

یادداشت فنی

مقایسه شاخص های کیفی آب برای انتخاب بهترین شاخص در سد مخزنی کرخه

علی نیکونهاد^{۱*}، هادی معاضد^۲ و فاروق کاظم بیگی^۳

چکیده

سد مخزنی کرخه با حجمی برابر ۷/۲ میلیارد متر مکعب بزرگترین سد مخزنی کشور است که در شمال غربی خوزستان بر روی رودخانه کرخه احداث شده است. این بررسی به منظور انتخاب شاخص کیفی مناسب علمی برای پایش مداوم تأثیرات احتمالی این سازه بزرگ آبی بر کیفیت آب رودخانه کرخه انجام گرفته است. جهت انجام این تحقیق چهار ایستگاه نمونه برداری انتخاب گردید. سپس با استفاده از چهار شاخص کیفی معتبر $NSFWQI_m$ و $NSFWQI_a$ و $OWQI$ و $DSWQI$ کیفیت آب در هر چهار ایستگاه به صورت هر دو ماه یک بار و سالیانه (خرداد ۱۳۸۴ لغایت فروردین ۱۳۸۵) مورد ارزیابی قرار گرفت. از روش مقایسه ای جیل جانویک برای مقایسه شاخص های مورد نظر استفاده گردید. نتایج این مقایسه نشان داد شاخص $NSFWQI_m$ تغییرات کیفی آب سد کرخه را بهتر از دیگر شاخص ها نشان میدهد.

واژه های کلیدی: شاخص های کیفی آب، شاخص $NSFWQI$ ، $OWQI$ ، $DSWQI$ ، سد مخزنی کرخه.

ارجاع: نیکونهاد ع. معاضد ه. و کاظم بیگی ف. ۱۳۸۸. مقایسه شاخص های کیفی آب برای انتخاب بهترین شاخص در سد مخزنی کرخه. مجله پژوهشی آب ایران. ۳ (۴): ۶۹-۷۳.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایلام.

۲- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران

۳- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی ایلام

* نویسنده مسئول: nikoonahad.ali.n@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: 1388/06/15

مقدمه

سد مخزنی کرخه در ۲۰ کیلومتری غرب شهر اندیمشک روی رودخانه کرخه، طولانی ترین و سومین رودخانه پر آب کشور احداث شده است. عملیات ساختمانی آن در سال ۱۳۷۸ به پایان رسید و از همان سال آبیگری آن آغاز گردید. حجم مخزن سد بیش از ۷ میلیارد متر مکعب است (رحیمی، ۱۳۸۳).

در ایران بیشتر بررسی های انجام شده در زمینه تغییرات کیفی آب در رودخانه ها انجام شده است و برای این کار کمتر از شاخص های کیفی استفاده شده است. از طرفی، به دلیل اینکه بیشتر سدهای ساخته شده کشور جدید می باشند و مطالعات زیست محیطی مرتبط در داخل کشور سابقه طولانی ندارد لذا استفاده از شاخص های کیفی برای ارزیابی اثرات سدها بر کیفیت آب آنها در موارد محدودی دیده می شود (کرمانی و ناصری، ۱۳۸۱).

شاخص ها با ساده سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می دهند (عباسی، ۲۰۰۰). برای ارزیابی تأثیرات سد مخزنی کرخه بر کیفیت آب ورودی به مخزن سد از شاخص های کیفی شناخته شده آب به عنوان یکی از روش های مناسب تعیین تغییرات کیفیت، با توجه به سهولت استفاده از آنها و بیان نتایج به زبان ساده و قابل فهم، استفاده شده است. بعد از مطالعات اولیه و اطلاعات بدست آمده از بررسی های مقدماتی، پارامترها متناسب با اهداف پژوهش انتخاب شدند. بیشتر پارامترهای انتخاب شده، از پارامترهای کیفی متداول در پایش و ارزیابی منابع آب به حساب می آیند که اکثر آنها به عنوان متغیر خام در ساختار شاخص های کیفی آب به کار رفته در این بررسی (NSFWQI_m، NSFWQI_a، OWQI، DSWQI) مورد استفاده قرار گرفته اند. شاخص های مورد استفاده همگی از شاخص های معتبر افزایشی آب بوده و در بیشتر زیر شاخص ها

مشترک می باشند همچنین دامنه تغییرات همگی آنها از ۱ تا ۱۰۰ (بدترین حالت، عدد ۱ و بهترین حالت عدد ۱۰۰) می باشد.

مواد و روش ها

محدوده مورد بررسی در این تحقیق متناسب با اهداف پژوهش چهار ایستگاه می باشد. ایستگاه اول در ورودی دریاچه، بعد از تلاقی رودخانه کرخه و زال، ایستگاه دوم درون دریاچه، در عمق ۴ متری و در محدوده ورودی نیروگاه انتخاب شد که برداشت نمونه در این ایستگاه با دستگاه ورنردور (دستگاه نمونه برداری از عمق آب) انجام شد، در ایستگاه سوم از آب ورودی به نیروگاه که از عمق ۳۰ تا ۴۰ متری از سطح برداشت می شد، نمونه برداری شده است و ایستگاه چهارم در فاصله ۲ کیلومتر پایین تر از خروجی سد و قبل از سد تنظیمی در نظر گرفته شد.

نمونه برداری به صورت هر دو ماه یک بار و در طول یک دوره آبی (خرداد ۱۳۸۴ لغایت فروردین ۱۳۸۵) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب در هر ایستگاه از چهار شاخص کیفی NSFWQI_a، NSFWQI_m، OWQI و DSWQI استفاده گردید.

در محاسبه شاخص NSFWQI ابتدا از نمودارهای اختصاصی این شاخص استفاده و برای هر کدام از پارامترها عیار آن محاسبه شد (کانتر ۱۹۹۶) در مرحله بعدی عیار هر پارامتر در فاکتورهای وزنی اختصاصی پارامتر مربوطه جدول (۱) ضرب شد تا زیر شاخص پارامتر مربوطه به دست آید. در ادامه از رابطه ۱ برای محاسبه شاخص NSFWQI_a و از رابطه ۲ برای محاسبه شاخص NSFWQI_m استفاده گردید (عباسی، ۲۰۰۰، کانتر ۱۹۹۶ و کیود، ۲۰۰۱).

$$NSFWQI_a = \sum_{i=1}^n I_i W_i \quad (1)$$

$$NSFWQI_m = \prod_{i=1}^n I_i W_i \quad (2)$$

(۴) که یک تابع متوسط هارمونیک غیر وزنی است برای جمع بندی شاخص استفاده گردید (کانتر ۱۹۹۶ و کیود، ۲۰۰۱).

$$OWQI = \sqrt{\frac{\sum SI^2}{n}} \quad (4)$$

که در آن: SI = مقدار زیرشاخص هر پارامتر و n = تعداد زیرشاخص های استفاده شده در شاخص برای مقایسه شاخص های موردنظر از روش مقایسه ای جیل جانویچ^۱ استفاده شده است. در این روش، شاخص ها دو به دو در مقابل همدیگر قرار گرفته و خط جدا کننده ای محور تلاقی دو شاخص را از هم جدا می کند. در روش جیل جانویچ، شاخصی بهتر به حساب می آید که بیشتر نقاط در آن 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 شده اند. لذا شاخص اول تغییرات ایجاد شده در آب را بهتر نشان خواهد داد.

نتایج و بحث

در شکل ۱ مقادیر شاخص کیفی $OWQI$ با شاخص کیفی $DSWQI$ در ایستگاههای انتخابی سد کرخه در ماههای مختلف سال، با هم مقایسه شده است. همانگونه که در این شکل دیده می شود، غیر از نقطه ۱۲، بقیه نقاط، زیر خط مستقیم جداکننده دو شاخص قرار گرفته اند یعنی پراکنش و مجموع فاصله اعداد در شاخص $DSWQI$ بیشتر از شاخص $OWQI$ است.

در شکل ۲، مقادیر شاخص کیفی $OWQI$ با شاخص کیفی $NSFWQI_a$ در ایستگاههای انتخابی سد کرخه در ماههای مختلف سال با هم مقایسه می شود. همانگونه که در شکل دیده می شود، بیشتر نقاط، زیر خط مستقیم جداکننده دو شاخص قرار گرفته اند، لذا پراکنش و تفاوت اعداد در شاخص $NSFWQI_a$ بیشتر از شاخص $OWQI$ است. در بیشتر نقاط، به ویژه در نقاطی که وضعیت نامطلوب کیفیت (مانند نقاط ۴ و ۵) را نشان می دهند، تفاوت بین اعداد شاخص $NSFWQI_a$ بیشتر از شاخص $OWQI$ است.

جدول ۱- فاکتورهای وزنی پارامترهای شاخص NSF WQI

(عباسی، ۲۰۰۰)	
پارامتر	فاکتور وزنی
اکسیژن محلول	۱۷/۰
کلیفرم مدفوعی	۱۵/۰
pH	۱۲/۰
BOD ₅	۱۰/۰
نیترات	۱۰/۰
فسفات	۱۰/۰
دما	۱۰/۰
کدورت	۰۸/۰
جامدات کل	۰۸/۰

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

$$DSWQI = \prod_{i=1}^n I_i W_i \quad (3)$$

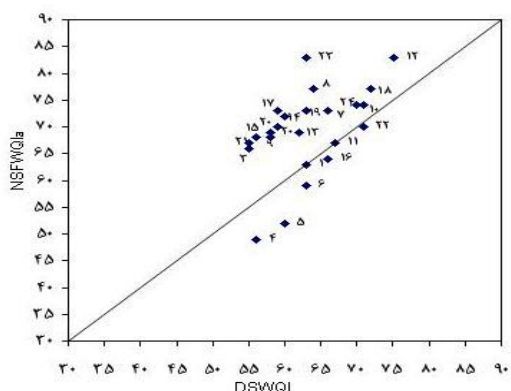
که در آن I_i مقدار زیر شاخص هر پارامتر و W_i فاکتورهای وزنی هر پارامتر می باشد.

جدول ۲- وزن و توابع زیرشاخصها در شاخص DS WQI (کیود، ۲۰۰۱)

پارامتر	واحد	وزن	تابع
DO	% Saturation	0.109	0.82DO + 10.56
BOD ₅	Mg/l, at 20 c'	0.097	108 (BOD) ^{-0.3494}
کلیفرم کل	MPN-Coli/100ml	0.090	136 (COLI) ^{-0.1311}
کلیفرم مدفوعی	Fecal - Coli/100ml	0.116	106 (E-COLI) ^{-0.1286}
قلیائیت	ppm CaCO ₃	0.063	110 (ALK) ^{-0.1342}
سختی کلراید	ppm CaCO ₃	0.065	552 (HA) ^{-0.4488}
	mg/l, fresh water	0.074	391 (CL) ^{-0.3480}
EC	micromhos/cm	0.079	306 (SPC) ^{-0.3315}
pH	pH <6.9	0.074	10 ^{0.6803+0.1856 (pH)}
	pH- units (6.9-7.1)	0.079	1
	pH >7.1	0.077	10 ^{3.65-0.2216 (pH)}
نیترات	as NO ₃ , mg/l	0.090	125 (N) ^{-0.2718}
درجه حرارت	c	0.077	10 ^{2.004-0.0382 (Ta-Ts)}
رنگ	Color units-pt std	0.063	127 (C) ^{-0.2394}

در شاخص $OWQI$ از نمودارهای اختصاصی تعیین این شاخص، برای بدست آوردن زیر شاخص های آن و از رابطه

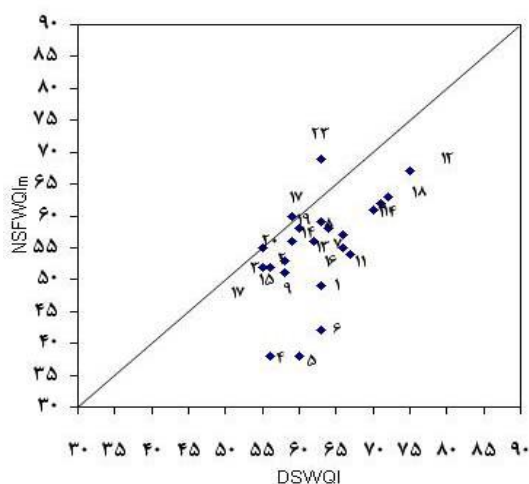
¹- Gil janovic



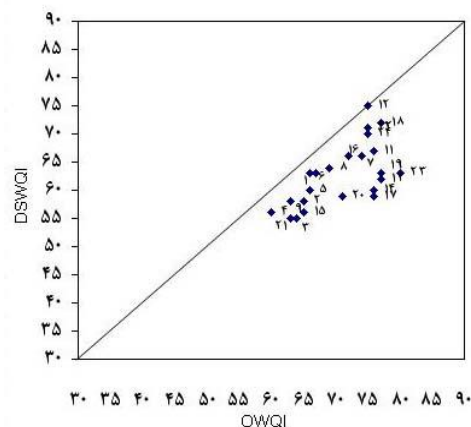
شکل ۳- مقایسه شاخص های کیفی NSF QI_a و DS WQI در ایستگاههای انتخابی سد کرخه

در شکل ۳، مقادیر شاخص کیفی DSWQI با شاخص NSFQI_a در ایستگاههای مورد بررسی سد کرخه در ماههای مختلف سال با هم مقایسه می شود. همانگونه که در نمودار نمایان است بجز در کیفیتهای بسیار ضعیف، بیشتر نقاط، بالای خط مستقیم جداکننده دو شاخص قرار گرفته اند.

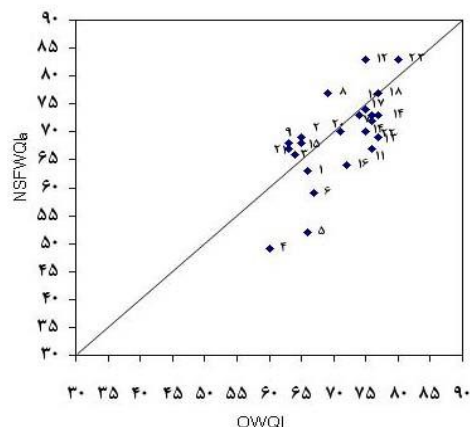
مقادیر شاخص های کیفی DSWQI و NSFQI_m در ایستگاه های مورد بررسی سد کرخه در ماههای مختلف سال در شکل ۴ مقایسه شده اند. همان گونه که در نمودار فوق دیده می شود بیشتر نقاط در زیر خط جدا کننده دو شاخص قرار گرفته اند.



شکل ۴- مقایسه شاخص های کیفی DS WQI و NSFQI_m در ایستگاههای انتخابی سد کرخه



شکل ۱- مقایسه شاخص های کیفی DS WQI و OWQI در ایستگاههای انتخابی سد کرخه



شکل ۲- مقایسه شاخص های کیفی NSF QI_a و OWQI

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ۱- ایستگاه ۱، خرداد ۸۴ | ۱۳- ایستگاه ۳، مرداد ۸۴ |
| ۲- ایستگاه ۱، مرداد ۸۴ | ۱۴- ایستگاه ۳، مهر ۸۴ |
| ۳- ایستگاه ۱، مهر ۸۴ | ۱۵- ایستگاه ۳، آذر ۸۴ |
| ۴- ایستگاه ۱، بهمن ۸۴ | ۱۶- ایستگاه ۳، بهمن ۸۴ |
| ۵- ایستگاه ۱، فروردین ۸۵ | ۱۷- ایستگاه ۳، فروردین ۸۵ |
| ۶- ایستگاه ۱، آذر ۸۴ | ۱۸- ایستگاه ۴، خرداد ۸۴ |
| ۷- ایستگاه ۲، خرداد ۸۴ | ۱۹- ایستگاه ۴، مرداد ۸۴ |
| ۸- ایستگاه ۲، مرداد ۸۴ | ۲۰- ایستگاه ۴، مهر ۸۴ |
| ۹- ایستگاه ۲، مهر ۸۴ | ۲۱- ایستگاه ۴، آذر ۸۴ |
| ۱۰- ایستگاه ۲، آذر ۸۴ | ۲۲- ایستگاه ۴، بهمن ۸۴ |
| ۱۱- ایستگاه ۲، بهمن ۸۴ | ۲۳- ایستگاه ۴، فروردین ۸۵ |
| ۱۲- ایستگاه ۲، فروردین ۸۵ | ۲۴- ایستگاه ۴، خرداد ۸۴ |

نتایج و بحث

با توجه به مقایسه مرحله به مرحله بین شاخص‌ها از نمودارهای ۱ تا ۴ که در بالا ذکر شد، نتیجه گیری می شود که علی‌رغم اینکه شاخص DSWQI تغییرات را در وضعیت‌های میانه کیفیت خوب نشان می دهد اما به علت اینکه شاخص NSFQI_m تغییرات را در همه حالات به ویژه در وضعیت‌های پایین کیفیت بهتر نشان می دهد. لذا شاخص NSFQI_m به عنوان مناسب‌ترین شاخص کیفی زیست محیطی برای پایش و ارزیابی کیفی آب سد کرخه معرفی می شود و متولیان رودخانه و سد کرخه می توانند از این شاخص کیفی برای پایش و ارزیابی تغییرات ایجاد شده در کیفیت آب سد کرخه استفاده کنند.

سپاسگزاری: این مقاله قسمتی از پروژه‌ای است که با حمایت مالی سازمان آب و برق خوزستان صورت گرفته است لذا از کمک‌های مدیریت محترم آن سازمان، جناب آقایان مهندس خواجه ساهوتی، نادر حسینی زارع، قدرت اله روشنفر و خانم مهندس مرعشی سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- ۱- استاد رحیمی آ. ۱۳۸۳. شبکه های پایش کیفیت آب. مجله آب و محیط زیست. ۵۸: ۳۳-۳۰.
- ۲- کرمانی. م وناصری. س. ۱۳۸۱. اثرات احداث سدها بر کیفیت آب. مجله آب و محیط زیست، ۵۱: ۴۲-۴۰.
- 3- Abbasi S.A. 2000. Water Quality Indices. Center for Pollution Control & Energy Technology Punditry University.
- 4- Canter L.W. 1996 Environmental Impact Assessment . Second Edition, University of Oklahoma.
- 5- Cude C. 2001. Oregon Department of Environmental Quality. Laboratory Division: Specific Examples of Trend Analysis the Oregon Water Quality Index.

بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۱ تقریباً همه نقاط زیر خط مستقیم جداکننده دو شاخص قرار گرفته اند یعنی به طور کلی پراکنش و مجموع تفاوت اعداد در شاخص DSWQI بیشتر از شاخص OWQI است. لذا توانایی شاخص DSWQI نسبت به شاخص OWQI، در نشان دادن تفاوت بین کیفیت بد و خوب آب مخزن سد کرخه بهتر است.

بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۲ بیشتر نقاط زیر خط مستقیم جداکننده دو شاخص قرار گرفته اند یعنی پراکنش و مجموع فاصله اعداد در شاخص NSFQI_a بیشتر از شاخص OWQI است. در ارزیابی کیفی آب سد کرخه، شاخص NSFQI_a تغییرات کیفی ایجاد شده را بخصوص در وضعیت کیفی نامطلوب بهتر از شاخص OWQI نشان می دهد.

بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۳ پراکنش و مجموع فاصله اعداد در شاخص DSWQI بیشتر از شاخص NSFQI_a است. هر چند شاخص NSFQI_a کیفیت‌های ضعیف را با مقادیر کمتر نشان می دهد و این نقطه قوتی است زیرا می تواند تغییرات ایجاد شده در وضعیت ضعیف کیفی را بهتر نشان دهد اما به طور کلی بیشتر نقاط بالاتر از خط مستقیم جدا کننده دو شاخص قرار گرفته اند بنابراین توانایی شاخص DSWQI در نشان دادن تغییرات کیفی در سطوح میانی و بالای کیفیت از شاخص NSFQI_a بهتر است.

بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۴، بیشتر نقاط در زیر خط جداکننده دو شاخص NSFQI_m و DSWQI و در در طرف شاخص DSWQI واقع شده اند. لذا پراکنش و مجموع فاصله اعداد در شاخص NSFQI_m بیشتر از شاخص DSWQI است. بنابراین شاخص NSFQI_m تغییرات کیفی آب را در همه حالت ها به ویژه در کیفیت های خوب و بد بهتر از شاخص DSWQI بیان می کند.