Archive of SID

Journal of Environmental Health Engineering, April 2017; Vol. 4, No. 3: 243-256

Determining the Spatial Trend of Water Quality Indices Across Kan and Karaj River Basins

Maryam Alizadeh[1], Ruhollah Mirzaei[2*], Syed Hossein Kia[3]

1. *MSc in Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences,University of Kashan, Kashan, Iran*
2. *Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran*
3. *Visiting Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran*

**** E-mail: rmirzaei@kashanu.ac.ir***

Received: 16 Jan 2017 ; Accepted: 18 May 2017

ABSTRACT

Background& Objective: Due to the importance of water consumptions, this study aims to investigate the spatial trend of surface water quality along Kan and Karaj Rivers using three quality indices: NSFWQI, IRWQIsc and WQI.

Materials and Methods: The information of water quality parameters of 20 monitoring stations was collected to investigate water quality parameters along two mentioned rivers during 2012-2013, and water quality of two rivers were calculated using mentioned three quality indices. The parameters of TDS, FC, EC, nitrate and turbidity were used to measure the NSFWQI and IRWQIsc indices, and TDS, nitrate, and sulfate were used to calculate the WQI index. The measured parameters were compared with standards of drinking. The monitoring stations were grouped by cluster analysis and finally, the pattern of changes in water quality parameters and relevant quality indices were analyzed spatially using ArcGIS software.

Results: The water quality of Kan and Karaj Rivers based on NSFWQI index were in the range of bad and average quality, respectively. According to $IRWQI_{SC}$ index, water quality were in the range of very bad and relatively good, respectively and according to the WQI index water quality was in the range of good quality. The quality of upstream was acceptable for drinking and irrigation, on the basis of medium and good conditions of NSFWQI and $IRWQI_{SC}$, respectively. However, the downstream of both rivers are heavily polluted. The results of the clustering analysis stated that moving towards upstream-downstream the quality of water decreases along both rivers.

Conclusion: The spatial trend analysis of water quality parameters along the rivers plays a crucial role for identifying the spatial variation of water quality. Also, availability of clean water depends on the geographical locations and topological situation across the basin.

Keywords: Water Quality, Cluster Analysis, Spatial Trend, GIS.

www.SID.ir

Archive of SID

مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار ۱۳۹۶، سال ۴، شماره ۳: ۲۴۳-۲۵۶

بررسی روند مکانی شاخص‌های کیفی آب در حوضهٔ رودخانه‌های کن و کرج

مریم علی‌زاده[۱]، روح‌اله میرزایی[۲*]، سید حسین کیا[۳]

[۱] کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
[۲] استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
[۳] استادیار مدعو، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اهمیت مصارف مختلف آب، هدف این مطالعه بررسی روند مکانی کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج با استفاده از سه شاخص NSFWQI، IRWQIsc و WQI است.

مواد و روش‌ها: اطلاعات پارامترهای کیفی آب از ۲۰ ایستگاه پایش رودخانه‌های کن و کرج طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ جمع‌آوری و کیفیت آب دو رودخانه با سه شاخص کیفی نام‌برده محاسبه شد. برای محاسبهٔ شاخص‌های NSFWQI و IRWQIsc از پارامترهای TDS، FC، EC، نیترات، کدورت و برای محاسبهٔ شاخص WQI از پارامترهای TDS، نیترات و سولفات استفاده شد. پارامترهای موردمطالعه با استانداردهای مصرف شرب مقایسه شد. ایستگاه‌های پایش با تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی شدند و در نهایت، الگوی مکانی تغییر پارامترها و شاخص‌های کیفی آب توسط نرم‌افزار ArcGIS مشخص شد.

یافته‌ها: کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج طبق شاخص NSFWQI به‌ترتیب در محدودهٔ آب‌های با کیفیت بد و متوسط، طبق شاخص $IRWQI_{SC}$ به‌ترتیب در محدودهٔ آب‌های با کیفیت بسیار بد و نسبتاً خوب و طبق شاخص WQI در محدودهٔ آب‌های با کیفیت خوب قرار داشت. همچنین آب رودخانه‌ها در بالادست حوضه از نظر کیفیت با توجه به شرایط متوسط NSFWQI و خوب $IRWQI_{SC}$، برای شرب و کشاورزی مناسب بود. به هرحال، آب پایین‌دست دو رودخانه آلوده بود. نتایج گروه‌بندی نیز نشان داد که با حرکت از بالادست به پایین‌دست رودخانه‌ها، کیفیت آب کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: تحلیل روند مکانی پارامترهای کیفی آب در امتداد رودخانه‌ها نقش بسیار مهمی در شناسایی تغییر مکانی کیفیت آب داشت. همچنین، دسترسی به آب سالم بستگی به مکان‌های جغرافیایی و وضعیت توپولوژیکی در سراسر حوضه داشت.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، تحلیل خوشه‌ای، روند مکانی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

* **نویسنده مسئول:** کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
ایمیل: rmirzaei@kashanu.ac.ir تلفن تماس: ۰۳۱۵۵۹۱۳۲۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به توسعه سریع اقتصادی و شهرنشینی، کیفیت و کمیت منابع آب قابل‌استفاده، یکی از نگرانی‌های عصر حاضر است. مشکلات زیست‌محیطی مختلفی مانند تخلیه بیش‌ازحد ضایعات صنعتی و کشاورزی به محیط، کاربرد نامناسب و استفادهٔ بی‌رویه از زمین، و بهداشت ضعیف، تهدید جدی در افزایش بیماری‌های مرتبط به آب محسوب می‌شوند [۱،۲]. برای حفظ سلامت عمومی و مدیریت پایدار منابع آب، پایش مؤثر و به موقع کیفیت آب بسیار مهم است. بنابراین، درک و بررسی کمی روند تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه اولین گام مدیریت کارآمد محسوب می‌شود [۳]. وجود آلاینده‌های مختلف در آب شرب، درصورتی‌که بیش‌ازحد مجاز توصیه شده در استانداردها باشند برای بدن در دراز مدت ایجاد بیماری و آسیب‌های غیرقابل جبرانی می‌نمایند. همچنین بیماری‌های مرتبط با آب شرب ممکن است سلامت عمومی و حتی اقتصاد جامعه را دچار اختلال کند [۴]. ازاین‌رو، پایش و مدیریت کیفیت آب رودخانه‌ها به دلیل تأثیر مستقیم بر روی سلامت عمومی، پایداری اکوسیستم‌های آبی، سایر اکوسیستم‌های وابسته به آن و شناسایی منابع آلایندهٔ آن‌ها به صورت معمول توسط سازمان‌های متولی صورت می‌گیرد. به هر حال، پایش کیفیت آب رودخانه‌ها برای مصارف مختلف باید مطابق با استانداردهای موجود باشد [۵]. چنین برنامه‌های پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید اطلاعات مهمی دربارهٔ رفتار منابع آب می‌شود که نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند [۶]. طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند. روش‌های سنتی ارزیابی کیفیت آب شامل مقایسه پارامترهای کیفیت آب به طور جداگانه با استانداردها یا دستورالعمل‌های مربوط برای مصارف مختلف آب است. چنین نوعی از ارزیابی، اگرچه ساده است و جزئیات زیادی را فراهم می‌کند اما نمی‌تواند تصویری جامع و تفسیری ساده و گویا از کیفیت آب به ویژه برای مدیران و تصمیم‌سازان فراهم کند که به اطلاعات دقیق درباره محیط‌های آبی نیاز دارند. برای رفع این مشکل تصمیم‌گیری، تا کنون شاخص‌های مختلف کیفیت آب پیشنهاد شده است تا مقادیر پارامترهای مختلف کیفیت آب را با یک مقدار شاخص ترکیبی ارائه دهد. به هر حال، شاخص‌های کیفیت آب ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند و میزان سلامتی آب را با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب است، نشان می‌دهند [۷].

شاخص کیفی (National Sanitation Foundation Water Quality Index) NSFWQI، توسط براون و همکاران در سال ۱۹۷۰ با حمایت مؤسسهٔ ملی بهداشت آمریکا ارائه شد. NSFWQI شاخصی پرکاربرد جهت طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی است که دارای منحنی‌های استاندارد می‌باشد و تأثیر ترکیبی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی را نشان می‌دهد. در این شاخص، پارامترهای کیفیت آب و وزن‌های آن‌ها(در پرانتز) عبارت از اکسیژن محلول (۰/۱۷)، کلی‌فرم مدفوعی (۰/۱۶)، اسیدیته (۰/۱۱)، اکسیژن‌خواهی زیستی (۰/۱۱)، نیترات (۰/۱۰)، فسفات کل (۰/۱۰)، تغییر دما (۰/۱۰)، کدورت (۰/۰۸) و ذرات جامد کل (۰/۰۷) است. برای به دست آوردن NSFWQI، مقادیر اندازه‌گیری‌شده پارامترهای کیفیت آب، با استفاده از منحنی امتیازدهی در محدوده ۰-۱۰۰ استاندارد می‌شوند؛ از این رو مقدار ۱۰۰ نشانگر بهترین شرایط است، در حالی که مقدار صفر نشان‌دهنده بدترین وضعیت است [۱۰،۱۱]. شاخص کیفی (Iran Water Quality Index for Surface Water) $IRWQI_{SC}$، شاخص متداول کیفیت آب‌های سطحی ایران است که توسط هاشمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ ارائه شد. این شاخص، تلفیقی از NSFWQI و (British Columbia Water Quality Index) BCEQI می‌باشد که بر اساس نظرات کارشناسان حفاظت محیط‌زیست و با توجه به شرایط طبیعی و مسائل منابع آب

www.SID.ir

Archive of SID

در ایران طراحی شده و یک شاخص عمومی و کاربردی در بیان کیفیت آب رودخانه در ایران می‌باشد [۱۲]. شاخص WQI (Water Quality Index) نیز به‌طورکلی کیفیت آب در یک منطقه یا یک زمان معین را نشان می‌دهد. در واقع WQI بیانگر شرایط کلی از عوامل مرتبط به هم در کیفیت آب در هر سیستم آبی می‌باشد. در سال ۲۰۱۲ نبی‌زاده و همکاران با اصلاحاتی بر روی شاخص WQI، نرم‌افزاری به نام (Iranian IWQIS (Water Quality Index Software جهت بیان کیفیت آب با تکیه بر مدل‌ها و شاخص‌های کیفی تهیه کردند که در تبیین شرایط کیفیت آب، جامع و کامل می‌باشد [۱۳].

از ابزارهای مؤثر مورد استفاده در تحلیل داده‌های مکانی و فعل و انفعالات پیچیده در مدیریت کیفیت آب، می‌توان به سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System) GIS و روش‌های آماری چند متغیره اشاره کرد [۸]. با کمک GIS، محققان قادرند به سرعت خصوصیات و تغییرات چشم‌انداز الگوهای کیفیت آب را ارزیابی کنند [۹]. ازاین‌رو، GIS و فن‌آوری‌های مرتبط، روش‌های کارآمد جهت تجزیه‌وتحلیل اطلاعات توزیع مکانی در مدیریت منابع آب می‌باشد.

تاکنون مطالعات متعددی در خصوص ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی با استفاده از شاخص‌های مختلف و روش‌های آماری انجام شده که از جمله مهم‌ترین این تحقیقات می‌توان به مطالعهٔ مفتاح هلقی (۱۳۹۰) [۱۴]، روحانی و همکاران (۱۳۹۲) [۱۵]، آکوینلو و همکاران (۲۰۱۲) [۱۶]، نبی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) [۱۷]، صادقی و همکاران (۱۳۹۵) [۱۸]، و سون و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. این مطالعات نشان می‌دهد که وضعیت کیفیت منابع آب سطحی در فصول و ماه‌های مختلف متغیر است و بسته به مکان این نتایج کاملاً با یکدیگر فرق دارد [۱۸،۱۹،۲۰]. همچنین عوامل انسانی از جمله کشاورزی، تخلیهٔ فاضلاب‌ها و صنعت مهم‌ترین منابع آلودگی رودخانه‌های ایران می‌باشند [۱۴،۱۵،۱۸]. رودخانهٔ کن، پرآب‌ترین رودخانه ورودی به شهر تهران و رودخانهٔ کرج یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های تأمین آب استان تهران به شمار می‌روند. در این راستا، با توجه به افزایش شهرنشینی و توسعهٔ اقتصادی در کلان‌شهر تهران، افزایش اخیر توسعه عمرانی و تفرجگاهی در اطراف رودخانهٔ کن و توسعهٔ بیش‌ازحد صنایع، نبود سیستم دفع فاضلاب شهری و وجود مرکز عظیم دفن زباله‌ها در جنوب شهر کرج [۲۱]، احتمال آلودگی آب دو رودخانهٔ نام‌برده را محتمل نموده است. بنابراین، با توجه به عوامل آلایندهٔ نام‌برده، این مطالعه با هدف تعیین کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج با شاخص‌های کیفی NSFWQI ، $IRWQI_{SC}$ و WQI و بررسی روند مکانی این شاخص‌ها در حوضهٔ رودخانه‌های کن و کرج طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

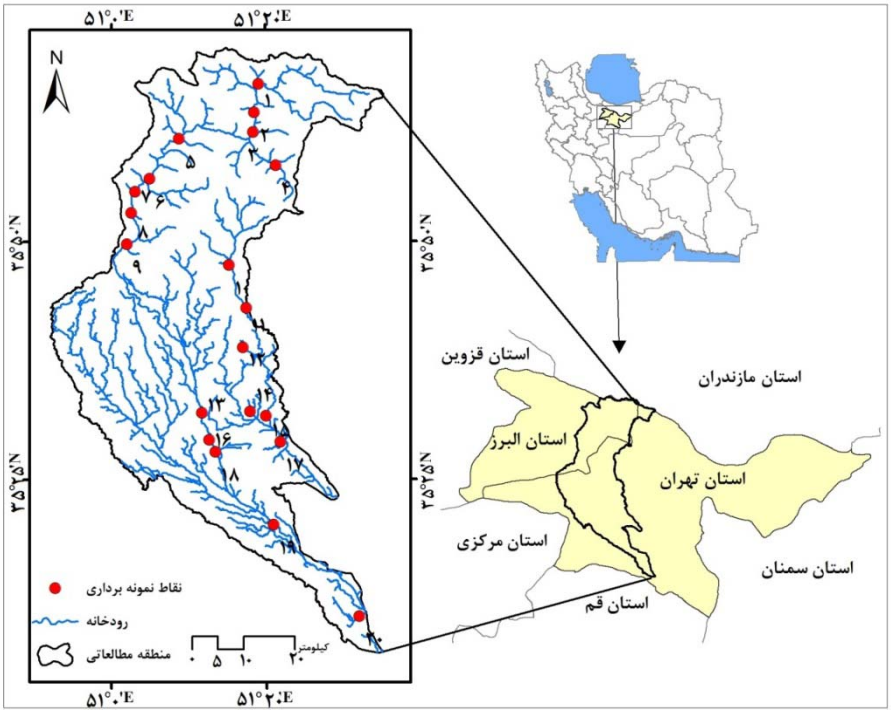
منطقه مورد مطالعه

رودخانهٔ کن در شمال تهران، در حدفاصل عرض‌های جغرافیایی ´ ۴۶ °۳۵ تا ´ ۵۸ ° ۳۵ شمالی و طول‌های جغرافیایی ´ ۱۰ °۵۱ تا ´ ۲۳ °۵۱ شرقی واقع‌شده است. این رودخانهٔ با دبی دائمی، علی‌رغم کوچک بودن دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند موقعیت خاص جغرافیایی و نزدیکی به کلان‌شهر تهران است و در انتهای مسیر به رودخانهٔ کرج می‌پیوندد. رودخانهٔ کرج، یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های حوضهٔ آبریز مرکزی بوده که در سمت شمال شرقی این حوضه واقع شده است؛ از ضلع جنوبی کوهستان البرز و ۴۰ کیلومتری غرب تهران، از کانون آبگیر خرسنگ کوه سرچشمه می‌گیرد. طول رودخانهٔ کرج، حدود ۲۴۵ کیلومتر است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ آب موردنیاز شهر تهران به شمار می‌رود. ایستگاه‌های پایش ۱ تا ۹، ۱۳، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰ در رودخانهٔ کرج و ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۷ در رودخانهٔ کن واقع شده‌اند. در شکل ۱ موقعیت منطقهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعاتی و ایستگاه‌های پایش در رودخانهٔ کن در استان تهران و رودخانهٔ کرج در استان البرز آورده شده است.



شکل ۱: منطقهٔ مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های پایش در رودخانهٔ کن و کرج در استان تهران و البرز

روش تحقیق

در این مطالعه، اطلاعات هشت پارامتر کیفیت آب سطحی شامل اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) ، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) ، کدورت، نیترات، سولفات، کلی‌فرم گوارشی (FC) و مجموع کلی‌فرم‌های گوارشی (TFC) مربوط به ۶ ایستگاه پایش در رودخانهٔ کن و ۱۴ ایستگاه در رودخانهٔ کرج مربوط به مهر سال ۱۳۹۱ تا خرداد سال ۱۳۹۲ استفاده شد. این اطلاعات از سازمان حفاظت محیط‌زیست و شرکت آب منطقه‌ای استان تهران دریافت شد. به‌منظور بررسی داده‌ها، خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر پارامتر شامل میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. از ضریب تغییرات به عنوان ضریبی برای ارزیابی تغییرپذیری کلی استفاده شد. به‌منظور مقایسهٔ کیفیت آب دو رودخانهٔ نام‌برده برای مصرف شرب، مقادیر میانگین پارامترها با مقدار حداکثر مجاز استاندارد ملی مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۰۵۳، تجدیدنظر پنجم) و سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۱) مقایسه شد. توزیع آماری پارامترهای کیفیت آب توسط آزمون شاپیرو–ویلک بررسی شد. سپس مقدار میانگین هر یک از پارامترهای مورد بررسی با مقدار استاندارد ملی با استفاده از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شد. به‌منظور بررسی روند مکانی پارامترهای کیفی آب رودخانه‌های کن و کرج، الگوی مکانی پارامترهای نام‌برده و شاخص‌های کیفیت آب در نرم‌افزار

www.SID.ir

Archive of SID

ArcGIS تهیه شد. همچنین از تحلیل سلسله مراتب خوشه‌ای به منظور گروه‌بندی ایستگاههای پایش آب در فاصلهٔ مشابهت ۱۵ استفاده شد. میزان کیفیت آب دو رودخانه با سه شاخص کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI بررسی و طبقه‌بندی شد. در شاخص کیفی NSFWQI، برای منظور کردن میزان اثر هر پارامتر به هر یک از آن‌ها یک وزن نسبت داده می‌شود. پارامترهای این شاخص شامل ۹ پارامتر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. زیر شاخص‌ها از روی منحنی‌های تبدیل به‌دست می‌آید و در نهایت برای محاسبهٔ شاخص نهایی از رابطهٔ زیر استفاده می‌گردد:

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^{n} W_i I_i$$

رابطهٔ (۱)

که در آن n، I_i و W_i به‌ترتیب بیانگر تعداد پارامترها، زیر شاخص i ام و ضریب وزنی پارامتر i ام می‌باشد.

در شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$، پارامترها شامل ۱۱ پارامتر فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. جهت محاسبهٔ این شاخص، با توجه به منحنی‌های هر کدام از پارامترها، مقدار این شاخص با توجه به مقدار پارامترهای این مطالعه، به وسیلهٔ رابطه‌های ۲ و ۳ به‌دست آمد:

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i}]^{\frac{1}{\gamma}}$$

رابطهٔ (۲)

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$

رابطهٔ (۳)

که در آن W_i، n و I_i به‌ترتیب بیانگر وزن پارامتر i ام، تعداد پارامترها و مقدار شاخص برای پارامتر i ام منحنی رتبه‌بندی می‌باشند.

در شاخص WQI پارامترها در نرم‌افزار IWQIS طبق اولویت و اهمیت حضور در آب شرب از نظر بهداشتی، وزن‌دهی می‌شوند و مقدار شاخص محاسبه می‌گردد. این نرم‌افزار پس از انجام محاسبات دقیق و کامل، به هر نمونه آب با توجه به مقدار پارامترهای موجود در آن و وزن در نظر گرفته شده برای هر پارامتر، عددی را به‌عنوان شاخص کیفی ارائه می‌دهد[۱۳]. در این مطالعه برای محاسبهٔ شاخص‌های IRWQIsc و NSFWQI از پارامترهای TDS، FC، EC، نیترات، کدورت و برای محاسبهٔ شاخص WQI از پارامترهای TDS، نیترات و سولفات استفاده شد (جدول ۱). معادل توصیفی سه شاخص کیفی نام‌برده و محدودهٔ کیفیت آب در جدول ۲ آورده شد.

جدول ۱: پارامترهای شاخص‌های کیفی **NSFWQI**، **$IRWQI_{SC}$** و **WQI** و وزن‌های آن‌ها

پارامترها / وزن / پارامترها در شاخص	EC	نیترات	سولفات	FC	TFC	COD	TDS	کدورت
وزن پارامتر در شاخص NSFWQI	۰/۱۶	۰/۰۱	–	۰/۱۶	–	–	۰/۰۷	۰/۰۸
وزن پارامتر در شاخص $IRWQI_{SC}$	۰/۰۹۶	۰/۱۰۸	–	۰/۱۴	–	۰/۰۹۳	–	۰/۰۶۲
وزن پارامتر در شاخص WQI	–	۵	۴	–	–	–	۴	–
واحد اندازه‌گیری	µs/cm	mg/L	mg/L	MPN/100 mL	MPN/100 mL	mg/L	mg/L	NTU

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: محدوده و معادل توصیفی شاخص‌های کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI

شاخص کیفی	محدودهٔ شاخص	معادل توصیفی
NSFWQI	۱۰۰-۹۰	عالی
	۹۰-۷۰	خوب
	۷۰-۵۰	متوسط
	۵۰-۲۵	بد
	۲۵-۰	خیلی بد
$IRWQI_{SC}$	کمتر از ۱۵	خیلی بد
	۱۵-۲۹/۹	بد
	۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد
	۴۵-۵۵	متوسط
	۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب
	۷۰/۱-۸۵	خوب
	بیشتر از ۸۵	بسیار خوب
WQI	کمتر از ۵۰	عالی
	۵۰-۱۰۰	خوب
	۱۰۰-۲۰۰	ضعیف
	۲۰۰-۳۰۰	خیلی ضعیف
	بیشتر از ۳۰۰	نامناسب

یافته‌ها

طبق اطلاعات آماری هر پارامتر (جدول ۳)، در رودخانهٔ کرج، کمترین مقدار و بیشترین مقدار ضریب تغییرات به‌ترتیب مربوط به پارامترهای کدورت (۱۲۴ درصد) و COD (۳۲۱ درصد) و در رودخانهٔ کن، کمترین مقدار و بیشترین مقدار ضریب تغییرات به‌ترتیب مربوط به پارامترهای نیترات (۲۱ درصد) و TFC (۴۹۵ درصد) بود.

در مجموع دو رودخانه، پارامتر TDS با ۳۲۷ درصد بیشترین پراکندگی و پارامتر نیترات با ۱۰۱ درصد کمترین پراکندگی را در بین پارامترها دارا بودند. نتایج ضریب تغییرات پارامترها در دو رودخانه بیانگر آن است که پراکندگی مقدار پارامترها در رودخانهٔ کن بیش از رودخانهٔ کرج است که این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که ممکن است عوامل مختلفی بر میزان پارامترها در رودخانهٔ کن اثرگذار باشند. طبق استاندارد ملی آب شرب (۱۰۵۳، تجدیدنظر پنجم) (جدول ۳)، مقدار TDS، FC و TFC در هر دو رودخانه و مقدار کدورت در رودخانهٔ کن بیشتر از حداکثر مجاز بود. مقدار بیشتر از میزان حداکثر مجاز پارامترهای کیفی طبق استاندارد ملی کیفیت آب برای مصرف شرب در ایستگاه‌های پایش به صورت درصد برآورد شدند. بر اساس استاندارد ملی آب

www.SID.ir

Archive of SID

شـــــرب ۲۰، ۵، ۳۰، ۳۵، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصـــــد ایستگاه‌های پایش به‌ترتیب دارای غلظت بیش از حداکثر مجاز EC، TDS، نیتـرات، کـدورت، سـولفات، COD، FC و TFC بودند.

جدول ۳: خلاصهٔ آمار توصیفی پارامترهای کیفی آب رودخانه‌های کن و کرج و مقایسهٔ مقادیر میانگین پارامترهای کیفی آب دو رودخانه با استانداردهای ملی و WHO آب برای مصرف شرب

پارامتر	COD	EC	TDS	کدورت	نیترات	سولفات	FC	TFC
				رودخانهٔ کرج				
میانگین	۸۴/۶۹*	۱۶۰۷/۲۲	۸۹۱/۶۷	۱۴/۱۹*	۱۲/۳۸	۱۶۶/۱	۳۸۹۳۹/۷۸*	۴۶۹۰۱/۲۸*
حداقل	۳	۲۲۶	۹۰	۱/۵	۰/۱۸	۳۰	۴	۲۳
حداکثر	۱۰۳۰	۱۱۳۹۳/۳	۶۵۷۲/۳	۵۳	۵۳/۹	۸۲۹/۱	۱۷۰۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰۰
انحراف معیار	۲۷۲	۲۹۴۶/۶۵	۱۷۱۸/۸۰	۱۷/۶۸	۱۹/۱۲	۲۳۲/۴۰	۶۲۷۲۴/۵۹	۷۰۵۳۲/۲۱
ضریب تغییرات	۳۲۱	۱۸۳	۱۹۲	۱۲۴	۱۵۴	۱۳۹	۱۶۱	۱۵۰
				رودخانهٔ کن				
میانگین	۳۳/۰۸*	۱۰۵۴/۱۴	۵۷۸/۵۹	۳/۱۲	۴۱/۹۴	۱۰۹/۲۱	۷۲۸۰۵/۵۵*	۸۵۱۲۵*
حداقل	۱۷/۱۲	۳۹۶/۷۱	۲۰۲/۸۶	۰/۹	۲۷/۲۶	۳۸/۶۷	۳۱۵۰۰	۳۴۵۰۰
حداکثر	۵۹/۸۳	۱۷۸۸/۲۹	۱۰۱۹/۸۶	۴/۸۲	۴۹/۶۳	۲۲۹/۰۳	۱۰۲۰۰۰	۱۴۵۵۰۰
انحراف معیار	۱۷/۶۴	۴۶۱/۱۸	۲۶۹/۶۶	۱/۴۵	۸/۹۰	۶۳/۵۷	۲۳۶۸۹/۳۴	۴۲۲۱۸/۴۰
ضریب تغییرات	۵۳	۴۳	۴۶	۴۶	۲۱	۵۸	۳۲	۴۹۵
				دو رودخانه				
میانگین	۶۹/۲۱*	۱۴۴۱/۳۰	۷۹۷/۷۵	۱۰/۸۷*	۲۱/۲۵	۱۴۹/۰۹	۴۹۰۹۹/۵۱*	۵۸۳۶۸/۴*
حداقل	۳	۲۲۶	۹۰	۰/۸۹۷	۰/۱۸۲	۳۰	۴	۲۳
حداکثر	۱۰۳۰	۱۱۳۹۳/۳۳	۶۵۷۲/۳۳	۵۳	۵۳/۹۴	۸۲۹/۱۲	۱۷۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰
انحراف معیار	۲۲۶/۷۹	۲۴۶۲/۶۰	۱۴۳۵/۷۶	۱۵/۵۳	۲۱/۵۴	۱۹۶/۸۱	۵۵۶۱۶/۰۴	۶۴۷۷۵/۲۰
ضریب تغییرات	۳۲۷	۱۷۰	۱۷۹	۱۴۲	۱۰۱	۱۳۲	۱۱۳	۱۱۰
حداکثر مجاز در استاندارد ملی	–	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۵	۴۵	۴۰۰	۰	۰
حداکثر مجاز در استاندارد WHO	–	۱۵۰۰	۶۰۰	۵	۴۵	۲۵۰	۰	۰

* نشان‌دهندهٔ مقدار بیشتر از حداکثر مجاز در استاندارد ملی (۱۰۵۳) برای مصرف شرب می‌باشد.

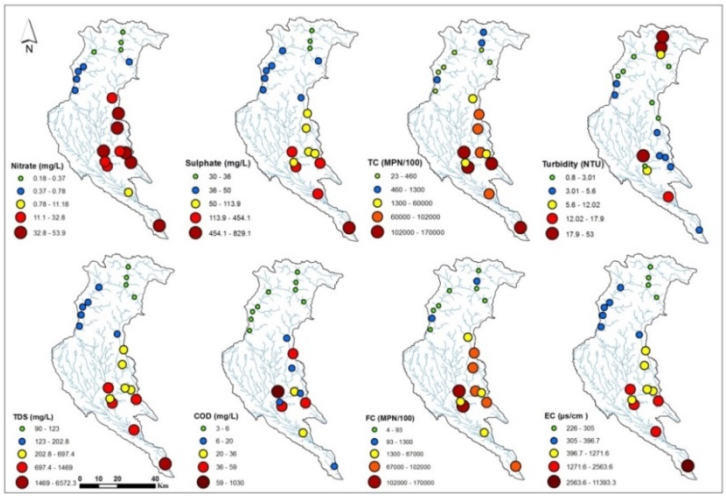
به‌منظور مقایسهٔ آماری مقـدار میـانگین پارامترهـای مـورد بررسی با مقدار استاندارد ملی مصرف شـرب، توزیـع آمـاری پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه‌های پایش بررسی شد. طبق نتایج آزمون شاپیرو–ویلـک تمـام پارامترهـای مـورد بررسـی دارای توزیـع غیرنرمـال بودنـد(p>۰/۰۵). ازایـن‌رو آزمـون ناپارامتریـک بـرای مقایسـهٔ مقـدار میـانگین پارامترهـا و استانداردهای مربوط استفاده شد. طبق نتایج این آزمون، مقدار میانگین COD، FC و TFC در ایستگاه‌هـای پـایش بـه طـور معنـی‌داری بـیش از حـداکثر مجـاز در اسـتاندارد ملـی بـود (p<۰/۰۵).

با توجه به الگوی مکانی پارامترهـای کیفـی آب، کمتـرین غلظت پارامترها به‌جز کدورت در مناطق بالادست دیده شد و به‌تدریج با جریان رودخانه، بر مقـدار پارامترهـا افـزوده شـده است. با توجه به نقشه‌های کاربری سرزمین و مطالعات اخیـر

www.SID.ir

Archive of SID

[۲۳،۲۲] به نظر می‌رسد که افزایش ناگهانی نیترات، TFC و FC در پایین‌دست رودخانه می‌تواند ناشی از ورود پساب‌های شهری و زه‌آب‌های کشاورزی باشد که در نقاط انتهایی حالت تجمعی پیدا کرده است (شکل ۲).

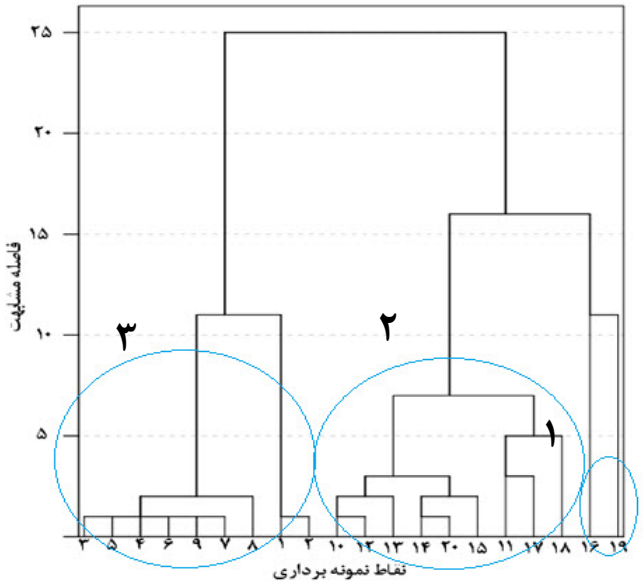


شکل ۲: الگوی مکانی مقادیر پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های پایش رودخانه‌های کن و کرج

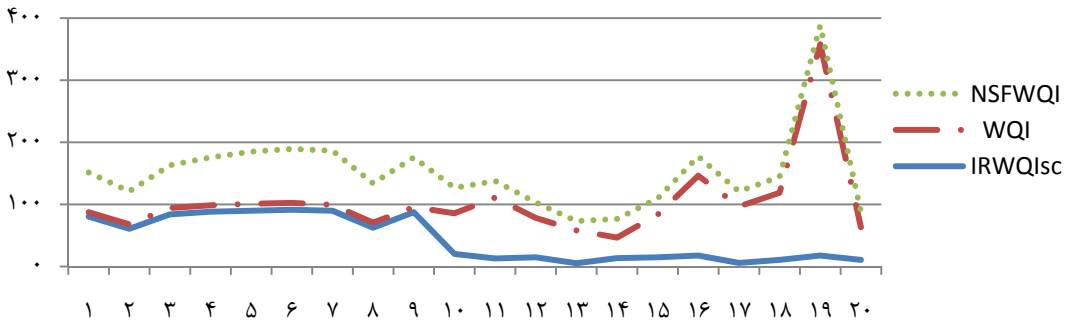
طبق نمودار دندروگرام، ایستگاه‌های پایش آب در فاصلهٔ مشابهت ۱۵ به سه خوشهٔ معنی‌دار گروه‌بندی شده‌اند. ایستگاه‌های پایش آب در یک خوشه اغلب بیانگر این است که ویژگی‌های محیط‌زیست این نقاط به همدیگر شبیه است. خوشه‌های دوم و سوم دارای طول زیرخوشهٔ کوتاه هستند که بیانگر تشابه درون‌گروهی در این خوشه‌ها می‌باشد. این در حالی است که تفاوت درون‌گروهی آن‌ها نیز ناچیز است. خوشهٔ اول شامل ایستگاه‌های ۱۶ و ۱۹ می‌باشد که طبق مطالعات اخیر [۲۴،۲۳،۲۲] کیفیت آب در این نقاط عمدتاً تحت تأثیر آلاینده‌های صنعتی و فاضلاب خانگی بوده است. علاوه بر این، ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ در خوشهٔ دوم قرار دارند. این ایستگاه‌ها به مزارع کشاورزی، تصفیه‌خانهٔ فاضلاب و مراکز شهری نزدیک هستند. خوشهٔ سوم شامل ایستگاه‌های ۱ تا ۹ می‌باشد که منابع آلاینده در این نقاط کم می‌باشد (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: دندروگرام ایستگاه‌های پایش رودخانه‌های کن و کرج حاصل از تحلیل خوشه‌ای



شکل ٤: مقدار شاخص کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI در ایستگاه‌های پایش رودخانه‌های کن و کرج

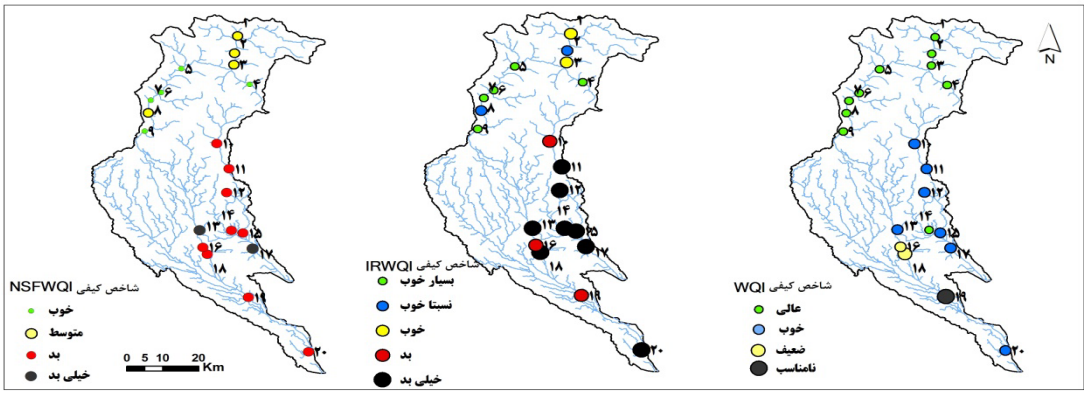
مقدار شاخص NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI به‌ترتیب در ایستگاه‌های پایش منطقهٔ مطالعاتی از ۱۵ تا ۸۷، ۵/۷ تا ۹۱/۳، ۷/۲۲ تا ۳۴۰/۳ در حال نوسان است و بالاترین و پایین‌ترین مقدار این شاخص‌ها در ایستگاه‌های رودخانهٔ کرج برآورد شدند (شکل ۴). میانگین شاخص NSFWQI در رودخانه‌های کن و کرج به‌ترتیب ۲۸/۸۳ و ۵۶/۵ می‌باشد و بر اساس استاندارد ارزیابی (جدول ۲)، کیفیت آب به‌ترتیب در محدودهٔ بد و متوسط قرار گرفتند. میانگین شاخص $IRWQI_{SC}$ در رودخانه‌های کن و کرج ۱۳/۶۳ و ۵۶/۷۵ می‌باشد و بر اساس استاندارد ارزیابی، کیفیت آب به‌ترتیب در محدودهٔ بسیار بد و نسبتاً خوب قرار گرفتند. میانگین شاخص WQI در رودخانه‌های کن و کرج ۶۹/۹۰ و ۵۴/۶۷ می‌باشد و بر اساس استاندارد ارزیابی آن، کیفیت آب هر دو رودخانه خوب ارزیابی شد.

بر اساس الگوی مکانی مقادیر شاخص‌های کیفی در ایستگاه‌های پایش، کیفیت آب طبق شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های ۴، ۵، ۶، ۷ و ۹ خوب، در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۸ متوسط، در ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ بد، در ایستگاه‌های ۱۳ و ۱۷ خیلی بد ارزیابی شد. همچنین، کیفیت آب طبق شاخص $IRWQI_{SC}$ در ایستگاه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

۴، ۵، ۶، ۷ و ۹ بسیار خوب، در ایستگاه‌های ۱ و ۳ خوب، در ایستگاه‌های ۲ و ۸ نسبتاً خوب، در ایستگاه‌های ۱۰، ۱۶ و ۱۹ بد، در نقاط ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ بسیار بد و کیفیت آب طبق شاخص WQI در ایستگاه‌های ۱ تا ۹ و ۱۴ عالی، در ایستگاه‌های ۱۰ تا ۱۳، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ خوب، در ایستگاه‌های ۱۶ و ۱۸ ضعیف، و در ایستگاه ۱۹ نامناسب ارزیابی شد (شکل ۵).



شکل ۵: الگوی مکانی مقادیر شاخص‌های کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI در ایستگاه‌های پایش رودخانه‌های کن و کرج

بحث

در این مطالعه، کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج با شاخص‌های کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$، WQI، روش تحلیل خوشه‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی ارزیابی گردید. از هشت پارامتر کیفی موردمطالعه، در رودخانهٔ کن سه پارامتر COD، FC و TFC و در رودخانهٔ کرج چهار پارامتر COD، FC، TFC و کدورت دارای غلظت‌هایی بیش از حداکثر مجاز در استاندارد ملی مصرف شرب بودند.

نتایج الگوی مکانی شاخص‌ها و پارامترهای کیفی آب، کاهش قابل‌توجه کیفیت آب را از بالادست به پایین‌دست منطقهٔ مطالعاتی در طول سال‌های ۱۳۹۱-۹۲ نشان داد. همچنین طبق این نتیجه، منطقه را می‌توان به دو بخش شمالی با کیفیت بهتر و جنوبی با کیفیت بدتر آب تقسیم کرد. عواملی مانند وجود مناطق بکر، غلظت کم پارامترها به‌جز کدورت، شیب زیاد و فرسایش بیشتر خاک در نقاط بالادست و افزایش جمعیت، توسعهٔ صنعت و کشاورزی و تخلیهٔ فاضلاب در نقاط پایین‌دست ممکن است به افزایش آلاینده‌ها در نقاط انتهایی در مقایسه با نقاط ابتدایی حوضه کمک کرده باشد[۲۵،۲۴]. این نتیجه با نتایج مطالعات [۲۰،۲۶،۱۸،۱۴،۱] مبنی بر سیر نزولی کیفیت آب از بالادست منطقهٔ مطالعاتی به سمت پایین رودخانه همخوانی دارد. تمام این مطالعات اشاره کرده‌اند که با حرکت از بالادست به پایین‌دست رودخانه ممکن است منابع آلاینده بیشتری در مسیر رودخانه بر مقدار آلاینده‌ها بیفزایند و مقدار آلاینده‌ها در طی مسیر حالت تجمعی پیدا کنند به شکلی که خودپالایی رودخانه نیز توان کاهش میزان آلودگی را به نحو مطلوب نداشته باشد. نتایج تحلیل خوشه‌ای نیز نتایج الگوی مکانی پارامترها و شاخص‌های کیفی آب را تایید کرد. کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج طبق شاخص‌های کیفی NSFWQI، $IRWQI_{SC}$ و WQI به‌ترتیب در طبقهٔ آب‌های با کیفیت بد و متوسط، بسیار بد و به نسبت خوب، خوب قرار گرفتند. دلیل کاهش کیفیت آب دو رودخانه در شاخص‌های نام‌برده، وجود پارامترهای تأثیرگذار نیترات و FC بود که به نظر می‌رسد این پارامترها به‌ویژه نیترات تحت تاثیر کاربری اراضی اطراف رودخانه می‌باشند. مطالعه‌ای در ژاپن نیز در مورد تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها نشان داد که نحوه استفاده از زمین‌های اطراف رودخانه‌ها بر

www.SID.ir

Archive of SID

نوع و مقدار آلودگی و تغییرات آن اثر قابل‌توجهی داشته است [۲۷]. ازاین‌رو، در این مطالعه میزان آلودگی بیشتر در نقاط میانی و انتهایی علاوه بر دلایل ذکرشده قبلی می‌تواند به دلیل فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و تخلیهٔ فاضلاب باشد. نتایج تقریباً مشابهی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است؛ به‌عنوان نمونه بهبهانی نیا و همکاران در سال ۱۳۸۲ در دو زمان پرآبی و کم‌آبی در ۷ ایستگاه در طول رودخانهٔ جاجرود پارامترهای EC، اکسیژن خواهی زیستی، TDS، pH، اکسیژن محلول و برخی کاتیون‌ها و آنیون‌ها را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که هر منطقه که متأثر از کاربری‌های مختلف بوده؛ پارامترها روند کاهشی یا افزایشی داشته‌اند [۱۹].

بررسی سایر مطالعاتی که به بررسی کیفیت آب پرداخته‌اند نیز نشان می‌دهد که اگرچه در برخی موارد نتایج کاملاً متفاوتی نسبت به این مطالعه گزارش کرده‌اند که مهم‌ترین عامل آن نیز می‌تواند تغییر منطقه مطالعاتی باشد اما روند کلی مشابهی را در اکثر این مطالعات می‌توان یافت که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. به عنوان نمونه، مفتاح هلقی در سال ۱۳۹۰، با پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی NSFWQI و BCWQI در رودخانهٔ اترک گزارش کرد که به‌جز ایستگاه قازانقایه به عنوان اولین ایستگاه بالادست که در تمام فصل‌ها از وضعیت کیفی خوبی برخوردار است، سایر ایستگاه‌ها دارای شرایط کیفی متوسط تا بد بودند [۱۴]. سپهرنیا و همکاران نیز در سال ۱۳۹۵، با بررسی ۱۸ پارامتر کیفی آب شرب شهرستان ری به نتیجه رسیدند که هفت پارامتر سختی کل، منیزیم، نیترات، سدیم، فلوئور، کلرور و سولفات غلظت‌هایی بیش‌ازحد مجاز در استاندارد ملی ایران داشتند [۱۳]. طی مطالعه دیگری صادقی و همکاران در سال ۱۳۹۴، با بررسی ۱۱ پارامتر کیفی آب در طول ۹ ایستگاه نمونه‌برداری به ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ زرین‌گل در استان گلستان با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI و $IRWQI_{SC}$ پرداختند. نتایج مطالعهٔ ایشان نشان داد که تمام ایستگاه‌ها طبق شاخص NSFWQI در ردهٔ متوسط و طبق شاخص $IRWQI_{SC}$ در دو ردهٔ متوسط و نسبتاً خوب قرار گرفتند و کیفیت آب رودخانه برای کشاورزی مناسب بوده ولی برای مصارف شرب باید تصفیه شود که با نتایج این مطالعه تقریباً همخوانی دارد. پارامترهای تأثیرگذار در کاهش مقدار شاخص NSFWQI پارامترهای کیفی TDS، FC، نیترات، کدورت، فسفر و درجه حرارت بودند و دلیل قرارگیری کیفیت آب در طبقهٔ متوسط مقدار نسبتاً بالای مواد مغذی به‌خصوص نیترات و FC بودند که از زه آب‌های کشاورزی، فعالیت‌های تفریحی، پرورش ماهی و دامداری در بالادست ایستگاه پایش منشا گرفته‌اند [۱۸]. درخشانفر نیز در سال ۱۳۸۶، با بررسی پارامترهای pH، DO، BOD و نیترات در ۶ ایستگاه در طول رودخانهٔ کن نشان داد که میزان DO در طول رودخانه از ایستگاه ۱ تا ۶ به دلیل وجود توسعهٔ صنعتی و شهری مرتباً روند کاهشی، و میزان BOD به دلیل ورود خروجی‌های فاضلاب به رودخانه روند افزایشی داشته است. همچنین، غلظت نیترات به سمت ایستگاه‌های میانی افزایش و مجدداً به سمت ایستگاه‌های انتهایی کاهش یافته که نتایج مطالعات نام‌برده تا حدود زیادی با نتایج این تحقیق همخوانی دارد [۲۴].

به هرحال با توجه به تفاوت کیفیت آب هر منطقه از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر، برای اینکه مصرف آب در طولانی مدت اثر سو بر سلامت افراد جامعه نداشته باشد لازم است با استانداردهای کیفی موجود مطابقت داشته باشد.

در این مطالعه، شاخص NSFWQI نتایج محافظه‌کارانه‌تری نسبت به دو شاخص دیگر تولید کرد. شاخص نام‌برده در مطالعات مختلف در خصوص رودخانه‌های ایران، نتایج نسبتاً قابل قبولی در رابطه با شدت آلودگی رودخانه‌ها ارائه داده است. شاخص $IRWQI_{SC}$ با توجه به این‌که تعداد طبقات بیشتر در استاندارد ارزیابی و محدودهٔ کمتر در بین طبقات دارد و همچنین بیانگر شرایط طبیعی و مسائل منابع آب در ایران است، می‌تواند ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

دقیق‌تری نسبت به دو شاخص دیگر ارائه داده باشد. اما نتایج شاخص WQI، بیانگر شرایط کلی کیفیت آب بوده است؛ که این نتیجه هم می‌تواند به دلیل کمبود داده‌های موجود در شاخص یا عدم لحاظ پارامترهای تأثیرگذار در شاخص باشد.

به هرحال براساس تمام مطالب ذکرشده می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت آب در بالای منطقهٔ مطالعاتی برای شرب مناسب بوده ولی در نقاط میانی و انتهایی برای شرب مناسب نبوده و باید تصفیه شود. همچنین طبق نتایج حاصل از سه شاخص کیفی نام‌برده، تأثیرگذاری قابل‌توجه وجود کلان‌شهر تهران و وجود فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی بر افت کیفیت آب در نقاط پایین‌دست رودخانه‌ها کاملاً مشهود است.

به هرحال آنچه در مدیریت منابع آب شرب قابل‌توجه است، پایش آن و جلوگیری از بروز بیماری‌های منتقل شونده توسط آب است. پایش کیفی آب نه تنها باعث بهبود کیفیت آب می‌شود؛ بلکه در فرآیند تولید آب سالم نیز ارزش اقتصادی دارد و عامل مهمی در کاهش هزینه‌های تولیدی، تصفیه آب و سلامت می‌باشد. از نتایج این مطالعه و سایر مطالعات مشابه به‌خوبی مشخص است که وضعیت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در آب نمی‌تواند به تنهایی گویای وضعیت کیفی آب باشد. بنابراین برای تشخیص کیفیت آب باید توجه بیشتری را به شاخص‌های کیفی و روش‌های آماری معطوف نموده و کاربرد این عوامل به صورت یک اصل و معیار مهم در ارزیابی کیفیت آب برای مصارف مختلف موردتوجه قرار گیرد. در این راستا، استفاده از GIS و نرم‌افزارهای تعیین کنندهٔ شاخص کیفی آب می‌تواند سودمند واقع شود. روش‌ها و نتایج این مطالعه یک مرجع پایه در پایش کیفیت آب رودخانه‌های کن و کرج در آینده محسوب می‌شود و باید راهکارهای جلوگیری از آلودگی آب به‌طور مستمر برای مدیریت مناسب در امتداد دو رودخانه اجرا شود.

References

1. Sun W, Xia C, Xu M, et al. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Ecol Indicat 2016; 66: 306–12.
2. Atafar Z, Almasi A, Sarkhosh M, et al. Microbiological Quality Trend of Drinking Water in Rural Areas of Kermanshah during 2004-2013. J Environ Health Eng 2015; 4(1): 70-81. [In Persian].
3. Wang Q, Wu X, Zhao B, et al. Combined multivariate statistical techniques, Water Pollution Index (WPI) and Daniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. Plos One 2015; 10(4): 1-17.
4. Molaei Tavani S, Goodini H, Mehr Ali A, et al. Survey the Current State of Quality Potable Water Clearing Supplied to the Distribution System and the Role of Water & Wastewater Company And the Distribution of Network and Improve Its Quality Case Study in Shahrood City. J Environ Health Eng 2016; 3(4): 298-312. [In Persian].
5. Orooji N, Takdastan A, Noori, et al. Evaluation the Quality of Bottled Waters Consumption in Iran in 2015. J Environ Health Eng 2016; (4): 70-81. [In Persian].
6. Sadeghi H, Ruhollahi S. Study of Ardabil Drinking Water Physicochemical Parameters. J Ardabil U Med Sci 2007; 7(1): 52-6. [In Persian].
7. Hoseinzadeh E, Rahimi N, Rahmani AR, et al. Quality Assessment of Takab Sarugh River Right Branch by Wilcox Index and It's Zoning Using Geographical Information System, 2011. J Mazand U Med Sci 2013; 23(103): 77-87. [In Persian].
8. Chang H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. Water Res 2008; 42(13): 3285–304.
9. Li Y, Li Y, Qureshic S, et al. On the relationship between landscape ecological patterns and water quality across gradient zones of rapid urbanization in coastal China. Ecol Model 2015; 1-9.
10. Jonnalagadda SB, Mhere G. Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. Water Res 2001; 35(10): 2371–6.
11. Narayan S, Chauhan R. Water quality status of river complex Yamuna at Panchnada (Distt.: Etawah, U.P., India), I: An integrated management approach. Pollut Res 2000; 19(3): 357–64.
12. Samadi J. Survey of Spatial-Temporal Impact of

www.SID.ir

Archive of SID

Quantitative and Qualitative of Land Use Wastewaters on Choghakhor Wetland Pollution Using IRWQI Index and Statistical Methods. Iranian Water Resour Res (IR-WRR) 2016; 11(3): 159–71. [In Persian].

13. Sepehrnia B, Nabizadeh R, Mahvi AH, et al. Water Quality Analysis of Drinking Water Distribution Systems of Rey Township Using IWQIS Software. Health Environ 2016; 9(1): 103-14. [In Persian].
14. Meftah Halaghi M. Use of Different Water Quality Indexes for Puriification of Water, Case Study: Atrak river. Water Soil Cons 2011; 18(2): 211-20. [In Persian].
15. Rohani N, Asadollah Fardi G. Detemining of water quality indices, Case Study: Inlet and outlet water treatment plant in Isfahan province. The 1th Conference and Exhibition on Environmental Energy & Clean Industry; 2-3 December 2013; Tehran: Tehran University. [In Persian].
16. Akkoyunlu A, Akiner ME. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecol Indicat 2012; 18: 501–11.
17. Nabizadeh R, Valadi Amin M, Alimohammadi M, et al. Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index. J Environ Health Sci Eng 2013; 11(1): 1-10.
18. Sadeghi M, Bay A, Bay N, et al. The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and $IRWQI_{SC}$. Health Field 2015; 3(3): 27-33. [In Persian].
19. Behbahaninia A, Salmasi R. The study of Jajrood River's physico-chemical properties and its pollutants. Human Environ 2008; 34-42. [In Persian].
20. Farzadkia M, Nasseri S, Rezaei Kalantary R, et al. Water Quality Zoning in Babolrood River Using National Sanitation Foundation Water Quality Index and Geographic Information System. J Mazand U Med Sci 2016; 26(134): 357-62. [In Persian].
21. Firoozbakht A, Parhizkar A, Rabieifar V. Strategies of environmental structure city with approach urban sustainable development (Case Study: City of Karaj). Hum Geogr Res Q. 2012; (80): 213-39. [In Persian].
22. Alizadeh M, Mirzaei R, Kia SH.The Potential of LandCover/Use Detection using Landsat 8 Satelite Imagery (Case Study:Jajroud Basin). National Conference on Research and Technology Finding in Natural and Agricultural Ecosystems; 19 October 2016; Tehran: Tehran University. [In Persian].
23. Delkash M, Al-Faraj F.A.M, Scholz M. Comparing the Export Coefficient Approach with the Soil and Water Assessment Tool to Predict Phosphorous Pollution: The Kan Watershed Case Study. Water Air Soil Pollut 2014; 225(10): 1-17.
24. Alizadeh M, Mirzaei R, Kia SH. Detemining the Spatial Trend of Water Quality in Kan River Located in Tehran. National Conference on Research and Technology Finding in Natural and Agricultural Ecosystems; 19 October 2016; Tehran: Tehran University. [In Persian].
25. Sakizadeh M. Assessment the performance of classification methods in water quality studies, A case study in Karaj River. Environ Monit Assess 2015; 187(9): 1-12.
26. Bateni F. The effect of land use on water quality of Zayanderood River. Department of natural resources Isfahan University of Technology; 2011. "thesis". [In Persian].
27. Teraoka H, Ogawa M. Behavior of elements in the Takahashi, Japan River basin. Environ Qual 1984; 13(3):453-9.

www.SID.ir