



ISSN 2251-7480

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۳

ارزیابی کیفیت آب رودخانه دره‌رود برای آبیاری با بهره‌گیری از رویکرد پایدار مدار حفاظتی و مدل CCME-WQI

عظیم عشایری^{۱*}، عبدالرضا کرباسی^۲، اکبر باغوند^۳

^(*) دانشجوی تحصیلات تکمیلی؛ رشته‌ی مهندسی عمران-محیط‌زیست؛ دانشگاه تهران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: ashaveri_a@ut.ac.ir

^(۲) دانشیار دانشگاه تهران؛ دانشکده‌ی تحصیلات تکمیلی محیط‌زیست؛ تهران؛ ایران

^(۳) دانشیار دانشگاه تهران؛ دانشکده‌ی تحصیلات تکمیلی محیط‌زیست؛ تهران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۳۱

چکیده

مدیریت کیفیت آب، از عناصر مهم برای نگهداشت سامانه‌های پایدار آبیاری است. با بررسی شاخص-محور کیفیت آب می‌توان از طریق ترسیم روند تغییرات زمانی و مکانی، دامنه دست‌یابی به اهداف را تعیین کرد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از مدل CCME-WQI و انتخاب پارامترهای ۳۰ گانه با ماهیت‌های مختلف فیزیکوشیمیایی، بیولوژیک، عناصر غذایی و فلزات سنگین، کیفیت آب رودخانه دره‌رود واقع در منطقه مغان ارزیابی شد. هدف از این ارزیابی، تعیین کلاس کیفیت آب رودخانه برای مصارف آبیاری بود. نمونه‌برداری‌ها از آب رودخانه از چهار ایستگاه مطالعاتی با دو دوره برداشت متناسب با شرایط تر و خشک هیدرولوژیک انجام و آزمایش‌های لازم بر روی آنها انجام شد. سپس، حدود هدفگذاری شده توسط محققین همراه با اطلاعات اندازه‌گیری شده، در مدل وارد گردیدند. آنگاه، سه فاکتور "محدوده‌ی هدفگذاری شده"، "فراوانی" و "دامنه‌ی انحراف از حدود هدفگذاری شده" محاسبه و نتایج داده‌ها نرمال‌سازی شدند. نتایج نشان داد که تناسب کیفی آب رودخانه در دوره‌های کم‌آبی و پرابی با رویکرد کاربری آبیاری در محدوده کلاس B (به‌ترتیب در کلاس‌های خوب و خوب متمایل به متوسط) قرار می‌گیرد. در نهایت، خروجی حاصل از این مدل به عنوان یک ابزار تشخیصی پشتیبان، ایجاب می‌نماید که اقدامات مدیریتی بهبود (BMPs) در دامنه‌ای از ۷ تا ۱۸ درصد، برای ارتقای سطح کیفی و تبیین برنامه‌های تعدیل موثر جهت تصمیم‌گیری‌های پایدار-مدار آبی، در نظر گرفته شود.

کلید واژه‌ها: کیفیت آب آبیاری؛ مدل شاخص-محور؛ CCME-WQI؛ BMPs

مقدمه

صنعتی، کشاورزی، شهری و در برخی موارد عوامل طبیعی، آسیب‌پذیر است. همچنین کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون کشور ایران از یک طرف و استفاده بی‌رویه و نادرست از منابع آب و آلودگی آنها از طرف دیگر، تهدیدی جدی برای توسعه پایدار و حفاظت محیط‌زیست به شمار می‌رود. بنابراین آگاهی از کیفیت منابع

آب و پهنه‌های آن به خاطر برخورداری از چرخه‌ی وسیع و گسترده در طبیعت، ارتباط بیشتری با دیگر اجزای محیط‌زیست دارد. در این چرخه، آب در کنش متقابل با خاک و پوشش گیاهی بوده و کیفیت آن از فعالیت‌های انسان در تغییر کاربری زمین و آلودگی ناشی از مصارف

برای آبیاری نیز به عنوان یکی از ابزارهای پشتیبان، نقش مهمی را در جهت مدیریت کارای سامانه‌های آبیاری ایفا می‌کند (مقیم، ۱۳۸۸).

معیارهای کیفیت آب برای آبیاری از منظر بررسی جامع کیفی-زیست‌محیطی بسیار شفاف نمی‌باشد. همچنین در بررسی‌های مربوط به کیفیت آب آبیاری به‌طور عمده موضوع تناسب کیفی آب و اراضی برای تولیدات کشاورزی و راندمان‌های آبیاری در نظر گرفته شده است و به اثرات ایمنی، بهداشت و سلامت زیست‌محیطی در نتیجه‌ی استفاده از آب با کیفیت نامطلوب برای آبیاری و پیامدهای منفی آن بر روی شرایط زنده‌مانی پهنه‌های پذیرنده و حفظ حیات انسان، آبزیان و اکوسیستم کمتر پرداخته شده است. نظر به اهمیت موضوع و ضرورت توجه به کیفیت آب آبیاری و نیز حفاظت از منابع سطحی جاری و تامین‌کننده (رودخانه‌ها) به عنوان شریان‌های هستی‌بخش زمین (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۴؛ مقیم، ۱۳۸۸)، در تحقیق حاضر سعی گردیده است تا ضمن بهره‌گیری از سوابق و تجارب موفق و مشابه سایر محققین، از مدل‌های شاخص-محور و کلاسه‌بندی شده برای ارزیابی کیفیت آب آبیاری با رویکرد جامع و پایدار-مدار حفاظتی، استفاده به عمل آید.

مطالعات زیادی در ارتباط با بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها برای کاربری‌های مختلف در سطوح ملی و فراملی توسط محققین و سازمان‌های مختلف با روش‌های گوناگون از جمله شیوه‌های مبتنی بر طبقه‌بندی شاخص-بنیان صورت پذیرفته است. در این راستا، شاخص‌ها به عنوان یک ویژگی اندازه‌گیری شده یا مشاهده شده تعریف می‌شوند که اطلاعات مدیریتی مفیدی را در خصوص روند مربوط به شرایط محیط زیست و نیز فعالیتهای انسانی اثرگذار بر محیط زندگی فراهم می‌کنند (US-EPA, 1996). در واقع، شاخص‌ها حجم زیادی از داده‌ها را خلاصه می‌کنند و نتایج حاصل از آنها در جهت اولویت‌بندی برخی اقدامات موثرآتی

آب، یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه‌ی این منابع و حفاظت و کنترل آنها محسوب می‌گردد و بهره‌برداری و مدیریت نامناسب و غیرکارای این منابع نسبت به گذشته، می‌تواند مخاطرات اساسی در زمینه‌های سلامت و رفاه انسان، امنیت غذایی، توسعه‌ی صنعتی و حیات اکوسیستم‌ها را فراهم آورد (خوشدوز ماسوله و همکاران، ۱۳۹۲).

رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع مهم سطحی و تامین‌کننده‌ی آب آبیاری محسوب می‌شوند. این پهنه‌های آبی ارزشمند، همواره از گذشته‌های دور مورد توجه جوامع انسانی قرار گرفته و نقش آنها نه تنها در سیمای کلی سطح زمین، بلکه در شکل زیستن انسان بر روی کره‌ی زمین نیز تعیین‌کننده بوده است بطوریکه تشکیل تمدن‌های بزرگ و کهن در کنار رودخانه‌ها تأییدی بر این مقوله است (مجنونیان، ۱۳۷۸). درجه‌ی کمی و کیفی فیزیکی-شیمیایی و بیولوژیکی اجزای یک اکوسیستم رودخانه‌ای از جمله ترکیب، ساختار و فرایند آن و نیز روابط بین این اجزا، در صورتی که عملکرد و شرایط نگهداشت آن نزدیک به سطح مرجع باشد، می‌تواند بازتابی از اثرات قابل چشم‌پوشی و حداقلی فعالیت‌های انسانی بر روی سلامت اکوسیستم باشد (Schallenberg et al., 2011).

تولیدات پایدار کشاورزی نیازمند سامانه‌های آبیاری با عملکرد مطلوب برای فراهم ساختن غذا و انرژی با کیفیت مطمئن برای حمایت جامع از جمعیت جهانی می‌باشد. در این راستا، طیف وسیعی از استراتژی‌های مدیریتی همراه با رویکردهای گوناگون برای تعدیل و کاهش اثرات آب با کیفیت پائین وجود دارد و مدیریت حفاظت کیفی منابع آب و بهره‌گیری پایدار-مدار از این منابع با رویکرد یکپارچه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. تامین آب آبیاری از رودخانه‌ها بستگی به میزان جریان (دبی) رودخانه، وضعیت کیفی، شرایط زمین‌شناسی و خاکشناسی، الگوی کاربری اراضی، شرایط اقلیمی و تاثیر سایر فعالیت‌های انسان ساخت دارد. در این میان، ارزیابی تناسب کیفیت آب

ریاضی جهت ترکیب تعدادی از متغیرها در ارزش‌های معین با قابلیت درک ساده آنها برای متولیان و مدیران تصمیم‌ساز و عامه‌ی مردم می‌باشند و نقش تعیین‌کننده‌ای را برای کمک به اقدامات حفاظتی موثر، ایفاء می‌نمایند. در جدول ۱ خلاصه‌ای از سوابق مطالعات و تحقیقات انجام شده و مشخصات مدل‌های استفاده شده مرتبط ارائه شده است.

بکار می‌آیند. روش‌های شاخص-محور متعدد و متنوعی برای بررسی وضعیت کیفی منابع آب برای کاربری‌های تعریف‌شده، وجود دارد. بطور کلی این شاخص‌ها با تکیه بر قضاوت کارشناسی به‌خصوص از منظر انتخاب مناسب حدود هدفگذاری شده برای مقاصد ویژه، اطلاعات سازنده‌ای را برای بهبود شرایط و نیز افزایش تعادل بین بهره‌گیری از زمین و کیفیت آب فراهم می‌کنند. درضمن، می‌توان گفت که شاخص‌های کیفی آب، راهکارهای

جدول ۱. خلاصه‌ای از سوابق تحقیقات و مطالعات مشابه انجام شده با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب

| نام شاخص | هدف | روش | پارامترها | توضیحات تکمیلی / مرجع |
|--------------------|---|--|--|--|
| NSF-WQI [5] | تعیین کیفیت کلی آب | امتیازبندی (تکنیک دلفی) | DO, FC, BOD ₅ , TP, N-NO ₃ , T, pH, Turbidity, TS | - طبقه‌بندی کیفی در ۵ کلاس همراه با امکان تفسیر هر کدام از کلاس‌ها، دارای محدودیت تعداد پارامترهای ورودی مدل، [بنیاد بهداشت ملی آمریکا] |
| VISC-WQI [6] | تعیین کیفیت کلی آب رودخانه | امتیازبندی | TP, Turbidity, pH, Conductivity | - نتیجه‌ی بررسی داده‌های حاصل از ۵ سال نمونه‌برداری در ۱۸۳ ایستگاه پایش، دارای محدودیت تعداد پارامترهای ورودی مدل، [ایالت ویکتوریا-استرالیا] |
| Iowa-WQI [7], [8] | ارزیابی کیفیت آب رودخانه | امتیازبندی | DO, BOD ₅ , TP, pH, TDS, TSS, E. Coli bacteria, Nitrate + Nitrite as N, Total detected pesticides | - طبقه‌بندی شرایط کیفی در ۵ کلاس با دامنه‌ی ۰-۱۰۰ همراه با امکان تفسیر هر کدام از کلاس‌ها، دارای محدودیت تعداد پارامترهای ورودی مدل، [ایالت آیوا-آمریکا] |
| O-WQI [9] | ارزیابی کلی کیفیت آب از منظر تأثیر اقدامات مدیریتی | میانگین مربع هارمونیک غیروزنی برای ترکیب زیرشاخص‌ها | T, DO, BOD ₅ , pH, TS, NH ₄ ⁺ , N-NH ₃ , TP, FC | - امکان کلاسه‌بندی کیفی آب برای مقاصد مختلف در دامنه‌های تعریف شده و تفسیر میزان اثرگذاری اقدامات مدیریتی، [ایالت آرگان - آمریکا] |
| DOE-WQI [10], [11] | ارزیابی مبنایی کیفیت منابع آب | کلاسه‌بندی شرایط کیفی متکی بر ارزش‌گذاری پارامترها | DO, BOD ₅ , COD, TSS, N-NH ₃ , pH | - کلاسه‌بندی شاخص‌های کیفی (در ۳ بازه‌ی پاک، آلودگی متوسط و آلوده)، دارای محدودیت پارامتری، [کشور مالزی] |
| CCME-WQI [12] | ارزیابی کیفی آب برای حفاظت آبریزان و اکوسیستم‌های آبی | امتیازبندی کلاس کیفی آب بر پایه‌ی روابط ریاضی و ۳ فاکتور Scope, Amplitude, Frequency | عدم وجود محدودیت در پذیرش تعداد پارامترها | - امکان بهره‌گیری از این مدل برای مقاصد مختلف با تعریف حدود هدف‌گذاری شده بدون محدودیت پارامتری، [روش پیشنهادی شورای وزارت محیط زیست کانادا] |

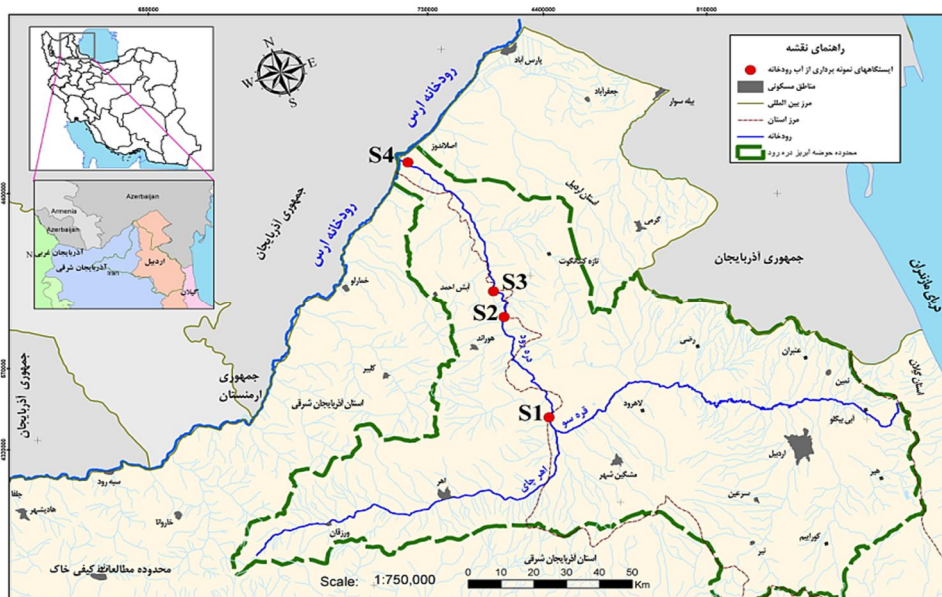
مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد مطالعه و مشخصات عمومی آن

رودخانه‌ی دره رود در شمال غربی ایران و در منطقه‌ی مغان واقع می‌باشد و از بهم پیوستن دو شاخه‌ی اهرچای و قره سو تشکیل و در نهایت به رود ارس منتهی می‌شود. حوضه‌ی آبریز این رودخانه با مساحت حدود ۱۴۵۷۷۰۰

هکتار، در دامنه‌ی بین عرض جغرافیایی ۴۵° و ۳۸° تا ۳۰° و ۳۹° شمالی و طول جغرافیایی ۱۰° و ۴۷° تا ۵۰° و ۴۷° شرقی قرار گرفته است. محدوده‌ی مورد مطالعه از محل اتصال دو شاخه‌ی فرعی گفته‌شده تا محل منتهی به رود ارس را بر روی رودخانه‌ی دره‌رود به طول حدود ۱۲۲ کیلومتر شامل می‌شود. در این حوضه، متوسط بارندگی

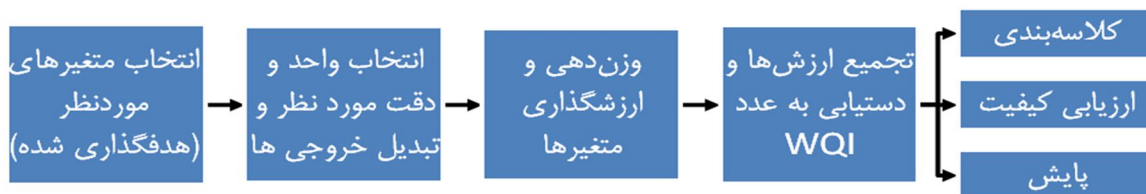
سالانه معادل ۳۰۲/۹ میلی متر، میانگین دمای سالانه معادل ۱۰/۹ درجه سانتی گراد و متوسط ارتفاع معادل ۱۵۵۰ متر می باشد (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۹۰). در شکل ۱ موقعیت بازه‌ی مطالعاتی نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه محدوده مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

امکانات و محدودیت‌های هر مدل و مقاصد هدف‌گذاری شده، برای ارزیابی کیفی آب رودخانه‌ی دره رود به منظور کاربری آبیاری، محققین مدل CCME-WQI را برای انجام مطالعات این تحقیق انتخاب کردند.

رویکرد مبتنی بر انتخاب مدل کیفی شاخص-محور CCME-WQI و مشخصات آن بطور کلی رویکرد انتخاب مدل ارزیابی کیفی آب، متکی بر فرایند ارائه شده در شکل ۲ می باشد. با توجه به مشخصات ذکر شده در جدول ۱ و سوابق مدل‌های کیفی پیشنهاد شده توسط مراجع مختلف و نیز با در نظر گرفتن



شکل ۲. فرایند انتخاب مدل شاخص-محور کیفی و خروجی‌های آن

مذکور برای مطالعات این پروژه، متاثر از وجود مزیت‌ها و امکانات به شرح زیر بوده است:
عدم وجود محدودیت در تعداد پارامترهای کیفی وارده در مدل

معرفی مدل CCME-WQI^۱
شاخص کیفیت آب CCME-WQI توسط شورای وزارت محیط زیست کانادا برای ارزیابی کیفی آب تهیه و پایه‌گذاری شده است. دیدگاه محققین در انتخاب شاخص

سهولت و سادگی درک خروجی‌های آن برای سیاست‌گذاران و عامه‌ی مردم امکان بهره‌گیری از آن به عنوان یک ابزار مفید برای ارزیابی میزان موفقیت و شکست استراتژی‌های مدیریتی در راستای اهداف حفاظت کیفی منابع آب پاسخ‌دهی مناسب خروجی‌های این مدل در مطالعات و تحقیقات مختلف و جامع بودن آن تایید عملکرد این مدل توسط مراجع معتبری همچون UNEP و توصیه‌ی بکارگیری از آن به عنوان یک مدل قابل استفاده در سطح جهانی

انعطاف‌پذیری مدل به پذیرش حدود و معیارهای هدفگذاری شده توسط کاربر برای مقاصد مختلف لحاظ شدن سه فاکتور محدوددهی هدفگذاری‌شده (Scope)، فراوانی (Frequency) و دامنه‌ی انحراف (Amplitude) در آن امکان استفاده از مدل برای موقعیت‌های نقطه‌ای و پهنه‌ای سامانه‌ی آبی موردنظر سهولت در بومی‌سازی شرایط کاربری آن برای مناطق و مقاصد مختلف در مقاطع زمانی و مکانی هدفگذاری شده امکان تفسیرهای مناسب کلاس‌بندی شده با توجه به دامنه‌های کیفی تعریف شده در مدل

روابط و معادلات حاکم بر مدل CCME-WQI به شرح زیر می‌باشد.

$$F_1(\text{Scope}) = 100 * (\text{تعداد کل پارامترها} / \text{تعداد پارامترهای مردود از حد هدفگذاری}) \quad (1)$$

$$F_2(\text{Frequency}) = 100 * (\text{تعداد کل آزمون‌ها} / \text{تعداد آزمون‌های مردود از حد هدفگذاری}) \quad (2)$$

$$Excursion = 1 - (\text{حد هدفگذاری شده} / \text{مقدار عددی آزمون مردود شده}) = (\text{میزان انحراف هر آزمون}) \quad (3)$$

(رابطه‌ی ۴). برای حالتی که قرار است نتیجه‌ی آزمون پائین‌تر از حد هدفگذاری قرار نگیرد):

$$Excursion = 1 - (\text{مقدار عددی آزمون مردود شده} / \text{حد هدفگذاری شده}) = (\text{میزان انحراف هر آزمون}) \quad (4)$$

$$nse = \left(\frac{\sum_{i=1}^n excursion_i}{\text{total number of tests}} \right) \quad (5) \text{ نرمال‌سازی جمع میزان انحرافات}$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right) \quad (6)$$

$$CCME, WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (7)$$

با در نظر گرفتن روابط گفته‌شده، برای تعیین کلاس کیفی آب و تفسیر تناسب آن برای کاربری هدفگذاری شده، از اطلاعات مندرج در جدول ۲ استفاده به عمل آمده است.

جدول ۲. کلاسه‌بندی شاخص کیفی آب و تفسیر تناسب آن در مدل CCME-WQI (CCME, 2011)

| تفسیر تناسب و شرایط کیفی آب | دامنه‌ی امتیاز کیفی | کلاسه‌بندی شاخص کیفی آب |
|---|---------------------|--------------------------------------|
| - کیفیت آب با درجه‌ی بالایی، از تهدید و اختلال حفظ شده است. شرایط، بسیار نزدیک به سطوح طبیعی و بکر می‌باشد. | ۹۵ - ۱۰۰ | عالی (Excellent) |
| - کیفیت آب در حد مرزی از تهدید و اختلال حفظ شده است. شرایط، به ندرت از سطوح طبیعی و بکر خارج می‌شود. | ۸۰ - ۹۴ | خوب (Good) |
| - کیفیت آب به‌طور معمول حفظ شده است لیکن گاهی اوقات مورد تهدید و اختلال قرار دارد. شرایط، برخی مواقع از حالت طبیعی و بکر خارج می‌شود. | ۶۵ - ۷۹ | متوسط (Fair) |
| - کیفیت آب بطور مکرر در معرض تهدید و اختلال قرار دارد. شرایط، در اغلب مواقع از حالت طبیعی و بکر خارج می‌شود. | ۴۵ - ۶۴ | نسبتاً "متوسط یا حد مرزی" (Marginal) |
| - کیفیت آب، به‌طور تقریبی، همیشه در معرض تهدید یا اختلال قرار دارد. شرایط، بطور معمول از حالت طبیعی و سطح مطلوب خارج است. | ۰ - ۴۴ | ضعیف (Poor) |

انتخاب آزمایشگاه معتبر و معتمد مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست ایران (آزمایشگاه آب و خاک مه‌آب‌قدس) انجام عملیات نمونه‌برداری و تنظیم شرایط برداشت، حفظ و ارسال نمونه‌ها و نیز انجام آزمایش‌ها با استفاده از دستورالعمل‌ها و روش‌های استاندارد توصیه شده توسط مراجع معتبر بین‌المللی (APHA, 2005). رعایت فرایند تضمین و کنترل کیفیت در قالب برنامه‌ی QA/QC در تمامی مراحل انجام کار (APHA, 2005). انتخاب حدود هدفگذاری شده توسط محققین برای هر کدام از پارامترها برای کاربری آبیاری (مطابق جدول ۳)

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌های کیفی نمونه‌های آب برداشت شده به تفکیک پارامترهای اندازه‌گیری، دوره‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری و حدود هدفگذاری شده در جداول زیر (۳- الف و ۳- ب) ارائه شده است. در دستیابی به نتایج صحیح و دقیق از برنامه و فرایند QA/QC شامل

اجزاء و مشخصات شبکه‌ی پایش کیفی

اجزای شبکه‌ی پایش مطالعات مرتبط با این تحقیق از لحاظ تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری، بازه‌ی زمانی برداشت نمونه‌ها، پهنه‌ی رودخانه‌ای، تواتر برداشت نمونه‌ها، نوع پارامترها، دقت و روش‌های استاندارد اندازه‌گیری به صورت زیر می‌باشد. انتخاب چهار ایستگاه نمونه‌برداری بر روی رودخانه‌ی دره‌رود در فاصله‌ی محل تلاقی دو شاخه‌ی فرعی قره‌سو و اهر چای تا محل اتصال به رود ارس (مطابق شکل ۱) تواتر نمونه‌برداری شامل دو دوره‌ی نمونه‌برداری با لحاظ نمودن فصول تر و خشک در بازه‌ی زمانی مطالعات (دوره‌ی اول در هفته‌ی آخر خردادماه و دوره‌ی دوم در هفته‌ی آخر آذرماه ۱۳۹۲) ضمن توجه به آمار طولانی مدت شرایط اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه پارامترهای ۳۰ گانه‌ی فیزیکی- شیمیایی پایه، بیولوژیکی، مواد مغذی و آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین مطابق جدول ۳

تجهیزات، بهره‌گیری از نمونه‌های شاهد استاندارد، روش Spike، نمونه‌های شاهد کالیبراسیون، تکرار نمونه‌ها، واریس داخلی و خارجی و روش‌های توصیه شده توسط Mitchell, 2006; مراجع معتبر استفاده به عمل آمده است (US-EPA, 2005).

فاکتورهای وابسته به سطح پارامتری، ارتباطات و برهم‌کنش‌های بین پارامتری، توازن یون‌ها، راهنماهای مربوط به نحوه‌ی نگهداشت، تثبیت و حمل نمونه‌ها در ظروف مناسب، تناسب دقت روش‌های استاندارد مورد استفاده با تجهیزات بکار گرفته شده، نحوه‌ی کالیبراسیون

جدول ۳ (الف). نتایج آنالیز کیفی پارامترها به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری و پارامترها (دوره‌ی پربابی)

| ماهیت پارامترها | نام پارامتر | واحد | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | Guideline value / Reference | |
|---------------------------|-----------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| | | | | | | | | |
| فیزیکی | pH | s.u | ۸.۳۳ | ۸.۴۶ | ۸.۶۲ | ۸.۸۱ | ۶-۸.۵ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | هدایت الکتریکی / EC | ms/cm | ۲.۱۲۴ | ۱.۳۵۲ | ۱.۱۱۳ | ۱.۶۹۱ | ۳ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | کل جامدات محلول / TDS | ppm | ۱۳۵۰.۶ | ۸۲۲.۶ | ۷۴۸.۵ | ۱۱۷۳.۴ | ۲۰۰۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | کل ذرات معلق / TSS | ppm | ۴۰.۲ | ۱۱.۹ | ۳۱.۳ | ۲۶.۶ | ۵۰ (drip ir.) | S. African, ۱۹۹۶ |
| شیمیایی پایه | سدیم / Na | ppm | ۱۹۷.۵۲ | ۱۱۶.۱۷ | ۱۱۰.۶۹ | ۱۹۶.۴۲ | ۹۲۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | پتاسیم / K | ppm | ۱۵۰.۵ | ۸۰.۸۹ | ۹.۵۱ | ۹.۷۳ | ۲ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | کلسیم / Ca | ppm | ۱۵۳.۷۲ | ۱۱۲.۱۲ | ۱۰۶.۲۷ | ۱۹۰.۲۶ | ۴۰۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | منیزیم / Mg | ppm | ۲۰.۶۶ | ۲۸.۹۱ | ۳۷.۸۳ | ۳۹.۳۴ | ۶۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | کلراید / Cl | ppm | ۱۷۴.۸ | ۹۴.۴ | ۸۷.۵ | ۱۸۱.۶ | ۱۰۶۵ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | سولفات / SO ₄ | ppm | ۲۹۵.۱۵ | ۲۲۲.۰۷ | ۲۰۹.۱۲ | ۳۱۴.۶۸ | ۹۶۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | کربنات / CO ₃ | ppm | ۷.۷۶ | ۸.۲۴ | ۱۰.۰۴ | ۱۲.۶۵ | ۳ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | بیگربنات / HCO ₃ | ppm | ۳۳۱.۶۷ | ۲۴۶.۹۱ | ۲۷۶.۲۴ | ۳۵۳.۵۸ | ۶۱۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| نسبت جذب سدیم / SAR | unitless | ۲.۸۰ | ۱.۷۸ | ۱.۶۵ | ۲.۳۹ | ۱۵ | FAO, ۱۹۸۵ | |
| مواد مغذی | نیترات / Nitrate-N | ppm | ۴.۱ | ۳.۸ | ۴.۹ | ۵.۸ | ۱۰ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | آمونیم / N-NH ₄ | ppm | ۰.۱۶ | ۰.۳ | ۰.۲۳ | ۰.۱۸ | ۵ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | فسفات / P-PO ₄ | ppm | ۰.۰۵۵ | ۰.۲۳۱ | ۰.۱۹۹ | ۰.۱۰۸ | ۲ | FAO, ۱۹۸۵ |
| باکتریولوژیکی | کلیرم کل / T.Coliform | MPN/1۰۰ ml | ۲۳۰ | ۵۰ | ۲۰۰ | ۱۶۰ | ۱۰۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | کلیرم گوارشی / F.Coliform | MPN/1۰۰ ml | ۱۱۸ | ۵ | ۲۰ | ۱۰۵ | ۱۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| عناصر کمیاب (فلزات سنگین) | بور / B | ppm | ۰.۱۹ | ۰.۰۴ | ۰.۰۵ | ۰.۱۳ | ۲ | FAO, ۱۹۸۵ |
| | آلومینوم / Al | ppm | ۰.۱۴ | ۰.۴۶ | ۰.۰۷ | ۰.۲۶ | ۵ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | آهن / Fe | ppb | ۲۳.۹۳ | ۷۶.۹۱ | ۲۷.۷۴ | ۲۴.۷۱ | ۵۰۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | منگنز / Mn | ppb | ۱۴.۶۴ | ۶.۵۷ | ۷.۵۳ | ۶.۶۷ | ۲۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | نیکل / Ni | ppb | ۰.۶۵ | ۱.۰۱ | ۰.۴۵ | ۰.۶۴ | ۲۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | مس / Cu | ppb | ۵.۱۳ | ۴.۹۲ | ۵.۴۴ | ۳.۶۶ | ۲۰۰ | S. African, ۱۹۹۶ |
| | روی / Zn | ppb | ۶۴.۲۸ | ۱۳.۷۱ | ۱۶.۳۱ | ۳.۷۸ | ۱۰۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | کروم / Cr(VI) | ppb | ۱.۴۶ | ۱.۳۹ | ۱.۲۲ | ۱.۴۹ | ۸ | CCME, ۱۹۹۷ |
| | کبالت / Co | ppb | ۰.۰۳ | ۰.۱۸ | ۰.۱۲ | ۰.۰۹ | ۵۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | سرب / Pb | ppb | ۱۴.۳۳ | ۱۳.۷۳ | ۱۲.۶۵ | ۱۲.۳۱ | ۲۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ |
| | سلنیم / Se | ppb | < ۰.۳ | < ۰.۳ | < ۰.۳ | < ۰.۳ | ۲۰ | S. African, ۱۹۹۶ |
| وانادیم / V | ppb | ۴.۹۷ | ۴.۳۶ | ۶.۴۸ | ۴.۵۱ | ۱۰۰ | CCME, ۱۹۸۷ | |

جدول ۳ (ب). نتایج آنالیز کیفی پارامترها به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری و پارامترها (دوره‌ی کم‌آبی)

| ماهیت پارامترها | نام پارامتر | واحد | S1 | S2 | S3 | S4 | Guideline value / Reference |
|---------------------------|----------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| فیزیکی | pH | S.u | ۸.۳۳ | ۸.۴۶ | ۸.۶۲ | ۸.۸۱ | ۶-۸.۵ FAO, ۱۹۸۵ |
| | هدایت الکتریکی / EC | ms/cm | ۲.۱۲۴ | ۱.۳۵۲ | ۱.۱۱۳ | ۱.۶۹۱ | ۳ FAO, ۱۹۸۵ |
| | کل جامدات محلول / TDS | ppm | ۱۳۵۰.۶ | ۸۲۲.۶ | ۷۴۸.۵ | ۱۱۷۳.۴ | ۲۰۰۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | کل ذرات معلق / TSS | ppm | ۴۰.۲ | ۱۱.۹ | ۳۱.۳ | ۲۶.۶ | ۵۰ (drip ir.) S. African, ۱۹۹۶ |
| شیمیایی پایه | سدیم / Na | ppm | ۱۹۷.۵۲ | ۱۱۶.۱۷ | ۱۱۰.۶۹ | ۱۹۶.۴۲ | ۹۲۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | پتاسیم / K | ppm | ۱۵.۰۵ | ۸.۸۹ | ۹.۵۱ | ۹.۷۳ | ۲ FAO, ۱۹۸۵ |
| | کلسیم / Ca | ppm | ۱۵۳.۷۲ | ۱۱۲.۱۲ | ۱۰۶.۲۷ | ۱۹۰.۲۶ | ۴۰۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | منیزم / Mg | ppm | ۲۰.۶۶ | ۲۸.۹۱ | ۳۷.۸۳ | ۳۹.۳۴ | ۶۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | کلراید / Cl | ppm | ۱۷۴.۸ | ۹۴.۴ | ۸۷.۵ | ۱۸۱.۶ | ۱۰۶۵ FAO, ۱۹۸۵ |
| | سولفات / SO4 | ppm | ۲۹۵.۱۵ | ۲۲۲.۰۷ | ۲۰۹.۱۲ | ۳۱۴.۶۸ | ۹۶۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | کربنات / CO3 | ppm | ۷.۷۶ | ۸.۲۴ | ۱۰.۰۴ | ۱۲.۶۵ | ۳ FAO, ۱۹۸۵ |
| | بیکربنات / HCO3 | ppm | ۳۳۱.۶۷ | ۲۴۶.۹۱ | ۲۷۶.۲۴ | ۳۵۳.۵۸ | ۶۱۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | نسبت جذب سدیم / SAR | unitless | ۲.۸۰ | ۱.۷۸ | ۱.۶۵ | ۲.۳۹ | ۱۵ FAO, ۱۹۸۵ |
| مواد مغذی | نیترات / Nitrate-N | ppm | ۴.۱ | ۳.۸ | ۴.۹ | ۵.۸ | ۱۰ FAO, ۱۹۸۵ |
| | آمونیم / N-NH4 | ppm | ۰.۱۶ | ۰.۲ | ۰.۲۳ | ۰.۱۸ | ۵ FAO, ۱۹۸۵ |
| | فسفات / P-PO4 | ppm | ۰.۰۵۵ | ۰.۲۳۱ | ۰.۱۹۹ | ۰.۱۰۸ | ۲ FAO, ۱۹۸۵ |
| باکتریولوژیکی | کلیرم کل / T.Coliform | MPN/۱۰۰ ml | ۲۳۰ | ۵۰ | ۲۰۰ | ۱۶۰ | ۱۰۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | کلیرم گواریسی / F.Coliform | MPN/۱۰۰ ml | ۱۱۸ | ۵ | ۲۰ | ۱۰۵ | ۱۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| عناصر کمیاب (فلزات سنگین) | بور / B | ppm | ۰.۱۹ | ۰.۰۴ | ۰.۰۵ | ۰.۱۳ | ۲ FAO, ۱۹۸۵ |
| | آلومینیوم / Al | ppm | ۰.۱۴ | ۰.۰۶ | ۰.۰۷ | ۰.۲۶ | ۵ CCME, ۱۹۸۷ |
| | آهن / Fe | ppb | ۲۳.۹۳ | ۷۶.۹۱ | ۲۷.۷۴ | ۲۴.۷۱ | ۵۰۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | منگنز / Mn | ppb | ۱۴.۶۴ | ۶.۵۷ | ۷.۵۳ | ۶.۶۷ | ۲۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | نیکل / Ni | ppb | ۰.۶۵ | ۱.۰۱ | ۰.۴۵ | ۰.۶۴ | ۲۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | مس / Cu | ppb | ۵.۱۳ | ۴.۹۲ | ۵.۴۴ | ۳.۶۶ | ۲۰۰ S. African, ۱۹۹۶ |
| | روی / Zn | ppb | ۶۴.۲۸ | ۱۳.۷۱ | ۱۶.۳۱ | ۳.۷۸ | ۱۰۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | کروم / Cr(VI) | ppb | ۱.۴۶ | ۱.۳۹ | ۱.۲۲ | ۱.۴۹ | ۸ CCME, ۱۹۹۷ |
| | کیالت / Co | ppb | ۰.۰۳ | ۰.۱۸ | ۰.۱۲ | ۰.۰۹ | ۵۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | سرب / Pb | ppb | ۱۴.۳۳ | ۱۳.۷۳ | ۱۲.۶۵ | ۱۲.۳۱ | ۲۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |
| | سلنیم / Se | ppb | < ۰.۳ | < ۰.۳ | < ۰.۳ | < ۰.۳ | ۲۰ S. African, ۱۹۹۶ |
| | وانادیم / V | ppb | ۴.۹۷ | ۴.۳۶ | ۶.۴۸ | ۴.۵۱ | ۱۰۰ CCME, ۱۹۸۷ |

مدل شاخص-محور CCME-WQI به تفکیک ایستگاه‌های مطالعاتی و دوره‌های پربابی و کم‌آبی تعیین گردیده است. خروجی محاسبات مورد اشاره در جدول ۴ ارائه شده است.

محاسبه‌ی شاخص کیفی آب رودخانه و توابع وابسته به آن بر اساس مدل CCME-WQI با توجه به نتایج پارامترهای کیفی و حدود هدفگذاری تعریف شده برای هر کدام از پارامترها نسبت به محاسبه‌ی فاکتورهای ذکر شده در روابط ۱ لغایت ۷ اقدام و در نهایت ارزش و کلاس کیفی آب رودخانه با استفاده از

جدول ۴. نتایج محاسبات مربوط به تعیین کلاس کیفی آب رودخانه و میزان اقدام مدیریتی بهبود (BMP) پیشنهادی

| دوره‌ی نمونه‌برداری | ایستگاهها | F1 | F2 | nse | F3 | WQI | Category | *BMP required (%) | |
|---------------------|-----------|------|------|-------|-------|-------|------------|-------------------|-----------|
| | | | | | | | | Good | Excellent |
| دوره‌ی پربابی | S1 | ۱۳.۳ | ۱۳.۳ | ۰.۲۸۸ | ۲۲.۳۸ | ۸۳.۱۱ | Good/ Fair | یک درصد | ۱۵ درصد |
| | S2 | ۱۳.۳ | ۱۳.۳ | ۰.۱۴۳ | ۱۲.۴۸ | ۸۶.۹۴ | Good | | ۱۰ درصد |
| | S3 | ۱۳.۳ | ۱۳.۳ | ۰.۱۵۶ | ۱۳.۵۲ | ۸۶.۶۰ | Good | | ۱۱ درصد |
| | S4 | ۱۶.۷ | ۱۶.۷ | ۰.۲۹۴ | ۲۲.۷۲ | ۸۱.۱۰ | Good/ Fair | چهار درصد | ۱۸ درصد |
| | Overall | ۱۶.۷ | ۱۴.۲ | ۰.۲۲۰ | ۱۸.۰۵ | ۸۳.۶۲ | Good/ Fair | یک درصد | ۱۵ درصد |
| دوره‌ی کم‌آبی | S1 | ۱۰.۰ | ۱۰.۰ | ۰.۲۷۶ | ۲۱.۶۵ | ۸۵.۰۷ | Good | | ۱۳ درصد |
| | S2 | ۶.۷ | ۶.۷ | ۰.۱۷۳ | ۱۴.۷۵ | ۸۹.۸۹ | Good | | ۷ درصد |
| | S3 | ۱۰.۰ | ۱۰.۰ | ۰.۲۰۴ | ۱۶.۹۳ | ۸۷.۲۶ | Good | | ۱۰ درصد |
| | S4 | ۱۳.۳ | ۱۳.۳ | ۰.۲۳۹ | ۱۹.۲۹ | ۸۴.۴۳ | Good | | ۱۳ درصد |
| | Overall | ۱۳.۳ | ۱۰.۰ | ۰.۲۲۳ | ۱۸.۲۴ | ۸۵.۷۴ | Good | | ۱۲ درصد |

* روش پیشنهادی محقق اصلی (عشایری ع.)

مقایسه و ارزیابی شاخص کیفیت آب رودخانه در محدوده مورد مطالعه

با توجه به نتایج جدول ۴، دامنه‌ی شاخص عددی کیفیت آب رودخانه‌ی دره‌رود به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری چهارگانه و درکل سامانه مطالعاتی در دوره‌ی پربابی بین امتیازهای ۸۱/۱۰ تا ۸۶/۹۴ و در دوره‌ی کم‌آبی در گستره‌ی عددی بین ۸۴/۴۳ تا ۸۹/۸۹ واقع و در هر دو دوره از رونند مقابله‌ی $S_1 \rangle S_2 \rangle S_3 \rangle Overall$ پیروی می‌کند. در این راستا، مقایسه‌ی شاخص‌های کیفی کلی (Overall) نیز از شرایط $Overall_{Hf} \rangle Overall_{Lf}$ برخوردار می‌باشد.

ارزیابی و اطلاع از کیفیت آب پهنه‌های آبی، یکی از مهمترین گام‌های مدیریت بهینه‌ی منابع آب همسو با موازین توسعه‌ی پایدار می‌باشد. در این راستا همانطوری که خروجی‌های آزمایش‌ها و محاسبات مدل نشان می‌دهند، شرایط کیفی آب رودخانه‌ی دره‌رود از منظر مصارف آبیاری، در دوره‌های کم‌آبی و پربابی به ترتیب در کلاس خوب و خوب نزدیک به متوسط واقع می‌باشد. در حالیکه در مطالعه‌ی دیگر انجام شده توسط محققین این مقاله، کیفیت آب این رودخانه برای حفاظت آبریان و اکوسیستم آبی در کلاس مرزی یا کم تا متوسط تشخیص داده شده است. این موضوع بیانگر این است که نتایج ارزیابی مربوط به این مدل، سخت‌گیرانه‌تر از سایر مدل‌ها می‌باشد. بطوریکه بر اساس برخی شاخص‌ها و دیاگرام‌های ارزیابی کیفی پارامتریک مانند توصیه‌های FAO، دیاگرام ویلکاکس، کلاسه‌بندی شاخص NSF-QI و ... کلاس کیفی آب رودخانه‌ی دره‌رود در سطح عالی واقع می‌شود در صورتیکه بر اساس این مدل در سطح خوب متمایل به متوسط قرار می‌گیرد. همچنین اکثر مدل‌های ارزیابی کیفی منابع آب به‌خصوص در ارتباط با کاربری آبیاری و کشاورزی پارامترهای محدودی را بطور عمده از منظر کیفیت آب برای بهبود میزان محصولات کشاورزی و محدودیت‌های زراعی آن و اثری

که بر ادوات و تجهیزات می‌گذارند، در ساختار خود ملحوظ می‌دارند در حالیکه در شرایط کنونی ضرورت لحاظ داشتن رویکرد پایدار-مدار حفاظتی به ویژه از دیدگاه بهداشت محیط و سلامت انسانی و چرخه‌ی وابسته به آن، اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به همین خاطر است که از سال ۲۰۰۸ برنامه‌ی زیست‌محیطی سازمان ملل (UNEP)، بهره‌گیری از مدل CCME-WQI را برای ارزیابی کیفی منابع آب برای کاربری‌های مختلف به عنوان مدلی جهان-شمول، جامع و آزمون‌شده معرفی نموده است و حتی از این مدل به عنوان شاخصی برای ارزیابی موفقیت استراتژی‌های مدیریت کیفی منابع آب و ابزاری برای مدیریت بهینه‌ی کیفیت منابع آب در سطح برنامه‌های حوزه‌های آبریز نام برده است.

نتیجه‌گیری

بطورکلی اقدامات مدیریتی لازم جهت حصول بهبود و ارتقای سطح کیفی به کلاس بالاتر، حداقل دامنه‌ای از ۷ تا ۱۸ درصد را مشمول می‌گردد (جدول ۴). بدین ترتیب، بکارگیری اقدامات مدیریتی بهبود (BMP) و راهکارهای وابسته به آن می‌تواند به عنوان یکی از فاکتورهای موثر در بهینه‌سازی وضعیت کیفی منبع آب در نظر گرفته شود. در این زمینه، توجه خاص به پتانسیل بار آلودگی منابع وارده بر سامانه‌ی پذیرنده و ارزیابی توان تحمل‌پذیری زیست‌محیطی با لحاظ کردن رویکرد تلفیقی اکوتومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، بیولوژیکی، هیدرولیکی و فیزیکی-شیمیایی در قالب دیدگاه P3R (مشمول بر حفاظت (Protection)، پیش‌بینی (Prediction)، پیش‌گیری (Prevention) و ترمیم (Repair)) برای حفظ سلامت، ارزش زیستگاهی و شرایط زنده‌مانی رودخانه نیز موردتوصیه می‌باشد. پژوهشگران سعی دارند تا در آینده بر پایه‌ی یافته‌های خود، مدلی را شبیه شاخص CCME-WQI که قابلیت انعطاف‌پذیری داشته و محدودیت ورود پارامترهای زیاد را نداشته باشد، ضمن ملحوظ داشتن

- Davies-Colley, R.; Schmidt, J 2012. Developing a composite index to describe river condition in New Zealand. NIWA client report HAM2012-131 for Ministry for the Environment.
- Foreman, Katherine Lynn. 2005. The Development of a Water Quality Index for the State of Iowa, University of Iowa.
- Graig Cox, Andrew Hug. 2012. Murky waters: Farm pollution stalls cleanup of Iowa streams, Environmental working group.
- Cude, C.G. 2001. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of the American Water Resources Assessment, 37(1): 125 – 137.
- Department of Environment (DOE) Malaysia, 2007. Malaysia Environmental Quality Report, In: Chapter 3, River Water Quality, Sasyaz Holdings Sdn Bhd, pp. 24.
- Department of Environment Malaysia, 1985. "Development of Water Quality Criteria and Standards for Malaysia", technical report.
- CCME 2001. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report, Canadian Council of Ministers of the Environment Winnipeg MB, Canada. Available at: [http://www.ccme.ca/source to tap/ wqi . html](http://www.ccme.ca/source%20to%20tap/wqi.html)
- APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edition, American Public Health Association, Washington, DC., USA. <http://www.eanet.asia/product/qaqc/qaqc inland.pdf>
- Mitchell, P. 2006, Guidelines for Quality Assurance and Quality Control in Surface Water Quality Programs in Alberta.
- Schallenberg, M.; Kelly, D.; Clapcott, J.; Death, R.; MacNeil, C.; Young, R.; Sorrell, B.; Scarsbrook, M. 2011. "Approaches to assessing ecological integrity of New Zealand freshwaters", Science for Conservation 307, 84p. Available at: <http://environment.gov.ab.ca/info/library/7739.pdf>
- US-EPA (Region 9), 2005. Quality Assurance Project Plan for Monitoring of Surface Water, Rev-1, (Prepared by: Eagle Valley Environmental Program). Available at: <http://www.epa.gov/region9/qa/pdfs/module3.pdf>

توابع آن، از طریق روش دلفی (Delphi technique) با ارزشگذاری ماهوی پارامترها برای مقاصد مختلف، تعریف و ارائه نمایند. در نهایت، نتایج حاصل از این تحقیق با توجه به قابلیت‌های مدل بکار گرفته شده به عنوان یک ابزار تشخیصی تصمیم‌ساز، می‌تواند سیاست‌گذاران، مدیران، متولیان و سایر ذینفعان منابع آب منطقه را در جهت برنامه‌ریزی و تمهید بهترین اقدامات برای حفظ و بهبود شرایط کیفی آب رودخانه برای کاربری‌های هدفگذاری شده و توسعه‌ی استراتژی‌های موثر آبی و پایدار-مدار، پشتیبانی نماید.

فهرست منابع

- ابراهیم‌نژاد، م. ۱۳۸۴. اکولوژی رودخانه، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۶۹۵ صفحه.
- خوشدوز ماسوله، ن.، بابازاده، ح. و طباطبایی، س.ح. و نادری، م. ۱۳۹۲. توسعه مدل دراستیک اصلاح شده برای تعیین آسیب‌پذیری آبخوان‌های ساحلی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۳ (۱): ۱۹-۳۱.
- شرکت مهندسی مشاور مه‌اب‌قدس، شرکت آب منطقه‌ای اردبیل. ۱۳۹۰. گزارش مطالعات ساماندهی رودخانه‌ی دره‌رود، فصل‌های هواشناسی و هیدرولوژی، ۲۱۲ صفحه.
- مقیم‌ی، ا. ۱۳۸۸. اکوزئومورفولوژی و حقوق رودخانه، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۹۶ صفحه.
- مجنونیان، ه. ۱۳۷۸. حفاظت رودخانه‌ها. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۲۱ صفحه.
- Brown, R.M., McLelland, N.J., Deininger, RA. and Tozer, R.G. 1970. A Water Quality Index Do We Dare?, Supported by the National Sanitation Foundation (NSF) of United States, Water & Sewage Works Oct.:339-343.



ISSN 2251-7480

Assessing Darreh-rood river water quality for irrigation using sustainable conservation approach and CCME-WQI model

Azim Ashayeri ^{1*}, Abdolreza Karbasi ² and Akbar Baghvand ³

3+ " I t c f w c v g " U v w f g p v " k p " E k x k n " c p f " G p x k t q p o g p v c n " G p i k p g g t k p i . " W p l x g t u k v { " q h " V g j t c p . " k t c p

E q t t g u r q p f k p i " c w v j q t " g o c k n < " c u j c f g t k a c B w w l c e l k t " "

4+ " C u u q e k c v g " R t q h g u u q t . " I t c f w c v g " h c e w n v { " q h " g p x k t q p o g p v . " W p l x g t u k v { " q h " V g j t c p . " V g j t c p . " k t c p

5+ " C u u q e k c v g " R t q h g u u q t . " I t c f w c v g " h c e w n v { " q h " g p x k t q p o g p v . " W p l x g t u k v { " q h " V g j t c p . " V g j t c p . " k t c p

" T g e g l x g f < " 3 : / 3 3 / 4 2 3 5 " C e e g r v g f < " 4 4 / 2 ; / 4 2 3 6

Abstract

Y c v g t " s w e n k v { " o c p c i g o g p v " k u " c " m g { " g n g o g p v " h q t " o c k p v g p e p e g " q h " u w u v c k p c d n g " k t t k i c v k q p " u { u v g o u l " k p f g z / d c u g f " c r r t c k u c n " q h " y c v g t " s w e n k v { " e c p " d g " w u g f " v q " f g o q p u v t c v g " r t q i t g u u " v q y c t f u " v j g " v c t i g v u . " d { " r n q w k p i " v t g p f u " k p " v j g " v g o r q t c n " c p f " u r c v k c n " x c t k c v k q p u " q h " y c v g t " s w e n k v { " 0 " V j k u " u w f { " c k o g f " v q " g x c n w c v g " v j g " y c v g t " s w e n k v { " q h " F c t t g j / t q q f " t k x g t " n q e c v g f " k p " O q i j c p " t g i k p " * P Y / k t c p + " h q t " k t t k i c v k q p " r w t r q u g . " w u k p i " E E O G / Y S K " o q f g n " E q p u g s w g p e n { " h q w t " u c o r n k p i " r q k p v u " y g t g " u g n g e v g f " v q " e q m g e v " v j g " t k x g t / y c v g t " u c o r n g u " q p " c " j c n h / { g c t n { " h t g s w g p e { " u c o r n k p i " t g n c v g f " v q " n q y " c p f " j k i j " h n q y " d c u k u " * 4 " v k o g u " c " { g c t + 0 " Y c v g t " u c o r n g u " y g t g " c p c n { | g f " h q t " 5 2 " r c t c o g v g t u " k p e n w f k p i " d c u k e " r j { u k e q e j g o k e c n . " p w v t k g p v u . " d k q n i k e c n " c p f " j g c x { " o g v c n u l " C h v g t y c t f u . " n g x g n u " v c t i g v g f " d { " t g u g c t e j g t u " c n q p i " y k v j " o g c u w t g f " r c t c o g v g t u . " y g t g " k p e n w f g f " k p " v j g " o q f g n " V j t g g " h c e v q t u " k p e n w f k p i " H 3 " * u e q r g + . " H 4 " * h t g s w g p e { + " c p f " H 5 " * c o r n k w f g + " y g t g " f g v g t o k p g f " c p f " p q t o c n k | g f " T g u w n v u " u j y g f " v j c v " v j g " u w k v c d k n k v { " q h " t k x g t " y c v g t " s w e n k v { " h q t " k t t k i c v k q p " r w t r q u g " k u " k p " e n c u u " D " * e c v g i q t k g u < " I q q f " c p f " I q q f l H c k t + . " f w t k p i " n q y / h n q y " c p f " j k i j / h n q y " r g t k q f u . " t g u r g e v k x g n { " 0 " k p " e q p e n w u k q p . " v j g " e q p u g s w g p e g u " q h " v j k u " o q f g n " c u " c " f k c i p q u v k e " v q q n . " p g e g u u k v c v g u " v q " d g " e q p u k f g t g f " v j g " d g u v " o c p c i g o g p v " r t c e v k e g u " * c d q w w " 9 " v q " 3 : " r g t e g p v " D O R u + " h q t " e q p u g t x k p i " c p f " k o r t q x k p i " v j g " t k x g t / y c v g t " s w e n k v { " c p f " v q " f g x g n q r " h w w w t g " u w u v c k p c d n g " o k v k i c v k q p " r n c p u l " "

Keywords: "DORu="EEOG/YSK="kpfz/dcugf" o q f g n="k t t k i c v k q p " y c v g t " s w e n k v { "