Archive of SID

پژوهشـــــی

مجله محیط شناسی، شماره ۳۷، بهار ۱۳۸٤، صفحه ۲۶-۱۷

پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود

مهندس محمد میرزایی *

مهندس علیرضا نظری **

مهندس علی یاری ***

چکیده

با توجه به اینکه مشخصه های متعددی درآنالیز کیفی آب اندازه گیـری مـی شـود، روش شـاخص کیفـی آب *(Water Quality index)* از میان شاخص های عمومی کیفی آب دارای بیشترین کاربرد بوده و برای شاخص بندی کیفی حوزهٔ آبریز سـد لتیـان از آن اسـتفاده گردیـده است. تعیین وضعیت آب رودخانه جاجرود و لتیان به عنوان یکی از منابع مهم آبی شرب تهران بزرگ، بـا توجـه بـه ویژگـی‌هـا و تحـولات جمعیتی درآن منطقه اهمیت فراوان دارد. این تحقیق براساس نتایج اندازه گیری های صورت گرفته توسط شرکت آب و فاضلاب تهـران و مرکز تحقیقات آب و انرژی در تعدادی از ایستگاه‌های حوزهٔ آبریز سد، به‌صورت جداگانه به سه روش شاخص بنـدی کیفـی رودخانـه و آب خروجی سد لتیان صورت گرفته است. براساس نتایج این شاخص بندی، کیفیت آب در به‌صورت نقاط مجاور مراکز جمعیتـی بـه‌دلیـل ورود آلاینده های میکربی و وجود ذرات معلق جامد وافزایش کدورت افت دارد؛ همچین نتایج این شاخص بندی ها بایکدیگر مقایـسه و تحلیـل شده است.

کلید واژه

شاخص بندی کیفی ، رودخانه جاجرود ، کیفیت آب ، روش NSFWQI

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۵/۱۱

* مربی پژوهشی مرکز تحقیقات آب وانرژی – دانشگاه صنعتی شریف.

** مربی پژوهشی مرکز تحقیقات آب وانرژی – دانشگاه صنعتی شریف.

*** دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست – دانشگاه صنعتی شریف.

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

رودخانه‌ها و آبهای جاری ، از دیر باز مورد نیاز ومورد توجه بشر بوده اند و برای بهره بردن از منابع آبی مناسب، جوامع انسانی و مراکز صنعتی و کشاورزی و غیره معمولا در نزدیکی رودخانه ها برپا شده اند. با گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی، دخل و تصرف غیر طبیعی و تغییر شرایط کیفی آب رودخانه ها افزایش یافته است. در این زمینه سنجش، تحلیل و تفسیر داده‌های کیفی رودخانه ها به طور منظم، این امکان را فراهم می‌سازد که ضمن استفاده از آن در موارد مختلف، شیوه‌های مدیریتی صحیح و مناسب اتخاذ گردد. تا بتدریج از آلودگی رودخانه ها کاسته شده و به سمت کیفیتی با استاندارد قابل قبول حرکت کند. در این تحقیق برای بیان کیفیت آب رودخانه جاجرود بعنوان یکی از منابع اصلی تامین کننده آب شرب تهران از روش «شاخص بندی کیفیت آب» استفاده شده است و از میان شاخص‌های مختلفی که برای این کار استفاده می شود ، شاخص[۱] NSFWQI به دلیل سادگی و وسعت کاربرد و نیز در دسترس بودن پارامترهای مورد نیاز انتخاب شده است و درنهایت به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از شاخص بندی پرداخته شده است. داده های به‌کار رفته برای شاخص بندی از نتایج اندازه‌گیری‌های صورت گرفته توسط شرکت آب و فاضلاب درمنطقه و اندازه‌گیری‌های دانشگاه صنعتی شریف در قالب طرح مطالعاتی کیفی رودخانه با نظرسازمان آب منطقه ای تهران ، استفاده گردیده است (مرکز آب و انرژی ،۱۳۸۲)

روشهای شاخص بندی کیفی آب رودخانه ها

برای تحلیل و تفسیر مشخصه‌های کیفی آب، روشهای مختلف ریاضی وجود دارد که ازمیان آنها ، روش شاخص‌های کیفی آب (Water Quality Index) یکی از ساده ترین روشها با کاربرد فراوان است . در این روش حجم زیاد اطلاعات حاصل از اندازه گیری های کیفی آب به صورت یک عدد منفر د و بدون بعد تبدیل می شود که این عدد در یک مقیاس درجه بندی شده ، دارای مفهوم و تفسیر کیفی تعریف شده ای است.

به‌طور کلی شاخص های کیفی آب به پنج دسته طبقه بندی می شوند : (غلامرضا اسدا... فردی و همکاران، ۱۳۸۲) و (Ott, 1978)

الف) شاخص های عمومی: دراین نوع شاخص‌های ، طبقه بندی کیفی آب ،صرف‌نظر از نوع مصرف آن صورت می گیرد. برای مثال می‌توان از روشهای Horton, NSFWQI و شاخص صریح آلودگی Prati نام برد. (Ott ,1978) و (Horton, 1965)

ب) شاخص مصارف ویژه: در این نوع شاخص ، طبقه‌بندی کیفیت آب براساس نوع مصرف (عمومی، شرب، کشاورزی، حفظ حیات آبی،...) صورت می گیرد . مانند شاخص زیست آبی Oconnor ، شاخص مصارف عمومی Oconnor ، شاخص تفریحی Walslie & Parker و شاخص اورگان . (DEQ, 2003)

ج) شاخص‌های طراحی: ابزاری برای کمک به سنجش تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های آبی می‌باشد.

د) شاخص‌های آماری: در این شاخص ها ، از روشهای آماری استفاده شده و نظرهای شخصی کمتر در آن وارد می‌شود (Ott, 1978)

ه) شاخص های بیولوژیکی: این نوع شاخص‌ها ، عموما کیفیت آب را براساس تاثیرات آن بر روی حیات ارزیابی می‌کند.

از میان شاخص‌های عمومی کیفی آب ، NSFWQI دارای مشکلات کمتری بوده و بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است . مزایای این روش سادگی و در دسترس بودن مشخصه‌های کیفی مورد استفاده است که بیشتر در سنجش‌های کیفی به‌دست می‌آید. (Zandbergen and Hall, 1988)

اساس این روش مبتنی بر نظر سنجی از اساتید و متخصصین فن است. در این روش مشخصه‌های کیفی ، عوامل های وزنی مشخصه‌ها، منحنی تبدیل مشخصه‌ها به زیر شاخص آنها، براساس نظر خواهی‌های انجام شده به‌دست آمده است. ۹ مشخصه کیفی مورد استفاده درNSFWQI به صورت زیر معرفی می‌شوند(NSF, 2003):

مشخصه‌های کیفی مورد استفاده در این روش $Fecalcoliform, Turbidity, \Delta T, pH, TSS, PO_4^{3-}, NO_3^-, BOD_5, DO$ است.

پس از اندازه گیری مشخصه‌های فوق ، زیر شاخص هر یک از آنها از روی منحنی‌های تبدیل به دست می‌آید.دراین روش برای محاسبه شاخص نهایی از رابطه های زیر استفاده می شود که در آنها I_i زیر شاخص هر مشخصه و W_i فاکتور وزنی آنها و n تعداد زیر شاخص‌ها می‌باشد:

$$I = \prod_{i=1}^{n} I_i^{w_i} \quad (1$$

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \quad (2$$

مقادیر زیر شاخص های مربوط به هر مشخصه از Ii از نمودارهای ارائه شده در ضمیمه محاسبه گردیده و در ارتباط معرفی

www.SID.ir

Archive of SID

شده برای محاسبه شاخص قرار می گیرد.

شاخص NSFWQI شاخصی با مقیاس کاهشی است یعنی با افزایش میزان آلودگی آب، شاخص کاهش می یابد. شاخص دارای مقداری بین صفر تا ۱۰۰ بوده و با استفاده از جدول شماره (۱) درجه بندی می شود.

جدول (۱) : شاخص بندی کیفیت آب

شاخص	کیفیت آب
۹۱-۱۰۰	عالی
۷۱-۹۰	خوب
۵۱-۷۰	متوسط
۲۶-۵۰	ضعیف
۰-۲۵	بسیار بد

در بخش دیگری از این گزارش از شاخص ساده دیگری که Ahmed Said آن را معرفی کرده است استفاده شده است(Said, 2003) حسن این شاخص در این است که تعداد مشخصه های مورد نیاز آن کم بوده و از رابطه صریح جهت بدست آوردن شاخص استفاده می کند و نیازی به استفاده از منحنی‌های تبدیل و نیز به دست آوردن زیر شاخص‌ها ندارد . نتایج حاصل از این شاخص قابل مقایسه با شاخص به دست آمده از روش NSFWQI است.

پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه این شاخص علاوه بر کدورت $(Turb), FC, DO, TPO_4^{3-}, EC$ است.

همان طور که گفته شد، این شاخص با استفاده از ارتباط مستقیم از مشخصه های آن بدست می آید که این رابطه به صورت زیر است:

رابطه وارد می شود:

$$WQI = \log\left[\frac{(DO)^{1.5}}{(3.8)^{TP}(Turb)^{0.15}(15)^{FC/10000} + 0.14(EC)^{0.5}}\right]^{(3}$$

مقدار عددی این شاخص بین صفر تا سه است که با استفاده از جدول شماره (۲) طبقه بندی می شود:

جدول (۲) : دسته بندی کیفی آب

مقدار شاخص	مفهوم
۲-۳	قابل قبول
۱-۲	نیاز به تغییر سیاستهای مدیریتی دارد .
۰-۱	نیاز به تغییر سیاستهای مدیریتی دارد

از این روش به دلیل حساسیت به مشخصه FC برای جریان هایی که حاوی مقادیر بالای فاضلاب های انسانی و حیوانی در بالادست است، نباید استفاده شود.

معرفی حوزهٔ آبریز سد لتیان

حوزهٔ آبریز سد لتیان با مساحت ۶۹۰ کیلومتر مربع از لحاظ تقسیمات کشوری در محدودهٔ شهرستان شمیرانات و بین طول جغرافیایی َ۲۵ ْ ۵۱ الی َ۵۵ ْ ۵۱ و عرض جغرافیایی َ ۴۵ ْ۳۵ الی ۳۶ واقع گردیده است شکل شماره (۵).

این شهرستان دارای دو بخش رودبار قصران و لواسان است. مساحت بخش رودبار قصران حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع بوده و تأمین کننده اصلی آب سد لتیان است. بخش لواسان در حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع بوده که نیمی از آن حوزهٔ آبریز سد لتیان و نیمی دیگر حوزهٔ آبریز سد لار است. مرکز بخش رودبار قصران شهر رودبار قصران و مرکز بخش لواسان شهر لواسان واقع در گلندوک است. سد لتیان با ارتفاع ۸۰ متر و طول تاج سد ۴۵۰ متر وحجم مفید ۸۵ میلیون مترمکعب تامین کننده نزدیک به سی درصد آب شهر تهران است.

مشخصات عمومی حوزه آبریز سد لتیان

حوزه آبریز سد لتیان به‌عنوان یکی ازمنابع مهم آب شرب تهران دارای موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی ویژه ای بوده و به‌دلیل مجاورت شهر تهران دچار تحولات جمعیتی و توسعه بافت مسکونی چشمگیری در سالهای اخیر است. علاوه بر جمعیت ساکن درمنطقه سالانه مهاجرتهای فصلی که اغلب در تابستان مشاهده می گردد از شهر تهران به منطقه جهت بهره برداری از آب و هوای منطقه و برداشت محصول صورت می گیرد. همچنین افراد زیادی از اهالی تهران باهدف گردشگری در فصل تابستان و همچنین استفاده از امکانات پیست اسکی شمشک و دربندسر و دیزین در زمستان به این منطقه سرازیر می‌شوند . براساس برآورد ، جمعیت ساکن درمنطقه حدود ۴۰۰۰۰ نفر و جمعیت گردشگر در حدود ۱۲۰ هزار نفر در روزهای تعطیل برآورده گردیده است.

اثرات آلایندگی این جمعیت که دارای نرخ رشد بالایی نیز است به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر روی رودخانه ظاهر می‌گردد. (مرکز آب و انرژی ، ۱۳۸۲). باتوجه به وضعیت توپوگرافی منطقه و شیب نسبتا بالای مناطق مسکونی که درحاشیهٔ رودخانه ها واقع شده اند و بالابودن بستر سنگی ،با وجود استفاده از چاه‌های جذبی برای دفع فاضلاب مسکونی و عمومی، بخشی از فاضلاب با طی کردن یک مسیر قشری زیر سطحی به رودخانه می‌رسند. کلیه منازل ومراکز

www.SID.ir

Archive of SID

عمومی درسالهای اخیر موظف به احداث سپتیک تانک است، ولی به دلیل مشکلات تردد و عدم دسترسی تانکرها برای تخلیه، به علت کوهستانی بودن و نبود نظارت بر نحوهٔ تخلیه سپتیکها از این ناحیه نیز مشکلات بهداشتی وجود دارد. گسترده شدن زباله که دارای بارآلودگی بیولوژیکی و شیمیایی بالایی بوده و خاستگاه مناسب و رشد و تکثیر میکروب‌ها هستند، در سطح حوزه، خصوصاً توسط گردشگران و انتقال آنها توسط باد و باران و سیلاب به رودخانه و سپس به مخزن، کیفیت آب سد را در دراز مدت به مخاطره می‌اندازد.

شاید آثار آلایندگی غیر مستقیم انسان نیز کمتر از آلایندگی مستقیم آن نباشد . تخریب و خاکبرداری و تغییر کاربری از کشاورزی و مرتع به اماکن مسکونی و احداث جاده های دسترسی موجب بالارفتن پتانسیل فرسایش درمنطقه است.

کاهش پوشش طبیعی گیاهی در منطقه در اثر اقدامات ساخت و ساز و یا بوته کنی و چرای بی رویه دام درمنطقه موجب فرسایش خاک و تخریب محیط زیست است. بخشی از آلاینده های موجود در آب از عرصهٔ طبیعی و گاهی به‌صورت مواد آلی غیر محلول و ذرات ارگانیک به داخل مخزن هدایت می گردند. شاخص بندی کیفی آب رودخانه جاجرود برای تحلیل وضعیت آن با توجه به تحولات ایجاد شده در منطقه و نوع بهره برداری آب خروجی سد لتیان برای مدیریت کلان تأمین آب تهران اهمیت فراوان دارد.

روش کار

این روش بر اساس توضیحات ارائه شده درمورد ویژگی های روش NSFWQI بود، روش مذکور برای پهنه بندی رودخانهٔ جاجرود استفاده گردید. همچنین با روش ارائه شده توسط Ahmed said (Said, 2003) نیز پهنه‌بندی صورت گرفت.

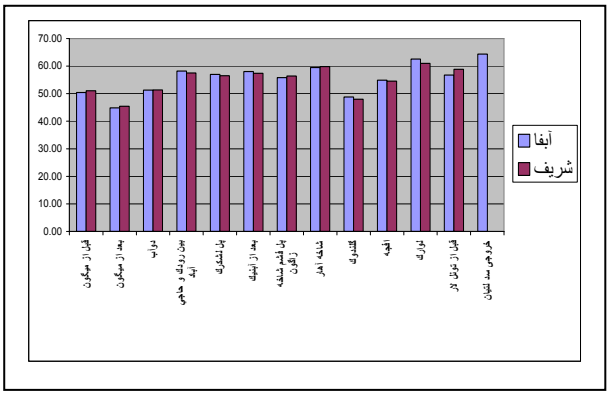
داده های کیفی مورد استفاده در این تحقیق از اندازه گیری‌های صورت گرفته در ایستگاه‌های واقع بروی رودخانه به وسیلهٔ شرکت آب و فاضلاب و همچنین اندازه گیری‌های صورت گرفته توسط مرکز آب و انرژی دانشگاه صنعتی شریف، در قالب مطالعات کیفی رودخانه جاجرود و لتیان استفاده گردیده است .

داده‌های مربوط به شرکت آب و فاضلاب[۲] مربوط به اندازه‌گیری‌های انجام شده، در طی سالهای ۷۷ تا ۸۱ در این رودخانه بوده که با فاصله زمانی حدود یکماهه نمونه برداری و آنالیز شده است. آزمایش‌های صورت گرفته توسط دانشگاه طی فصول تابستان، پاییز وزمستان ۸۱ در تعدادی از ایستگاه‌ها واقع در رودخانه جاجرود به صورت ماهانه است. به‌منظور مشاهده تغییرات نتایج شاخص بندی از داده‌های شرکت آب و فاضلاب (آبفا) طی پنج سال و نتایج اندازه‌گیری‌های دانشگاه طی یک سال بصورت جداگانه استفاده گردیده است.

جریان محاسبات برای تکمیل خلا اطلاعاتی داده‌های میکربی اندازه‌گیری‌های دانشگاه از نتایج داده‌های آبفا بهره جسته و از نتایج داده‌های دانشگاه چون TPO_4^{3-}, SS, DO برای تکمیل داده‌های آبفا استفاده گردیده است. از این‌رو ایستگاه‌های مورد استفاده برای شاخص بندی نتایج مربوط به ایستگاه‌های مشترک است(شکل شماره ۶).

به‌منظور مشاهده تغییرات شاخص آلودگی در این ایستگاه‌ها در فصل گرما همزمان با افزایش افراد ساکن و گردشگر در این حوزهٔ آبریز و همچنین فصل بارندگی و افزایش رواناب در اواخر پاییز و اوایل زمستان ، پهنه‌بندی به‌صورت جداگانه انجام پذیرفته است. در جدول شماره (۳) مقادیر پارامترهای کیفی و عوامل مشخصه‌های نه‌گانه در روش NSFWQI و مقادیر شاخص نهایی در هر یک از ایستگاه‌ها براساس نتایج اندازه گیری آبفا و دانشگاه صنعتی شریف نشان داده شد. همچنین نتایج اندازه گیریهای دانشگاه در فصول تابستان و پاییز نیز در جدول شماره (۴) شاخص‌بندی شده‌اند. در جدول شماره (۵) مقادیر مشخصه‌های پنجگانه و شاخص نهایی برای ایستگاه‌های آبفا و دانشگاه به روش دیگر معرفی نشان داده شده ودر جدول شماره (۶) براساس نتایج اندازه‌گیری دانشگاه برای فصول گرما و سرما جداگانه شاخص‌بندی شده است .

شکل‌های شماره ۱ تا ۴ نمودار پهنه بندی کیفی رودخانه مربوط به‌نتایج شاخص‌های بدست آمده در جداول (۳) تا (۶) را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۱): شاخص بندی کیفی رودخانه جاجرود به روش NSFWQI

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا	Weight Factor	ورودی میگون	خروجی میگون	دوآب	حاجی آباد	پل لشکرک - ورودی سد شیان	قبل از ازبکان بعد از شاخه حاجی آبیک	پل قشم	آبادی باغ گل	ورودی سد شیان - کندرود	ورودی سد شیان - اخیه	ورودی سد شیان - دره نیارک	خروجی رستان	خروجی سد شیان
		Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Temperature of Water	0.1	4.0	4.6	4.2	3.9	4.1	4.3	4.5	4.0	2.8	1.1	5.1	5.0	4.4
Fecal Coliform Multiple - Tube	0.2	16068.6	99590.8	16544.1	4845.2	5703.9	5504.6	3150.0	4014.3	3050.0	2670.0	2256.4	5924.1	1085.0
pH	0.1	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.3	8.1	8.2
Turbidity	0.1	46.3	44.5	27.0	17.8	19.3	5.9	41.9	4.0	41.7	6.7	9.1	24.9	5.5
TSS	0.1	9.3	11.0	10.0	6.3	6.3	6.0	7.3	3.5	13.0	12.0	6.3	3.0	6.0
Nitrate	0.1	3.4	3.5	3.8	4.3	4.3	3.1	4.1	3.5	8.4	10.8	4.2	6.0	3.9
Phosphate	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3
BOD (Total)	0.1	1.3	2.6	1.7	1.2	1.4	1.3	2.1	1.0	1.9	1.5	1.2	1.2	1.1
Dissolved Oxygen(percent)	0.2	78.7	79.1	81.0	83.5	84.7	78.4	81.0	62.0	62.9	81.3	97.5	72.1	78.5
Dissolved Oxygen(mg/l)		9.0	9.1	9.5	9.7	9.7	9.5	9.6	8.5	9.1	9.1	10.7	8.8	7.7
INDEX		50.4	44.8	51.3	58.2	57.0	58.1	55.8	59.5	48.8	54.9	62.5	56.7	64.3

شریف	Weight Factor	قبل از میگون	بعد از میگون	دوآب	بین رودک و حاجی آباد	پل لشکرک	بعد از آبیک	پل قشم بعد از شاخه زاگین	شاخه اهار	کندرو ک	اخیه	نیارک	قبل از تونل لار	
		Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	
Temperature of Water	0.1	1.6	4.9	5.6	5.2	4.2	4.7	5.6	5.0	3.6	2.4	3.7	5.0	
Fecal Coliform Multiple - Tube	0.2	16068.6	99590.8	16544.1	4845.2	5703.9	5504.6	3150.0	4014.3	3050.0	2670.0	2256.4	5924.1	
Ph	0.1	8.6	8.3	8.5	8.5	8.6	8.6	8.5	8.2	8.5	8.4	8.5	8.3	
Turbidity	0.1	46.3	44.5	27.0	17.8	19.3	5.9	41.9	4.0	41.7	6.7	9.1	24.9	
TSS	0.1	9.3	11.0	10.0	6.3	6.3	6.0	7.3	3.5	13.0	12.0	6.3	3.0	
Nitrate	0.1	2.0	3.3	2.8	3.3	3.1	2.3	2.3	3.4	6.5	6.5	3.8	2.2	
Phosphate	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4	
BOD (Total)	0.1	2.0	2.4	2.0	2.7	2.5	2.5	2.1	1.3	2.2	1.6	2.1	2.3	
Dissolved Oxygen(percent)	0.2	87.2	85.4	90.0	91.7	89.6	88.4	86.9	79.1	77.2	76.6	86.4	92.4	
Dissolved Oxygen(mg/l)		9.0	9.1	9.5	9.7	9.7	9.5	9.6	8.5	9.1	9.1	10.7	8.8	
INDEX		51.0	45.4	51.3	57.5	56.5	57.4	56.4	59.8	48.0	54.5	61.0	58.8	

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۴):پارامترهای کیفی و شاخص نهایی برای فصول تابستان و پاییز به روش NSFWQI

تابستان	Weight Factor	قبل از میکرون	بعد از میکرون	دواب	پس رودک و خاص آباد	پل لشکرک	بعد از اپیک	پل قشم شاخه راکین	شاخه اهار	تلوارک	خروجی سد تیان(آبفا)		
		Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value		
Temperature of Water	0.1	0.56	0.76	0.35	2.19	1.93	0.14	0.64	2.37	1	2.63		
Fecal Colform Multiple - Tube	0.16	4029	100353	22013	5102	12334	6900	7000	11741.5	1507	92.6		
pH	0.11	8.59	8.42	8.61	8.65	8.64	8.55	8.56	8.36	8.65	8.32		
Turbidity	0.08	54.04	61.25	5.04	25.6	4	7.02	2.6	3.47	6.45	6.38		
TSS	0.07	18.6	17	14.3	27	7.41	7	8.3	3	3	6.75		
Nitrate	0.1	2.3	3.6	2.7	3.6	3.25	2.47	2.4	3.34	1.2	3.1		
Phosphate	0.1	0.16	0.2	0.17	0.173	0.083	0.12	0.136	0.16	0.1	0.14		
BOD (Total)	0.11	2.32	2.46	2.5	3.13	2.3	2.36	2.16	2.08	2.9	1.6		
Dissolved Oxygen(percent)	0.17	89	86.7	71.3	96.5	99.2	89	93.5	71.3	95.2	90.6		
INDEX		58.3648198	42.8088017	53.73373	60.062436	59.087069	62.78444479	63.791678	58.10103	65.843165	78.7005		
پاییز	Weight Factor	قبل از میکرون	بعد از میکرون	دواب	پس رودک و خاص آباد	پل لشکرک	بعد از اپیک	پل قشم شاخه راکین	شاخه اهار	گلدره	الجه	تلوارک	خروجی سد تیان(آبفا)
		Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Temperature of Water	0.1	2.33	2.4	0.99	2.97	4.3	1.48	1.84	1.13	3.3	1.99	0.5	4.22
Fecal Colform Multiple - Tube	0.16	3460	214250	3210	5476	5102	1867	2200	2463.34	1100	2670	1023	119.3
pH	0.11	8.79	8.72	8.33	8.37	8.63	8.67	8.35	8.47	8.51	8.43	8.54	8.23
Turbidity	0.08	45.88	63.51	49.13	5.46	3.7	3.27	12.3	1.125	33.2	6.65	10.38	4.65
TSS	0.07	8	43	18	21	48.27	3	9.5	8.5	1004.56	405.4	30.5	7.67
Nitrate	0.1	1.1	2.8	3	2.95	2.9	0.7	2.1	3.35	6.52	6.51	3.75	3.26
Phosphate	0.1	0.16	0.11	0.05	0.12	0.052	0.07	0.06	0.185	0.087	0.108	0.0375	0.33
BOD (Total)	0.11	1.21	2.18	1.21	1.94	1.23	3.04	2.08	0.1	2.17	1.56	2.055	1.02
Dissolved Oxygen(percent)	0.17	81.6	86.2	86.7	84.6	97.02	86.16666667	80.9	78.6	77.2	76.5	89.5	83.6
INDEX		66.4547322	61.324438	62.453082	63.745388	64.180065	64.21663772	64.796305	65.47397	65.388752	68.38874	68.26724	76.76702

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵): پارامترهای کیفی و شاخص نهایی بدست آمده از روش Ahmed said

ابتدا	ورودی میگون	خروجی میگون	دوآب	حاجی آباد	پل لشکرک - ورود به سد لتیان	قبل از زایگان بعد از شاخه حاشی آبیک	پل فشم	آبادی باغ گل	ورودی سد لتیان -کندرود	ورودی سد لتیان -آبیجه	ورودی سد لتیان - دره لوارک	خروجی رسانا	خروجی سد لتیان
Fecal Coliform Multiple - Tube	15677.53	97600	15285.68	4647.854	5554.324	4969.462	3150	4014.286	2266.667	2670	2285.025	5924.074	1056.19
Electrical Conductivity	426.1905	469.0238	386.8947	387.8293	371.6111	299.5385	354.75	366.0667	433.3333	464	434.6667	400	404.9655
Turbidity	42.5048	42.7429	25.1237	17.0268	18.875	5.4577	41.9	3.9607	30.7667	6.65	9.0481	24.8963	5.3862
TP04	0.3575	0.366	0.258	0.294	0.1814	0.3925	0.218	0.274	0.23	0.2105	0.2837	0.21	0.281
Dissolved Oxygen	77.97414	78.25411	80.49153	83.07296	84.11969	77.78689	84.96028	69.7284	73.42742	82.0279	98.1921	77.63158	78.5
INDEX	0.536255	-9.09522	0.693047	1.848487	1.822622	1.803337	1.983481	1.865597	1.946716	2.048633	2.162559	1.7059	2.117133
شریف	قبل از میگون	بعد از میگون	دوآب	بین رودک و حاجیاباد	پل لشکرک	بعد از آبیک	پل فشم شاخه زاگین	شاخه انار	کندرک	آبیجه	لوارک	دره لار	
Fecal Coliform Multiple - Tube	15677.53	97600	15285.68	4647.854	5554.324	4969.462	3150	4014.286	2266.667	2670	2285.025		
Electrical Conductivity	426.1905	469.0238	386.8947	387.8293	371.6111	299.5385	354.75	366.0667	433.3333	464	434.6667	400	
Turbidity	42.5048	42.7429	25.1237	17.0268	18.875	5.4577	41.9	3.9607	30.7667	6.65	9.0481	24.8963	
TP04	0.3575	0.366	0.258	0.294	0.1814	0.3925	0.218	0.274	0.23	0.2105	0.2837	0.21	
Dissolved Oxygen	87.22276	85.41509	89.60377	91.30189	89.55679	88.69159	86.87726	79.17757	77.16102	76.58235	86.15565	94.65241	
Index	0.609274	-9.03818	0.762912	1.910017	1.863424	1.888801	1.998016	1.948386	1.979025	2.003884	2.07737	1.835039	

www.SID.ir

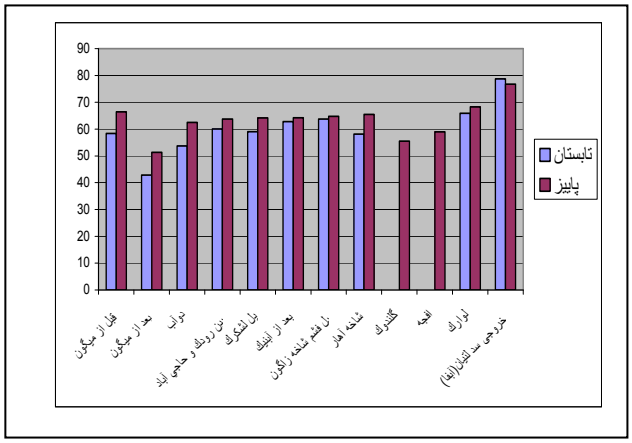
Archive of SID

جدول (۶): پارامترهای کیفی و شاخص نهایی به روش Ahmedsaid برای فصول تابستان و پاییز

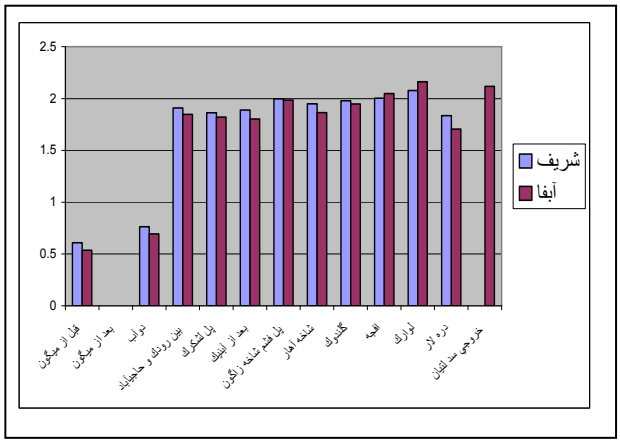
تابستان	قبل از میکسر	بعد از میکسر	دوآب	پس رودک و حاجی آباد	پل اشکرک	بعد از اسلک	پل قاسم شاخه زاگرس	شاخه اهار	تلوارک	خروجی سد لتیان(آبفا)		
Fecal Coliform Multiple - Tube	4029	100353	22013	5102	12334	6900	7000	11741.5	1507	92.6		
Electrical Conductivity	479.4	585.5	403.8	409.1	380	315	400	432.5	325.8			
Turbidity	54.04	61.25	5.04	25.6	4	7.02	2.6	3.47	6.45	6.38		
Phosphate	0.16	0.2	0.17	0.173	0.083	0.12	0.136	0.16	0.1	0.14		
Dissolved Oxygen(percent)	89	86.7	71.3	96.5	99.2	89	93.5	71.3	95.2	90.6		
INDEX	1.934093	-9.27942	-0.01519	1.935809	1.376237	1.821263	1.876597	1.191018	2.286691	2.326183		
پاییز	قبل از میکسر	بعد از میکسر	دوآب	پس رودک و حاجی آباد	پل اشکرک	بعد از اسلک	پل قاسم شاخه زاگرس	شاخه اهار	گلشوک	انجیه	تلوارک	خروجی سد شاه(آبفا)
Fecal Coliform Multiple - Tube	3450	214250	3210	5476	5102	1867	2200	2453.34	1100	2670	1023	119.3
Electrical Conductivity	424.87	481.4	412	399.25	391.1	301	384	381	484	464	501.3	354.6
Turbidity	45.88	63.51	49.13	5.45	3.7	3.27	12.3	1.125	33.2	6.65	10.38	4.65
Phosphate	0.16	0.11	0.05	0.12	0.052	0.07	0.06	0.185	0.087	0.108	0.0375	0.33
Dissolved Oxygen(percent)	81.6	86.2	86.7	84.6	97.02	86.16667	80.9	78.6	77.2	76.5	89.5	83.6
INDEX	1.939128	-22.6287	2.036926	1.914872	2.079286	2.239937	2.113139	2.121759	2.080264	2.034618	2.219769	2.215212

www.SID.ir

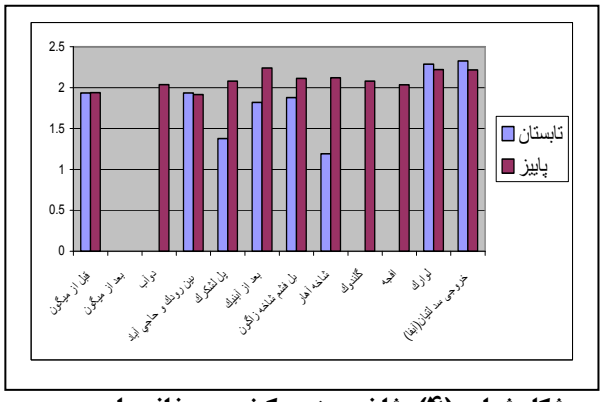
Archive of SID



شکل شماره (۲): شاخص بندی کیفی رودخانه جاجرود در فصل تابستان و پاییز به روش NSFWQI



شکل شماره (۳): شاخص بندی کیفی رودخانه جاجرود به روش NSFWQI



شکل شماره (۴): شاخص بندی کیفی رودخانه جاجرود در فصل تابستان و پاییز به روش NSFWQI

بحث روی یافته ها

همان‌طور که شکل شماره (۱) نشان می دهد، شاخص نهایی به‌دست آمده از نتایج آبفا و دانشگاه در ایستگاه‌های مشترک به یکدیگر نزدیک است. با مقایسه ارقام به‌دست آمده با جدول کلاسه‌بندی سیستم رودخانه به روش NSFWQI، می‌توان نتیجه گرفت که ایستگاه‌های میگون و گلندوک در محدودهٔ نزدیک به متوسط ولی بد قرار گرفته و مابقی در محدودهٔ متوسط واقع شده اند . البته ایستگاه خروجی لتیان و دره لوارک به تقسیم‌بندی کیفی خوب نزدیک هستند. کاهش کیفیت آب در ایستگاه خروجی میگون به‌دلیل بالابودن مقدار FC و کدورت آب است.

شکل شماره (۲) مقادیر شاخص نهایی را در فصول تابستان و پاییز نشان می‌دهد . شاخص‌های به‌دست آمده در ایستگاه ها در پاییز وضعیت آب را نسبت به تابستان مطلوب‌تر نشان می‌دهد. بهبود کیفیت آب در فصل پاییز در اثر کاهش FC در پاییز نسبت به تابستان (بجزایستگاه میگون)و افزایش اکسیژن محلول در آب در بیشتر ایستگاه‌ها وکاهش BOD در آب در فصل پاییز نسبت به تابستان اتفاق افتاده است. درمورد نیترات نیز به جز شاخه لوارک در مابقی ایستگاه‌ها مقدار آن در پاییز نسبت به تابستان کاهش نشان می‌دهد. البته مقادیر نیترات و فسفات در خروجی سد لتیان در فصل پاییز نسبت به تابستان افزایش نشان دارد این مسئله می تواند دراثر به‌هم‌ریختگی لایه‌بندی حرارتی مخزن سد لتیان در پاییز و تأثیر آن بر کیفیت لایه‌های مورد بهره برداری از سد باشد. براساس کلاسه بندی روش NSFWQI در ایستگاه بعد از میگون، وضعیت آب در تابستان درمحدودهٔ بد واقع شده و خروجی سد لتیان و تاحدودی درهٔ لوارک در وضعیت خوب قرار داشته و بقیه ایستگاه‌ها در حد متوسط تفسیر می گردد.

نتایج نشان داده شده در شکل شماره (۳) (روش کلاسه بندی Ahmed Said) بیانگر آن است که ؛ شاخص کیفیت آب در خروجی میگون در هر یک از مقادیر اندازه گیری شده آبفا و دانشگاه به‌دلیل بالابودن FC دارای شرایط نامطلوب بوده و نیازمند سیاستگذاری‌های مدیریتی و بهداشتی جدی در آن منطقه است.

ایستگاه‌های قبل از میگون و دوآب نیز به همان دلیل نیازمند توجهات جدی است. شاخص نهایی به‌دست آمده در مابقی ایستگاه‌ها بجز لوارک و خروجی لتیان در حد متوسط و نیازمند تصمیمات مدیریتی حفاظتی رودخانه تفسیر می‌گردد. کیفت آب خروجی لتیان و همچنین آب دره لوارک به‌دلیل انتقال آب سد لار توسط تونل کلان بر این رودخانه از وضعیت مطلوب و قابل قبول برخوردار است.

نتایج حاصل از شکل شماره (۴) نشان می دهد وضعیت آب درپاییز نسبت به تابستان شرایط بهتری را داراست. شاخص‌های

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دست آمده در ایستگاه‌ها در تابستان مشابه شکل -۳ طبقه بندی می‌گردد. ولی برای شاخص‌های به‌دست آمده در فصل پاییز وضعیت آب را (بجز ایستگاه میگون) می توان مطلوب طبقه بندی کرد.

نکته قابل ذکر در طبقه بندی به این روش بالا بودن حساسیت رابطهٔ محاسبه شاخص نهایی به مشخصه FC است. بالابودن مقادیر کلیفرم مدفوعی در برخی ایستگاه‌ها چون میگون برای مقادیر شاخص نهایی، ارقام منفی به‌دست می‌دهد.

در شکل شماره ۷، ۸ ، ۹ پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود از ایستگاه های بالادست قبل میگون وبعد از آبنیک تا خروجی سد لتیان به‌صورت متوسط سالانه و در فصل تابستان و پاییز به روش NSFWQI نشان داده شده است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به اینکه مطالعات و تحقیقات زیادی بررسی کیفیت آب رودخانه های ایران از نظر درجه بندی کیفیت انجام نشده است استفاده از تکنیک NSFWQI به‌عنوان روشی ساده برای شناخت اولیه از کیفیت رودخانه ها مناسب بوده و برای مدیران و مهندسان برای برنامه ریزی حفاظت کیفی قابل استفاده است .

پایش منظم رودخانه ها به‌صورت هدفمند و براساس برنامه‌ریزی و طراحی مناسب و سپس درجه‌بندی آن با روش شاخص کیفی، امکان دسترسی به تغییرات و تحولات کیفی و پیش بینی اقدامات کاهش آلودگی درحوزهٔ آبریز رودخانه را برای مدیران و مسؤولان فراهم می کند.

این مطالعه نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه جاجرود در برخی نقاط مجاور مراکز جمعیتی و ورود بار آلودگی مسکونی چون میگون به‌دلیل افزایش مقادیر مشخصه‌های میکربی و ذرات جامد معلق در آب کاهش می‌یابد. همچنین رودخانه در فصل پاییز نسبت به تابستان از وضعیت بهتری برخوردار است . در فصل پاییز از بار جمعیت حاضر درمنطقه کاسته می شود. افزایش تدابیر و الزامات بهداشتی درمنطقه برای کاهش تأثیرات آلودگی انسانی به رودخانه، بویژه در مراکز جمعیتی و بهبود کیفیت آب در این نقاط خواهد بود.

با وجود تأثیرات منفی ورود بار آلودگی به رودخانه در طول آن از بالا دست تا سد لتیان، خصوصاً به‌وسیله مراکز جمعیتی مع الوصف نتایج شاخص بندی رودخانه نشان می دهد رودخانه از قدرت پالایش طبیعی بالایی برخوردار است. از این رو شاخص کیفی در ورودی اصلی سد لتیان (پل لشکرک) در شرایط متوسط قرار داشته و مقادیر مشخصه های کیفی، بخصوص میکربی در این نقطه نسبت به ایستگاه های بالادست، کاهش نشان می دهد.

مخزن سد لتیان باایجاد شرایط ماندگاری برای آب امکان ته نشینی بخش زیادی از آلودگی رودخانه جاجرود را فراهم می کند . از این رو وضعیت کیفی آب خروجی سد توسط روش NSFWQI درمحدود مطلوب وخوب قرار دارد.

یادداشت ها

1. National Sanitation Foundation Water Quality Index.

۲. در محل ایستگاه های نمونه برداری و اندازه گیری عمدتاً بر اساس توزیع مراکز جمعیتی و شاخه های فرعی در طول رودخانه انتخاب گردیده است.

منابع مورد استفاده

مرکز آب و انرژی ۱۳۸۲. گزارش مطالعات کاهش آلودگی حوزهٔ آبریز سد لتیان.

غلامرضا اسداله فردی، غ. افشار، ع. سبحانی، ن. ،۱۳۸۲. مروری بر روش های شاخص کیفی آب و کاربرد آن در پهنه قسمتی از رودخانهٔ کارون. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده عمران. دانشگاه علم وصنعت تهران.

Ott ,W. R .1978 . Environmencal Indices – Theory and Practices . Ann Arbor Science Publishers Inc, Michigan .

An Index-Number system for . Horton , R .K . 1965 rating water Quality. Water poll.control fed. 37(3): 300-306

DEQ, 2003 . The Oregan Department of Environmental Quality.http: // www.deq.state. or.us/lab/ WQM / WQI / Wqi main . htm .

Zandbergen, P. A. and Hall, K.I. 1988. Analysis of the British Columbia water quality Index for water shel Managers: a case study of two small watersheds.Water Qual.Res.Canada,33(a):519-525

NSF,2003.National Sanitation Foundation. http://www. Nsfconsumer. rg/enviroment/wqi.asp.

Said, A. 2003. Water quality evalution using water quality index for streams.http//emrc.usu.edu / tmdl /ineel / papers /said- awra.pdf.

www.SID.ir