بررسی شاخص‌های کیفی زیست محیطی آب رودخانه مهابادچای

محمد فیروزی[۱]، جواد بهمنش*[۲] و حسین رضایی[۳]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه
[۲] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه
[۳] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

چکیده

رودخانه مهابادچای که در دشت مهاباد قرار گرفته یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان آذربایجان غربی است. مساحت حوضه آبریز و متوسط آورد سالانه رودخانه مهابادچای به ترتیب ۸۰۶ کیلومتر مربع و ۲۹۶/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. اهداف این تحقیق مقایسه شاخص‌های کیفی زیست محیطی مختلف و انتخاب شاخص مناسب برای پایش رودخانه می‌باشد. در نهایت، با استفاده از شاخص منطقه‌ای انتخاب شده کیفیت آب رودخانه به صورت ماهانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این تحقیق، چهار ایستگاه نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفته است. سپس با استفاده از سه شاخص اصلی NSFWQI، SUBWQI و DSWQI، کیفیت آب در هر ایستگاه به صورت ماهانه به مدت یک سال ارزیابی شد. روش مقایسه‌ای Giljanovic برای مقایسه شاخص‌های انتخاب شده مورد استفاده قرار گرفت. نتیجه‌گیری که انجام شد، نشان داد که شاخص NSFWQI بهترین شاخص از بین شاخص‌های مورد استفاده برای پایش رودخانه مهابادچای بود. تحلیل ماهانه شاخص NSFWQI نشان داد که کیفیت زیست محیطی و اکولوژیکی رودخانه مهابادچای به صورت متوسط طبقه‌بندی شده است.

واژگان کلیدی: شاخص‌های کیفی آب، NSFWQI، SUBWQI، DSWQI، رودخانه مهابادچای، پایش کیفی.

۱- مقدمه

رودخانه مهابادچای از رودخانه‌های مهم و پرآب حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد که در شهرستان مهاباد و در جنوب غربی حوضه آبریز دریاچه ارومیه جریان دارد. این رودخانه پس از مشروب کردن شهر مهاباد و بخش‌های تابعه آن وارد سد انحرافی یوسف کندی می‌شود. سپس از روستاهای قم قلعه و قره قشلاق عبور کرده و در شمال روستای خورخوره وارد دریاچه ارومیه می‌شود [۱].

یکی از وظایف مهم متولیان آب، بررسی پارامترهای کیفی آب می‌باشد. همه ساله با نمونه‌برداری و آزمایش آب‌های سطحی، اطلاعات زیادی در خصوص پارامترهای کیفی نظیر اکسیژن محلول، اسیدیته، نیترات، دما و دیگر پارامترها (متناسب با حوزه مورد بررسی)، به دست می‌آید. با توجه به اینکه حجم این قبیل داده‌ها زیاد بوده و از طرفی وسیله مناسبی برای آگاهی جامعه غیر متخصص از کیفیت آب مورد استفاده نیست، با استفاده از معادلات ریاضی ویژه، داده‌های آماری جمع‌آوری شده مرتبط با چند پارامتر مهم با یکدیگر ادغام شده و یک عدد بدون بعد در محدوده صفر تا ۱۰۰ به دست می‌آید. این شاخص بیانگر کیفیت آب‌های سطحی به عنوان منبع آب شرب، شنا، ماهیگیری و دیگر کاربردهای مورد نیاز انسان می‌باشد [۲].

شاخص‌ها با ساده سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه‌بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهند [۳].

سعادتی و همکاران [۴] با بررسی وضعیت کیفی رودخانه مارون- جراحی، با استفاده از منحنی‌های شاخص کیفیت آب نشان دادند که رودخانه مارون از لحاظ شاخص کیفیت در کلاس خوب و متوسط قرار گرفته است و روند نتایج به گونه‌ای است که ایستگاه‌های بهبهان و چم نظام در کلاس خوب و در ایستگاه‌های قبل از الحاق رودخانه علاء، مشارگه، شادگان، جوکنک و قبل از تلاقی با مارون در کلاس متوسط قرار گرفتند.

صفاریان و همکاران [۲] کیفیت آب رودخانه کارون را در محدوده شهر اهواز با استفاده از منحنی‌های شاخص کیفیت آب مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق سه ایستگاه زرگان، اهواز و ام‌الطمیر انتخاب گردید و نمونه‌برداری به طور ماهیانه و به مدت یک سال انجام گرفت. طبق نتایج به دست آمده، پایین‌ترین کیفیت آب مربوط به ایستگاه ام‌الطمیر و بالاترین کیفیت مربوط به ایستگاه زرگان بود. همچنین متوسط شاخص کیفیت سالانه آب رودخانه نشان دهنده وضعیت خوب آن در منطقه زرگان بوده و به تدریج در اهواز و ام‌الطمیر این وضعیت به حالت متوسط تنزل می‌یابد.

* نویسنده مسئول
دریافت ۸۹/۹/۲۰ پذیرش ۹۰/۴/۲۸

Archive of SID
www.SID.ir

هوشمند و همکاران [۵] کیفیت آب رودخانه کارون (بازه ملاثانی- اهواز) را با استفاده از شاخص‌های کیفی آب شامل شاخص کیفیت آب کانادا (CWQI)، شاخص ارگن (OWQI) و شاخص کیفی مؤسسه ملی بهداشت آمریکا (WQI) مورد بررسی قرار دادند و مقدار هر شاخص را در دوره آماری ۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۸۰) به صورت فصلی محاسبه کردند. نتایج نشان داد که تغییرات میزان شاخص کیفیت آب در بین ایستگاه‌ها و همچنین دوره آماری مورد نظر ناچیز است. همچنین در بین شاخص‌ها، شاخص WQI بهترین نتیجه را در این بازه داد.

Paliwal و همکاران [۶] به تحقیق در مورد کیفیت آب رودخانه یامونا در هند پرداختند. این رودخانه منبع اصلی آب شرب شهر دهلی، پایتخت هند، و اغلب شهرها و روستاهای حومه می‌باشد. در دهه‌های اخیر، نگرانی‌های جدی درباره زوال کیفیت آب این رودخانه وجود داشته است. رودخانه در طول خود مقدار قابل توجهی از فاضلاب‌های تصفیه شده و نشده را دریافت می‌کند. نتایج تحقیق حاکی از سطوح پایین DO و بالای BOD در رودخانه می‌باشد که هر دو نشانگر کیفیت پایین آب در رودخانه است.

تاکنون به جز گزارشات عادی و معمول شرکت آب و فاضلاب ارومیه در مورد کیفیت آب و گزارش کلی سازمان محیط زیست، مطالعه دیگری برروی این رودخانه انجام نشده است. در این تحقیق سعی شده است مطالعه و پایش کیفی آب بالادست سد مهاباد در رودخانه مهابادچای در یک دوره یک ساله ارائه شود. اهداف مورد نظر در این تحقیق عبارتند از: شناخت وضعیت کیفی آب رودخانه در بازه مورد مطالعه در دوره یک ساله براساس تحلیل نتایج نمونه‌برداری‌ها و بررسی کیفیت آب رودخانه در بازه مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های معتبر کیفیت آب و انتخاب مناسب‌ترین شاخص.

۲- مواد و روش‌ها

محدوده مورد بررسی در این تحقیق بازه‌ای به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر در بالادست سد مهاباد می‌باشد. به منظور ارزیابی کیفی آب رودخانه مهابادچای، چهار ایستگاه نمونه‌برداری در بازه مورد نظر انتخاب گردید. ایستگاه اول در ۱۵ کیلومتری سد، ایستگاه دوم در فاصله تقریبی ۱۲ کیلومتری سد، ایستگاه سوم در فاصله ۵ کیلومتری سد و ایستگاه چهارم، آبگیر تصفیه خانه آب شرب می‌باشد. سپس نمونه‌ها طبق برنامه، از ساحل رودخانه و از عمق تقریبی ۳۰ سانتی متری از سطح آب هر ماه یک بار و در نیمه ماه اخذ گردید و در انجام این تحقیق از نتایج کیفی مربوط به آزمایشات یک ساله (دی ۱۳۸۸ تا دی ۱۳۸۹) بهره‌برده شد. برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه مهابادچای، از شاخص‌های کیفی شناخته شده آب، به عنوان یکی از روش‌های مناسب تعیین تغییرات کیفیت، استفاده شده است. شاخص‌های مورد استفاده همگی از شاخص‌های معتبر افزایشی بوده و در بیشتر زیر شاخص‌ها با هم مشترک می‌باشند. همچنین دامنه تغییرات همگی آن‌ها از صفر تا ۱۰۰ (بدترین حالت عدد صفر و بهترین حالت عدد ۱۰۰) می‌باشد [۷]. در حقیقت نتایج آزمایشات کیفی آب با تبدیل به اعداد بی بعد مذکور برای عموم قابل فهم خواهند بود. برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب در هر ایستگاه از سه شاخص کیفی موسسه بهداشت ملی آمریکا (NSFWQI)، دینیوس (DSWQI) و موضوعی (SUBWQI) استفاده گردید.

در تعیین شاخص NSFWQI، ۹ پارامتر کیفی شامل: کلیفرم روده‌ای، نیترات، کل جامدات محلول، pH، فسفات، دما، اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی دخیل می‌باشد. این پارامترها در برآورد شاخص مذکور دارای نقش یکسانی نبوده و بسته به درجه تأثیرگذاری در کیفیت آب دارای ضرایب وزنی متفاوت می‌باشند.

همچنین با توجه به عدم یکسانی واحدهای اندازه‌گیری این پارامترها، تأثیر هر پارامتر بر روی کیفیت آب به طور جداگانه به صورت کمی بیان شده است [۵]. پارامترهای مورد بررسی در این شاخص و وزن هر یک در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- پارامترهای مورد نیاز در نظام شاخص کیفیت آب مؤسسه ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) و نسبت وزنی آنها [۹]

پارامتر	واحد	وزن
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۱۱
اکسیژن محلول	٪	۰/۱۷
کلیفرم روده‌ای	تعداد در ۱۰۰ سی‌سی	۰/۱۶
نیترات	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۱۰
اسیدیته	-	۰/۱۱
دما	°C	۰/۱۰
کل جامدات محلول	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۷
فسفات	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۱۰
کدورت	NTU	۰/۰۸

Archive of SID

www.SID.ir

مؤسسه ملی بهداشت آمریکا، رابطه (۱) را جهت تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها به قرار زیر ارائه نموده است [۸].

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^{n} W_i \times Q_i \qquad (۱)$$

در این رابطه، NSFWQI، شاخص کیفیت آب، Qi، ارزش پارامتر i ام که با توجه به نمودارها و منحنی‌های مربوطه به دست می‌آید و مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ متغیر است، Wi، نسبت وزنی پارامتر i ام و n، تعداد پارامترهای کیفی آب می‌باشد [۳].

پس از برآورد شاخص مورد نظر با استفاده از جدول و معادله (۱) می‌توان کیفیت آب را با استفاده از جدول (۲) طبقه‌بندی نمود. محدوده ۱۰۰-۹۰ کیفیت بسیار خوب، ۹۰-۷۰ خوب، ۷۰-۵۰ متوسط، ۵۰-۲۵ بد و ۲۵-۰ کیفیت خیلی بد آب را نشان می‌دهد.

در محاسبه نهایی شاخص DSWQI از فاکتورهای وزنی و توابع ارائه شده در جدول (۳) برای محاسبه عیار و زیرشاخص هر پارامتر، و از رابطه (۲) برای محاسبه شاخص نهایی استفاده شده است.

جدول ۲- درجه‌بندی شاخص NSFWQI از لحاظ زیست محیطی [۱۰]

محدوده شاخص ماهانه	کیفیت آب	توضیحات
۹۰-۱۰۰	بسیار خوب	آب توانایی حمایت تنوع بالایی از حیات آبی را داراست و برای بسیاری از اشکال تفرج نظیر شنا و ماهیگیری مناسب است.
۷۰-۹۰	خوب	آب توانایی حمایت تنوع نسبتاً بالایی از حیات آبی را داراست و برای برخی از اشکال تفرج نظیر شنا وماهیگیری مناسب است.
۵۰-۷۰	متوسط	عموماً تنوع ارگانیسم‌های آبی کمتر شده و شرایط برای رشد جلبکی فراهم می‌شود.
۲۵-۵۰	بد	توانایی حمایت تنوع آبی به شدت کم شده و اکوسیستم احتمالاً مشکلات آلودگی آب را تجربه می‌نمایند.
۰-۲۵	بسیار بد	تنها توانایی حمایت تعداد محدودی از اشکال آبزیان وجود دارد و این امر مورد انتظار است که این آب‌ها مشکلات کیفیتی عدیده‌ای را داشته باشند و به هیچ وجه قابلیت استفاده‌های تفرجی را ندارند.

جدول ۳- ضریب وزنی و توابع زیر شاخص‌ها در شاخص DSWQI [۱۱]

پارامتر	واحد	ضریب وزنی	تابع
اکسیژن محلول	% saturation	۰/۱۰۹	0.82DO + 10.56
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	mg/l, at 20 °C	۰/۰۹۷	$108(BOD)^{-0.3494}$
کلیفرم کل	MPN–Coli/100 ml	۰/۰۹۰	$136(COLI)^{-0.1311}$
کلیفرم روده‌ای	Fecal–Coli/100 ml	۰/۱۱۶	$106\ (E–COLI)^{-0.1286}$
قلیائیت	ppm $CaCo_3$	۰/۰۶۳	$110(ALK)^{-0.1342}$
سختی	ppm $CaCo_3$	۰/۰۶۵	$552\ (HA)^{-0.4488}$
کلراید	mg/l, fresh water	۰/۰۷۴	$125.8(CL)^{-0.207}$
هدایت الکتریکی	micromhos/cm 25 °C	۰/۰۷۹	$306(EC)^{-0.3315}$
اسیدیته	pH<6.7	۰/۰۷۷	$10^{0.2335 + 0.44PH}$
	6.7<pH<7.58		100
	pH>7.58		$10^{4.22 - 0.293PH}$
نیترات	mg/l	۰/۰۹۰	$125\ (N)^{-0.2718}$
درجه حرارت	°C	۰/۰۷۷	$10^{2.004 - 0.0382(T)}$
رنگ	TCU	۰/۰۶۳	$127\ (C)^{-0.2394}$

Archive of SID

www.SID.ir

$$DSWQI=\prod I_i^{W_i} \quad (۲)$$

که در آن: I_i، مقدار زیرشاخص هر پارامتر و W_i، فاکتورهای وزنی هر پارامتر می‌باشند. نظام گروه‌بندی کیفیت آب رودخانه در این شاخص همانند شاخص NSFWQI می‌باشد.

برای تعیین مقدار شاخص SUBWQI، ابتدا پارامترها با توجه به جدول (۴) استاندارد شده و هر پارامتر به مقیاس از صفر تا ۱۰۰ تبدیل می‌شود. صد و صفر به ترتیب نشان دهنده بالاترین و پایین‌ترین کیفیت آب می‌باشد [۱۲]. در انتها با استفاده از رابطه (۳)، شاخص موضوعی کیفیت آب محاسبه شده و با کمک جدول (۲) شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص موضوعی طبقه‌بندی می‌شود:

$$WQI_{Sub}=K\left[\frac{\sum P_i \times C_i}{\sum P_i}\right] \quad (۳)$$

که در آن:

C_i، مقدار پارامتر بعد از تبدیل به مقیاس ۱۰۰-۰ براساس جدول (۴) و P_i، ضریب نسبی تعیین شده برای هر پارامتر و در واقع درجه اهمیت هر پارامتر در کیفیت آب را مشخص می‌کند. مثلاً برای پارامترهای مهم آبی مثل مواد جامد محلول و اکسیژن محلول بیشترین ضریب و برای پارامترهای کم اهمیت مثل دما و اسیدیته کمترین ضریب در نظر گرفته می‌شود.

K: ثابت موضوعی کیفیت آب است و از یادداشت‌هایی که در زمان نمونه‌برداری برداشته می‌شود، تهیه می‌گردد. مقادیر K در جدول (۵) آورده شده است. در اکثر مطالعات، ثابت موضوعی را یک در نظر گرفته تا بدون دخالت حالت ظاهری و تنها براساس مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده، مقدار شاخص به دست آید.

در این تحقیق برای مقایسه شاخص‌های مورد نظر و انتخاب بهترین شاخص برای استفاده در پایش مداوم رودخانه مهابادچای، از روش مقایسه‌ای Giljanovic استفاده می‌شود. در این روش، شاخص‌ها در یک نمودار به صورت دو به دو در مقابل همدیگر قرار گرفته و خط جدا کننده‌ای محور تلاقی دو شاخص را از هم جدا می‌کند.

در روش Giljanovic، شاخصی بهتر به حساب می‌آید که بیشتر نقاط در طرف مقابل خط جدا کننده آن قرار گیرند، زیرا در آن صورت مجموع و میانگین تفاوت‌ها در این شاخص بیش از شاخص دوم است، که بیشتر نقاط در طرف آن واقع شده‌اند. لذا شاخص اول تغییرات کیفی آب را بهتر نشان خواهد داد [۱۳].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- روند تغییرات شاخص‌های کیفی در دوره مورد مطالعه

شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) روند تغییرات سه شاخص کیفی NSFWQI، DSWQI و SUBWQI برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق را نشان می‌دهند.

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در تمام ماه‌های سال در کلیه ایستگاه‌ها، رودخانه از وضعیت کیفی متوسطی برخوردار است به جز ایستگاه سه، در ماه اردیبهشت و ایستگاه یک، در ماه مرداد که بر طبق طبقه‌بندی کیفی شاخص NSFWQI در گروه بد قرار می‌گیرند. همچنین ملاحظه می‌گردد که در شش ماه از دوازده ماه مورد مطالعه، ایستگاه یک، بدترین وضعیت کیفی را در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارا می‌باشد. با ملاحظه شکل (۱) مشخص می‌شود که بهترین وضعیت آب رودخانه از نظر کیفیت مربوط به ایستگاه سه، در ماه آبان می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌گردد که وضعیت کیفی آب رودخانه در تمام ایستگاه‌ها، از ماه اردیبهشت به بعد (به خصوص در ایستگاه سه) افت محسوسی پیدا کرده است که از علل آن می‌توان به کاهش میزان اکسیژن محلول و همچنین افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی اشاره کرد که علت این امر را می‌توان در افزایش دما جستجو نمود. ولی مجدداً از ماه مهر به بعد به علت کاهش دمای آب، وضعیت کیفی بهتر شده است.

برطبق نظام طبقه‌بندی شاخص DSWQI و آنچه در نمودار شکل (۲) مشاهده می‌شود، کیفیت آب رودخانه مهابادچای در طی ماه‌های دی ۱۳۸۸ تا دی ۱۳۸۹ در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری در گروه متوسط قرار می‌گیرد. با ملاحظه در شکل (۲) مشخص می‌گردد که بهترین کیفیت آب در بازه مورد مطالعه، مربوط به ایستگاه سه، در ماه‌های دی، اسفند و فروردین می‌باشد. ایستگاه آبگیر تصفیه‌خانه در ماه فروردین نیز دارای کیفیتی در همین حدود می‌باشد. به طور میانگین آب رودخانه، در ماه‌های اسفند و فروردین از کیفیت بهتری نسبت به سایر ماه‌ها برخوردار است.

همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می‌گردد براساس طبقه‌بندی کیفی با شاخص SUBWQI در طول دوره یک ساله مورد مطالعه، در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری وضعیت کیفی آب، خوب و متوسط می‌باشد. همانند نتایج حاصل از شاخص NSFWQI، در نتایج این شاخص نیز کاملاً مشخص است که ایستگاه یک، در اکثر ماه‌ها بدترین وضعیت کیفی را دارا می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- تبدیل پارامترها به مقیاس ۱۰۰-۰ و ضریب نسبی تعیین شده برای هر پارامتر [۱۲]

پارامتر	Ci	Turbidity (NTU)	Coliform (Fecal-Coli/100 ml)	T (°C)	TDS (mg/l)	pH	Hardness (mg/L $CaCO_3$)	DO (mg/l)	COD (mg/l)	COND (µSi/cm)	BOD (mg/l)
	Pi	۲	۳	۱	۲	۱	۱	۴	۳	۲	۳
۰	۱۰۰	>۱۰۰	>۱۴۰۰۰	>۴۵ یا <-۶	>۲۰۰۰۰	>۱۴ یا <۱	>۱۵۰۰	< ۱	>۱۵۰	>۱۲۰۰۰	>۱۵
۱۰	۹۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰۰۰-۱۴۰۰۰	۴۵ یا -۶	۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰	۱۳-۱۴ یا ۱-۲	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱-۲	۱۰۰-۱۵۰	۸۰۰۰-۱۲۰۰۰	۱۲-۱۵
۲۰	۸۰	۶۰-۸۰	۷۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴۰-۴۵ یا (-۶)-(-۴)	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱۲-۱۳ یا ۲-۳	۸۰۰-۱۰۰۰	۲-۳	۸۰-۱۰۰	۵۰۰۰-۸۰۰۰	۱۰-۱۲
۳۰	۷۰	۴۰-۶۰	۵۰۰۰-۷۰۰۰	۳۶-۴۰ یا (-۴)-(-۲)	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۱۱-۱۲ یا ۳-۴	۶۰۰-۸۰۰	۳-۳/۵	۶۰-۸۰	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۸-۱۰
۴۰	۶۰	۳۰-۴۰	۴۰۰۰-۵۰۰۰	۳۲-۳۶ یا (-۲)-۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۰-۱۱ یا ۴-۵	۵۰۰-۶۰۰	۳/۵-۴	۵۰-۶۰	۲۵۰۰-۳۰۰۰	۶-۸
۵۰	۵۰	۲۵-۳۰	۳۰۰۰-۴۰۰۰	۳۰-۳۲ یا ۰-۵	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۹/۵-۱۰ یا ۵-۵/۵	۴۰۰-۵۰۰	۴-۵	۴۰-۵۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۵-۶
۶۰	۴۰	۲۰-۲۵	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۲۸-۳۰ یا ۵-۱۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۹-۹/۵ یا ۵/۵-۶	۳۰۰-۴۰۰	۵-۶	۳۰-۴۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۴-۵
۷۰	۳۰	۱۵-۲۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۶-۲۸ یا ۱۰-۱۲	۷۵۰-۱۰۰۰	۸/۵-۹ یا ۶-۶/۵	۲۰۰-۳۰۰	۶-۶/۵	۲۰-۳۰	۱۲۵۰-۱۵۰۰	۳-۴
۸۰	۲۰	۱۰-۱۵	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۴-۲۶ یا ۱۲-۱۴	۵۰۰-۷۵۰	۸-۸/۵ یا ۶/۵-۷	۱۰۰-۲۰۰	۶/۵-۷	۱۰-۲۰	۱۰۰۰-۱۲۵۰	۲-۳
۹۰	۱۰	۵-۱۰	۵۰-۵۰۰	۲۲-۲۴ یا ۱۴-۱۵	۱۰۰-۵۰۰	۷-۸	۲۵-۱۰۰	۷-۷/۵	۵-۱۰	۷۵۰-۱۰۰۰	۰/۵-۲
۱۰۰	۰	< ۵	< ۵۰	۲۱-۲۲ یا ۱۵-۱۶	< ۱۰۰	۷	< ۲۵	۷/۵	< ۵	< ۷۵۰	<۰/۵

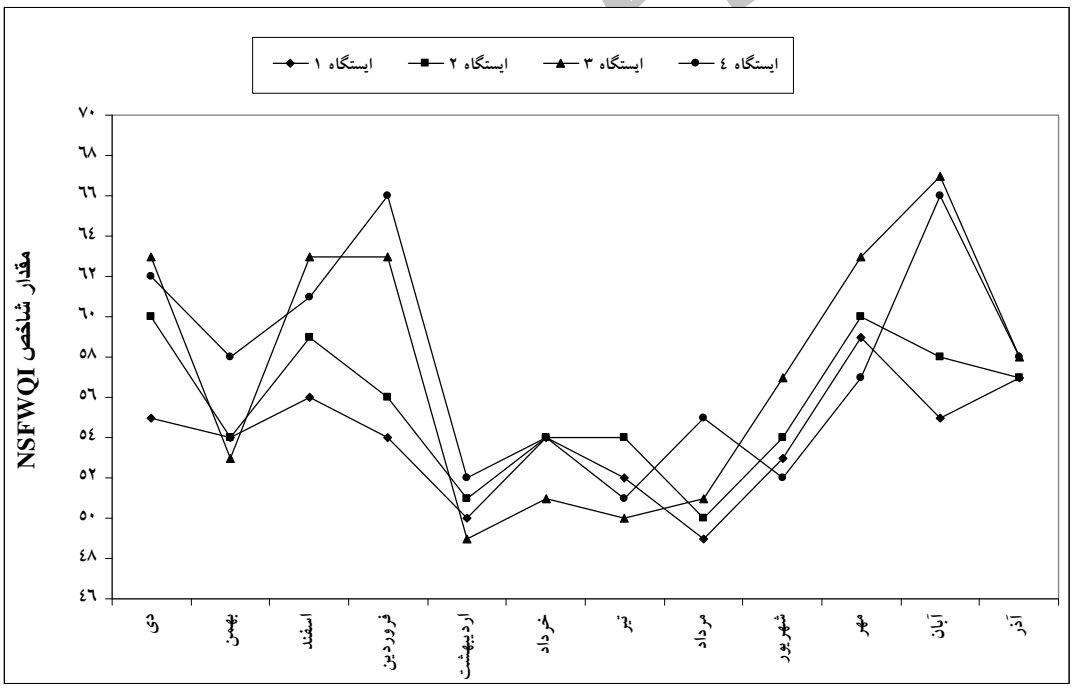
Archive of SID

www.SID.ir

ماه‌های اسفند و مهر نیز تنها ماه‌هایی هستند که در کل چهار ایستگاه، وضعیت کیفی خوب در رودخانه حاکم بوده است. بر طبق آنچه در شکل (۳) مشاهده می‌شود در چهار ماه اول و همچنین سه ماه آخر نمونه برداری، وضعیت کیفی رودخانه بهتر از ماه‌های دیگر می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در ماه اردیبهشت افت محسوس کیفیت را در تمام ایستگاه‌ها شاهد هستیم که این روند تا پایان شهریور ادامه یافته است و با آغاز ماه مهر روند بهبود کیفیت آب از سر گرفته شده است.

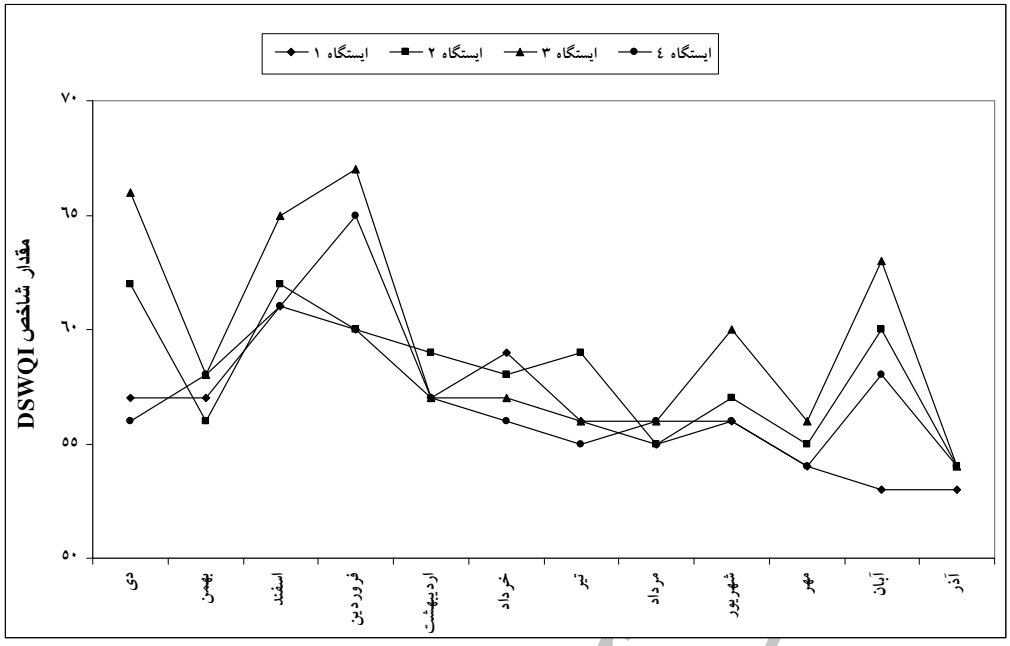
جدول ۵- مقادیر مختلف K [۱۲]

مقدار K	توضیحات
۱	آب بدون هرگونه آلودگی ظاهری
۰/۷۵	آب با آلودگی جزئی ظاهری با رنگ غیر طبیعی ظاهری
۰/۵	آب با ظاهر آلوده با رنگ غیرطبیعی، بوی کم یا متوسط، با کدورت بالا
۰/۲۵	آب با آلودگی ظاهری زیاد با رنگ سیاه، بوی بد

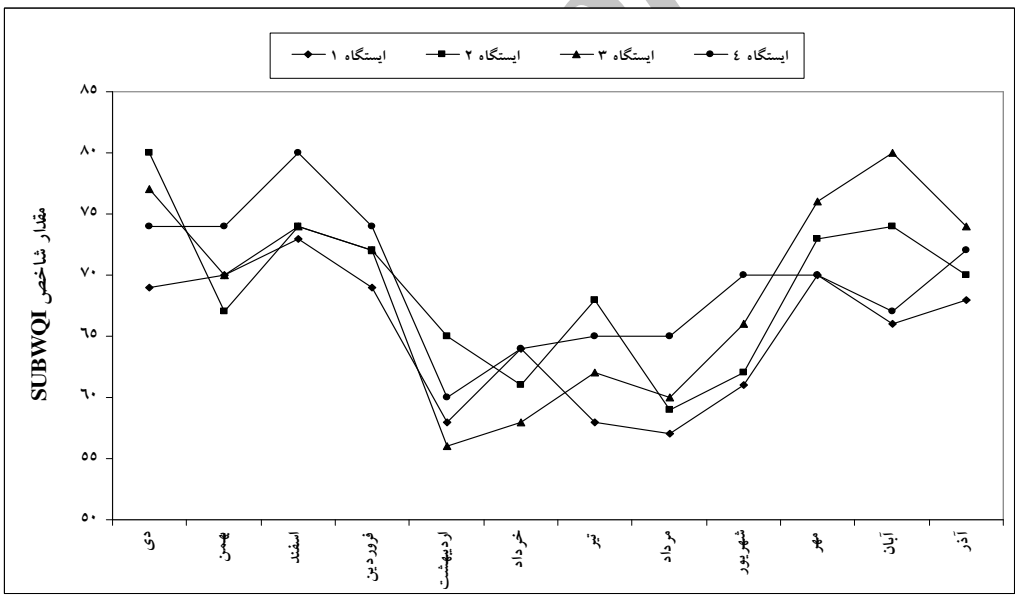


شکل ۱- روند تغییرات شاخص کیفی موسسه ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) در دوره یک ساله مورد مطالعه

www.SID.ir



شکل ۲- روند تغییرات شاخص کیفی دینیوس (DSWQI) در دوره یک ساله مورد مطالعه



شکل ۳- روند تغییرات شاخص کیفی موضوعی (SUBWQI) در دوره یک ساله مورد مطالعه

۳-۲- مقایسه شاخص‌های کیفی زیست‌محیطی و انتخاب مناسب‌ترین شاخص برای شرایط منطقه، با روش Giljanovic

شکل‌های (۴) تا (۶) نمودارهای مقایسه‌ای این سه شاخص را به صورت دو به دو نشان می‌دهند.

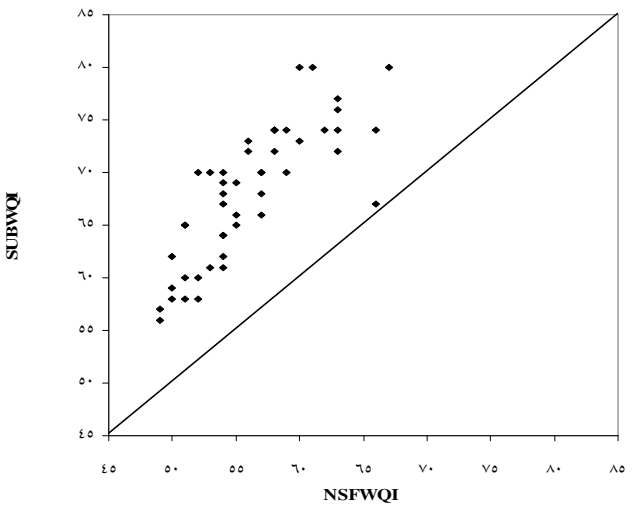
در شکل (۴) مقادیر شاخص کیفی مؤسسه ملی بهداشت آمریکا با شاخص موضوعی کیفیت آب در دوره یک ساله مورد مطالعه در تمام ایستگاه‌های اندازه‌گیری، با هم مقایسه شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، همه نقاط، بالای خط مستقیم جدا کننده دو شاخص مذکور قرار گرفته‌اند، یعنی پراکنش و مجموع فاصله اعداد در شاخص NSFWQI بیشتر از

www.SID.ir

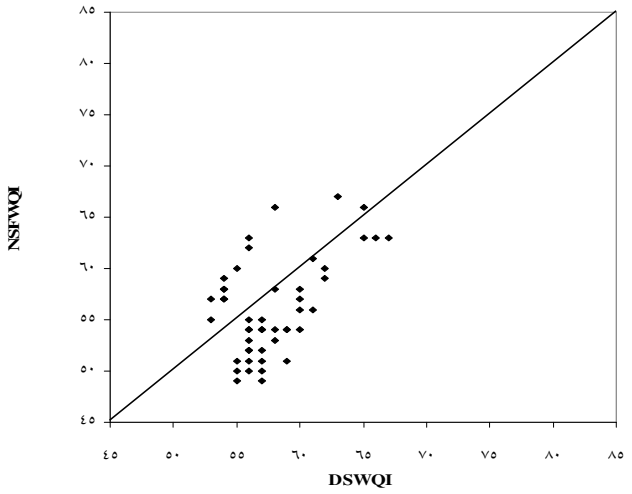
شاخص SUBWQI می‌باشد. با توجه به شکل (۱) و توضیحات قبلی در روش مورد استفاده در این تحقیق، مشخص می‌گردد که توانایی شاخص NSFWQI در نشان دادن تغییرات کیفیت آب بیشتر از شاخص SUBWQI می‌باشد. این توانایی در وضعیت‌های کیفی مطلوب، محسوس‌تر می‌باشد.

در شکل (۵) مقادیر شاخص‌های کیفی DSWQI با شاخص کیفی NSFWQI با هم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همانطور که در شکل نیز مشاهده می‌شود بیشتر نقاط در زیر خط مستقیم جدا کننده‌ی دو شاخص قرار گرفته‌اند، لذا پراکنش و تفاوت اعداد در شاخص NSFWQI بیشتر از شاخص DSWQI می‌باشد. با توجه به شکل مشخص می‌شود که در شرایط کیفی نامطلوب، وضعیت کیفی آب در شاخص NSFWQI خیلی بهتر از شاخص DSWQI بیان می‌شود. ولی در موقعیت‌های کیفی خوب و متوسط، تفاوت زیادی بین نتایج این دو شاخص دیده نمی‌شود و شاخص DSWQI در کیفیت‌های خوب و متوسط شاخص مناسبی محسوب می‌شود.

مقادیر شاخص‌های کیفی DSWQI و SUBWQI در دوره مورد مطالعه، در شکل (۶) مقایسه شده‌اند. به غیر از یک نقطه در وضعیت کیفی پایین، بقیه نقاط در بالای خط جدا کننده مستقیم قرار گرفته‌اند. لذا شاخص DSWQI نسبت به شاخص SUBWQI در بیان واقعی کیفیت آب رودخانه، دقیق‌تر است. البته باید گفت که توانایی شاخص DSWQI به شاخص دیگر، به خصوص در بیان کیفیت‌های خوب و متوسط آب، خیلی محسوس تر از کیفیت‌های بد می‌باشد.

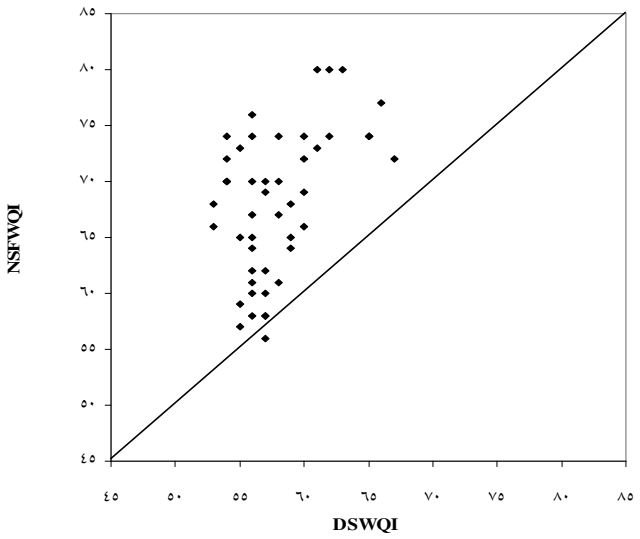


شکل ۴- مقایسه شاخص‌های NSFWQI و SUBWQI با استفاده از کلیه مقادیر شاخص‌ها



شکل ۵- مقایسه شاخص‌های DSWQI و NSFWQI با استفاده از کلیه مقادیر شاخص‌ها

www.SID.ir



شکل ۶- مقایسه شاخص‌های DSWQI و SUBWQI با استفاده از کلیه مقادیر شاخص‌ها

با توجه به مقایسه مرحله به مرحله بین شاخص‌ها، از شکل‌های (۴) تا (۶) که در بالا ذکر شد، نتیجه‌گیری می‌شود که علیرغم اینکه شاخص DSWQI، تغییرات را در وضعیت‌های بالای کیفیت، خوب نشان می‌دهد و تقریباً در این رده با شاخص NSFWQI برابری می‌کند اما به علت اینکه شاخص NSFWQI تغییرات را در همه حالات به ویژه حالات کیفی متوسط و پایین بهتر نشان می‌دهد، شاخص بهتری محسوب می‌شود. لذا شاخص NSFWQI به عنوان مناسب‌ترین شاخص کیفی زیست محیطی برای پایش و ارزیابی کیفی آب رودخانه مهابادچای معرفی می‌شود و متولیان رودخانه می‌توانند از این شاخص کیفی برای پایش و ارزیابی تغییرات ایجاد شده در کیفیت آب دریاچه سد مهاباد استفاده کنند.

۳-۳- تحلیل ماهانه تغییرات کیفیت آب با استفاده از شاخص NSFWQI به عنوان شاخص برگزیده

حال با استفاده از شکل (۱) به تحلیل و بررسی ماهانه روند تغییرات نمودار برای ماه‌های مختلف در ایستگاه‌های نمونه‌برداری پرداخته می‌شود.

ماه دی: نتایج نشان می‌دهد که در ماه دی، کلیه ایستگاه‌ها در وضعیت کیفی متوسط قرار دارند. در این ماه عموماً تنوع ارگانیسم‌های آبی کم شده و شرایط برای رشد جلبکی فراهم می‌گردد. ایستگاه یک و دو به دلیل داشتن کدورت و کلیفرم روده‌ای زیاد و همچنین اکسیژن محلول کم، وضعیت کیفی پایین‌تری از لحاظ زیست محیطی دارد.

ماه بهمن: در این ماه همه ایستگاه‌ها در وضعیت کیفی متوسط طبقه‌بندی شده‌اند. ولی ایستگاه یک به دلیل داشتن کدورت بالا برای پرورش آبزیان مناسب نمی‌باشد. براین اساس، آب رودخانه در این ماه برای پرندگان مهاجر و پستانداران و دوزیستان قابل استفاده می‌باشد ولی تولید مثل در ماهی‌ها در هر چهار ایستگاه با کاهش بازدهی همراه خواهد بود و در ایستگاه یک، امکان وقوع تلفات مهره داران وجود خواهد داشت.

ماه اسفند: در این ماه نیز کیفیت آب در رده متوسط قرار گرفته است. وضعیت کیفی زیست محیطی آب از وضعیت موجود در ماه بهمن بهتر می‌باشد و شرایط اکوسیستم تقریباً با ماه قبل یکسان خواهد بود.

ماه فروردین: در بین ماه‌های نمونه‌برداری، ماه فروردین به همراه ماه آبان از ماه‌هایی است که در آن رودخانه از وضعیت کیفی مناسب‌تری نسبت به ماه‌های دیگر برخوردار است. در این ماه در ایستگاه چهار، آب با تمهیداتی جزئی برای مصارف خانگی و صنعتی قابل استفاده می‌گردد.

ماه اردیبهشت: در این ماه ایستگاه‌های یک و سه در رده‌بندی کیفی در وضعیت بد قرار می‌گیرند. در این حالت، توانایی حمایت از تنوع آبی به شدت کم شده و احتمالاً آب، مشکلات آلودگی را تجربه می‌نمایند. همچنین با بد شدن کیفیت آب بخش عمده اکوسیستم با گروه‌های مقاوم به آلودگی جایگزین می‌گردد. در این حالت خطر شیوع بیماری و ایجاد مسمومیت برای انسان نیز دور از انتظار نخواهد بود. ولی ایستگاه‌های دو و چهار وضعیت کیفی متوسطی دارند.

Archive of SID
www.SID.ir

ماه خرداد: در این ماه کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در وضعیت کیفی متوسط طبقه‌بندی می‌شوند. به علت گرم شدن دمای هوا و مصرف و اکسیداسیون بیولوژیکی مواد آلی موجود در رودخانه، در این ماه کیفیت آب نسبت به ماه‌های قبلی کاهش یافته است. ایستگاه سوم به دلیل داشتن اکسیژن محلول پایین‌تر نسبت به سایر ایستگاه‌ها میزان شاخص کیفی پایین‌تری را دارا است. همانطور که در تحلیل ماه‌های قبلی نیز بیان گردید، این رده‌بندی از طبقه‌بندی کیفی، آستانه ایجاد تغییرات شاید در مشخصات آب به ویژه شروع تغییرات در رنگ و بوی آب می‌باشد. شروع تغییرات در مکانیسم‌های طبیعی و جامعه زنده نیز از عوارض این نوع کیفیت آب در سطح آب‌های طبیعی است.

ماه تیر: در این ماه با کاهش دبی آب رودخانه و افزایش گرمای هوا، مقدار اکسیژن محلول آب به شدت کاهش یافته است. ایستگاه‌های یک، دو و چهار در رده متوسط کیفی و ایستگاه سه در رده بد قرار دارد. اگر چه میزان شاخص در ایستگاه‌های یک، دو و چهار در حد متوسط قرار گرفته است ولی میزان آن به عدد ابتدایی این رده یعنی ۵۰ نزدیکتر بوده و این امر نمایانگر این مطلب است که در آینده احتمال ورود این منبع آبی به محدوده بد غیرقابل تصور نخواهد بود.

ماه مرداد: بعد از ماه اردیبهشت، ماه مرداد بدترین کیفیت را در طول دوره نمونه‌برداری دارا می‌باشد. قرار گرفتن دو ایستگاه در وضعیت کیفی بد و دو ایستگاه دیگر در قسمت پایین طبقه‌بندی متوسط نشان‌دهنده این ادعاست. در شرایط کیفی بد رودخانه ایجاد تغییرات خطرناک در سیستم آبی، ایجاد تلفات انبوه در مهره‌داران و سایر مصرف‌کنندگان آبزی، ایجاد بوی آزاردهنده و هزینه بالای تصفیه دور از انتظار نخواهد بود.

ماه شهریور: نهمین ماه از دوره نمونه‌برداری یک ساله، دارای وضعیت کیفی متوسط در کلیه ایستگاه‌ها می‌باشد که علت آن کاهش تدریجی درجه حرارت می‌باشد. چرا که همانطور که قبلاً نیز بیان شد با کاهش دما میزان اکسیژن محلول آب که یکی از پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت آب می‌باشد افزایش می‌یابد. شرایط اکولوژیکی در طبقه‌بندی متوسط، در ماه‌های دیگر به اختصار بیان شده است.

ماه مهر: در این ماه کیفیت آب به یک باره بهبود قابل توجهی یافته است. علت عمده آن کاهش میزان دما نسبت به ماه قبلی یا افزایش بارندگی است. همانطور که قبلاً نیز بیان گردید دمای آب به مقدار زیادی بر گونه‌های بیولوژیکی موجود در آب و شدت فعالیت آن‌ها مؤثر است. به طوری که در دماهای بالا موجودات ذره‌بینی که در استفاده از منابع غذایی و تولید مثل کارایی بیشتری دارند، تکثیر پیدا می‌کنند در حالی که سایر موجودات از لحاظ جمعیتی کاهش می‌یابند. در این ماه میزان کدورت در هر چهار ایستگاه در سطح مطلوبی است ولی کلیفرم روده‌ای به تعداد بسیار زیادی در آب موجود می‌باشد. به طور کلی این آلودگی‌ها از طریق مدفوع حیوانات اهلی و وحشی ایجاد می‌گردد که در شرایط حرارتی و رطوبتی مناسب مراحل لاروی را طی می‌کنند و با آب باران شستشو شده و وارد آب رودخانه می‌گردند.

ماه آبان: کیفیت آب در این ماه در سطح مطلوبی قرار دارد. به طوری که در ایستگاه‌های سه و چهار، ارقام شاخص در نزدیکی محدوده کیفیت خوب یعنی عدد ۷۰ قرار دارد. در این ماه آب بدون هر گونه آلودگی ظاهری می‌باشد. عموماً با این نوع طبقه‌بندی، آب رودخانه برای بسیاری از اشکال تفرج نظیر ماهیگیری مناسب است و پرورش آبزیان نیز امکان‌پذیر است.

ماه آذر: در آخرین ماه از دوره نمونه‌برداری یک ساله مجدداً کیفیت آب نسبت به ماه آبان کاهش یافته است ولی کیفیت آب همچنان در طبقه‌بندی به روش NSF، در سطح متوسط قرار دارد. اکسیژن محلول در این ماه بالاست ولی کدورت آب در ایستگاه‌های یک و دو به علت گل و لای زیاد آب سرشاخه‌های رودخانه مهابادچای افزایش یافته است. براین اساس، در این نوع آب سطحی، بازدهی جامعه پلانکتون‌ها کاهش می‌یابد و تولید مثل ماهی‌های مهاجر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نمودار مربوط به شاخص‌های کیفی آب به خصوص شاخص NSFWQI که در مقایسه بین روش‌ها نیز به عنوان شاخصی مناسب مطرح شده است، رودخانه در اکثر مواقع سال دارای وضعیت کیفی متوسط می‌باشد. مهمترین علل کاهش کیفیت در ایستگاه یک و دو وجود گل آلودگی، کدورت و همچنین تعداد کلیفرم روده‌ای بسیار بالا می‌باشد. در سایر ایستگاه‌ها کاهش میزان اکسیژن محلول و افزایش BOD رودخانه عامل کاهش کیفیت در بعضی ماه‌هاست. طبق بررسی‌هایی که در منطقه صورت گرفته، است منابع آلاینده مهمی به رودخانه وارد نمی‌شود ولی چنانچه فعالیت‌هایی همانند کشاورزی و توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی، افزایش تعداد صنایع و .... به این حوضه اضافه گردد وضعیت رودخانه بحرانی خواهد شد و در آینده خطرات جدی به همراه خواهد داشت که

Archive of SID

www.SID.ir

این امر با انجام مطالعات دقیق و ارزیابی پیامدهای زیست محیطی واحدهای مذکور، شناسایی آثار و ارائه راهکارهای بهینه جهت کنترل، کاهش و یا حذف آنها قابل پیگیری خواهد بود.

۵-تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی که در انجام این تحقیق با ارائه توصیه های مفید و انجام آزمایش‌های مختلف ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- مراجع

[۱] نصری، ب. ۱۳۸۶. "واکنش مدلی سیستم منابع آب زیرزمینی دشت مهاباد به عوامل تغذیه و تخلیه ممکن از طریق شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

[۲] صفاریان، ر.، و ارشم، ع.، و مشایخی، ن. ۱۳۸۶. "تعیین کیفیت آب رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز با استفاده از منحنی‌های شاخص کیفیت آب (WQI)"، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

[3] Abbasi, S. A., 2000. "Watre Quality Indices", Center of Pollution Control & Energy Technology Punditry University.

[۴] سعادتی، ن.، و حسینی زارع، ن.، و گندمکار، پ. ۱۳۸۵. "بررسی وضعیت کیفی رودخانه مارون- جراحی با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب"، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

[۵] هوشمند، ع.، سیدکابلی، ح.، دلقندی، م. ۱۳۸۶. "مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب (WQI, OWQI, CWQI)"، مطالعه موردی بازه ملا ثانی- اهواز رودخانه کارون. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

[6] Paliwal, R. & Sharma, P. & Kansal, A., Water Quality modeling of the river Yamuna (India) Using QUAL2E-UNCAS. 2006, Vol, Pusenumber Journal of Environmental Management.

[7] Curtis, G., 2001. "Oregon Water Quality Index: A Tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness".

[8] Des Moines River water quality network (Annual Reports), 2005. Calculating NSF water quality index, (10/23/2005), [www.cce.iastate . edu] [online].

[9] NSF consumer information, 2005. water quality index, (10/23/2005), [www.NSF.org], [online].

[۱۰] محمدی، م.، صادقی، ل.، جامعی، ن.، اسدآبادی، ا. ۱۳۸۸. "بررسی کیفیت آب تالاب بامدژ با استفاده از شاخص WQI"، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

[11] Cude, C., 2001. Oregon Department of Environmental Quality. Laboratory Division: Specific Examples of Trend Analysis the Oregon Water Quality Index.

[12] Silvia, F. P. & Daniel, A. W., 2000. "Use of Water Quality Indices to Verify the Impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River", Water Research. 34(11): 2915-2926.

[۱۳] نیکو نهاد، ع.، معاضد، هـ، کاظم بیگی، ف. ۱۳۸۸. "مقایسه شاخص‌های کیفیت آب برای انتخاب بهترین شاخص در سد مخزنی کرخه"، مجله پژوهش آب ایران، شماره چهارم، بهار و تابستان، صفحات (۷۳-۶۹).

Archive of SID

www.SID.ir