

基于灰色聚类法的扎龙湿地水环境质量综合评价

周林飞, 许士国*, 孙万光

(大连理工大学 土木水利学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 湿地水环境系统是一个灰色系统. 将灰色聚类法应用到湿地水环境质量评价中, 建立了一套比较完善、适合于湿地的水环境质量评价体系. 以地表水环境质量标准 GB 3838-2002 为依据, 污染程度共分为 5 个等级. 利用白化权函数描述水质分级界限, 利用倒数法确定聚类权, 构建了综合评判灰色数学模型, 并运用此模型对扎龙湿地水环境质量进行评价与分析. 评价结果证实, 无论是空间上还是时间系列上, 扎龙湿地水环境污染都比较严重. 这种污染主要是由缺水型污染、超标型污染和内源型污染三者共同作用而形成的, 其中缺水是主导因素.

关键词: 扎龙湿地; 水环境质量; 灰色聚类法; 综合评价; 成因
中图分类号: X824 **文献标识码:** A

水是湿地的血液, 滋润着湿地的土壤, 哺育着湿地中种类繁多的生物, 构成一个丰富完整的生态系统. 因此, 选择适当的评价方法, 对湿地水环境质量进行评价与分析显得尤为重要. 湿地的水环境状况受多种因素影响和控制, 各参数之间相互影响、相互制约, 故有必要对其进行多种参数的综合评价. 水环境质量综合评价模型分为两类: 确定性模型和不确定性模型. 确定性模型在 20 世纪 60-70 年代研究较多, 近些年来进展不大, 主要包括综合指数法和分级评分法. 20 世纪 80 年代以来, 一些不确定性、非线性理论方法的出现和计算机技术的推广和应用, 为水环境质量评价不确定模型的产生提供了理论依据和技术支持^[1], 主要包括概率统计法、热力学分析法、模糊评价法、物元分析法、灰色评价法、投影寻踪法和人工神经网络分析法等. 由于对水环境质量所获得的数据都是在有限的时间和空间范围内监测得到的, 信息是不完全的或不确切的, 可以将水环境系统视为一个灰色系统, 即部分信息已知、部分信息未知或不确知的系统^[2]. 因此, 适合采用灰色聚类法进行多种参数的综合评价. 本文以扎龙湿地为靶区, 利用灰色聚类法对其水环境质量进行时空评价, 并对水环境恶化的原因进行分析.

1 灰色聚类法的基本原理

1.1 相关定义

灰色系统理论是由“黑箱”和“灰箱”演变而来的, 即由颜色深浅来表示系统信息的完备程度. 内部特性已知的信息系统是白色系统; 未知的或非确知的信息系统是黑色系统; 既含有已知的又含有未知的或非确知的信息系统是灰色系统^[3]. 灰色系统理论是一种能够充分利用已知信息来淡化未知信息, 最终客观、真实地反映系统本质的系统分析方法^[4]. 灰色系统用灰数、灰色方程、灰色矩阵等来描述, 其中灰数是灰色系统的基本“单元”或“细胞”, 指只知道大概的范围而不知道其确切值的数, 记为 $\otimes$. 在应用中, 灰数实际上指一个区间或一个一般的数集^[5]. 对于灰数白化, 一般利用白化权函数来描述一个灰数对其取值范围内数值的接近程度.

1.2 灰色聚类法评价模型的特点与一般形式

从系统信息明确与否来看, 水环境质量评价实际上是一个外延确定而内涵不确定的问题, 属于灰色系统问题. 水环境评价的不确定性, 决定其适合用灰色聚类法进行评价. 灰色聚类法和其他评价方法相比具有如下特点: 利用灰类白化权

函数描述水质分级界限,充分体现了水环境系统的灰色性;聚类权固定,因为各指标在水环境质量评价中所占的地位是客观存在的,不应与其高低浓度有关;不同的级别都有不同的聚类权,避免了用一个固定基准的不合理之处;可比性,当评价结果归属于同一级别时,可根据聚类系数的大小,进行比较.

设有 n 个聚类对象, m 个聚类指标, s 个不同灰类 (对检查观测对象事先设定的不同类别), 根据第 i 个对象关于 j 指标的样本值 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$) 将第 i 个对象归入第 k ($k \in \{1, 2, \dots, s\}$) 个灰类之中, 称为灰色聚类^[6]. 灰色聚类法评价模型的一般形式如下: (1) 给出样本白化值矩阵 $D = (x_{ij})$. (2) 确定灰类白化权函数, 记函数 f_j^k 为第 j 个指标属于第 k 个灰类的白化权函数. (3) 确定聚类权 Z_j . (4) 确定聚类系数 ζ_i^k . (5) 构造聚类向量. (6) 确定各聚类对象所属灰类.

2 建立评价数学模型

2.1 确定评价指标和水质分级标准

评价指标和水质分级标准以 GB 3838—2002 为依据, 水质共分为 5 个评价等级, 见表 1. 各评价指标的标准值 λ_j^k 以 GB 3838—2002 中的分类值为依据, 有些指标可根据地方水域背景值特征及用途做适当调整.

表 1 水质等级划分
Tab. 1 Grade of water quality

等级	水质状况	污染状况
I	优	未污染
II	良	轻污染
III	中	中污染
IV	差	重污染
V	劣	严重污染

2.2 灰类白化权函数的确定

确定第 j 个污染物对第 k 个评价等级的白化权函数 $f_j^k(x_{ij})$, f_j^k 取这样的形状, 所有的 f_j^k 以各评价等级标准值 λ_j^k 为中点, 向两侧模糊展开, 左侧各级斜率互为相反数, 各顶点 $f_j^k = 1$, 见图 1^[7]. 因此, 各级对应的白化权函数如下: 第 j 个污染物对 I 级的白化权函数见式 (1), 第 j 个污染物对 k 级的白化权函数见式 (2), 第 j 个污染物对 V 级的白化权函数见式 (3). 对于 SD 和 DO 与其他污染

物不同, 数值越大说明水环境质量越好, 因此, 其白化权函数有所不同.

$$f_j^1 = \begin{cases} 1; & x \in [0, \lambda_j^1] \\ \frac{\lambda_j^2 - x}{\lambda_j^2 - \lambda_j^1}; & x \in (\lambda_j^1, \lambda_j^2) \\ 0; & x \in [\lambda_j^2, \infty) \end{cases} \quad (1)$$

$$f_j^k = \begin{cases} \frac{x - \lambda_j^{k-1}}{\lambda_j^k - \lambda_j^{k-1}}; & x \in (\lambda_j^{k-1}, \lambda_j^k] \\ \frac{\lambda_j^{k+1} - x}{\lambda_j^{k+1} - \lambda_j^k}; & x \in (\lambda_j^k, \lambda_j^{k+1}) \\ 0; & x \in [0, \lambda_j^{k-1}] \cup [\lambda_j^{k+1}, \infty) \end{cases} \quad (2)$$

$$f_j^5 = \begin{cases} \frac{x - \lambda_j^4}{\lambda_j^5 - \lambda_j^4}; & x \in (\lambda_j^4, \lambda_j^5) \\ 1; & x \in [\lambda_j^5, +\infty) \\ 0; & x \in [0, \lambda_j^4] \end{cases} \quad (3)$$

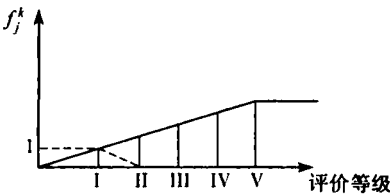


图 1 各级白化权函数原理示意图

Fig. 1 Principle of whitenization weight function

2.3 确定聚类权

聚类权的确定方法有: 样本均差法、专家经验法和阈值样本法等^[8]. 这里采用倒数法, 其原理是污染指标阈值 λ_j^k 越大, 其毒性越小, 其相对权重就越小^[9]. 设 λ_j^k 为 j 指标 k 子类的阈值, 则 j 指标 k 子类聚类权为

$$Z_j = \frac{1/\lambda_j^k}{\sum_{j=1}^m 1/\lambda_j^k} \quad (4)$$

2.4 确定聚类系数

设 ζ_i^k 为对象 i 属于 k 灰类的指标变权聚类系数, 则有

$$\zeta_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot Z_j \quad (5)$$

2.5 构造聚类向量及评判

设 σ_i 为聚类向量, 则有

$$\sigma_i = (\zeta_i^1 \quad \zeta_i^2 \quad \dots \quad \zeta_i^s) \quad (6)$$

按照最大隶属原则确定聚类样本属于哪一类, 则有

$$\zeta_i^k = \max_{k \in s} \{\zeta_i^k\} \quad (7)$$

则称对象 i 属于灰类 k .

3 模型应用

扎龙自然保护区位于黑龙江省齐齐哈尔市东南. 地理坐标: $46^{\circ}52' \sim 47^{\circ}32'N$, $123^{\circ}47' \sim 124^{\circ}37'E$. 嫩江支流乌裕尔河、双阳河流至下游, 失去明显河道, 河水漫溢形成大面积永久性和季节性淡水沼泽地, 并以无数小型浅水湖泊、广阔的芦苇沼泽和草甸为主要特征, 总面积 $2\ 100\text{ km}^2$. 根据生态环境和功能, 将其划分为 3 个区: 核心区、缓冲区和试验区, 湿地平面图见图 2. 扎龙自然保护区是我国北方同纬度地区中保留最完整、最原始、最开阔的湿地生态系统, 是天然的物种库和基因库, 具有许多濒危野生动物的独特生境.

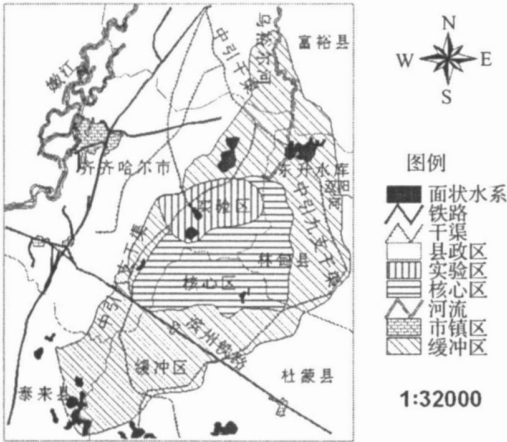


图 2 扎龙自然保护区功能区划图

Fig. 2 Function zone of Zhalong wetland

3.1 资料处理与参评指标的选取

1988~ 2000 年全湿地各年水质监测平均值^[10], 代表湿地水质时间系列的变化; 1997~ 1999 年 5 大主要湖泊平均值, 2000 年湿地入水口、核心区和出水口水质监测平均值, 代表湿地水质空间上的变化. 所监测的项目有 COD_{Mn} , BOD_5 , TP , TN , DQ , Cu , Zn 等 21 项. 根据地表水环境质量标准 GB 3838—2002, I 类主要适用于源头水和国家自然保护区. 所以在监测数据中去掉实测值为 0 的因子, 去掉符合 I 类水质的指标, 最后选定 4 个参评因子 COD_{Mn} , BOD_5 , TP , TN .

3.2 数据的量纲一化处理

在评价中, 各聚类指标意义、量纲不同, 且在数量上相差悬殊时, 不能直接进行计算, 通常要对数据进行量纲一化处理. 本文采用平均标准值法, 即用各项目的监测结果和分级标准值分别除以对应项目的平均标准值^[11]. 按此法对标准值 λ_j^k 和实际监测值进行量纲一化处理, 结果见表 2~ 5.

表 2 量纲一扎龙湿地水环境质量标准 (λ_j^k)

Tab. 2 Non-dimension water quality classification standard in Zhalong wetland

评价指标	分级标准				
	I	II	III	IV	V
TP	0.13	0.32	0.65	1.30	2.60
TN	0.19	0.48	0.96	1.44	1.93
COD_{Mn}	0.27	0.54	0.81	1.35	2.03
BOD_5	0.58	0.58	0.77	1.15	1.92

表 3 量纲一扎龙湿地水环境质量 1988~ 2000 年年际变化平均值

Tab. 3 Non-dimension mean values of water quality in Zhalong wetland from 1988 to 2000

评价指标	评价对象										
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1999	2000
TP	1. 51	0. 44	8. 90	4. 51	0. 75	1. 31	0. 86	3. 47	2. 31	1. 25	1. 35
TN	0. 86	1. 40	19. 60	6. 21	8. 10	2. 41	1. 23	1. 84	4. 64	1. 26	2. 42
COD _{Mn}	2. 57	3. 81	6. 03	7. 84	6. 50	3. 38	3. 64	3. 26	5. 57	2. 91	2. 55
BOD ₅	0. 38	0. 90	3. 54	13. 36	0. 38	0. 72	1. 12	0. 82	5. 20	2. 35	2. 25

表 4 量纲一扎龙湿地 1997~ 1999 年主要湖泊监测平均值

Tab. 4 Non-dimension mean values of main lakes in Zhalong wetland from 1997 to 1999

评价指标	评价对象				
	赵三亮子	东升水库出口	扎龙泡	仙鹤泡	克钦泡
TP	1.69	1.17	1.04	1.69	2.99
TN	0.81	0.54	0.57	0.98	0.40
COD_{Mn}	1.12	1.09	1.58	1.89	1.16
BOD_5	0.12	0.52	0.60	0.60	0.40

表 5 量纲一扎龙湿地水体 2000年监测平均值
Tab. 5 Non-dimension mean values in Zhalong wetland in 2000

评价指标	评价对象			
	东升水库出口	扎龙泡	吐木可小桥	哈塔桥
TP	0. 65	3. 45	1. 30	2. 03
TN	4. 48	3. 52	3. 85	4. 28
COD _{Mn}	1. 63	3. 02	2. 31	2. 45
BOD ₅	0. 79	2. 76	1. 13	1. 17

3. 3 确定各评价指标对各灰类的聚类权
将表 2中数据代入式 (4) 计算权重. 各灰类中各评价指标的聚类权计算结果见表 6.

表 6 各灰类中各评价指标的聚类权 (Z_j)
Tab. 6 Clustering weights of evaluation indexes in corresponding grey classification

评价指标	Z_j				
	I	II	III	IV	V
TP	0. 42	0. 35	0. 30	0. 25	0. 20
TN	0. 28	0. 24	0. 20	0. 23	0. 27
COD _{Mn}	0. 20	0. 21	0. 24	0. 24	0. 26
BOD ₅	0. 09	0. 20	0. 25	0. 28	0. 27

3. 4 确定各评价对象对各灰类的聚类系数
将表 2~ 5中数据 ,分别代入式 (1) ~ (3) ,得到各聚类样本对各灰类的关联程度值. 将表 6和所得的各灰类的关联程度值代入式 (5) ,得到聚类系数矩阵 ,按照取大原则 ,得到各评价对象的评价结果 ,见表 7~ 9.

表 7 扎龙湿地水体 1988~ 2000年年际评价结果
Tab. 7 Results of evaluation in Zhalong wetland from 1988 to 2000

年份	聚类权系数矩阵					评价结果
1988	0. 09	0. 05	0. 16	0. 21	0. 29	V
1989	0	0. 23	0. 295	0. 301	0. 26	IV
1990	0	0	0	0	1. 00	V
1991	0	0	0	0	1. 00	V
1992	0. 09	0	0. 25	0. 04	0. 53	V
1993	0	0. 05	0. 19	0. 25	0. 53	V
1994	0	0	0. 32	0. 47	0. 26	IV
1995	0	0	0. 22	0. 08	0. 68	V
1996	0	0	0	0. 06	0. 96	V
1999	0	0	0. 10	0. 37	0. 53	V
2000	0	0	0	0. 24	0. 81	V

表 8 扎龙湿地 1997~ 1999年主要湖泡评价结果
Tab. 8 Evaluation results in Zhalong wetland from 1997 to 1999

湖泡 (水库)	聚类权系数矩阵					评价结果
赵三亮子	0. 09	0. 08	0. 24	0. 31	0. 06	IV
东升水库	0. 09	0. 21	0. 20	0. 33	0	IV
扎龙泡	0. 09	0. 20	0. 18	0. 31	0. 09	IV
仙鹤泡	0. 09	0	0. 22	0. 23	0. 27	V
克钦泡	0. 17	0. 17	0. 08	0. 16	0. 20	V

表 9 扎龙湿地 2000年水环境质量评价结果
Tab. 9 Evaluation results in Zhalong wetland in 2000

湖泡 (水库)	聚类权系数矩阵					评价结果
东升水库出口	0	0	0. 54	0. 16	0. 38	III
扎龙泡	0	0	0	0	1. 00	V
吐木可小桥	0	0	0. 01	0. 52	0. 53	V
哈塔桥	0	0	0	0. 39	0. 65	V

3. 5 结果分析与评价

从表 8可以看出 1997~ 1999年 5个大型湖泡 (水库) 的评价结果均为 IV 级以上 ;其污染物质变化范围为 TN: 0. 42~ 1. 02 mg /L, TP 0. 08~ 0. 23 mg /L, COD_{Mn}: 8. 1~ 14. 0 mg /L, BOD₅: 1. 98~ 69. 45 mg /L. 2000年除东升水库为 III级外 ,其他均为 V 级 ;其污染物质变化范围为 TN: 3. 66~ 4. 66 mg /L, TP 0. 05~ 0. 266 mg /L, COD_{Mn}: 12. 04~ 22. 38 mg /L, BOD₅: 4. 1~ 14. 36 mg /L. 1988~ 2000年间除 1989年和 1994年为 IV 级 ,其余均为 V 级 ;其污染物质变化范围为 TN 0. 896~ 20. 38 mg /L, TP 0. 034~ 0. 685 mg /L, COD_{Mn}: 18. 99~ 58. 02 mg /L, BOD₅: 1. 98~ 69. 45 mg /L. TN TP和 COD_{Mn}三种物质各年超标严重 ,BOD₅部分年份状况较好 ,大部分年份超标严重. 分析所有数据的超标情况 ,结果和以上的评价结果是相吻合的 ,说明本文采用的灰色聚类法较为适合 ,分析结果具有较高的可信度.

现行国家水质标准中已确定悲观评价原则,即以水质最差的单项指标所属类别来确定水体综合水质类别.其方法是:用水体各监测项目的监测结果对照该项目的分类标准,确定该项目的水质类别,在所有项目的水质类别中选取水质最差类别作为水体的水质类别.这种评价法则不对各评价因子做任何综合运算,直接将污染最重因子所属类别定为水体类别,具有指标简单、明确和反应灵敏等特点,但这种评价不能反映水环境质量的真实情况.灰色聚类法考虑了级别的划分、标准确定及综合水质级别具有的灰色性,即当浓度介于两类标准之间时,对两个类别都具有关联度,并且承认各评价因子在水环境质量体系中所占的地位(聚类权)不同.因此,灰色聚类法对信息的利用率较高,具有较高的分辨率和较高的精确性,更能真实、综合地反映水环境质量的状况.

4 水质恶化的原因分析

4.1 缺水型污染

由于人与湿地争水,进入 90 年代,湿地水位持续下降,1994 年后,又经历了 3 年高温干旱,到 1997 年水位与平水年相比下降约 100 cm,虽经 1998 年洪水,但嫩江流域大洪水过后,乌裕尔河流域连续严重干旱,下游河流干枯,主河道断流,进入湿地水量不足 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,湿地严重缺水,导致湿地内水位持续下降,湿地水面急剧减少.水资源的短缺,湖泡水位下降,水体流动缓慢,水体自净能力降低,水藻滋生,加重了水体的污染.湿地的缺水主要受自然和人为两个主要因素的控制.

4.1.1 区域气候的影响 1951 年以来,齐齐哈尔气温呈波动式上升.特别是从 80 年代后期以来,这种变暖的趋势更为明显.80 年代平均比 1951~1980 年上升了 1.2°C ,90 年代平均上升了 1.9°C ^[12].气温的上升导致湿地区域蒸散量加大,水相平衡值提高.春季 5~6 月份湿地多年平均蒸发量达到最大 231.75 mm,而平均降雨量只有 49.45 mm 左右,差值为 182.3 mm,如此巨大的补水差额,需要相当充沛的水量补给.气温继续上升会进一步拉大蒸发和降水之间的差值,降水对湿地水系统的补给能力降低.

4.1.2 天然水文情势的改变 一定水文规律下周期性的洪泛作用是塑造扎龙湿地一种主要自然动力,是一种强制性的震荡式补水.然而,自 50

年代以来湿地内修建的水利工程和公路,人为地改变了湿地的天然水文情势,破坏了湿地形成和发育的自然机制.中部引嫩干渠和东升水库全部拦截了乌裕尔河的来水量,双阳河水库拦截了双阳河的来水量.这些工程造成湿地基底的改变,起到阻水、隔水、束水、雍水的作用,影响水流的自然交换,很多地区不能参与洪泛补水.

4.2 超标型污染

扎龙湿地水环境状况差,大部分属于 V 级.污染物质来源主要是点源污染和面源污染.扎龙湿地地势低洼,周围地区的排污渠伸入湿地,已成为克东、克山、依安、富裕和林甸等城镇排放废水的纳污水体.随着经济的发展,污水的排放量呈日益增长的趋势,主要污染物为 TP、TN、COD 及 BOD₅,给保护区内自养型生物的生长提供了条件,促进某些水生生物的个体数量迅速增加,加重了水体污染程度.扎龙湿地上游及附近有富南、繁荣、龙安桥及江东等水田灌区,施用的化肥和农药逐年增加,随着灌水排放和降雨产生的径流进入保护区,造成面源污染,增加了 N、P 及有机物的含量.

4.3 内源型污染

研究表明洪泛湿地对污染物质如 N 和 P 等的滤过截留作用有两个方面,一方面是植物对 N 和 P 等的吸收利用,另一方面是土壤对 N 和 P 等的吸附截留作用.植物对营养物质的吸收作用可以降低水体的污染程度;土壤的吸收作用形成了湿地的内源型污染.扎龙湿地土壤典型垂直剖面结构为地表以上有 0~70 cm 深的表面积水,土壤表层 5~40 cm 内为海绵状结构的植物草根层,其下是 5~20 cm 厚的泥炭层或无泥炭层,但有 5 cm 左右的腐殖泥层,再向下为潜育层和母质层^[13].泥炭层和腐殖泥层对营养物质有着强烈的吸收作用,成为内源污染的重要来源.特别是在湿地水量匮乏、水位降低,产生的营养物质在水体富集,不能得到正常调节和代谢的情况下,湿地将面临整体富营养化的威胁.

5 结 论

目前对于水环境质量评价已有多种方法.一个评价体系的好坏应符合以下 3 个指标^[14]:准确性,评价结果必须真实地反映水质的实际情况;可比性,在同属于一个等级时,能够比较出优劣;实用性,方法简单便于应用和推广.在水环境质量

评价中单一因子具有指标简单、明确和反应灵敏的特点,但这种评价不能反映水体污染的真实情况。把灰色聚类法应用到湿地水环境质量评价中,可以较好地体现水体污染程度的灰色性,综合考虑多种因素;每个指标对于不同的级别都有不同的聚类权,避免了用一个固定的基准划分水质级别的不合理之处,因而更精确些;灰色聚类法所做出的评价具有可比性,归属于同一级别时,可根据 ζ 的大小,来比较水体的污染程度;方法计算虽比较复杂,但可以利用 VB Matlab 等开发软件编制程序,为处理和分析大量的水质样本提供了方便。

从评价结果来看,扎龙湿地水体无论是从空间上还是从时间上来看,污染程度都比较严重,且主要是由缺水型污染、超标型污染和内源型污染三者共同作用而形成的。其中缺水是主导因素,缺水的主要原因是区域气候的变化和湿地内天然水文情势的改变。缺水使湿地生态系统各种功能下降,加速了超标型污染和内源型污染的进行。

参考文献:

- [1] 李如忠. 水质评价理论模式研究进展及趋势分析 [J]. 合肥工业大学学报, 2005, 28(4): 369-373
- [2] 黄兴国, 刘秀花. 水环境质量评价中几种方法的对比 [J]. 地下水, 2005, 27(2): 125-127

- [3] 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 1-15
- [4] 邓聚龙. 灰色系统 (社会·经济) [M]. 北京: 国防工业出版社, 1985: 1-10
- [5] 刘思峰, 郭天榜. 灰色系统理论及其应用 [M]. 开封: 河南大学出版社, 1991: 7-16
- [6] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用: 第 2 版 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 80-84
- [7] 傅立. 灰色系统理论及其应用 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992: 277-288
- [8] 刘思峰, 史开权. 灰色系统学术论文论 [C] // 党国辉, 孙翔. 关于灰色聚类分析计算的研究. 开封: 河南大学出版社, 1993: 103-107
- [9] 兰文辉. 灰色聚类法在大气环境评价中的应用及与其它方法的比较 [J]. 干旱环境监测, 1995, 9(3): 147-150
- [10] 郭跃东, 邓伟, 潘继红. 扎龙滨河湿地水体富营养化污染特征及水环境恢复对策 [J]. 生态环境, 12(4): 393-397
- [11] 赵志坚. 灰色聚类法在水环境质量评价中的应用 [J]. 四川环境, 1997, 16(3): 49-51
- [12] 孙砾石. 气候变化对扎龙湿地生态环境的影响 [J]. 黑龙江气象, 2001(1): 32-34
- [13] 王毅勇, 宋长春. 三江平原典型沼泽湿地水循环特征 [J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 3-7
- [14] 兰文辉, 安海燕. 环境水质评价方法的分析与探讨 [J]. 干旱环境监测, 2002, 16(30): 167-169

Comprehensive evaluation on water environment quality of Zhalong wetland based on grey clustering method

ZHOU Lin fei, XU Shi guo*, SUN Wan guang

(School of Civil and Hydraul. Eng., Dalian Univ. of Technol., Dalian 116024, China)

Abstract The wetland water environment system is a grey system. Grey clustering method is applied to the evaluation of the water environment quality in the wetland, a superior evaluation system suitable for the wetland is proposed. Classification standard of water quality is based on the criterion GB 3838-2002, and pollution degree is divided into 5 levels. Moreover, whitenization weight function is used to describe the limit of water quality classification, clustering weight is calculated by reciprocal method, and finally a comprehensive grey mathematical model is presented. The model has been used to evaluate the water environment quality in Zhalong wetland. The result indicates that the spatial-temporal water pollution is very serious in the area studied, which is caused by the mutual interaction of water shortage, the pollutants over proof standard, and the internal pollution; while water shortage is the leading factor for the pollution.

Key words Zhalong wetland; water environment quality; grey clustering method; comprehensive evaluation; causes