

水污染指数法和模糊综合评价法在水质评价中的应用

宁阳明,尹发能

(湖北师范大学 城市与环境学院,湖北 黄石 435002)

摘要:为了解长江黄石段水质状况,为该流域水环境治理和保护提供科学依据,运用水污染指数法和模糊综合评价法分析 2014 至 2018 年长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质情况.研究表明,水污染指数法显示两个河流断面近五年水质类别均在 V 类及以上,水质污染较为严重,其中 2014 年均均为劣 V 类水质.模糊综合评价法根据最大隶属度原则判断出 2017 年、2018 年三峡断面和 2017 年风波港断面属于 I 类水质,其余时期两个断面均为 V 类水质.两种评价方法均表明总氮是影响河流断面的主要污染物.

关键词:水污染指数法;模糊综合评价法;长江黄石段;水质评价

中图分类号:X131.2

文献标志码:A

水质评价是水环境管理的重要基础和可靠保证,关乎着人们的生产生活和社会的可持续发展.由于水环境是一种由多介质组成的多元体系,涉及大量的污染因素和变量,具有高度的随机性、复杂性和综合性.因此,水质评价既要识别水质类别、主要污染指标,也要反映水质在时间和空间上的变化情况^[1].

目前,水质评价方法主要有污染指数法^[2]、灰色系统评价法^[3-4]、物元可拓法^[5-6]、内梅罗污染指数法^[7]、人工神经网络法^[8]、生物多样性指数^[9]等.其中,水污染指数法通过建立较为简单的数学模型分析评价因子^[1],既可以判断河流水质类别、主要污染指标,又能反映评价因子在时间和空间上的变化情况;模糊综合评价法^[10]运用隶属函数和模糊综合评价模型等分析各评价因子对河流水质的影响,符合水环境多元介质耦合的特点.鉴于此,本研究运用水污染指数法和模糊综合评价法对 2014 至 2018 年长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质进行分析.水污染指数法操作过程简单,可将三峡断面和风波港断面的水质污染指标进行量化,根据量化结果了解当前两个河流断面的水质类别和主要污染因子,同时可以反映长江黄石段水资源的时空变化特征,能够准确而全面了解该流域水质总体污染差异.模糊综合评价法对三峡断面和风波港断面水质的影响因子进行分析,既考虑了该流域水资源的不确定性和模糊性,又求出各评价因子对河流水质的影响权重及河流水质类别,能够客观地分析河流水质状况.将这两种方法的评价结果进行比较,以为长江黄石段流域水体管理和保护提供科学依据.

1 研究方法

1.1 水污染指数法

1.1.1 水污染指数法的评价原则

水污染指数(Water Pollution Index,简称 WPI)法^[1],是基于单因子评价法的评价原则,根据水质类别和 W 值(I, II, III, IV, V,劣 V 类水质所对应的 W 值及范围分别为 20, (20, 40], (40, 60], (60, 80], (80, 100], >100),采用内插法计算水质评价指标的 W 值,并选取最高值作为该监测断面的 W 值.

收稿日期:2019-12-04;修回日期:2020-09-25.

基金项目:国家自然科学基金(41402152)

作者简介:宁阳明(1990-),男,广西钦州人,湖北师范大学硕士研究生,主要研究方向为水环境监测,E-mail:ningyangming@126.com.

通信作者:尹发能(1972-),男,湖北建始人,湖北师范大学教授,主要研究方向为湖泊湿地生态环境,E-mail:yinfaneng@126.com.

1.1.2 水污染指数 W 值的计算

I ~ IV 类水质类别限值时指标 W 值计算公式为: $W(i) = W_l(i) + \frac{W_h(i) - W_l(i)}{C_h(i) - C_l(i)} \times (C(i) - C_l(i))$, $C_l(i) < C(i) \leq C_h(i)$, 式中, $C(i)$ 为第 i 个水质项目的监测浓度值, $C_l(i)$ 为第 i 个水质项目所在类别标准的下限浓度值, $C_h(i)$ 为第 i 个水质项目所在类别标准的上限浓度值, $W_l(i)$ 为第 i 个水质项目所在类别标准下限浓度值所对应的指数值, $W_h(i)$ 为第 i 个水质项目所在类别标准上限浓度值所对应的指数值, $W(i)$ 为第 i 个水质项目所对应的指数值.

此外,若溶解氧(DO) ≥ 7.5 mg/L 时,取评分值为 20;若 2 mg/L \leq 溶解氧(DO) < 7.5 mg/L 时,计算公式为: $W(i) = W_l(i) + \frac{W_h(i) - W_l(i)}{C_l(i) - C_h(i)} \times (C_l(i) - C_i(i))$.

V 类和劣 V 类水质类别限值时指标 W 值计算公式为: $W(i) = 100 + \frac{C(i) - C_5(i)}{C_5(i)} \times 40$, 式中, $C_5(i)$ 表示第 i 个水质项目 V 类水质标准浓度限值.

此外,若溶解氧(DO) < 2 mg/L 时,计算公式为: $W_{DO} = 100 + \frac{2.0 - C_{DO}}{2.0} \times 40$.

1.1.3 监测断面 W 值的确定

$$W = \max(W(i)).$$

1.2 模糊综合评价法

1.2.1 建立评价因子集和评价集

根据长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质监测数据,选取其中的 6 项污染指标作为评价因子,建立以下评价因子集: $U = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\} = \{TN, TP, NH_3 - N, BOD_5, COD_{Mn}, DO\}$.

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),确定水质评价集 $V = \{I, II, III, IV, V\}$.

1.2.2 建立权重向量

权重是衡量评价因子集中某一因子对水质污染程度影响相对大小的量,权重系数越大,则该因子对水质的影响程度越大.通过超标法计算河流水质的指标权重,即:

$$I_i = C_i / \overline{S_{i0}} (i = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

由于溶解氧指标浓度越高,水质越好,因此其计算公式为:

$$I_i = \overline{S_{i0}} / C_i (i = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

$$\overline{S_{i0}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k S_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k), \quad (3)$$

式中: C_i 为第 i 个评价因子的实测浓度; S_{ij} 为第 i 个评价因子第 j 级的评价标准; I_i 为第 i 个评价因子的权重; n 为评价因子总数; $\overline{S_{i0}}$ 为第 i 个评价因子各级评价标准的平均值; k 为水质评价分级数.

权重在 $[0, 1]$ 内取值时,需对权重进行归一化处理,即: $W_i = I_i / \sum_{i=1}^n I_i, \sum_{i=1}^n W_i = 1$.

1.2.3 建立模糊关系矩阵

常用“降半梯形分布图法”计算隶属函数 $u(x)$, 隶属函数值越大,表示隶属程度越高,即评价因子对于某种级别的水质隶属程度越高^[1].

氨氮、总氮等属于偏小型分布指标,故隶属函数可表达为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & C_i \leq S_{ij}, \\ \frac{S_{i(j+1)} - C_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} < C_i < S_{i(j+1)}, \\ 0, & C_i \geq S_{i(j+1)}, \end{cases} \quad r_{ij} = \begin{cases} \frac{C_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < C_i < S_{ij}, \\ 1, & C_i = S_{ij}, \\ \frac{S_{i(j+1)} - C_i}{S_{i(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} < C_i < S_{i(j+1)}, \end{cases} \quad (j = 2, 3, 4)$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & C_i \leq S_{i(j-1)}, \\ \frac{C_i - S_{i(j-1)}}{S_{ij} - S_{i(j-1)}}, & S_{i(j-1)} < C_i < S_{ij}, \\ 1, & C_i > S_{ij}. \end{cases}$$

根据计算得到的评价因子隶属度值,建立模糊关系评价矩阵,即: $R = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$, 式

中: r_{ij} 表示第 i 种污染物的环境质量数值可以被评价为第 j 类环境质量的的可能性,即 i 对 j 的隶属度. m 代表评价因子数, n 代表水质类别.

1.2.4 建立模糊综合评价模型

$$B = W \circ R = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n).$$

根据最大隶属度原则,若 $b_j = \max(b_1, b_2, \dots, b_n)$ 则待评价对象的水质级别应该为第 j 类.

2 评价区域和数据来源

长江黄石段(29°94'~30°05'N、115°31'~115°42'E)地处长江中游地区^[12],上接戴家洲河段,下与漳源口河段相连^[13],全长 29.8 km,市区段长 18.4 km,整个江段为单式河槽,平面状态呈长镰状,江面宽 750~2 000 m.该区域属于亚热带东亚大陆性气候,年平均气温 17 °C,年平均降水量 1 382.6 mm,水资源充沛,是黄石市居民生活用水和工农业用水的重要补给水源.近年来,随着沿岸工农业的快速发展和城镇人口的激增,沿岸工农业废水、城镇生活污水严重影响着该流域水环境质量,有必要对该流域水质进行评价.

水质监测是河流水质评价的重要依据,其中氨氮(NH₃-N)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、5 日生化需氧量(BOD₅)、溶解氧(DO)等指标为河流水质监测的必测项目,而总氮(TN)、总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})为湖泊、河流等水域水质营养状态评价指标,若该类指标含量过高,则导致该水域出现富营养状态,造成藻类生长过旺,河湖水质变差等现象.因此,以上指标对三峡断面和风波港断面的水质营养化状态和水质评价具有极其重要意义.本研究选取黄石市生态环境局网站(<http://sthjj.huangshi.gov.cn>)2014—2018 年长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质监测数据,利用加权平均值求出两个断面 5 年间水质监测数据的年平均值(见表 1),采用水污染指数法和模糊综合评价法分析两个断面近 5 年的水质情况.

表 1 2014—2018 年长江黄石段水质监测数据

Tab.1 Water quality monitoring data of Huangshi Section of the Yangtze River in 2014—2018

年份	水质断面	TN	TP	NH ₃ -N	BOD ₅	COD _{Mn}	DO
2014	三峡断面	2.21	0.149	0.278	1.25	2.30	7.00
	风波港断面	2.28	0.141	0.259	1.34	2.36	6.68
2015	三峡断面	1.91	0.114	0.214	1.22	2.17	7.80
	风波港断面	1.94	0.123	0.221	1.34	2.36	6.68
2016	三峡断面	1.99	0.117	0.123	1.28	2.08	7.45
	风波港断面	1.89	0.129	0.129	1.56	1.95	7.44
2017	三峡断面	1.81	0.134	0.197	1.12	1.93	7.53
	风波港断面	1.83	0.133	0.185	0.84	1.88	7.76
2018	三峡断面	1.82	0.130	0.119	0.94	2.06	8.68
	风波港断面	1.86	0.120	0.111	0.83	1.88	8.90

注:数据根据黄石市环境监测站对 2 个断面实测数据计算年平均值所得.

3 结果与分析

3.1 水污染指数法的评价结果

运用水污染指数法评价 2014 至 2018 年长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质,评价结果见表 2。

由表 2 可知,2014 年三峡断面和风波港断面水质等级均为劣 V 类,但通过对 W 值的对比发现,此时三峡断面的水质状况较好,而风波港断面的水质状况较差.另外,2015 至 2018 年三峡断面和风波港断面水质等级均为 V 类,而通过 W 值的量化结果可知,2017 年两个断面的水质状况较好,而 2016 年三峡断面和 2015 年风波港断面的水质状况较差.综上可知,水污染指数法适用于比较不同河流断面的水质状况,同时也能够反映同一河流断面不同时期的水质变化趋势.另外,水污染指数法能够识别河流断面的主要污染指标,其筛选方法如下:若河流水质为 III 类或优于 III 类,则不筛选主要污染指标;若河流水质劣于 III 类,则从超出 III 类标准限值的指标中取 W 值最大的前三项指标作为该河流断面的主要污染指标^[1].

水污染指数法的评价结果表明,两个断面 2014 年为劣 V 类水质,2015 至 2018 年为 V 类水质,总氮是影响河流水质的主要污染指标.究其原因:黄石市人口近年快速增长,2010 年超过了 260 万人,由此出现大量的居民生活污水排放;黄石市生产总值快速增长表明工农业处于快速发展过程,与此同时产生了大量的工农业废水,而黄石市污水处理厂数量少且规模小难以处理巨大的生活污水和生产废水,导致有些未经处理的污水直接排放入江,造成江水被污染,水质变差.可见,黄石市长期的工业活动(如矿山开采、有色金属冶炼、造纸等)和大范围的农

表 2 三峡断面和风波断面的水污染指数法评价结果

Tab.2 Evaluation results of the Three Gorges Section and Fengbogang section using the water pollution index method

年份	水质断面	W 值	水质等级	主要污染指标
2014	三峡断面	104.2	劣 V 类	总氮
	风波港断面	105.6	劣 V 类	总氮
2015	三峡断面	96.4	V 类	总氮
	风波港断面	97.6	V 类	总氮
2016	三峡断面	99.6	V 类	总氮
	风波港断面	95.6	V 类	总氮
2017	三峡断面	92.4	V 类	总氮
	风波港断面	93.2	V 类	总氮
2018	三峡断面	92.8	V 类	总氮
	风波港断面	94.4	V 类	总氮

业活动(如化肥施用、畜禽粪便及养殖饲料等)以及频繁的城市生活(如居民生活、餐饮住宿业、居民服务业、医院等)等点源和面源污染源带来的大量有机污染物,严重影响着长江黄石段的水质.

3.2 模糊综合评价法的评价过程及结果

3.2.1 权重值的计算

采用超标法,根据公式(3)计算出两个断面各评价因子的权重,结果见表 3,并由公式(1)或(2)将其进行归一化处理,结果见表 4 和表 5.

3.2.2 建立模糊关系矩阵

根据 1.2.3 节的计算方法建立两个河流断面 2014 至 2018 年的模糊关系矩阵,文中以 2014 年为例:

$$2014 \text{ 年三峡断面: } \mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.51 & 0.49 & 0 & 0 \\ 0.63 & 0.37 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.85 & 0.15 & 0 & 0 & 0 \\ 0.67 & 0.33 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; 2014 \text{ 年风波港断面: } \mathbf{R}_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.59 & 0.41 & 0 & 0 \\ 0.69 & 0.31 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.82 & 0.18 & 0 & 0 & 0 \\ 0.45 & 0.55 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

同理可求出 2015 至 2018 年两个河流断面水质模糊关系矩阵,在此不逐一列出.

3.2.3 水质模糊综合评价

将表 4、表 5 两个断面的权重集和 3.2.2 节两个断面近 5 年模糊关系矩阵 $[\mathbf{R}]$ 分别代入 1.2.4 节的数学模

型中运算,求出两个断面 2014 至 2018 年模糊综合评价集 B ,如表 6 所示。

表 3 三峡断面和风波港断面各评价因子权重

Tab.3 Weights of evaluation factor of the Three Gorges Section and Fengbogang section

计算过程	TN	TP	NH ₃ -N	BOD ₅	COD _{Mn}	DO
\bar{S}_{in}	1.040	0.204	1.030	5.200	7.400	4.700

表 4 三峡断面水质评价因子权重值归一化结果

Tab.4 Normalized results of weighted values of water quality evaluation factor of the Three Gorges Section

指标	2014		2015		2016		2017		2018	
	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i
TN	2.125	0.489	1.837	0.492	1.913	0.508	1.740	0.472	1.750	0.500
TP	0.730	0.168	0.559	0.150	0.574	0.152	0.657	0.178	0.637	0.182
NH ₃ -N	0.270	0.062	0.208	0.056	0.119	0.032	0.191	0.052	0.116	0.033
BOD ₅	0.240	0.055	0.235	0.063	0.246	0.065	0.215	0.058	0.181	0.052
COD _{Mn}	0.311	0.072	0.293	0.078	0.281	0.075	0.261	0.071	0.278	0.079
DO	0.671	0.154	0.602	0.161	0.631	0.168	0.624	0.169	0.541	0.154
$\sum_{i=1}^n W_i$	4.347		3.734		3.764		3.688		3.503	

表 5 风波港断面水质评价因子权重值归一化结果

Tab.5 Normalized results of weighted values of water quality evaluation factor of Fengbogang section

指标	2014		2015		2016		2017		2018	
	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i	I_i	W_i
TN	2.192	0.496	1.865	0.470	1.817	0.482	1.760	0.487	1.788	0.522
TP	0.691	0.157	0.603	0.152	0.632	0.168	0.652	0.180	0.588	0.172
NH ₃ -N	0.251	0.059	0.215	0.054	0.125	0.033	0.180	0.050	0.108	0.032
BOD ₅	0.258	0.058	0.258	0.065	0.300	0.080	0.162	0.045	0.160	0.047
COD _{Mn}	0.319	0.072	0.319	0.080	0.264	0.070	0.254	0.070	0.254	0.074
DO	0.704	0.159	0.704	0.178	0.632	0.168	0.606	0.168	0.528	0.154
$\sum_{i=1}^n W_i$	4.415		3.964		3.770		3.614		3.426	

表 6 两个断面河流水质的综合评判

Tab.6 Comprehensive judgment of river water quality in the two sections

年份	水质断面	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	评价结果
2014	三峡断面	0.258 4	0.170 2	0.082 3	0.000 0	0.489 0	V 类
	风波港断面	0.229 3	0.211 3	0.064 4	0.000 0	0.496 0	V 类
2015	三峡断面	0.341 7	0.146 1	0.021 0	0.088 6	0.403 4	V 类
	风波港断面	0.261 9	0.232 9	0.035 0	0.056 4	0.413 6	V 类
2016	三峡断面	0.332 0	0.134 2	0.025 8	0.010 2	0.497 8	V 类
	风波港断面	0.344 3	0.126 0	0.048 7	0.106 0	0.376 0	V 类
2017	三峡断面	0.343 2	0.124 2	0.060 5	0.179 4	0.292 6	I 类
	风波港断面	0.328 0	0.125 6	0.059 4	0.165 6	0.321 4	I 类
2018	三峡断面	1.005 3	0.129 8	0.054 6	0.180 0	0.320 0	I 类
	风波港断面	0.307 0	0.137 6	0.034 4	0.146 2	0.375 8	V 类

由表 6 可知,2017 年、2018 年三峡断面和 2017 年风波港断面均属于 I 类水质,这说明两个断面此时水

质较好;而2014至2016年三峡断面和2014至2016年、2018年风波港断面已达到了V类水质,这说明两个断面此时的水质已受到严重污染,应加强水质监管力度,改善河流水质.2016年三峡断面模糊综合评价指数高于风波港断面,而其余年份情况则相反.根据最大隶属度原则,近5年风波港断面水质模糊综合指数值呈现递减趋势.

通过对各评价指标权重集计算可知,总氮在两个河流断面近5年水质评价中权重均大于45%,表明总氮是影响河流水质的主要污染物,这与黄石市工农业生产和城镇生活污水排放紧密相关.因此,需要加强流域综合治理以确保两个河流断面的水质安全.

3.3 评价结果比较

3.3.1 水质类别评价比较

水污染指数法和模糊综合评价法都分析了各评价因子对河流水质的影响,并根据最大隶属度原则判断待评价对象的水质类别.由表2和表6可知:水污染指数法表明两个断面的水质均达到V类及以上,模糊综合评价法显示除2017年、2018年三峡断面和2017年风波港断面的水质都属于I类之外,其余年份两个断面的水质均属于V类.

3.3.2 定量评价比较

水污染指数法通过计算两个断面的W值,确定其水质类别,并根据各评价因子W值的大小,判断其主要污染指标.由表2可知,2014年两个断面的W值最大,均超过100,分别为104.2,105.6.模糊综合评价法通过建立模糊关系矩阵确定河流断面水质类别,同时能够根据各评价因子的权重判断其主要污染物.由表6可知,近五年两个断面的模糊综合评价结果的相关指数均大于0.3000.

3.3.3 主要污染指标比较

水污染指数法将超过III类标准限值的指标中W值最大的前三个指标作为该河流断面的主要污染指标.模糊综合评价法则将权重 W_i 值较大的评价因子作为该河流断面的主要污染指标.两种方法的评价结果均表明总氮是影响三峡断面和风波港断面水质的主要污染指标.

3.3.4 劣V类水体水质比较

水污染指数法不仅能够判断劣V类水质,而且能够根据W值大小比较不同水体的污染程度.如2014年三峡断面和风波港断面水质等级均为劣V类,但三峡断面W值略低于风波港断面W值,说明此时三峡断面的水质状况较风波港断面的水质状况好.模糊综合评价法只能评价V类及以上等级的水质,无法判断出劣V类水质.

4 结 语

采用水污染指数法和模糊综合评价法分析2014—2018年长江黄石段三峡断面和风波港断面的水质,并比较这两种方法的评价结果.结果表明,水污染指数法根据各评价因子的W值识别出河流的主要污染指标,并以污染最严重的评价指标所属类别作为河流水质类别.同时,水污染指数法不仅能够判断劣V类水质,而且能够根据W值大小比较不同水体的污染程度.模糊综合评价法利用隶属函数和模糊综合评价模型较好地解决难以量化的模糊问题,该方法不仅能评价河流水质类别,还能判断河流水质的主要污染物,具备定性评价和定量评价的特点,且计算过程简单,结果较科学合理,适合河流水体功能和水质类别的评价.

参 考 文 献

- [1] 刘琰,郑丙辉,付青,等.水污染指数法在河流水质评价中的应用研究[J].中国环境监测,2013,29(3):49-55.
LIU Y,ZHENG B H,FU Q,et al.Application of Water Pollution Index in water Quality Assessment of Rivers[J].Environmental Monitoring in China,2013,29(3):49-55.
- [2] 张凯,郑新辉,李晓楠,等.我国西南某区域地下水污染评价及污染源解析[J].河南师范大学学报(自然科学版),2020,48(5):64-73.
ZHANG K,ZHENG X H,LI X N,et al.The pollution assessment and source analysis of groundwater in a region of southwest China[J].Journal of Henan Normal University(Natural Sciences Edition),2020,48(5):64-73.
- [3] 罗斌,杨雄,何毅.基于耦合赋权法与灰色关联法在小流域生态安全评价中的应用[J].三峡大学学报(自然科学版),2020,42(1):7-12.
LUO B,YANG X,HE Y.The Application of the Coupling Method and Grey Correlation Method to the Ecological Safety Evaluation of

- Small Watershed[J].Journal of china Three Gorges University.(Natural Sciences),2020,42(1):7-12.
- [4] WU J, TIAN X G, TANG Y, et al. Application of analytic hierarchy process-grey target theory systematic model in comprehensive evaluation of water environmental quality[J]. Water Environment Research, 2010, 82(7): 633-641.
- [5] OU B, GONG A M, HE C X, et al. Dynamic evaluation of water source safety based on fuzzy extension model[J]. Membrane Water Treatment, 2019, 10(2): 149-154.
- [6] 虞未江, 贾超, 狄胜同, 等. 基于综合权重和改进物元可拓评价模型的地下水水质评价[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2019, 49(2): 539-547. YU W J, JIA C, DI S T, et al. Groundwater Quality Assessment Based on Comprehensive Weight and Improved Matter-Element Extension Evaluation Model[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2019, 49(2): 539-547.
- [7] 汤玉强, 李清伟, 左婉璐, 等. 内梅罗污染指数法在北戴河国家湿地公园水质评价中的适用性分析[J]. 环境工程, 2019, 37(8): 195-199. TANG Y Q, LI Q W, ZUO W L, et al. Analysis of Applicability of Nemerow Index Method in Evaluation of Water Quality of Beidaihe National Wetland Park[J]. Environmental Engineering, 2019, 37(8): 195-199.
- [8] 彭越兮, 徐蔚鸿, 陈沅涛, 等. 改进量子粒子群算法的模糊神经网络水质评价[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(11): 211-216. PENG Y X, XU W H, CHEN Y T, et al. Improved quantum-behaved particle swarm optimization training fuzzy neural network used in water quality evaluation[J]. Computer Engineering and Applications, 2018, 54(11): 211-216.
- [9] 李学军, 杨俊, 顾钱洪, 等. 洛河东湖水生生物现状调查及水质评价[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2019, 47(3): 86-91. LI X J, YANG J, GU Q H, et al. Evaluation of the Water quality on the aquatic biology investigation data of Luohe East Lake[J]. Journal of Henan Normal University (Natural Sciences Edition), 2019, 47(3): 86-91.
- [10] 吴运敏, 陈求稳, 李静. 模糊综合评价在小流域河道水质时空变化研究中的应用[J]. 环境科学学报, 2011, 31(6): 1198-1205. WU Y M, CHEN Q W, LI J. Fuzzy comprehensive assessment on spatio-temporal variations of water quality of a small catchment[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(6): 1198-1205.
- [11] 席文娟, 金婧, 钱会. 改进模糊综合评价法在水质评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(3): 25-29. XI W J, JIN J, QIAN H. Application of improved fuzzy comprehensive evaluation method to water quality[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2012, 23(3): 25-29.
- [12] 胡兴坤, 高雷, 杨浩, 等. 长江中游黄石江段三种不同类型河道中仔鱼空间分布研究[J]. 淡水渔业, 2017, 47(6): 65-73. HU X K, GAO L, YANG H, et al. Studies on distribution of fish larvae in three channel patterns in the Huangshi section of middle Yangtze River[J]. Freshwater Fisheries, 2017, 47(6): 65-73.
- [13] 吕晓兵. 长江黄石河段河道演变分析[J]. 人民长江, 2011, 42(4): 12-15. LYU X B. River channel evolution analysis in Huangshi reach of Yangtze River[J]. Yangtze River, 2011, 42(4): 12-15.

Application of water pollution index method and fuzzy comprehensive evaluation method in water quality evaluation

Ning Yangming, Yin Faneng

(College of Urban and Environmental Sciences, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China)

Abstract: This paper analysed the water pollution index and fuzzy comprehensive evaluation method to investigate the water quality of the Yangtze River in Three Gorges and Huangshi sections. The data between the years 2014 and 2018 of the Yangtze River is examined to provide a scientific basis for water quality treatment and protection of the Yangtze River basin. The results derived from the water pollution index method show that the water quality of the two river cross-sections in the past five years polluted seriously which is considered as Class V or above. Among them, the water quality in the year 2014 is found as most inferior as of Class V. According to the fuzzy evaluation principle, the water quality of Three Gorges section in between the years 2017 and 2018, and Fengbogang section in the year 2017 are found as of Class I, while the rest other periods are found as of Class V. Both evaluation methods show that total nitrogen is the main pollutant affecting the river cross-section.

Keywords: water pollution index method; fuzzy comprehensive evaluation method; Huangshi section of Yangtze River; water quality evaluation