نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۱۷-۴۰۵

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 405-417

بررسی کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد با استفاده از شاخص آلودگی Liou و تحلیل مؤلفه اصلی

رسول زمانی احمدمحمودی[1*]- احسان فتحی[2]- سمیرا بیاتی[3]- پونه قربانی دشتکی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۳

چکیده

رودخانه یک اکوسیستم پویا است که علاوه بر اهمیتی که در صنعت، کشاورزی و شرب دارد، تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف قرار می‌گیرد. هدف از این مطالعه ارزیابی کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص آلودگی Liou و انتخاب مهم‌ترین پارامترها بر اساس تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی می‌باشد. در این مطالعه ۷ پارامتر کیفی آب شامل دما، اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی، نیتروژن آمونیاکی، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد معلق و پتانسیل هیدروژن در طول رودخانه در ۷ ایستگاه انتخابی به مدت شش ماه از فروردین تا شهریور سال ۱۳۹۵ با استفاده از روش‌های استاندارد سنجش آب و فاضلاب مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که کیفیت آب طی مدت پژوهش در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و در تمامی ماه‌ها طبق شاخص آلودگی Liou در طبقه کیفیت خوب بوده است. همچنین طبق تکنیک آماری تحلیل مؤلفه اصلی دو مؤلفه به‌عنوان مؤلفه اصلی معرفی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که پارامترهای اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد معلق در بعضی از ایستگاه‌ها در محدوده استاندارد و در برخی دیگر بیش از حد استاندارد بودند. علاوه بر این نتایج مطالعه نشان داد که کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد در طی ماه‌های مختلف تغییرات چندانی نداشت و کیفیت آب خوب بود. این پژوهش، سودمندی و کارایی تکنیک آماری چند متغیره تحلیل مؤلفه اصلی و استفاده از شاخص‌ها را به منظور مدیریت مؤثر کیفیت آب سطحی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب، شاخص آلودگی رودخانه، منابع آب

مقدمه

استفاده بهینه و حفاظت از منابع آب در جهت کمی و کیفی این منابع، از اصول توسعه پایدار هر کشور محسوب می‌شود. رودخانه‌ها مهم‌ترین منابع آبی برای تأمین نیازهای کشاورزی، صنعتی و رفاهی هستند (۲۲). با گذشت زمان و افزایش جمعیت، استفاده از منابع آبی و دخل و تصرف غیر طبیعی افزایش یافته است و سبب تغییر کیفیت آب رودخانه‌ها شده است (۳۰). بنابراین آگاهی از کیفیت آب در برنامه ریزی، توسعه و حفاظت منابع آبی امری ضروری به نظر می‌رسد. فرآیندهای طبیعی همچون بارش، فرسایش و هوازدگی مواد، شیمی اتمسفر، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و انحلال مواد آلی (۳۶) و عوامل انسانی از قبیل فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی (۲۵) کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از آنجا که آسیب‌پذیری آب‌های سطحی به دلیل دسترسی آسان برای دفع پساب‌ها نسبت به آب‌های زیرزمینی بیش‌تر است، با تجزیه و تحلیل مرتب داده‌های کیفی رودخانه‌ها ضمن استفاده از این منابع برای مصارف مختلف، می‌توان شیوه‌های مدیریتی صحیح و مناسبی را اجرا نمود (۲۲). به دلیل اهمیت آب و مسائل مربوط به آن، تاکنون شاخص‌های زیست محیطی زیادی توسط سازمان‌ها و مؤسسات مختلف ارائه شده است. به‌طوری‌که در دهه آخر قرن بیستم، تلاش‌های زیادی در زمینه ایجاد و یا بهبود شاخص‌های کنترل کیفیت آب ایجاد شده است (۳۲). استفاده از شاخص آلودگی آب Liou از جمله روش‌های بسیار ساده به منظور بررسی شرایط کیفی آب است. به طوری که با افزایش آلودگی، عدد این شاخص افزایش می‌یابد (۳۳ و ۲۳). شاخص آلودگی Liou یا شاخص آلودگی رودخانه (PRI[5]) توسط لیو و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۰۳ در تایوان توسعه یافت. این شاخص جهت تعیین سلامت رودخانه بوده و در آن بر اساس منحنی‌های دسته‌بندی از

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه شیلات و محیط زیست و دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
(*- نویسنده مسئول: (Email: rasoolzamani@yahoo.com
DOI: 10.22067/jsw.v0i0.79102

5- River pollution index

www.SID.ir

Archive of SID

پیش تعیین شده، به پارامترهای انتخاب شده امتیاز استانداردی داده می‌شود. PRI شامل چهار پارامتر اکسیژن محلول (DO[1])، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD[2])، کل مواد جامد معلق (TSS[3]) و نیتروژن آمونیاکی (NH3_N) است (۱۷). PCA یکی از تکنیک‌های چند متغیره آماری است که به منظور کاهش تعداد ورودی‌ها در زمانی که حجم داده‌ها زیاد باشد، استفاده می‌شود و می‌تواند تغییرات جامعه را به خوبی توصیف کند (۲۰ و ۲۱). در سال‌های اخیر از روش‌های آماری چند متغیره به طور گسترده در موضوعات مرتبط با منابع آب، هیدرولوژی و محیط زیست استفاده شده است. اخیراً، روش PCA به منظور کاهش تعداد متغیرهای ورودی و تفسیر بهتر نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت آب، توسعه یافته است (۲۴). از جمله مطالعات صورت گرفته با این روش می‌توان به منطقه‌بندی بارندگی زمستانه در ناحیه جنوب مرکزی ایران (۱۹)، شناسایی الگوهای مکانی و زمانی، پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ماهانه (۱۲) و برآورد تبخیر-تعرق مرجع در استان کرمان (۳۱) اشاره نمود. در زمینه بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها نیز مطالعات متعددی در سراسر جهان انجام شده است. حسین‌زاده و همکاران (۱۳) به بررسی کیفیت آب رودخانه آیدوغموش در استان آذربایجان شرقی را با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou پرداختند. ایشان پارامترهای فیزیکوشیمیایی را در هشت ایستگاه مختلف از رودخانه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها براساس شاخص‌های NSFWQI و Liou نشان داد که بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای کیفیتی متوسط هستند. همپنین نتایج هر دو روش برای ارزیابی کیفیت آب هم‌پوشانی داشت. امین‌پور شیانی و همکاران (۱) به بررسی کیفیت آب رودخانه گازرودبار را با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou پرداختند. در این تحقیق نمونه‌برداری ۱۲ ماهه از پنج ایستگاه صورت گرفت. طبق نتایج شاخص NSFWQI آب این رودخانه در رده کیفی متوسط و طبق شاخص Liou در رده کیفی اندکی آلوده قرار گرفت. ایشان بیان کردند که علت اصلی کاهش کیفیت آب این رودخانه، تخلیه زباله‌ها و فاضلاب‌های خانگی، روستایی و شهری، زهاب‌های کشاورزی، فضولات حیوانی و دبی پایین رودخانه بوده است. سامانتری و همکاران (۲۹) کیفیت آب رودخانه‌های Mahanadia و Athavabanki در هندوستان را با استفاده از شاخص NSFWQI مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده از این شاخص کیفیت آب به دلیل فعالیت‌های انسانی و صنایع کاهش یافته بود. فان و همکاران (۱۰)، با استفاده از روش PCA خصوصیات آب و الگوی مکانی کیفیت آب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق واریانس کل داده‌های شمال و غرب رودخانه را به ترتیب ۸۵/۲۵ و ۸۹/۲۵ درصد کل نشان داد. ژانگ (۱۴) با استفاده از شاخص آلودگی آب رودخانه، کیفیت آب منطقه تفریحی حوضه رودخانه تامسوی را ارزیابی نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که بخش بالادست رودخانه برای همه‌ی فعالیت‌های تفریحی مانند شنا دارای کیفیت خوب، ولی آب در بخش‌های میانی و پایین‌دست دارای کیفیت بد و غیرقابل استفاده بود. در زمینه بررسی کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد می‌توان به تحقیق فتحی و همکاران (۱۱) اشاره نمود که با استفاده از شاخص کیفیت آب NSFWQI، کیفیت آب این رودخانه ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در فصل تابستان کیفیت آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بین رده متوسط و خوب بوده است. در مطالعه حاضر کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد با استفاده از شاخص آلودگی آب Liou و تحلیل مؤلفه اصلی بررسی می‌شود و پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر کیفیت آب با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی تعیین خواهد شد تا در مطالعات بعدی یا در اقدامات اجرایی آینده اقدام مناسب توسط ارگان‌ها یا سازمان‌های ذیربط انجام شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

رودخانه مورد مطالعه در حوضه بهشت‌آباد با مساحتی برابر ۳۸۶۶ کیلومتر مربع در محدوده بین '۳۶ °۵۰ تا '۴۵ °۵۱ طول شرقی و '۲۸ °۳۱ تا '۵۶ °۳۲ عرض شمالی و در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. محیط حوضه برابر ۳۸۹/۶۱ کیلومتر و ارتفاع متوسط آن برابر ۲۳۱۷/۲۸ متر می‌باشد. به منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز در بررسی وضعیت و کیفیت آب رودخانه مورد مطالعه در حوضه بهشت‌آباد نمونه‌برداری از فروردین تا شهریور سال ۱۳۹۵ در ۷ ایستگاه انجام شد. انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب با توجه به بررسی‌های انجام شده و پیمایش طول رودخانه به منظور بررسی تغییرات وضعیت رودخانه از نظر سرعت آب، دبی، توپوگرافی، توجه به مکان ورود آلاینده‌ها و با در نظر گرفتن موقعیت روستاها، کارگاه‌های پرورش ماهی، پل‌ها، شاخه‌های فرعی ورودی به رودخانه انجام شد. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در رودخانه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

روش کار

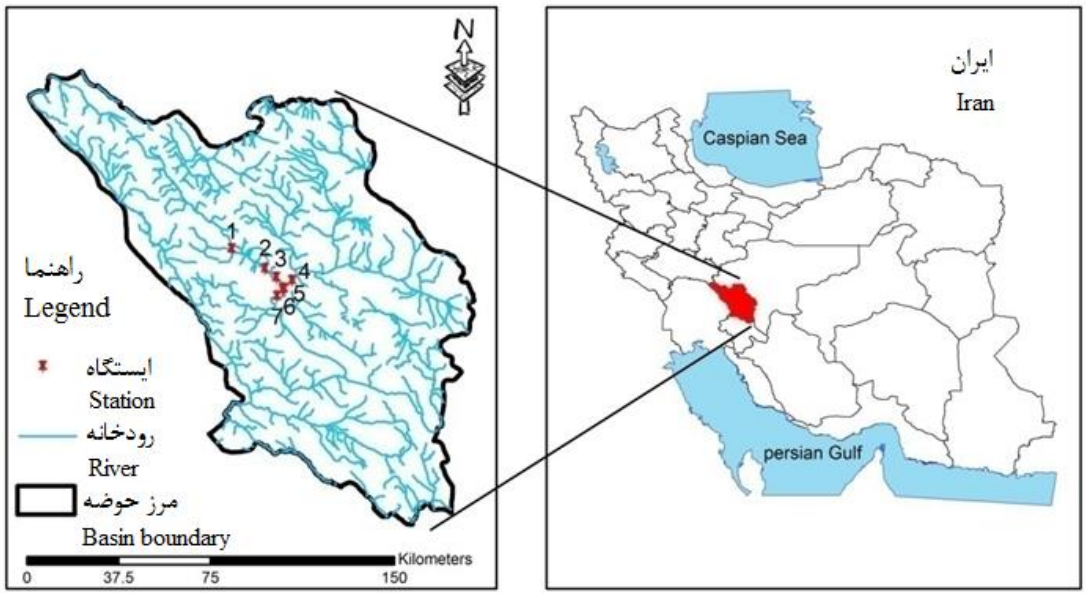
در این مطالعه برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد، میزان اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، کل مواد جامد معلق و نیتروژن آمونیاکی به منظور محاسبه شاخص آلودگی Liou، به همراه

1- Dissolved Oxygen
2- Biological Oxygen Demand
3- Total Suspended Solids

www.SID.ir

Archive of SID

سه پارامتر پتانسیل هیدروژن، هدایت الکتریکی و دمای آب برای ۷ ایستگاه اندازه‌گیری شد. پارامترهای T، EC، pH و DO در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه پرتابل HACH مدل HQ40d اندازه‌گیری شد و دیگر پارامترها جهت سنجش به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری شده در رودخانه بهشت‌آباد

Figure 1- The location map of sampling stations in the Beheshtabad River

نمونه‌برداری از آب رودخانه به مدت شش ماه از فروردین تا شهریور سال ۱۳۹۵ و به‌صورت ماهیانه در ۷ ایستگاه انتخابی انجام شد. بدین منظور از ظروف پلی‌پروپیلنی که قبلاً با اسید نیتریک و آب مقطر شستشو شده، استفاده شد. ظروف نمونه‌برداری سه بار با آب رودخانه آب‌کشی و سپس به میزان ۴ لیتر نمونه آب در هر ایستگاه جمع‌آوری شد. بعد از جمع‌آوری، نمونه‌ها برای جلوگیری از تجزیه میکروبی در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. BOD، NH3_N و TSS با استفاده از روش‌های استاندارد سنجش آب و فاضلاب به ترتیب مطابق با دستورالعمل‌های شماره 5210 B، 4500-NH3 B و 2540 D اندازه‌گیری شدند (۲).

محاسبه شاخص Liou

شاخص آلودگی Liou شامل ۴ پارامتر اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، مواد جامد معلق و نیتروژن آمونیاکی می‌باشد (۱۷). مقدار عددی شاخص Liou با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه می‌شود (۳۴ و ۳۵). در جدول شماره ۱ وضعیت کیفیت آب رودخانه‌ها طبق مقدار عددی این شاخص و مقادیر اختصاص داده شده به هر پارامتر مشاهده می‌شوند (۳۵).

$$WQI = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} I_i \qquad (۱)$$

که در این رابطه I_i مقدار مربوط به هر زیرشاخص (پارامترهای کیفی مورد بررسی) می‌باشد.

تحلیل مؤلفه اصلی

تحلیل مؤلفه اصلی از روش‌های آماری چند متغیره است که در مواقع مواجهه با حجم وسیعی از اطلاعات با کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرهای اولیه مسئله، به تفسیر بهتر اطلاعات کمک می‌نماید (۶). به منظور اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل اصلی از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. در ابتدا داده‌ها برای ورود به PCA در محیط نرم‌افزار SPSS بر اساس فرمول مربوط استاندارد شدند.

در گام بعد، تناسب جامعه آماری برای انجام PCA به وسیله آزمون KMO[1] سنجیده شد و به منظور بهبود روابط بین ورودی‌ها و عامل‌های اولیه و نیز تفکیک بهتر آن‌ها جهت عضویت در عامل‌ها، از دوران Varimax استفاده شد (۲۱، ۲۴ و ۲۷). در PCA یک ماتریس همبستگی تشکیل می‌شود و در ادامه مؤلفه‌هایی که بخش کوچکی از تغییرات جامعه را پوشش می‌دهند، کنار گذاشته می‌شوند.

1- Kaiser-Meyer-Olkin

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- طبقه‌بندی هر پارامتر بر اساس مقدار آن و مقدار اختصاص داده‌شده طبق شاخص Liou (۳۵)

Table 1- Classification of each parameter based on its value and assigned value according to Liou index (35)

پارامتر کیفی Quality parameter	مقدار پارامتر Parameter value	مقدار اختصاص داده‌شده طبق شاخص Liou Assigned value according to Liou index	مقدار شاخص Liou Value of Liou index	وضعیت کیفیت آب Status of water quality
DO	>6.5	$I_{DO}=1$	<2	خوب Good
	4.6-6.5	$I_{DO}=3$		
	2-4.5	$I_{DO}=6$		
	<2	$I_{DO}=10$		
BOD	<3	$I_{BDO}=1$	2-3	اندکی آلوده Slightly polluted
	3-4.9	$I_{BDO}=3$		
	5-15	$I_{BDO}=6$		
	>15	$I_{DO}=10$		
TSS	<20	$I_{DO}=1$	3.1-6	نسبتاً آلوده Relatively polluted
	20-49	$I_{DO}=3$		
	50-100	$I_{DO}=6$		
	>100	$I_{DO}=10$		
NH3_N	<0.5	$I_{DO}=1$	>6.1	بسیار آلوده Very polluted
	0.5-0.99	$I_{DO}=3$		
	1-3	$I_{DO}=6$		
	>3	$I_{DO}=10$		

انتخاب ماتریس همبستگی و استانداردسازی به این معنی است که صرف‌نظر از بزرگی داده‌های واقعی، هر یک از متغیرها دارای اهمیت یکسان باشند. برای رسیدن به این هدف باید به جای مقادیر هر یک از متغیرها، مقادیر متغیر استاندارد شده آن‌ها را به روش زیر انجام داد (۲۶).

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (۲)$$

که در رابطه فوق z متغیر استاندارد شده، x مقدار متغیر و μ و σ نیز به ترتیب میانگین و انحراف معیار متغیرها می‌باشند. در گام بعد تعداد عامل‌های اصلی که قادر باشند توصیف جامعی از متغیرها داشته باشند، تعیین می‌شوند و متغیرها با توجه به میزان همبستگی با این مؤلفه‌ها، در زیرگروه آن‌ها قرار می‌گیرند. در نهایت، از روی بیشینه بار عاملی، متغیرهای اصلی در هر مؤلفه تعیین می‌شوند (۱۶).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقدار شاخص Liou در ایستگاه‌های مختلف در طی مدت پژوهش در جدول ۲ مشاهده می‌شود. طبق این جدول مقدار عددی شاخص Liou در ایستگاه شماره ۴ در ماه فروردین در رده اندکی آلوده قرار دارد ولی مقدار شاخص در بقیه ایستگاه‌ها کمتر از دو می‌باشد که نشان‌دهنده کیفیت خوب آب از نظر این شاخص در ایستگاه‌های مورد مطالعه است. با افزایش مقدار اکسیژن محلول، مقدار عددی شاخص آلودگی Liou، کاهش و با افزایش مقادیر آمونیاک، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی و جامدات معلق، مقدار عددی این شاخص افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر در این شاخص کاهش مقدار اکسیژن محلول و افزایش دیگر پارامترهای مذکور، آلودگی آب و مقادیر عددی بالاتر شاخص را نشان می‌دهند (۱۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر شاخص آلودگی Liou در ایستگاه‌های مختلف رودخانه بهشت‌آباد

Table 2- The Values of Liou Pollution Index in different stations of the Beheshtabad River

شماره ایستگاه Station number	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
1	1.5	1.5	1	1	1	1
2	1.5	1	1	1	1	1
3	1.5	1	1	1	1	1
4	2	1.5	1.5	1	1	1.5
5	1.5	1	1.5	1	1	1.5
6	1.5	1	1	1	1	1
7	1.5	1	1	1	1	1
میانگین Mean	1.57	1.14	1.14	1	1	1.14

جدول ۳ مقایسه‌ای از شاخص Liou را در رودخانه مورد مطالعه با رودخانه‌های مختلف دنیا بر اساس میانگین هر ماه در طی مدت پژوهش نشان می‌دهد. مطابق این جدول، بر اساس مقدار شاخص Liou کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد در تمام ۶ ماه مورد مطالعه در محدوده کیفی خوب قرار دارد. همچنین مقدار شاخص Liou در رودخانه بهشت‌آباد در مقایسه با رودخانه گازرودبار مقدار کمتری دارد. کیفیت آب رودخانه گازرودبار بر اساس مقدار شاخص Liou در محدوده اندکی آلوده قرار دارد که علل اصلی کاهش کیفیت آب رودخانه گازرودبار تخلیه زباله و فاضلاب‌های خانگی، فضولات حیوانی و دبی پایین رودخانه بیان شده است (۱). علاوه‌بر این مقدار شاخص Liou در منطقه مورد مطالعه نسبت به رودخانه‌های خارج از کشور ذکر شده در جدول مقدار بیش‌تری دارد که کیفیت بهتر آب این رودخانه‌ها را نسبت به رودخانه بهشت‌آباد نشان می‌دهد.

جدول ۳- میانگین شاخص Liou در رودخانه بهشت‌آباد در مقایسه با رودخانه‌های مختلف

Table 3- The average of index in the Beheshtabad River compared to different rivers

رودخانه River	مقدار شاخص Liou Value of Liou index		منبع Reference
بهشت‌آباد Beheshtabad	1.57	فروردین April	مطالعه حاضر This study
	1.14	اردیبهشت May	
	1.14	خرداد June	
	1	تیر July	
	1	مرداد August	
	1.14	شهریور September	
گازرودبار Gazroudbar	2-3		امین‌پورشیانی و همکاران (۱) Aminpour Shiani et al.
Ciambulawung	0.56-0.78		افندی و واردیانتو (۸) Effendi and Wardiatno
River Cihideung, River Ciapus, and Lake	0.73-0.89		افندی (۷) Effendi

www.SID.ir

Archive of SID

جهت تعیین مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب رودخانه‌ی بهشت‌آباد، میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در هر ایستگاه و در ۶ ماه اندازه‌گیری شده که در جدول ۴ ارائه شده است. سپس با استفاده از PCA مهم‌ترین پارامترها تعیین شدند (جدول ۵).

جدول ٤- میانگین پارامترهای کیفی آب سطحی در ایستگاه‌های مختلف رودخانه بهشت‌آباد

Table 4- The average of surface water quality parameters in different stations of the Beheshtabad River

ایستگاه Station	DO (mg/lit)	BOD_5^* (mg/lit)	NH_3 N (mg/lit)	TSS (mg/lit)	T (˚c)	pH	EC(µs/cm)
1	9.15	1.16	0.25	15.41	12.28	8.17	312.3
2	8.92	0.96	0.21	16.1	12.37	8.26	440.7
3	9.32	1.76	0.28	16.36	13.28	8.28	460.7
4	9.17	1.86	0.33	14.59	13.3	8.845	676/8
5	9.3	1.95	0.3	13.55	15.16	8.54	672
6	9.2	1.36	0.32	14.83	14.93	8.47	512.2
7	9.25	1.11	0.24	16.15	14.09	8.46	544.3

* اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی پنج روزه

5-day Biological Oxygen Demand

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود PCA، ۷ مؤلفه را معرفی کرده که مؤلفه اول و دوم، مؤلفه‌های اصلی بوده و در مجموع ۷۸/۵۶ درصد تغییرات ویژه یا واریانس کل را بیان می‌کند. مؤلفه‌ی اول ۵۷/۲۶ درصد از کل واریانس را نشان می‌دهد و به عنوان مهم‌ترین عامل توجیه‌کننده تغییرات کیفیت آب معرفی می‌شود و شامل پارامترهای DO، NH3_N، BOD_5، EC، TSS و pH است. مؤلفه دوم ۲۱/۳ درصد از کل واریانس را نشان می‌دهد و شامل پارامتر دما است. محمد و همکاران (۱۸) در ارزیابی پارامترهای کیفیت آب در رودخانه کلانگ در مالزی با استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره آماری اقدام به نمونه‌برداری از ۲۰ ایستگاه و اندازه‌گیری ۷ پارامتر کیفی نمودند و به این نتیجه رسیدند که روش‌های آماری اطلاعات سودمندی برای ارزیابی و تفسیر داده‌های کیفیت آب برای نظارت و مدیریت بر منابع آب ارائه می‌نمایند. بوزا دانیو و همکاران (۴) در مطالعه‌ای کیفیت آب سطحی رودخانه ابرو در اسپانیا در یک دوره ۲۴ ساله، ۳۴ پارامتر را در ۱۳ ایستگاه به صورت ماهانه با استفاده از PCA بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل انسانی، زمین شناسی عامل اصلی تغییرات کیفیت آب رودخانه هستند.

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی برای پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در رودخانه مورد مطالعه

Table 5- The results of principal component analysis for measured parameters in studied river

پارامتر Parameter	مؤلفه Component	
	1	2
DO	0.7	0.03
BOD_5	0.72	-0.56
NH3_N	0.71	-0.56
TSS	-0.63	0.57
T	0.23	0.96
pH	0.93	0.09
EC	0.89	-0.1
واریانس	57.26%	21.3%

جدول ۶ مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در رودخانه بهشت‌آباد را در مقایسه با استاندارد آلودگی آب‌های سطحی نشان می‌دهد. یکی از پارامترهای مهم کیفی آب از دیدگاه بهره‌برداری، pH است و معمولاً طبق جدول ۶ مقدار بهینه آن در محدوده ۶/۵ تا ۹/۵ قرار دارد. محدوده تغییرات pH آب در رودخانه بهشت‌آباد در تمامی ایستگاه‌ها، در محدوده بهینه ۶/۵ تا ۹/۵ قرار داشت. در این تحقیق در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه به دلیل افزایش بارندگی و همچنین افزایش جریان آب رودخانه ناشی از ذوب برف، مقدار DO بالاست که بر اساس جدول ۶ در محدوده استاندارد قرار دارد. بیش‌ترین کیفیت آب از لحاظ BOD در ماه اردیبهشت و بدترین کیفیت در ماه خرداد

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده شد. طبق جدول ۶ بررسی کیفیت آب از نظر BOD در ایستگاه‌ها نیز نشان داد که در ماه فروردین ایستگاه یک، در ماه خرداد ایستگاه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ در ماه تیر ایستگاه‌های ۱، ۳، ۵ و ۶، در ماه مرداد ایستگاه های ۶ و ۷ و در ماه شهریور ایستگاه ۳، ۴ و ۵ کیفیت آب نسبتاً آلوده و در بقیه ایستگاه‌ها در ماه‌های مختلف و در تمامی ایستگاه‌ها در ماه اردیبهشت کیفیت آب بسیار خوب است. در مطالعه صباحی و همکاران (۲۸) در زمینه بررسی تأثیر فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان، مقدار افزایشی در پارامترهای کیفی آب مانند BOD، COD، فسفات و نیترات مشاهده شد. آن‌ها فعالیت‌های کشاورزی را به‌عنوان دلیل اصلی افزایش نسبی پارامترهای ذکر شده معرفی کردند. همچنین بهار و همکاران (۳) در رابطه بین کیفیت آب و کاربری اراضی در رودخانه کوچکی در ژاپن اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های آب در ۲۴ مکان کردند و نشان دادند که مناطق مسکونی، توسعه‌ی شهرنشینی، مناطق صنعتی و کشاورزی باعث تغییر در پارامترهای کیفی آب و درنتیجه تغییر کیفیت آب می‌شوند.

میزان استاندارد EC طبق این جدول بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد (۱۵). طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده در رودخانه مورد مطالعه میزان EC در دو ماه اول یعنی فروردین و اردیبهشت در تمامی ایستگاه‌ها در حد استاندارد است. در ماه خرداد ایستگاه‌های ۴ و ۵، در ماه‌های تیر و مرداد، ایستگاه‌های ۴ تا ۷ و در ماه شهریور، ایستگاهای ۲ تا ۷ بیش از این استاندارد بودند. از دلایل این امر می‌توان به کارگاه‌های پرورش ماهی، آلاینده‌های صنعتی و تشکیلات زمین‌شناسی اشاره کرد. در بقیه ایستگاه‌ها کیفیت آب از نظر هدایت الکتریکی در محدوده مجاز می‌باشد.

جدول ٦- استاندارد آلودگی آب‌های سطحی بر اساس منابع مختلف

Table 6- The Standard of surface water pollution based on different sources

پارامتر Parameter	مقدار در رودخانه Value in river	محدوده استاندارد Standard range		منبع Reference
pH		6.5-9.5		بوید و گوتیر (۵) Boyd and Gautier
DO (mg/lit)	7.8-10.4	>5		بوید و گوتیر (۵) Boyd and Gautier
BOD_5 (mg/lit)	0-3.7	0-2	بسیار پاکیزه Very clean	سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (۹) Environmental Protection Agency (EPA)
		2-5	نسبتاً آلوده Slightly polluted	
		>5	شدیداً آلوده Very polluted	
NH3_N (mg/lit)	0.07-0.42	–		–
TSS (mg/lit)	4.5-45	–		–
EC (µs/cm)	295-969	150-500		کلی و همکاران (۱۵) Kelly et al.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه وضعیت کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص آلودگی Liou به مدت ۶ ماه از فروردین تا شهریور سال ۱۳۹۵ بررسی شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که طبق شاخص آلودگی Liou، کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد در طی ماه‌های مختلف تغییرات چندانی نداشت و کیفیت آب خوب بود. همچنین آنالیز مؤلفه‌های اصلی در اولویت‌بندی اهمیت هر کدام از پارامترها در آلودگی نقش مثبتی ایفا می‌کند، به‌طوری‌که پارامترهای مهم‌تر را در مؤلفه اول و پارامترهای کم اهمیت‌تر را به ترتیب در مؤلفه‌های بعدی قرار می‌دهد، از طرفی دیگر سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی نیز جهت مطالعات کیفی آب نیز مهم می‌باشند. این پژوهش، سودمندی و کارایی تکنیک‌های آماری چند متغیره تحلیل مؤلفه اصلی و شاخص آلودگی آب و سنجش پارامترها را برای تحلیل و تفسیر مجموعه‌ای از داده‌های پیچیده، ارزیابی کیفیت آب و فهم مکانی کیفیت آب را برای مدیریت مؤثر کیفیت آب سطحی نشان می‌دهد. که این نه‌تنها امکان استفاده نسل‌های آتی را امکان پذیر می‌کند بلکه مدیریت منابع آب را براساس توسعه پایدار دچار اختلال نمی‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Aminpour Shiani S., Mohammadi M., Khaledian M.R., and Mirroshandel A. 2016. Water quality evaluation of Gazroudbar river using NSFWQI and Liou indices. Journal of Wetland Ecobiology 8(1): 63-74. (In Persian)
2- APHA. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
3- Bahar M.M., Ohmori H., and Yamamuro M. 2008. Relationship between river water quality and land use in a small river basin running through the urbanizing area of Central Japan. Limnology 9(1): 19-26.
4- Bouza-Deano R., Ternero-Rodriguez M., and Fernandez-Espinosa A.J. 2008. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). Journal of Hydrology 361(3): 227-239.
5- Boyd C.E., and Gautier D. 2000. Effluent composition and water quality standards. Advocate 3: 61-66.
6- Camdevyren H., Demyr N., Kanik A., and Keskyn S. 2005. Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs. Ecological Modelling 181: 581-589.
7- Effendi H. 2015. River water quality preliminary rapid assessment using pollution index. Procedia Environmental Sciences 33: 562-567.
8- Effendi H., and Wardiatno R.Y. 2015. Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province,Based on Pollution Index and NSF-WQI. Procedia Environmental Sciences 24: 228-237.
9- Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Quality Criteria for Waters, Washington, DC.
10- Fan X., Cui B., Zhao H., Zhang Z., and Zhang H. 2010. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. Procedia Environmental Sciences 2: 1220-1234.
11- Fathi E., Zamani-ahmadmahmoodi R., and Zare Bidaki R. 2018. Water quality assessment of Beheshtabad River at the intersection of Shalamzar Spring with Koohrang River. Journal of Environment and Water Engineering 4(2): 178-183. (In Persian with English abstract)
12- Gayoor H., and Montazarei M. 2005. Classification of temperature regime of Iran using PCA and CA. Geography and Development Iranian Journal 2(4): 21-34. (In Persian)
13- Hoseinzadeh E., Khorsandi H., Rahimi N., Hoseinzadeh S., and Alipour M. 2013. Evaluation of Aydughmush water quality by national sanitation foundation oundation water quality (NSFWQI) and Liou pollution indices. URMIA Medical Journal 24(2): 156-162. (In Persian with English abstract)
14- Jang C.S. 2016. Using probability-based spatial estimation of the river pollution index to assess urban water recreational quality in the Tamsui River watershed. Environmental Monitoring and Assessment 188(1): 36.
15- Kelly T.R., Herida J., and Mothes J. 1998. Sampling of the Mackinaw River in central Illinois for physicochemical and bacterial indicators of pollution. Trans Ill State AcadSci 91: 145-154.
16- Lausch A., and Herzog F. 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. Ecological Indicators 2(1-2): 3-15.
17- Liou S.M., Lo S.L., and Hu C.Y. 2003. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. Water Research 37(6): 1406-1416.
18- Mohamed I., Othman F., Ibrahim A.I, AlaaEdin M.E., and Yunus R. 2015. Assessment of water quality parameters using multivariate analysis for Klang River basin, Malaysia. Environmental Monitoring and Assessment 187(1): 1-12.
19- Nazemosadat S.M.J., Baigi B., and Amin S. 2003. Application of the principal component analysis for the regionalization of winter precipitation over Boushehr, Fars and Kohgiloye and Boyerahmad provinces. Journal of Water and Soil Science 7(1): 61-72. (In Persian)
20- Noori R., Abdoli M.A., Jalili Ghazizade M., and Samieifard R. 2009. Comparison of neural network and principal component-regression analysis to predict the solid waste generation in Tehran. Iranian Journal of Public Health 38(1): 74-84.
21- Noori R., Khakpour A., Omidvar B., and Farokhnia A. 2010. Comparison of ANN and principal component analysis-multivariate linear regression models for predicting the river flow based on developed discrepancy ratio statistic. Expert Systems with Applications 37(8): 5856-5862.
22- Nosrati K., Derafshi K.H, Gharechahi S., and Rahimi K.H. 2011. Assessment of surface water quality of Haraz-Gharesou watershed using with multivariate techniques. Journal of Earth Science Researches 2(5): 41-55. (In Persian)
23- Oram B. 2011. Calculating NSF Water Quality Index (WQI). Wilkes University Center for Environmental Quality Geo Environmental Sciences and Engineering Department.
24- Ouyang Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Water Research 39(12): 2621-2635.
25- Papatheodorou G., Demopouloua G., and Lambrakis N. 2006. A long-term study of temporal hydro chemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. Ecological Modeling 193: 759-776.
26- Pasha Zanoosi H. 2014. Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists John Townend. Jahad Daneshgahi Publisher, Mazandaran Branch, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

27- Riitters K.H., Oneill R.V., Hunsaker C.T., Wickham J.D., Yankee D.H., Timmins S.P., Jones K.B., and Jackson B.L. 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology 10(1): 23-39.
28- Sabahi H., Faizi M., Veisi H., and Asilan K.S. 2010. Study on the influence of agricultural activities on water quality of Sikan. Environmental Sciences 7(4): 23-30. (In Persian with English abstract)
29- Samantray P., Mishra B.K., Panda C.R., and Rout S.P. 2009. Assessment of water quality index in Mahanadiand Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip area, India. Journal of Human Ecology 26(3): 153-161.
30- Sanchez E., Colmenarejo M.F., Vicente J., Rubio A., Garcia M.G., Travieso L., and Borja R. 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators 7(2): 315-328.
31- Seifi A., Mirlatifi S.M., and Riahi H. 2011. Developing a combined model of multiple linear regression- principal component and factor analysis (MLR-PCA) for estimation. Journal of Water and Soil 24(6): 1186-1196. (In Persian with English abstract)
32- Shamsaie A., Oreei S., and Sarang A. 2004. The comparison of water indices and zoning quality in Karoon and Dez rivers. Journal of Water and Wastewater 16(3): 39-48. (In Persian)
33- Sheykhestani N. 2001. Explanation of surface water quality indices, and their applications in evaluation of quality vulnerability and interpolation of rivers. MSc Thesis in Environmental engineering. Iran University of Science Technology. (In Persian).
34- Shih C.H., Chu T.J., Kuo Y.Y., Lee Y.C., Tzeng T.D., and Chang W.T. 2010. Environmental pre-evaluation for eco-leisure: A case study of a restored stream system in Hofanchuken creek of Taipei county,Taiwan. Journal Environment Engineering Management 20(2): 99-108.
35- Terrado M., Barcelo D., Tauler R., Borrell E., and Campos S.D. 2010. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. TrAC Trends in Analytical Chemistry 29(1): 40-52.
36- Yidana S.M., Ophori D., and Banoeng-Yakubo B. 2008. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data-The Ankobra Basin, Ghana. Journal of Environmental Management 86: 80-87.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 405-417

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۱۷-۴۰۵

Water Quality Assessment of the Beheshtabad River Using Liou Pollution Index and Principal Component Analysis

R. Zamani-Ahmadmahmoodi[1*]– E. Fathi[2]- S. Bayati[3]- P. Ghorbani-Dashtaki[4]

Received: 25-02-2019
Accepted: 15-05-2019

Introduction: Surface water, especially rivers, are the important sources for drinking water, agricultural and industrial uses. These reservoirs are easily affected by pollution and various activities. The vulnerability of surface water is greater than that the groundwater. Therefore, the importance of water quality evaluation, especially for drinkable water, has increased due to the reduction in its quality and quantity in recent years. Optimal use and conservation of water resources in terms of quantity and quality are the principles of sustainable development of any country. Water quality indices are among the useful tools in water quality assessment and management. The aim of this study was to evaluate the water quality of the Beheshtabad River in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran by using the Liou Pollution Index and selecting the most important parameters based on Principal Component Analysis (PCA).

Materials and Methods: In this study, 7 water quality parameters including temperature, dissolved oxygen, biological oxygen demand, ammonia nitrogen, electrical conductivity, total suspended solids, and potential hydrogen were measured by standard methods along the river in 7 selected stations for 6 months (April to September 2016). Some of these parameters were measured at the sampling site and others in the laboratory. Then, the values of the Liou Pollution Index were calculated to evaluate the water quality of the Beheshtabad River in different stations. In this study, SPSS software was used to analyze the principal component. In the next step, the appropriateness of the statistical universe was assessed using the Kaiser-Meyer-Olkin test.

Results and Discussion: The results of this study showed that the water quality was good during the study period at sampling stations\, according to the Liou Pollution Index. The value of Liou Pollution Index was in the slightly polluted class in March in station 4. Then, the average of Liou Pollution Index in the Beheshtabad River was compared to different rivers. The result showed that the average of Liou Pollution Index in the studied river is higher than rivers outside Iran. In addition, according to the statistical technique of PCA, two components were introduced as the main component. The first component expressed 57.26% of the total variance and included dissolved oxygen, ammonia nitrogen, biological oxygen demand, electrical conductivity, total suspended solids and potential hydrogen parameters. The second component, temperature, expressed 21.3% of the total variance. Furthermore, the result of comparing the measured quality parameters with the standard value of surface water showed that biological oxygen demand, electrical conductivity, and total suspended solids parameters in some stations were within the standard range and in some others were higher, which indicated a negative result. The best and worst water quality in terms of biological oxygen demand was observed in May and June, respectively. The electrical conductivity in April and May in all stations was within the standard range. However, electrical conductivity was higher than the standard level in June in stations 4 and 5, higher again in July and August in stations 4 to 7, and higher as well in September in stations 2 to 7. The fish farming workshops, industrial pollution and geological survey may be the reasons. The value of potential hydrogen in all of the stations was within the standard range of 6.5 to 9.5. The value of dissolved oxygen was high because of increasing rainfall and stream flows due to the snow melting.

Conclusion: The results of this study showed that the water quality in the Beheshtabad River did not change during the last 6 months (April to September 2016), and water quality was good. In addition, PCA plays an important role in prioritizing the importance of each parameter in the pollution. Therefore, PCA places more important parameters in the first component and less important parameters in the subsequent, respectively. On the other hand, the measurement of physicochemical parameters is important for the study of water quality. This

1 and 2- Assistant Professor of Fisheries and Environmental Sciences and Former Graduate Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University
(*- Coressponding Author Email: rasoolzamani@yahoo.com)
3- Former Graduate Student of Water Resourses, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
4- Former Graduate Student of Environmental Science, Department of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University

www.SID.ir

Archive of SID

research demonstrates the usefulness and efficiency of the multivariate statistical technique of PCA and the use of indicators for effective management of surface water quality. Therefore, using water resources in the future is possible, and does not endanger their management based on sustainable development.

Keywords: Chaharmahal and Bakhtiari Province, Physicochemical parameters of water, River pollution index, Water resources

www.SID.ir