره‌ای

تعداد		پیش‌بینی و ضریب	R^2 [1]%	تخمین استاندارد خطا
۱	DO	$7.446+0.008\times$کدورت$-11.59\times SR_2B_1$	۸۳/۵	۰/۷۵۶
۲	pH	$8.339-0.827\times BR$	۸۵/۰	۰/۰۵۹
۳	BOD	$0.382+28.746\times PC_4_SR_2$	۹۲/۳	۰/۰۴۰
۴	TSS	$53.257-3633.719\times PC_4_SR_2$	۵۹/۱	۹/۴۵
۵	TDS	$90.124-1911.396\times PC_6_SR_1$	۸۴/۶	۵/۱۱۳
۶	TDS	$84.734-3465.448\times PC_6_SR_1+407.034\times PC_3_SR_2$	۹۹/۵	۱/۰۲۵
۷	NDWI	$(B_3-B_5)/ (B_3+B_5)$	۰/۱۰۰	۰/۰۲۶
۸	Turbidity	$10.26*(B_4+B_5)-0.18329$	۹۲/۳	۱/۰۱

جدول ۳- تعیین ایستگاه‌های پایش و نمونه‌برداری

ایستگاه	موقعیت
A_1	بالادست محدودهٔ معدن – رودخانه کیچیک‌چای
A_2	پایین‌دست آبراهه‌های دامپ باطله و معدن در رودخانه کیچیک‌چای
A_3	پایین‌دست معدن چاه پیزومتری
A_4	پایین‌دست سد باطله چاه پیزومتری
A_5	پایین‌دست محدوده فعالیت مجتمع مهر اصل

شکل ۳- ایستگاه‌های پایش نمونه‌برداری

۱- ضریب تعیین Coefficient of determination

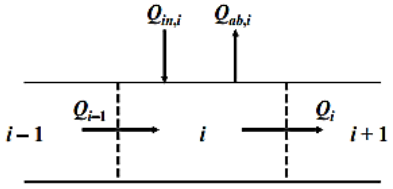
Qual2kw

مدل QUAL2Kw یک ابزار پیشرفته برای شبیه‌سازی کیفیت آب در سیستم‌های آبی است که به‌ویژه در مطالعات زیست‌محیطی و مدیریت منابع آب کاربرد دارد. بخش‌های اصلی QUAL2Kw شامل چندین بخش است که به شبیه‌سازی فرایندهای مختلف کیفیت آب کمک می‌کند. روابط به کار برده شده در مدل QUAL2Kw شامل بیلان جریان، بیلان دما و بیلان جرم است. رابطه بیلان جریان برای بازه iام رودخانه در مدل QUAL2Kw باتوجه‌به شکل (۴) به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Chapra و همکاران، ۲۰۰۶).

که در آن Q_i: دبی خروجی از بازه iام، Q_{i-1}: دبی ورودی به بازه iام، $Q_{in,i}$: دبی آلاینده ورود به بازه iام، $Q_{ab,i}$: دبی آلاینده خروجی از بازه i ام که مجموع آلاینده‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای را شامل می‌شود.

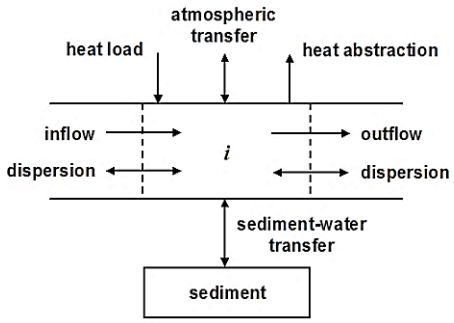
$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i} \qquad (۲)$$

باتوجه به معادله (۳) رابطه بیلان دما برای بازه i ام از رودخانه، در مدل QUAL2Kw به‌صورت زیر تعریف می‌شود.



شکل ٤- بیلان جریان برای بازهi ام از رودخانه

$$\frac{dT_i}{dt}=\frac{Q_{i-1}}{V_i}T_{i-1}-\frac{Q_i}{V_i}T_i-\frac{Q_{ab,i}}{V_i}T_i+\frac{E'_{i-1}}{V_i}(T_{i-1}-T_i)+\frac{E'_i}{V_i}(T_{i+1}-T_i) \quad +\frac{W_{h,i}}{\rho_w C_{pw} V_i}\left(\frac{\mathrm{m}^3}{10^6\ \mathrm{cm}^3}\right)+\frac{J_{h,i}}{\rho_w C_{pw} H_i}\left(\frac{\mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}}\right)+\frac{J_{s,i}}{\rho_w C_{pw} H_i}\left(\frac{\mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}}\right) \qquad (۳)$$



شکل ٥- بیلان دما برای بازهi ام از رودخانه

معادله اصلی که مدل مذکور، به حل آن می‌پردازد، معادله جابه‌جایی/پخش یک‌بعدی است. باتوجه‌به معادله (۴) رابطه بیلان جرم برای بازهi ام از رودخانه، در مدل QUAL2Kw به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\frac{dc_i}{dt}=\frac{Q_{i-1}}{V_i}c_{i-1}-\frac{Q_i}{V_i}c_i-\frac{Q_{ab,i}}{V_i}c_i+\frac{E'_{i-1}}{V_i}(c_{i-1}-c_i)+\frac{E'_i}{V_i}(c_{i+1}-c_i)+\frac{W_i}{V_i}+S_i+\frac{E'_{kpj,i}}{V_i}(c_{2,j}-c_i) \qquad (۴)$$

یک سری برگه کار با زبانهٔ فیروزه‌ای در نرم‌افزار وجود دارد که برای واردکردن اطلاعات ورودی توسط کاربر استفاده می‌شود .برگه کار اول (Qual2kw) است که برای ورود اطلاعات عمومی استفاده می‌شود (شکل ۶)، در اسم رود یا مسیلی که مدل‌سازی می‌شود نام رودخانه کیچیک‌چای آورده شد، نام فایل ذخیره‌سازی، محل ذخیره‌سازی فایل موردنظر، ماه، روز و سال شبیه‌سازی، منطقه زمانی مناسب در این برگه کار وارد می‌شود. معمولاً در بهار و تابستان زمان را به‌اندازهٔ یک ساعت به جلو می‌برند که به‌وسیلهٔ گزینه time savings Daylight، جابه‌جایی زمان را مشخص می‌شود.

نتایج و بحث

آلودگی منابع آب به‌عنوان یکی از تخریب‌های زیست‌محیطی از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. براین‌اساس با پایش دوره‌ای و منظم اطمینان لازم از اثرات فعالیت‌ها حاصل می‌شود. در پایش منابع آب سطحی و زیر زمینی ایستگاه‌های نمونه‌برداری که پیش‌بینی می‌گردد، دارای اهمیت است.

System ID:		
River name	Boulder Creek	
Saved file name	BC09187v50b37	
Directory where file saved	C:\qual2kw5\	
Month	8	
Day	21	
Year	1987	
Time zone	Mountain	
Daylight savings time	Yes	
Simulation and output options:		
Calculation step	11.25	minutes
Number of days	4	days
Solution method (integration)	Runge-Kutta	
Solution method (pH)	Bisection	
Simulate hyporheic exchange and pore water quality	No	
Display dynamic diel output	Yes	
Program determined calc step	11.25	minutes
Time elapsed during last model run	0.09	minutes
Time of sunrise	6:17 AM	
Time of solar noon	1:03 PM	
Time of sunset	7:49 PM	
Photoperiod	13.54	hours

شکل ٦- برگه کار Qual2kw(مربوط به واردکردن اطلاعات کلی در مدل)

جدول ٤- میانگین شاخص کیفیت آب در ایستگاه‌های پایش محل نمونه‌برداری (۱۴۰۲-۱۳۹۸)

فاکتورهای مورد آنالیز		واحد	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	استاندارد محیطزیست
Temp		C°	۲۰/۱	۲۰/۲	۱۹/۷	۱۹/۳	۲۰/۱	۳-۱/۵
Ph		-	۸/۶۲	۸/۶۱	۶/۹۹	۷/۲۶	۷/۹۳	۹-۶
EC		µs/cm	۵۲۴	۵۲۷	۴۹۵	۶۴۹	۵۱۹	۲۰۰۰-۱۰۰۰
Turbidity		NTU	۲/۱۴	۶/۱۵	۵/۳	۵/۰	۲/۱	۵
TSS		Mg/l	< ۰/۲۵	< ۰/۲۵	۱۲	۱۴	۱۴	< ۰/۲۵
TDS		Mg/l	۲۵۰	۲۷۲	۲۸۰	۴۲۰	۳۴۰	< ۰/۲۵
سختی از نظر کلسیم		$Mg/Icaco_3$	۱۷۲	۱۷۴	۱۶۵	۲۳۰	۱۲۰	۱۵۰
سختی از نظر منیزیم		$Mg/Icaco_3$	۸۱	۸۰	۳۵	۵۰	۱۱۵	-
قلیاییت بی کربنات		$Mg/Icaco_3$	۲۳۷	۱۷۴/۳	۲۵۰	۳۲۵	۲۶۲	۲۰۰
قلیاییت کربنات		$Mg/Icaco_3$	۲۷/۳	۲۷/۳	۰	۰	۰	-
قلیاییت هیدروکسید		$Mg/Icaco_3$	۰	۰	۰	۰	۰	-
Ni^{2+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵۰
Cu^{2+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	<۰/۰۰۱	۲- ۰/۰۵
Fe^{2+}		ppm	۰/۹۱۶	۰/۹۷۷	۱۰۰/۵۵۱	۱/۹۰۷	۱/۹۰۲	۲- ۰/۳
Cr^{4+}		ppm	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۵
Sb^{2+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۵- ۰/۰۱
Zn^{2+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵-۳
Hg^{2+}		ppm	۰/۹۷۹	۰/۴۲۱	۰/۳۹۸	۰/۲۲۳	۰/۴۶۳	۰/۰۰۶- ۰/۰۰۱
As^{3+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۵- ۰/۰۱
Cd^{2+}		ppm	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<.۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۵- ۰/۰۰۳
Mn^{2+}		ppm	۰/۰۱۰	۱۸/۳۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۴	۱- ۰/۴
Ca^{+2}		ppm	۷۹/۷۱	۸۰/۷۱	۸۵/۹۳	۱۰۸	۸۷/۷۸	-
Mg^{+2}		ppm	۱۸/۳۳	۱۸/۳۸	۱۶/۹۸	۲۱/۳۲	۱۸/۳۴	-
Na^{+}		ppm	۲۴/۷۸	۲۷/۹۳	۳۱/۵۰	۳۳/۳۹	۲۸/۹۴	-
NH_3		ppm	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۸	۱/۵- ۰/۰۵
No_2		ppm	۱۰/۳	۹/۳۹	۴/۰۱	۱/۹۶	۵/۷۷	-
No_3		ppm	۰/۰۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۵	۰/۰۸	۰/۰۵	-
Po_4^{-3}		ppm	۰/۱۱۷	۰/۱۱۰	< ۰/۱	< ۰/۱	< ۰/۱	<۰/۱۳
COD		Mg/Io_2	۵۸/۷۶	۵۷/۵۸	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-
BOD		Mg/Io^2	<۵	<۵	< ۵	< ۵	<۵	۵-۳
تست های میکروبی	کلی فرم کل	MPN Per 100 ml	۴۲	۲۹۰	۲>	۲>	+۱۱	۲۰

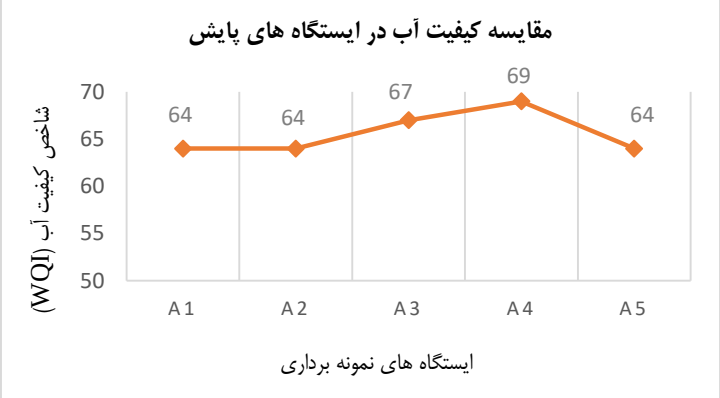
نتایج آنالیز نمونه‌های آزمایشگاهی

باتوجه‌به نتایج آزمایش در ایستگاه‌های پایش و مطابق جدول (۴) بررسی‌ها نشان می‌دهد از مجموع فاکتورهای وارد شده بر اساس روش شاخص کیفیت آب به نرم‌افزار مربوطه، ایستگاه پایش A_1 نمره ۶۴ به‌دست‌آمده که کیفیت در حد متوسط و به سمت باکیفیت شدن تمایل دارد. ایستگاه A_2 نمره ۶۴ در حد متوسط به سمت خوب است. پارامترهای مورد بررسی ایستگاه A_3 با نمره ۶۷ در حد متوسط است که نسبت به آنالیزهای فصل پاییز سال ۱۴۰۰، کیفیت رو به بهبودی داشته است. شاخص کیفیت آب در ایستگاه A_4 با نمره ۶۹ در حد خوب است و در ایستگاه A_5 شاخص کیفیت آب با ۶۴ در حد متوسط است. بررسی داده‌های آنالیز آب تعداد ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در وضعیت متوسط هستند که ایستگاه شماره ۴ و ۳ که جزو چاه‌های پیزومتری است کیفیت مناسب‌تری دارد (شکل ۷، جدول ۵).

مقادیر آنالیزهای موجود در جدول بالا توسط جدول استاندارد ارائه شده از اداره کل حفاظت محیط زیست، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. علیرغم بالا بودن برخی از ارقام، اکثر نمونه ها حاکی از پایین بودن از حد استاندارد می باشد و رودخانه کیچیک چای از لحاظ موجودیت عناصر و نوع کیفی آب در حد متوسط قرار دارد.

جدول ۵- شاخص کیفیت آب با مدل شبیه سازیQUAL2kw

فاکتورها	شاخص کیفیت				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
اکسیژن محلول	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷
کلی فرم	۸۶	۸۶	۷۳	۷۳	۷۳
Ph	۶۲	۶۲	۹۱	۸۵	۷۳
BOD	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶
درجه حرارت	۷۰	۶۵	۶۵	۶۳	۶۲
کل فسفات	۹۵	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
نیترات	۵۱	۵۲	۷۰	۹۵	۶۱
کدورت	۵	۵	۵	۵	۵
کل مقدار جامدات	۷۹	۷۹	۸۰	۸۶	۸۴
شاخص کیفیت آب	۶۴	۶۴	۶۷	۶۹	۶۴



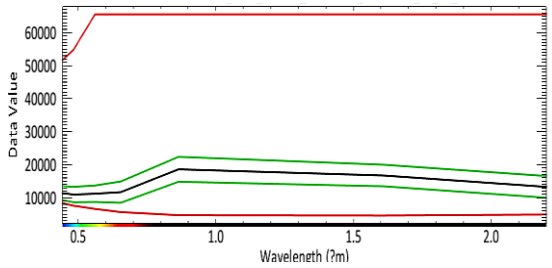
شکل ۷- مقایسه کیفیت آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری در محدوده مطالعه

تفسیر روند آلودگی ها در تصاویر ماهواره ای

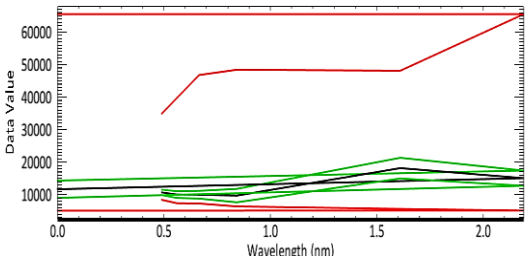
در ماهواره لندست ۸ تصاویر دریافتی زمین مرجع شده بود، نیازی به انجام تصحیح هندسی نبوده است. خطاهای دستگاهی بسته به نوع سنجنده متفاوت است ولی به طور معمول شامل خطای نوار شدگی یا خطوط جا افتاده است که در تصویر دریافتی این خطا وجود نداشته است. پردازش های ذکرشده بر روی تصاویر با استفاده از نرم افزار ENVI ۵/۳ انجام گرفته است . در این مطالعه ابتدا مقادیر DN به مقادیر تابش تبدیل شدند و پس از آن مقادیر تابش با توجه به زاویه های مختلف خورشید به دلیل تفاوت های عرض جغرافیایی، فصل، زمان و تغییرات فاصله بین زمین و خورشید به مقادیر انعکاس تبدیل شدند . پس از تهیه نقشه NDVI محدوده رودخانه در فصل جهت تحلیل ویژگی تصحیح فلش برای سال های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۲ تهیه

گردید. گسیل و میزان جذب باندهای مختلف بین ۰/۵ تا ۲/۲ بوده و حداقل پیکسل طیف نوری باند ۱ بیشتر از سایر باندها بوده و بیشترین مقدار گسیل‌شده باندها مربوط به باند ۷ می‌باشد. (شکل ۸ و۹).

مقایسه میزان *کدورت* درآنالیزهای آزمایشگاهی و تصاویر ماهواره ای نشان دهنده وجود کمترین خطا در ایستگاه A_1 و بیشترین خطا در ایستگاه A_2 هم در سال ۱۳۹۸ و هم ۱۴۰۲ می باشد (جدول ۶). با تفسیر تصویر شکل ۱۰، توزیع میانگین کدورت در آنالیز آزمایشگاهی و تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۴۰۲ ایستگاه پایش به میزان ۰/۳۶ بوده که نشان‌دهنده توزیع خوشه‌ای و فاصله نسبتاً کم از صفر، به معنی توزیع نرمال هست.



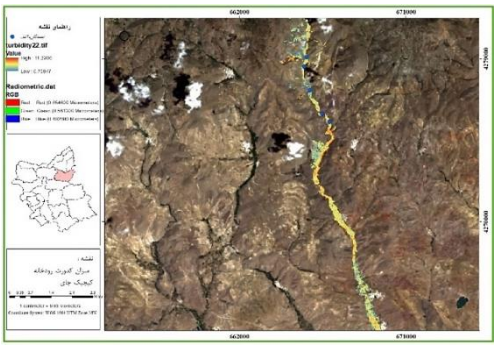
شکل۸- تفسیر تصویر سال ۱۴۰۲ رودخانه کیچیک چای



شکل۹- تفسیر تصویر سال ۱۳۹۸ رودخانه کیچیک چای

جدول ٦- مقایسه میزان کدورت (۱۳۹۸-۱۴۰۲)

ایستگاه	کدورت	تصویر	آزمایشگاه	RMSE[1]	MBE[2]	MAE[3]
A_1	۱۴۰۲	۸/۶	۱۸/۶	۳/۳۵	۱۰/۰	۱۱/۲
A_2		۸/۰۴	۳۲/۱	۵/۱۹	۲۴/۱	۲۶/۹
A_3		۸/۷	۲۰/۹۵	۳/۷۰	۱۲/۳	۱۳/۷
A_4		۹/۰۴	۲۴/۹۷	۴/۲۲	۱۵/۹	۱۷/۸
A_5		۹/۰۵	۲۲/۵۲	۳/۸۸	۱۳/۵	۱۵/۱
A_1	۱۳۹۸	۵/۰۷	۱۸/۶	۳/۹	۱۳/۵	۱۵/۲
A_2		۵/۵۶	۳۲/۱	۵/۵	۲۶/۵	۲۹/۷
A_3		۴/۵	۲۰/۹۵	۴/۳	۱۶/۵	۱۸/۴
A_4		۵/۳۱	۲۴/۹۷	۴/۷	۱۹/۷	۲۲/۰
A_5		۵/۰۴	۲۲/۵۲	۴/۴	۱۷/۵	۱۹/۶



شکل ۱۰- تصویر میانگین میزان کدورت سال ۱۴۰۲ حوضه رودخانه

1- Root mean squared error

نشان دهنده اختلاف دو مقدار اندازه گیری شده است. این پارامتر بیشتر برای اعتبار بخشی دقت هندسی تصاویر ماهواره ای و مقادیر رادیو متریکی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای استفاده می شود.

۲- میانگین انحراف خطا Mean bias error

۳- میانگین مطلق خطا Mean Absolute Error

جدول ۷- مقایسه میزان BOD (۱۳۹۸-۱۴۰۲)

ایستگاه	BOD	تصویر	آزمایشگاه	RMSE	MBE	MAE
A_1	۱۴۰۲	۲/۹۰	۳/۵۰	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۷۲
A_2		۲/۸۰	۳/۵۰	۰/۹۲	۰/۷۰	۰/۸۴
A_3		۲/۶۰	۳/۵۰	۱/۰۴	۰/۹۰	۱/۰۸
A_4		۲/۶۰	۳/۵۰	۱/۰۴	۰/۹۰	۱/۰۸
A_5		۲/۵۰	۳/۵۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۲۰
A_1	۱۳۹۸	۵/۶۰	۴/۵۰	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۳۲
A_2		۵/۶۰	۴/۵۰	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۳۲
A_3		۵/۸۰	۴/۵۰	۱/۲۵	۱/۳۰	۱/۵۶
A_4		۵/۶۰	۴/۵۰	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۳۲
A_5		۵/۹۰	۴/۵۰	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۶۸

شکل ۱۱-تصویر میانگین میزان BOD سال ۱۴۰۲ حوضه رودخانه

مقایسه میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)، درآنالیزهای آزمایشگاهی و تصاویر ماهواره ای (جدول ۷، شکل ۱۱) نشان دهنده وجود کمترین خطا در ایستگاه های A_1، A_2 و A_4 و بیشترین خطا در ایستگاه A_5 در سال ۱۳۹۸ می باشد. در سال ۱۴۰۲، کمترین خطا در ایستگاه A_1 و بیشترین خطا در ایستگاه A_5 مشاهده می شود. با تفسیر شکل ۹، توزیع میانگین BOD در آنالیز آزمایشگاهی و تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۴۰۲ ایستگاه پایش به میزان ۰/۲۳- بوده که نشان‌دهنده توزیع خوشه‌ای و فاصله نسبتاً کم از صفر، به معنی توزیع نرمال هست.

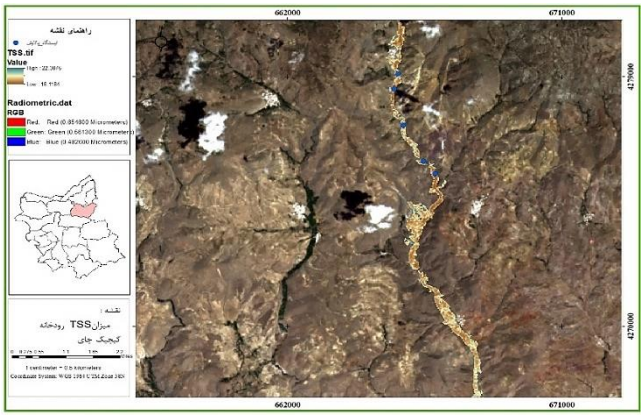
مقایسه میزان کل مواد جامد معلق در آب (TSS) درآنالیزهای آزمایشگاهی(جدول ۸) و تصاویر ماهواره ای (شکل ۱۲) نشان دهنده وجود کمترین خطا در ایستگاه های A_1 و A_2 در سال ۱۴۰۲ و بیشترین خطا در ایستگاه A_4 می باشد. در تصاویر سال ۱۳۹۸ به ترتیب کمترین و بیشترین خطا در ایستگاه A_2 و A_1، A_4 مشاهده می شود. با تفسیر شکل ۱۰، با توجه به‌دقت تصاویر ماهواره ای و نزدیکی میزان گسیل طیف نوری آب و پوشش گیاهی که در محدوده رودخانه مذکور توأم می باشد لذا تفاوت مشاهده شده بین روش نمونه‌برداری و تصویر ماهواره‌ای به‌اندازه کافی قانع‌کننده نیست که میانگین کدورت تصویر ماهواره به‌طور قابل‌توجهی متفاوت باشد.

بررسی تصویر ۱۴۰۲ نشان می‌دهد بیشترین میزان TDS در ایستگاه‌های منتخب ۳۶۳/۰ میلی‌گرم در لیتر بوده و در تصویر سال ۱۳۹۸، برابر ۲۷۳/۹۰ در ایستگاه ۴ می‌باشد و در نتایج آنالیز آزمایشگاهی بین ۱۹۸ تا ۵۸۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است، که بیشترین خطای مربع در ایستگاه شماره ۴ در تصویر ۱۴۰۲ به میزان ۱۶/۲۰ و کمترین خطا در ایستگاه شماره ۵ به میزان ۳/۹۴ می‌باشد و در تصویر سال ۱۳۹۸ کمترین خطا در ایستگاه شماره ۲ به میزان ۹/۴۲ و بیشترین خطا ۱۹/۳۰ در ایستگاه‌های ۳ می‌باشد.

با استفاده از مدل‌سازی به روش Qual2kw تغییرات مقادیر DO نشان می‌دهد که با کاهش ارتفاع و دبی آب، میزان DO کمتر می شود که در سراب حوضه ۱۲/۲ میلی گرم در لیتر بوده و در مصب رودخانه به میزان ۸/۴ کاهش می یابد و این بدین معنی است که در فصول مختلف نیز می تواند تفاوت داشته باشد (شکل۱۳). *کدورت* در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه کیچیک چای نشان می‌دهد با کاهش ارتفاع و دبی آب، میزان کدورت افزایش می یابد (شکل ۱۴).

جدول ۸- مقایسه میزان TSS (۱۳۹۸-۱۴۰۲)

ایستگاه	TSS	تصاویر	آزمایشگاه	RMSE	MBE	MAE
A_1	۱۴۰۲	۱۸/۹	۱۱	۳/۰۸	۱۱/۰۰	۷/۹۰
A_2		۲۰/۷۴	۱۹	۱/۴۴	۱۹/۰۰	۱/۷۴
A_3		۲۴/۳	۲۰	۲/۲۷	۲۰/۰۰	۴/۳۰
A_4		۱۹/۲۱	۲۸	۳/۲۵	۲۸/۰۰	۸/۷۹
A_5		۲۴/۴	۱۸	۲/۷۷	۱۸/۰۰	۶/۴۰
A_1	۱۳۹۸	۱۹/۵۴	۱۱	۳/۲۰	۱۱/۰۰	۸/۵۴
A_2		۱۹/۱۷	۱۹	۰/۴۵	۱۹/۰۰	۰/۱۷
A_3		۱۸/۶۱	۲۰	۱/۲۹	۲۰/۰۰	۱/۳۹
A_4		۱۹/۴۸	۲۸	۳/۲۰	۲۸/۰۰	۸/۵۲
A_5		۱۸/۴۲	۱۸	۰/۷۱	۱۸/۰۰	۰/۴۲

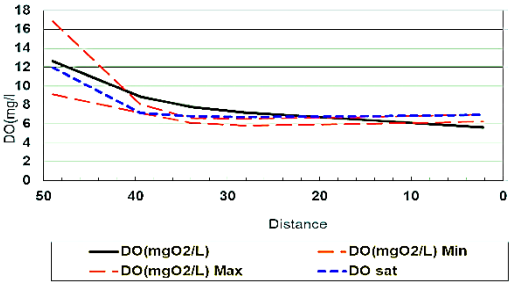


شکل ۱۲-تصویر میانگین میزان TSS سال ۱۴۰۲ حوضه رودخانه

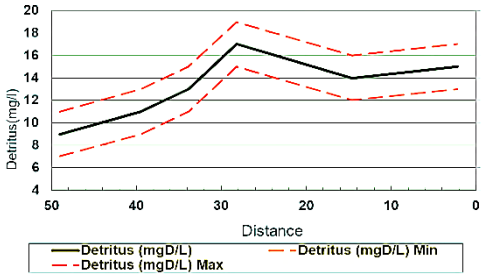
جدول ۹- مقایسه میزان TDS (۱۳۹۸-۱۴۰۲)

ایستگاه	TDS	تصویر	آزمایشگاه	RMSE	MBE	MAE
A_1	۱۴۰۲	۳۶۰/۶	۴۱۲	۷/۸۵	۵۱/۴۰	۶۱/۶۸
A_2		۳۶۱/۴	۱۹۸	۱۴/۰۰	۱۶۳/۴۰	۱۹۶/۰۸
A_3		۳۶۲/۶	۵۸۰	۱۶/۱۵	۲۷۰/۴۰	۲۶۰/۸۸
A_4		۳۶۰/۷	۱۴۲	۱۶/۲۰	۲۱۸/۷۶	۲۶۲/۵۱
A_5		۳۶۳/۰	۳۷۴	۳/۹۴	۱۲/۹۶	۱۵/۵۵
A_1	۱۳۹۸	۲۷۳/۳۵	۴۱۲	۱۲/۹۰	۱۳۸/۶	۱۶۶/۳۸
A_2		۲۷۱/۸۸	۱۹۵	۹/۴۲	۷۳/۸۸	۸۸/۶۶
A_3		۲۶۹/۷۷	۵۸۰	۱۹/۳۰	۳۱۰/۲۹	۳۷۲/۳۵
A_4		۲۷۳/۹	۱۴۲	۱۲/۵۸	۱۳۱/۹۰	۱۵۸/۲۸
A_5		۲۶۸/۹۶	۳۷۶	۱۱/۳۳	۱۰۷/۰۴	۱۲۸/۴۵

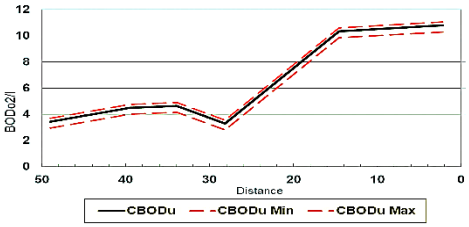
با کاهش ارتفاع، میزان و دبی آب، میزان BOD افزایش می‌یابد که در سراب حوضه ۲/۲ میلی‌گرم در لیتر بوده و در مصب رودخانه به میزان ۷/۱ افزایش می‌یابد و این بدین معنی است که در فصول مختلف نیز می‌تواند تفاوت داشته باشد (شکل ۱۵). با کاهش ارتفاع و افزایش بهره‌برداری از منابع آب و کاهش دبی میزان TSS افزایش می‌یابد که در سراب حوضه حدود ۱۱ میلی‌گرم در لیتر بوده و در ایستگاه ۲ به ۱۷ میلی‌گرم در لیتر رسیده است و پس از ایستگاه شماره ۴ روند کاهشی بوده ولی به دلیل بهره‌برداری از منابع آب در پایین‌دست محدوده رو به افزایش بوده است (شکل ۱۶).



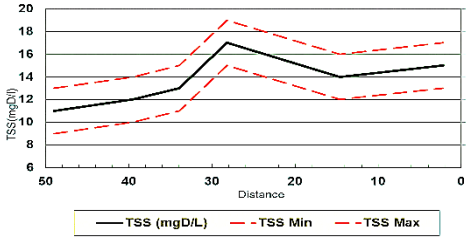
شکل ۱۳- شبیه سازی DO در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل ١٤- شبیه سازی کدورت در ایستگاه های نمونه برداری



شکل ۱۵- شبیه سازی BOD در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل ١٦- شبیه سازی TSS در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نتیجه‌گیری

تحقیق با عنوان مطالعه و ارزیابی منابع بالفعل و بالقوه آلاینده‌های حوضه آبریز رودخانه کیچیک چای با تاکید بر پایش فلزات سنگین و کیفیت آب سطحی و باهدف بررسی میزان آلاینده‌ها با استفاده از آنالیز داده‌ها در آزمایشگاه و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI در رودخانه کیچیک چای بوده که به صورت شبیه‌سازی جهت تعیین میزان تطابق و تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه کیچیک چای می‌باشد. همچنین برای تحلیل روند تغییرات از مدل QUAL2Kw برای کاهش آلودگی رودخانه مذکور با تطبیق تعداد آلاینده های ورودی در سطوح مختلف رودخانه با ظرفیت خودپالایی آن استفاده شده است. با توجه به نتایج آزمون، بر اساس روش WQI، از مجموع فاکتورهای وارد شده به نرم افزار، در ۵ ایستگاه نمونه برداری در وضعیت متوسط و ایستگاه های ۳ و ۴ که چاه های پیزومتریک هستند، کیفیت بهتری دارند. این بدان معنی است که اثرات فعالیت معدنی در آب های زیرزمینی هنوز مشاهده نشده است. تصحیح خطاهای جزئی در تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۲ نشان داد که کمترین خطا در سال ۱۴۰۲ نشان می‌دهد که با توجه به دما و میزان بارندگی، میزان فرسایش و همچنین دبی رودخانه، نتایج تجزیه و تحلیل ایستگاه‌های نمونه‌برداری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تا حدی؛ به طوری که در نتایج آنالیزهای انجام شده در هیچ یک از ایستگاه ها در فصول نمونه برداری، با توجه به نمودارهای به دست آمده از آنالیز آزمایشگاه، نشان می دهد که در اکثر ایستگاه های نمونه برداری، شاهد افزایش چشمگیر فلزات و آلاینده های قدیمی از پایان سال ۱۳۹۹ تا پایان سال ۱۴۰۲ هستیم؛ این افزایش تدریجی نشان دهنده عدم توجه کافی به محیط زیست اطراف رودخانه کیچیک چای و عدم توجه به پایش و کنترل آلودگی معدنی و ارائه برنامه مدیریت زیست محیطی در زمینه دفع زباله، دپوی باطله معادن و تصفیه و غیره است. ایستگاه شماره۱، به دلیل متاثر بودن از فعالیت های معدنی در شاخص های تغییرات انفجار و آلودگی صوتی، زیستگاه، فنس کشی معدن، آلودگی خاک، انتشار گردو غبار و زه آب اسیدی معدن دارای آلودگی و دغدغه زیست محیطی در بین ایستگاه ها داشته است. این نتایج با نتایج به دست آمده در تحقیق دیگری (Silvie etal, 2024) مطابقت دارد، که به ما اجازه می دهد تا نتایج گزارش شده در این تحقیق را تاکید کنیم. نمونه های مورد بررسی در داخل کارخانه مهراصل، به ترتیب به دلیل عدم احداث تصفیه خانه پساب انسانی هم سو با نتایج تحقیق(Xiano etal, 2018) ، انتشار آلاینده های سمی در بخش فلوتاسیون و سد باطله و موقعیت کارخانه فرآوری و سد باطله در محل مستعد لغزش و رانش بیشترین تاثیر منفی را به خود اختصاص داده است؛ ولی به دلیل میزان اشتغال زائی بومی، کنترل جمعیت و توسعه فرهنگی و اجتماعی دارای اثر مثبت نسبت به سایر ایستگاه ها است. محدوده ایستگاه های ۲ و۳، به دلیل عدم نصب کالورت در محدوده معدن و مواد باطله معدن، موقعیت آن نسبت به جاده انجرد و احتمال پرتاب و ریزش سنگ از معدن به جاده مذکور و تداخل و آبشوئی فلزات موجود در دامپ باطله (Zehra et al, 2023) اثر منفی بسیار بیشتری دارند. به دلیل شروع فعالیت های بهره برداری مجتمع مس انجرد در محدوده مطالعاتی، استخراج و فراوری آن، پسماندهایی تولید می کند که ممکن است منجر به حضور و افزایش مقادیر آن ها در

رودخانه کیچیک چای گردد و این موضوع در زمان پرابی رودخانه مشاهده گردیده است. بنابراین، قابل تفکر است که روند افزایشی فلزات سنگین در این رودخانه، با توسعه بهره برداری ها و حضور مازاد نیروی انسانی چگونه مدیریت خواهد گردید. جهت کاهش اثرات زیست محیطی در تشدید آلودگی و کاهش اثرات عوامل انسانی در کاهش کیفیت آب رودخانه ها چند مورد به عنوان پیشنهاد ارائه می گردد: اعمال ماده ۱۳۴ ماده ۱۰۴ قانون برنامه توسعه جمهوری اسلامی ایران جهت کاهش عوامل آلاینده به رودخانه کیچیک چای؛ نظارت کنترل شده بر حسن اجرای قانون مدیریت پسماندها جهت جلوگیری از ورود و تخلیه پسماندها به رودخانه؛ جلوگیری از بهره برداری بی رویه شن و ماسه از حریم رودخانه؛ افزایش پوشش سطحی و درخت کاری در مسیر حاشیه رودخانه؛ استفاده از آهک برای خنثی سازی اکسید مس در محدوده بلافصل طرح های معدنی رودخانه کیچیک چای، آب پاشی جاده های معدن و استفاده از تثبیت کننده خاک شورابه پتاس؛ استفاده از سیستم فیلتر پرس در میل باطله و راهکار تقلیل اثر بر منابع آب های سطحی و زیرزمینی و طراحی و اجرای سیستم زهکش به منظور هدایت روناب ها؛ کنترل کیفیت فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی پساب و پایش چاه های مانیتورینگ و پایش در محدوده پایین دست سد باطله و کاهش رطوبت میل باطله و تبدیل به کیک، جمع آوری و انتقال به محل مجاز و رعایت خروجی استاندار برای مصارف صنعتی و آبیاری فضای سبز.

منابع

استاندارد کیفیت آب های ایران، سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۴۰۰. معاونت محیط زیست انسانی. دفتر آب و خاک.

اسماعیلی ساری، ع.، مرتضوی، ث. و ریاحی بختیاری، ع. ۱۳۸۱. سنجش میزان سرب، روی، کادمیوم و کروم در صدف خوراکی صخره ای در سواحل استان هرمزگان، مجله علوم دریایی ایران. ۳۱(۱): ۶۷-۷۶.

لجمیراورک،ن.، رنگ زن،م.، نادیان قمشه، س. و خلیلی مقدم، ح . ۱۳۹۷. ارزیابی خطر فلزات سنگین در خاک‌های اطراف شرکت صنایع فولاد خوزستان، مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار. ۸ (۴): ۶۱-۷۸.

مرادی، ی.، نصراله زاده ساروی، ح.، سیف زاده، م.، رضائی، م.، دریانبرد، غ. و فیروزکندیان، ش. ۱۴۰۲. ارزیابی خطر سلامت و سطوح فلزات سمی در ماهی سفید دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. ۳۲(۶): ۵۱-۶۱.

Adjovu, G.E., Stephen, H. and Ahmad, S. 2023. Spatial and Temporal Dynamics of Key Water Quality Parameters in a Thermal Stratified Lake Ecosystem: The Case Study of Lake Mead. Earth journal. 4(3): 461-502; https://doi.org/10.3390/earth4030025.

Al-Afify, A.D. and Abdel-Satar, A.M. 2022. Heavy metal contamination of the river nile environment, Rosetta branch, Egypt. Wat. Air and Soil Poll. 233(8): 302.

Almodaresi, S.A., Mohammad Rezaei, M., Dolatabadi M. and Nateghi, M. 2019. Qualitative Analysis of Groundwater Quality Indicators Based on Schuler and Wilcox Diagrams: IDW and Kriging Models. Journal of Environmental Health and Sustainable Development (JEHSD) Sustainable Development. 4(4): 903-12.

Chapra, S., Pelletier, G. and Tao, H.2006. a modeling framework for simulating river and stream water quality, version 2.04: documentation and user's manual. Civil and environmental engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Du, Y., Song, Q., Li, S., Wen, Zhidan., Liu, G., Tao, H., Sang, Y., Hou, J., Lyu, L. and Zhang, B. 2022. Total spend ended solids characterization and management implications for lakes in East China, science of total environment. 806(4): 151374.

Imessaoudene, A., Cheikh, S., Bollinger, J. C., Belkhiri, L., Tiri, A., Bouzaza, A., El Jery, A., Assadi, A., Amrane, A. and Mouni, L. 2022. Zeolite Waste Characterization and Use as Low-Cost, Ecofriendly, and Sustainable Material for Malachite Green and Methylene Blue Dyes Removal: Box–Behnken Design, Kinetics, and Thermodynamics. Applied Sciences. Journal. 12(15): 7587; https://doi.org/10.3390/app12157587.

Islam, M.A.S, Hossain, M.E., Nahar, K. and Majed, N. 2023. Assessment of Environmental Hazard and Heavy Metal Contamination in Dhaleshwari River Sediment: A Toxicity based Study on Pollution. Pollution Journal. 9 (1): 67-83; http//doi.org/10.22059/poll.2022.342243.1455.

Jadaa, W. and Mohammed, H K. 2023. Heavy Metals – Definition, Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems, Toxicity, and Removal Methods – An Overview Study. Journal of Ecological Engineering. 24(6):249-271; https://doi.org/10.12911/22998993/162955.

Kannel, P.R., Lee, S., Kanel, S.R. and et al. 2007. Application of QUAL2Kw for water quality modeling and dissolved oxygen control in the river Bagmati. Environ Monit Assess Journal. 125:201–217. https://doi.org/10.1007/s10661-006-9255-0.

Kormokar, T., Idris, A.M., Khan, M.M., Tusher, T.R., Proshad, R., Islam, M.S., Khadka, S., Rahman, S., Kabir, M.H. and Kundu, S.2022. Spatial distribution, multivariate statistical analysis, and health risk assessment of some parameters controlling drinking water quality at selected primary schools located in the southwestern coastal region of Bangladesh. Toxin Rev Journal. 41(1):247–260. https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1866012.

comparative study from perambalur taluk. Elixir Geoscience Journal. 54: 12208-12211.

Sankhla, M.S., Kumari, M., Nandan, M., Kumar, R. and Agrawal, P. 2016. Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health-a review. International Journal of current Microbiology and Applied Science. 5(10): 759-766.

Silvie, N.M.E., Ekoa, A., Mbomo, A. and Akono, J.V. 2024. Evaluation of surface water contamination and its impacts on health in the mining districts of Kambélé and Bétaré-Oya (Eastern-Cameroon). Heliyon. 10(1): e29189, https://doi.org/10.1016/j.heliyon. 2024.e29189

Smith, V.H. 2016. Effects of Eutrophication on Maximum Algal Biomass in Lake and River Ecosystems. Inland Waters. 6:147–154.

Statonova, H. 2016. Analysis of visual interpretation of satellite data. The international archives of the photogrammetry, remote sensingand spatial information science, XLI-B_2, Prague, Czech Republic. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B2-675-2016.

Sunjida, S.B., Yesmine, S., Rahman, I. and Islam, R. 2016. Assessing the quality of household and drinking water in Tongi industrial zone of Bangladesh and its toxicological impact on healthy Sprague Dawley rats. Journal of Applied Pharmaceutical. 8(3):2. https://doi.org/ 10.21065/1920-4159.1000224.

Xiano, S., Hu, S., Zhang, Y., Zhao, X. and Pan., W. 2018. Influence of sewage treatment plant effluent discharge into multipurpose river on its water quality: A quantitative health risk assessment of Cryptosporidium and Giardia. Environmental Pollution Journal. 233:797-805.

Zehra, R., Singh, S.P. and Verma, J. et al. 2023. Spatio-temporal investigation of physico-chemical water quality parameters based on comparative assessment of QUAL 2Kw and WASP model for the upper reaches of Yamuna River stretching from Paonta Sahib, Sirmaur district to Cullackpur, North Delhi districts of North India. Environ Monit Assess Journal.195: 480. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11072-5

Mammeri, A., Tiri, A., Belkhiri, L., Salhi, H. and Brella, D., Lakouas, E., Tahraoui, H., Amrane, A and Mouni, L. 2023. Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index and Discriminant Analysis Method. Water Journal. 15: 680. https://doi.org/10.3390/w15040680.

Mingtao, X., Yan, L., Jiayu, Y., Kaige, L. and et al. 2021. Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops, environmental pollution Journal. 278(1): 116911.

Miranda, D.S., Santamaria, F., Trujillo, C.L. and Rojas, H.E. 2024. Factors influencing electricity consumption in Rural households. Energies. 17:1392. https://doi.org/10.3390/en17061392

Osama S., Majeed, I. and Aqeel, K.I. 2024. Using Heavy Metals Pollution Indices for Assessment of Tigris River Water within Al-Tarmiya City, Northern Baghdad, Iraq, Ecological Engineering & Environmental Technology Journal. 25(3): 113–123. https://doi.org/10.12912/27197050/178457.

Ovidiu, M., Radulescu, C., Dulama, I.D., Muratoreanu, G., Pehoiu, G., Stirbescu, R. M., Bucurica, I. A., Stanescu, S. G., Ionescu, C. A. and Banica, A. L.2022. Comprehensive Assessment of Tailing Dumps' Impact on Water Quality of Rivers, Lakes, and Wells from Mining Areas. Int. J. Environ. Res. Public Health. 19: 14866. https://doi.org/10.3390/ ijerph192214866.

Pelletier, G. and Chapra, S.2006. QUAL2Kw — A Framework for Modeling Water Quality in Streams and Rivers Using a Genetic Algorithm for Calibration. Environmental Modelling & Software Journal. 21(3): 419-425.

Pesce, S.F. and Wunderlin, D.A.2000. Use of Water Quality Indices to Verify the Impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. Water Resource Journal.34: 2915–2926.

Rao, N., Vidyasagar, G., Rao, P. and Bhanumurthy, P. 2014. Assessment of Hydrogeochemical Processes in a Coastal Region: Application of Multivariate Statistical Model. J. Geol. Soc. India Journal. 84:494–500.

Sajil Kumar, P.J.2013. Interpretation of groundwater chemistry using piperand chadha´s diagrams: a

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 18, Feb.-Mar. 2025, p. 937-950

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۸، بهمن - اسفند ۱۴۰۳، ص. ۹۵۰-۹۳۷

Investigating the Behavior of Kichik Chai Ahar River Pollutants With Multi-Parameter and Satellite Monitoring of Local Water Quality

A Jamali[1], ME Ramezani[2*], A Nejaei[3], O Rafieyan[4]
Recived: Aug.13, 2024 Accepted: Dec. 14, 2024

Abstract

The types of environmental pollution that are created from different sources cause the reduction of soil quality, the expansion of water resources and the emergence of other environmental problems. The current research is to study and evaluate the actual and potential sources of pollutants in the Kichikchai river catchment with an emphasis on monitoring heavy metals and surface water quality during the years 1398 to 1402 and aims to investigate the amount of pollutants in the said river using data analysis in the laboratory And the interpretation of satellite images in the environment of ENVI software and simulation using the Qual2kw model to determine the degree of conformity with the standards, the trend analysis of the changes in the quality parameters of the Kichikchai River water has been done. The results of the investigations show that the Anjerd copper project (including three major activities of exploration and mining, concentrate production and concentrate processing tailings dam) along with agricultural activities, gardens and animal husbandry and residential centers, along with the geomorphology of the region, has caused changes in the water quality of Kichikchai River. During this study period, the amount of turbidity decreased by 3.54 NTU; BOD level, 3 mg/lit decrease; PH level, 8 units increase; The amount of TSS increased by 4.86 mg/lit and the amount of TDS increased by 4.9 mg/lit. In monitoring the quantitative changes of heavy metals using Landsat 8 satellite images, the highest and lowest square error is related to stations 4 and 2 in 1402 and 1, 4 and 2 in 2018; Therefore, in order to improve the quality of the river, it is recommended to implement the approved and upstream laws in the implementation of the waste management laws, increase tree planting on the river banks, and reduce the impact on surface water sources, such as the use of potash soil stabilizers, etc. Kichikchai should be placed on the back.

Keywords: Heavy metals, Kichik Chai Ahar, Qual2kw, Surface water quality,

1- 1- Ph.D. student, Department of Environmental Sciences and Engineering, Department of Environmental Pollution, Tabriz Branch, Islamic Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Associate professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Tabriz, Iran- Research center for Sustainable Development Management of Urmia Lake and Aras River Basin, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3- Department of environment, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
4- Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran - Sustainable Development Management Research Center of Urmia Lake basin and Aras River, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: sdm@iaut.ac.ir)