



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد هجدهم، شماره دوم، ۱۳۹۰  
www.gau.ac.ir/journals

گزارش کوتاه علمی

## پهنه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی مطالعه موردی: رودخانه اترک

### \* مهدی مفتاح‌هلقی

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۴

### چکیده

برای تحلیل و تفسیر مشخصه‌های کیفی آب، روش‌های مختلف ریاضی وجود دارد که از میان آن‌ها، روش شاخص‌های کیفی آب یکی از ساده‌ترین روش‌ها با کاربرد فراوان است. به‌منظور بررسی وضعیت کیفی بخشی از آب رودخانه اترک واقع در استان گلستان، تعداد ۶ ایستگاه نمونه‌برداری بر روی این رودخانه انتخاب، و تعداد ۳ نوبت نمونه‌برداری در فصل‌های مختلف انجام شد. پهنه‌بندی یا طبقه‌بندی کیفی آب این رودخانه براساس روش شاخص‌های NSFQI، BCWQI و همچنین روش شاخص ساده مدیریتی سید بررسی گردید. شاخص‌های کیفی نشان می‌دهد به‌جز ایستگاه قازانقایه (اولین ایستگاه بالادست) که در تمامی فصل‌ها از وضعیت به‌نسبت خوبی برخوردار است، سایر ایستگاه‌ها در شرایط متوسط تا بد می‌باشد. روش NSFQI شرایط را به‌نسبت مناسب و روش سید به‌طور عمده با تغییر جزئی سیاست‌های مدیریتی نتیجه می‌دهد، بنابراین نتایج این دو روش در این منطقه یکسان به‌نظر می‌رسد ولی نتایج روش BCWQI که شرایط را مناسب تا ضعیف نتیجه می‌دهد، کمی محافظه‌کارانه‌تر از دو روش دیگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، طبقه‌بندی کیفی آب، رودخانه اترک، شاخص‌های کیفی

\* مسئول مکاتبه: meftah\_20@yahoo.com

## مقدمه

پس از استحصال و تأمین آب، استفاده از آن با کیفیتی متناسب با نوع مصرف، از اهمیت بالایی برخوردار است. برای استفاده‌های شرب، صنعت، کشاورزی و سایر مصارف، استانداردهای ویژه‌ای وجود دارد. در این استانداردها ممکن است محدوده مجاز پارامترهای مختلف، متناسب با نوع مصرف متفاوت باشد اما به دلیل ورود مواد آلی به داخل رودخانه‌ها، ضرورت دارد وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد (عرفان‌منش و فنونی، ۲۰۰۲). آب‌های سطحی بیش از آب‌های دیگر در معرض آلودگی قرار دارند. به دنبال بارندگی، به‌خصوص بارش‌های شدید، ذرات مختلف گیاهی، حیوانی و حتی صنعتی و سمی با آب حمل شده و آب‌ها را آلوده می‌سازند. انسان با ریختن آب‌های آلوده به‌دست آمده از زندگی روزمره صنعتی خود به جریان‌های آب، باعث آلودگی آن‌ها می‌شود (مفتاح‌هلقی و گلعلی‌پور، ۲۰۰۷).

منابع آلاینده شامل موادی هستند که اگر در هر یک از منابع اصلی محیط زیست شامل: آب، هوا، خاک و حتی گیاهان وارد شوند آن را از حالت طبیعی و مفید خارج می‌سازند. آلوده‌کننده‌های آب شامل موادی هستند که خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب را تغییر می‌دهند که به‌طور عمده این مواد در اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود و به سه گروه عمده منابع آلوده‌کننده صنعتی، شهری و کشاورزی تقسیم‌بندی می‌شوند (مفتاح‌هلقی و مسگران‌کریمی، ۱۹۹۹).

در این بررسی برای بیان کیفیت آب رودخانه اترک از روش "شاخص‌بندی کیفیت آب" استفاده شده است و از میان شاخص‌های مختلفی که برای این کار توصیه شده (مارینا و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسداللهی‌فردی و همکاران، ۲۰۰۳؛ افخمی، ۲۰۰۳؛ سید، ۲۰۰۳)، شاخص‌های NSFQI<sup>۱</sup>، BCWQI<sup>۲</sup> و سید<sup>۳</sup> به دلیل سادگی و وسعت کاربرد و نیز در دسترس بودن پارامترهای مورد نیاز انتخاب شده است. در این پژوهش نمونه‌هایی از کاربرد این شاخص‌ها مرور می‌گردد.

حسینیان و همکاران (۲۰۰۶)، سعادتی و همکاران (۲۰۰۶)، جمشیدیان و علوی‌مقدم (۲۰۰۶)، بصیر و نبوی (۲۰۰۹) و میرزائی و همکاران (۲۰۰۵) برای طبقه‌بندی کیفی رودخانه‌های مختلف از شاخص NSFQI استفاده نمودند و با اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز وضعیت کیفی رودخانه را

1- National Sanitation Foundation Water Quality Index

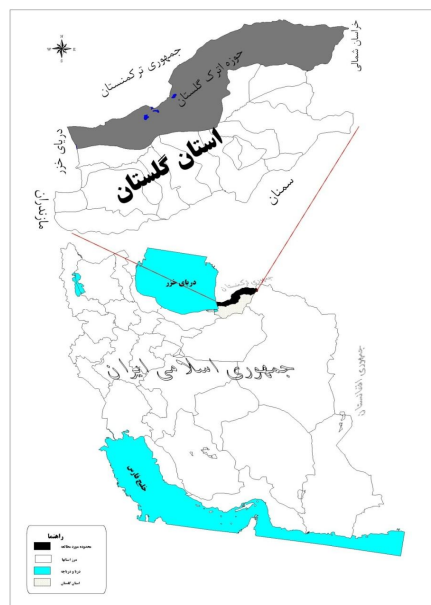
2- British Columbia Water Quality Index

3- Ahmad Said

براساس شاخص کیفیت سالانه طبقه‌بندی نمودند. نتایج آن‌ها کارآیی این روش‌ها را نشان داد و با توجه به این‌که یکی از سرشاخه‌های اترک از ترکمنستان وارد کشور شده، بنابراین کنترل کیفی آب این رودخانه به راحتی امکان‌پذیر نبوده و نمونه‌برداری‌های مستمر ضرورت به‌سزایی دارد. همچنین با توجه به این‌که آب این رودخانه در پایین‌دست با دریاچه‌هایی مانند آلاگل در ارتباط بوده و حفظ کیفی آب این دریاچه‌ها و تالاب‌ها از نظر بین‌المللی نیز دارای اهمیت است (مفتاح‌هلقی و گلعلی‌پور، ۲۰۰۷)، از این‌رو مطالعه کیفی آب این رودخانه از اولویت بالایی برخوردار است.

### مواد و روش‌ها

**محدوده مطالعاتی:** حوضه آبریز رودخانه اترک در محدوده استان‌های خراسان و گلستان گسترده شده است که جهت جریان آن شرقی-غربی بوده و در پایان مسیر به دریای خزر تخلیه می‌گردد. محدوده مطالعاتی در استان گلستان واقع شده که از محل قازانقابه شروع و تا دریای خزر ادامه دارد (شکل ۱).



شکل ۱- محدوده مطالعاتی.

### شاخص‌های کیفی

شاخص‌های مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از:

**شاخص NSFQI**: در این روش ۹ پارامتر  $DO$ ،  $pH$ ،  $TDS$ ،  $BOD$ ،  $کدورت$ ،  $دما$ ،  $نیترات$ ،  $کل فسفات$  و  $کلی فرم$  اوزان استفاده می‌شود (NSF، ۲۰۰۳). پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های بالا، زیر شاخص هر یک از آن‌ها از روی منحنی‌های تبدیل ارایه شده در این روش (NSF، ۲۰۰۳) به دست می‌آید (پارامتر  $Q$ ). در این روش برای محاسبه شاخص نهایی از رابطه ۱ استفاده می‌شود که در آن  $I$  شاخص نهایی و  $W_i$  فاکتور وزنی آن شاخص‌ها می‌باشد:

$$I = \sum_{i=1}^n W_i Q_i \quad (1)$$
$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

مقادیر زیر شاخص‌های مربوط به هر مشخصه از نمودارهای ارایه شده محاسبه گردیده و در ارتباط معین شده برای محاسبه شاخص قرار می‌گیرد. شاخص **NSWQI** شاخص با مقدار کاهش است یعنی با میزان آلودگی آب، شاخص کاهش می‌یابد و شاخص دارای مقداری بین ۱۰۰-۰ می‌باشد. شاخص **BCWQI**: شاخص کیفی **BCWQI** در سال ۱۹۹۵ توسط وزارت محیط زیست کانادا برای ارزیابی کیفیت آب تدوین گردید. برای محاسبه شاخص نهایی از رابطه ۲ استفاده می‌شود (لندز و پارک، ۱۹۹۶):

$$BCWQI = \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + \left(\frac{F_3}{3}\right)^2}}{1/453} \quad (2)$$

که در آن،  $F_1$ : درصد پارامترهایی که از حد تجاوز نموده‌اند،  $F_2$ : تعداد دفعاتی که در مجموع اندازه‌گیری‌ها از حد معین تجاوز نموده (به صورت درصدی از کل دفعات برداشت) و  $F_3$ : ماکزیمم تخطی از حد استاندارد می‌باشد.

**روش شاخص ساده مدیریتی سید**: این روش توسط سید (۲۰۰۳) ارایه شد. حسن این روش در این است که تعداد مشخصه‌های مورد نیاز آن کم بوده و از رابطه صریح برای به دست آوردن شاخص استفاده می‌کند و نیازی به استفاده از منحنی‌های شاخص مانند روش **NSFWQI** نمی‌باشد. پارامترهای

مورد سنجش در این روش شامل: کدورت، فیکال کلی‌فرم، اکسیژن محلول، فسفات و هدایت الکتریکی می‌باشد. رابطه به‌کار رفته در این روش عبارت است از مقدار عددی این شاخص بین ۰-۳ می‌باشد (سید، ۲۰۰۳):

$$WQI = \text{Log} \left( \frac{(DO)^{1/5}}{(3/8)^{P_{O_2}} \cdot (Tur)^{1/5} \cdot (1/5)^{FC/10000} + 0.14(EC)^{1/5}} \right) \quad (3)$$

این روش به‌دلیل دخالت پارامتر فیکال کلی‌فرم، برای طبقه‌بندی آب‌هایی که در آن‌ها فضولات حیوانی و انسانی وجود دارد، دارای اهمیت است.

### نتایج و بحث

از ۶ ایستگاه، منتخب در ۳ نوبت نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها در آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان مورد آزمایش قرار گرفت. این نمونه‌برداری‌ها شامل یک نوبت در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۶ و دو نوبت در زمستان آن سال می‌باشد. انتخاب این دو دوره به‌دلیل اثر دوره‌های تر و خشک و یا به‌عبارتی اثر دوره‌های کم‌آبی و پرآبی رودخانه است. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر می‌باشد که به‌دلیل نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده در فصل زمستان، متوسط دو نمونه اندازه‌گیری شده در این فصل در جدول ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده از شاخص NSFQI نشان می‌دهد که به‌جز ایستگاه قازانقایه که در شرایط خوب می‌باشد، سایر ایستگاه‌ها در شرایط متوسط کیفی آب قرار دارند. از طرفی نتایج آزمایش‌های میکروبی نشان می‌دهد که تعداد کلی‌فرم‌ها نیز به غیر از ایستگاه قازانقایه از حد مجاز بالاتر است بنابراین باید با انجام تدابیر و ارایه راهکارها، میزان آلودگی را کاهش داد. بررسی ضرایب روش شاخص نشان می‌دهد که پارامتر BOD بیش‌ترین تأثیر را در کاهش مقدار شاخص داشته و بعد از آن پارامترهای کدورت و TSS نیز سبب کاهش شاخص کیفی شده است.

در جدول ۱ نتایج به‌دست آمده از روش BCWQI ارائه شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد، ایستگاه قازانقایه در تمامی فصل‌ها در شرایط متوسط و سایر ایستگاه‌ها در فصل بهار از شرایط ضعیف کیفی آب برخوردار می‌باشد ولی ایستگاه‌های بالادست مراوه‌تپه و کزند در فصل زمستان از شرایط مناسبی برخوردارند. نتایج این روش شرایط کیفی آب را در بیش‌تر ایستگاه‌ها یک مرحله ضعیف‌تر از روش NSFQI نشان می‌دهد. براساس این روش امکان تخلیه مواد آلی در این رودخانه ممکن

نخواهد بود و یا به عبارتی شرایط رودخانه به دلیل بالا بودن BOD و یا کاهش اکسیژن محلول آب، که به دلیل گل آلودگی بالای این رودخانه است، دارای تعداد بسیار محدود موجودات زنده بوده و تجزیه مواد آلی وارده به این رودخانه به سهولت انجام نخواهد شد.

در جدول ۱ نتایج پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه اترک بر مبنای روش سید ارایه شده است. به طوری که ملاحظه می‌گردد، در بیش‌تر ایستگاه‌ها و در تمامی فصل‌ها، شرایط به گونه‌ای است که باید در سیاست‌های مدیریتی این رودخانه تجدیدنظر نمود. اگر شرایط به صورت نیاز به تغییر جزئی در شرایط مدیریتی باشد، مانند شرایط مناسب تا متوسط می‌باشد که در واقع نتایج مشابه روش NSFQI است و فقط روش سید در یک مورد تغییر کلی در سیاست‌های مدیریتی را نتیجه داده که معادل شرایط نامناسب می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

داده‌های کیفی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که در دوره کم‌آبی، به دلیل رسوب و گل‌آلودگی بالای آب این رودخانه، مقدار BOD در بازه‌های میانی این رودخانه افزایش چشم‌گیری دارد که در واقع سبب کاهش اکسیژن محلول آب می‌شود. همچنین آب این رودخانه به دلیل بالا بودن مقادیر EC از نظر قابلیت هدایت الکتریکی جزو آب‌های شور محسوب شده و از شرق به غرب (بالادست تا پایین‌دست) تقریباً به میزان شوری آب اضافه می‌شود. عوامل یاد شده که از پارامترهای اصلی در تعیین مقادیر شاخص‌ها می‌باشند، سبب شده که میزان شاخص در ایستگاه‌های پایین‌دست به شدت کاهش یابد و در پهنه‌بندی کیفی، این ایستگاه‌ها در محدوده ضعیف یا بد کیفی قرار گیرد.

بررسی نتایج سه روش شاخص کیفی نشان می‌دهد که روش NSFQI شرایط را به نسبت مناسب و روش سید به طور عمده با تغییر جزئی سیاست‌های مدیریتی نتیجه می‌دهد، بنابراین نتایج این دو روش در این منطقه یکسان به نظر می‌رسد ولی نتایج روش BCWQI که شرایط را مناسب تا ضعیف نتیجه می‌دهد، کمی محافظه‌کارانه‌تر از دو روش دیگر نتیجه می‌دهد. قدر مسلم آن است که شرایط خوب تا عالی در این رودخانه حاکم نبوده و نیاز به چاره‌اندیشی و تغییر سیاست‌های مدیریتی دارد. با توجه به احداث سدهای خراسان شمالی و کاهش آب‌دهی رودخانه اترک که روند آن هنوز ادامه دارد، وخیم‌تر شدن شرایط کیفی در این منطقه دور از انتظار نمی‌باشد. از سوی دیگر رودخانه اترک، منبع تامین آب تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آجی‌گل، و آلی‌گل می‌باشد. آلودگی از طریق رودخانه اترک به تالاب‌های منطقه هدایت و ضمن خروج از تالاب آلاگل به تالاب بین‌المللی گمیشان می‌ریزد که احتمال آلوده‌تر شدن این تالاب‌ها وجود دارد.

جدول ۱- نتایج پهن‌بندی کیفی آب رودخانه اترک براساس شاخص‌های مختلف.

		بهار (اردیبهشت)						زمستان						
نتیجه	روش Said	نتیجه	روش BCWQI	نتیجه	روش NSFWQI	نتیجه	روش Said	نتیجه	روش BCWQI	نتیجه	روش NSFWQI	نتیجه	روش NSFWQI	ایستگاه
*	۲/۰۱	مناسب	۳۰/۱۱	خوب	۷۱	**	۱/۸۷	مناسب	۳۲/۸۶	خوب	۸۱	فازنقایه		
**	۱/۷۱	ضعیف	۸۹/۲	متوسط	۶۹	**	۱/۸۸	مناسب	۴۲/۰۰	متوسط	۷۰	مراوه‌تپه		
**	۱/۱۸	ضعیف	۸۲/۲	متوسط	۶۱	**	۱/۳۸	مناسب	۴۳/۷۱	متوسط	۵۷	کرد		
**	۰/۴۵	ضعیف	۹۶/۵	خوب	۷۴	**	۱/۵۵	ضعیف	۷۰/۵۹	متوسط	۵۱	کلیچه		
**	۱/۵۸	ضعیف	۱۲۰/۴۷	متوسط	۶۶	**	۱/۴۵	ضعیف	۹۵/۱۷	متوسط	۶۴	داشلی‌برون		
**	۱/۶۴	ضعیف	۱۸۴/۱	متوسط	۶۴	**	۱/۳۳	ضعیف	۹۸/۹۲	متوسط	۶۴	ایچه‌برون		

\* قابل قبول، \*\* نیاز به تغییر جزئی سیاست مدیریتی دارد.

منابع

1. Afkhami, M. 2003. Effect of Sewage on Karoon Water Quality. P 165-172, Proceeding of Third National Conference of Iranian Energy, Tehran. (In Persian)
2. Asadollahi Fardi, G., Afshar, A., and Sobhani, N. 2003. Investigation of Water Quality Indexes and Classification of Karoon Water Quality, M.Sc. Thesis in Elmosanat, Tehran University, 154p. (In Persian)
3. Basir, M., and Nabavi, M.B. 2009. Karoon Water Quality Study From Bandghir to Ahvaz by Using Water Quality Index (WQI) and GIS Software. P 132-140, In: The First Proceeding of the International conference of Water Crisis, Zabol. (In Persian)
4. Christofer Zoppou. 2001. Review of urban storm water model, Environmental modeling and Software, 16: 195-213.
5. DEQ. 2003. The Oregon Department of Environmental Quality. <http://www.deg.state.or.us/lab/WQI/Wqimain.htm>.
6. Erfanmanesh, M., and Fononi, M. 2002. Sanitary Pollutants (Water, Soil and Weather), Arkan Pub. Esfahan, 189p. (In Persian)
7. Hoseineyan, S., Hoseini Zaree, N., and Akhondzade, H. 2006. Classification of Karoon Water Quality by Using WQI Index From Ghotvand To Khorramshahr and From Dezfol to Bamdezh. P 325-334, In: Seventh Proceeding of the International Conference of River Eng., Ahvaz. (In Persian)
8. Jamshideyan, Z., and Alavi Moghaddam, M. 2006. Evaluation of Water Quality Index (WQI). P 81-88, In: The First Proceeding of the Conference of Sanitary Eng., Tehran. (In Persian)
9. Lands, M., and Parks, S. 1996. Water Quality Status Reports, British Columbia, Ministry of Environmental, Water Quality Section, Victoria, 179p.
10. Marina, C., Paolo, A., and Alfredo, S. 2002, Water quality control in the river Arno, Water Research, 36: 2673-2680.
11. Meftah Halaghi, M., and Mesgaran Karimi, B. 1999. Investigation of Water and Soil Pollutant in Gorganrood Basin, Technical Report of Golestan Environmental Office, 163p. (In Persian)
12. Meftah Halaghi, M., and Gotalipor, A. 2007. Classification of Water Quality of Atrak River, Technical Report of Golestan Environmental Office, 177p. (In Persian)
13. Mirzaei, M., Nazari, A., and Bagheri, A. 2005. Jadjrood River Qualification, J. Environ. Sci. 37: 17-26. (In Persian)
14. National Sanitation Foundation (NSF). 2003. <http://www.Nsfconsumer.org/environment/wqi.asp>.
15. Ott, W.R. 1978. Environmental Indices-Theory and Practices, Arbor Science Publishers Inc, Michigan, 193p.
16. Saadati, N., Hoseini Zaree, N., and Gandomkar, B. 2006. Investigation of



- Maroon-Jarrahi Water Quality by Using Water Quality Index (WQI). P 291-299,  
In: Seventh Proceeding of the International Conference of River Eng., Ahvaz.  
(In Persian)
- 17.Said, A. 2003. Water quality evaluation using water quality index for streams,  
<http://emrc.usu.edu/tmd1/ineel/papers/said-awa.pdf>.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(2), 2011*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Use of Different Water Quality Indexes for Purification of Water, Case Study; Atrak river**

**\*M. Meftah Halaghi**

Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences  
and Natural Resources

Received: 2009/04/22; Accepted: 2011/02/23

### **Abstract**

---

\* Corresponding Author; Email: [meftah\\_20@yahoo.com](mailto:meftah_20@yahoo.com)

There are different mathematic methods to analysis and interpretation of water quality characters but water quality index is simple method and have several application. For investigation of water quality of Atrak river in golestan province, 6 stations for measuring of water quality in this river considered and measuring the water quality parameters has done in 3 times. Classification of water quality of this river has studied by NSFQI, BCWQI index and said simple management methods. The Indexes show that except Ghazanghaye station that has good condition of water quality, the other stations have average conditions. The NSFQI Index result show that most of stations have suitable condition and base on Said method, trivial management changing is necessary. Thus results of this two methods are alike but the result of BCWQI Index method that show from suitable to bad conditions, is stuffy.

**Keywords:** Water quality, Water quality classification, Atrak River, NSFQI index