

属性识别理论在闽江沙溪段水质评价中的应用

汪伟^{1,2}, 钱伟¹, 袁一丁¹, 赵月彩¹, 杨玉盛¹

(1. 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福建 福州 350007; 2. 福建师范大学 化学与材料学院, 福建 福州 350007)

摘要: 应用属性识别理论和属性识别准则, 对闽江沙溪段支流中 11 个典型断面的水质进行监测并建立属性识别模型。模型评价结果为, 8 个断面水质均达到国家 III 类标准, 可作为饮用水源, 而另 3 个断面水质均超标。评价结果与模糊隶属函数法评价结果一致, 说明属性识别模型评价方法具有可行性。同时, 通过 11 个断面水样在 254 nm 波长下的吸光度值分析可知, 其主要污染物均为无机物。

关键词: 属性识别模型; 闽江; 断面; 水质评价; 吸光度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)03-0152-04

中图分类号: X824

Application of Attribute Recognition Theory in Water Quality Evaluation of Shaxi River in Minjiang River Basin

WANG Wei^{1,2}, QIAN Wei¹, YUAN Yiding¹, ZHAO Yuecai¹, YANG Yusheng¹,

(1. Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment of Fujian Province, Fuzhou, Fujian 350007, China;

2. College of Chemistry and Materials Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China)

Abstract: This study focused on water quality in 11 typical sections of Shaxi River, Minjiang River basin and developed an attribute recognition model by applying attribute recognition theory and attribute recognition guild lines. Results showed that water quality in 8 sections was up to the third class of the national water quality standard of China, which may be considered as drinkable water resource. By contrast, water quality in other 3 sections did not reach the third class of the national water quality standard. The result was similar to that from the analysis of fuzzy membership function. It demonstrated that the method of attribute recognition model was suitable for assessing water quality. Finally, according to the absorbency values of 11 water samples under 254 nm, mineral matter was the dominant pollutant.

Keywords: attribute recognition model; Minjiang River; section; water quality evaluation; absorbency

随着工业的发展和频繁的人类活动, 水环境破坏不断加剧, 水质不断恶化, 水污染已成为人们共同关注的问题。闽江是福建省第一大江, 也是福建省最大的水系。闽江水质的好坏直接影响到当地居民的生活和经济。对 2006 年 7 月流经南平市王台镇的闽江沙溪段支流中 11 个断面的水质进行监测, 运用属性识别模型对水质进行评价, 同时利用模糊数学模型比较其结果。通过水质评价结果对闽江的维护和治理提供理论依据。

1 属性识别模型方法

1.1 模型介绍

属性识别理论模型是在模糊理论的基础上发展

起来的数字模型, 它在环境质量评价中应用比较广泛。其属性测度和模糊隶属度均可用来反映水质优劣的级别。

1.2 模型分析

设 X 为环境评价对象空间, 集合为 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 其中的 X_i (环境质量) 称为属性。由评语构成的空间评价集 $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ 又称为属性集。每个评价对象均有 m 个指标, 集合为 $\{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ 。若第 i 个评价对象的第 j 个指标 I_j 的数量值为 X_{ij} , X_i 可表示为一个向量 $\{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}\}$, $1 \leq i \leq n$ 。

对于每个评价指标 I_j 均有其相应的评价等级分类标准, $\{a_j^1, a_j^2, \dots, a_j^k\}$, $1 \leq j \leq m$, 则对于某一具体评价对象空间, 其分类标准矩阵如下

收稿日期: 2007-07-11

修回日期: 2007-12-03

资助项目: 教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划项目; 福建省自然科学基金资助项目(D0510011)

作者简介: 汪伟(1982-), 男(汉族), 湖北省鄂州市人, 硕士研究生, 主要从事环境、生态研究。E-mail: wxw510563@163.com。

通信作者: 杨玉盛(1964-), 男(汉族), 福建省仙游县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事亚热带常绿阔叶林碳、氮循环领域的研究工作。

E-mail: geoyys@fjnu.edu.cn.

$$\begin{matrix}
 & C_1 & C_2 & \dots & C_k \\
 I_1 & \left| \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \end{matrix} \right. \\
 I_2 & \left| \begin{matrix} a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \end{matrix} \right. \\
 \vdots & \left| \begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{matrix} \right. \\
 I_m & \left| \begin{matrix} a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} \end{matrix} \right.
 \end{matrix}$$

式中: a_{jh} 满足 $a_{j1} < a_{j2} < \dots < a_{jk}$ 或 $a_{j1} > a_{j2} > \dots > a_{jk}$ ($1 \leq h \leq k$)。

对于某一环境要素 X_i , 首先计算其第 j 个指标具有属性 C_h 的属性测度 U_{ijh} , 可假定 $a_{j1} < a_{j2} < \dots < a_{jk}$, 当 $X_{ij} \leq a_{j1}$ 时, 取 $U_{ij1} = 1, U_{ij2} = U_{ij3} = \dots = U_{ijk} = 0$;

当 $X_{ij} \geq a_{jk}$ 时, 取 $U_{ijk} = 1, U_{ij1} = U_{ij2} = \dots = U_{ij(k-1)} = 0$;

当 $a_{jt} \leq X_{ij} \leq a_{j(t+1)}$ 时, 计算公式为

$$U_{ijt} = \frac{|X_{ij} - a_j(t+1)|}{|a_{jt} - a_j(t+1)|}$$

$$U_{ij(t+1)} = \frac{|X_{ij} - a_{jt}|}{|a_{jt} - a_j(t+1)|} \quad (1)$$

式中: $U_{ijk} = 0$ ($k < t$ 或 $k > t+1$)。

在知道第 i 个评价对象第 j 个指标的属性测度

之后, 再计算第 i 个评价对象 X_i 的属性测度 U_{ih} 。由于各指标的重要性可能不同, 因而, 需要考虑指标权重: (W_1, W_2, \dots, W_m), 计算公式为

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1 \quad (2)$$

式中: $W_j \geq 0$, 由指标权重可得到属性测度计算公式

$$U_{ih} = \sum_{j=1}^m W_j U_{ijh} \quad (3)$$

式中: $1 \leq i \leq n, 1 \leq h \leq k$, 设置信度为 λ ($0.5 \leq \lambda \leq 1.0$, 一般取 $0.6 \sim 0.7$), 级别计算公式为

$$h_0 = \min\{h: \sum_{j=1}^m U_{ij} \geq \lambda, 1 \leq h \leq k\} \quad (4)$$

则认为 X_i 属于 C_{h_0} 级别^[1-4]。

2 结果与讨论

2.1 水质评价结果

通过对 2007 年 6 月流经南平市王台镇的沙溪段支流 11 个断面水质进行监测, 监测指标为 TN(总氮), TP(总磷), $\text{NH}_3\text{-N}$ (氨氮), COD_{Mn} (高锰酸盐指数), DO(溶解氧)以及 pH 值等(表 1)。

表 1 各个断面水质监测数据

断面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
地点	安曹下	果园地	水稻田	溪后村前	溪后村后	水头桥	井窠水库	王台桥	水浮莲地	蒋家村	沙溪大坝
TN	0.87	1.13	1.27	1.10	1.62	1.17	1.27	1.29	1.47	1.64	1.32
TP	0.12	0.14	0.16	0.13	0.21	0.12	0.15	0.14	0.20	0.24	0.14
$\text{NH}_3\text{-N}$	0.19	0.87	0.54	0.24	0.96	0.23	0.49	0.17	0.19	0.96	0.34
COD_{Mn}	3.09	1.61	2.34	2.11	4.66	3.43	2.25	1.95	2.12	2.47	2.36
DO	5.80	6.00	6.00	5.90	3.90	5.20	4.80	4.70	3.60	4.20	5.10
pH	7.30	6.80	7.00	7.00	6.90	6.90	7.00	6.90	6.60	6.60	6.80

注: 监测方法根据标准(GB 3838—2002), 其中 pH 无量纲, 其它指标单位为 mg/L, 下同。

根据地表水环境质量标准(GB 3838—2002), 水质分为 I 类至 V 类, 其中 I 类水质为优, II 类和 III 类水质为良, I 类至 III 类水可作为饮用水源, IV 类水为已失去饮用水源功能, V 类水质为较差。水质分级标准如表 2。

由表 1 数据可知, 各断面 pH 值在 6.6~7.3 之间, 符合 I 类至 V 类水质 pH 值分级标准区间。根据属性测度公式, 利用超标加权法^[5]确定各断面其余 5 种因子权重(表 3)。

表 2 水质分级标准 (GB 3838—2002)

分类项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
DO	7.50	6.0	5.0	3.0	2.0
$\text{NH}_3\text{-N}$	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
TN	0.20	0.5	1.0	1.5	2.0
TP	0.02	0.1	0.2	0.3	0.4
COD_{Mn}	2.00	4.0	6.0	1.0	1.5
pH	—	—	6~9	—	—

表 3 各断面因子权重

断面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TN	0.295	0.300	0.336	0.351	0.291	0.341	0.329	0.370	0.339	0.307	0.360
TP	0.207	0.190	0.216	0.212	0.192	0.178	0.198	0.205	0.235	0.229	0.195
$\text{NH}_3\text{-N}$	0.065	0.233	0.144	0.077	0.174	0.068	0.128	0.049	0.044	0.181	0.094
COD_{Mn}	0.147	0.060	0.087	0.095	0.118	0.140	0.082	0.079	0.069	0.065	0.090
DO	0.286	0.217	0.216	0.265	0.225	0.274	0.264	0.298	0.313	0.218	0.261

根据上述属性测度公式计算各断面属性测度, 得其分布矩阵为

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1	0.126	0.558	0.316	0.000	0.000
2	0.060	0.391	0.471	0.078	0.000
3	0.072	0.450	0.296	0.182	0.000
4	0.146	0.412	0.371	0.071	0.000
5	0.000	0.093	0.300	0.518	0.089
6	0.091	0.314	0.479	0.116	0.000
7	0.074	0.235	0.487	0.204	0.000
8	0.122	0.128	0.491	0.259	0.000
9	0.104	0.009	0.349	0.538	0.000
10	0.049	0.052	0.500	0.313	0.086
11	0.117	0.210	0.439	0.234	0.000

取置信度 λ 为 0.65, 则由公式 (4): $h_0 = \min\{h:$

$\sum_{i=1}^h U_{ii} \geq \lambda, 1 \leq h \leq k\}$ 得出各断面水质评价结果(表 4), 从表中可以看出除第 5, 9 和 10 断面水质为 IV 类

表 4 各断面水质评价结果

断面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
评价结果	II 类	III 类	III 类	III 类	IV 类	III 类	III 类	III 类	IV 类	IV 类	III 类

表 5 模糊隶属函数法评价沙溪段 11 个断面水质结果

断面	评价模型	评价结果
1	$C_1^{0.126} C_2^{0.558} C_3^{0.316} C_4^0 C_5^0$	II 类
2	$C_1^{0.060} C_2^{0.391} C_3^{0.571} C_4^{0.078} C_5^0$	III 类
3	$C_1^{0.072} C_2^{0.450} C_3^{0.296} C_4^{0.182} C_5^0$	III 类
4	$C_1^{0.146} C_2^{0.412} C_3^{0.371} C_4^{0.071} C_5^0$	III 类
5	$C_1^0 C_2^{0.093} C_3^{0.300} C_4^{0.518} C_5^{0.089}$	IV 类
6	$C_1^{0.091} C_2^{0.314} C_3^{0.479} C_4^{0.116} C_5^0$	III 类
7	$C_1^{0.074} C_2^{0.235} C_3^{0.487} C_4^{0.204} C_5^0$	III 类
8	$C_1^{0.122} C_2^{0.128} C_3^{0.491} C_4^{0.259} C_5^0$	III 类
9	$C_1^{0.104} C_2^{0.009} C_3^{0.349} C_4^{0.538} C_5^0$	IV 类
10	$C_1^{0.049} C_2^{0.052} C_3^{0.500} C_4^{0.313} C_5^{0.086}$	IV 类
11	$C_1^{0.117} C_2^{0.210} C_3^{0.439} C_4^{0.234} C_5^0$	III 类

注:表中 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 右上方为该级别的隶属度。

两种模型方法均是运用隶属度来对水质进行分级, 在分级时不会丢失部分有用信息, 从而能反映出各因子对水质好坏程度贡献的大小, 其准确性较高。同时其隶属度反映了不同水质属于各个级别的隶属

外, 其余 8 个断面水质均能达到 III 类要求, 可作为饮用水源, 其中第 1 断面水质达到国家 II 类标准。经分析知, 第 5 和 10 断面为村庄所在地, 未经处理的生活污水的排放及人类的干扰和经营活动是导致水质超标的主要原因, 而第 9 断面是大量生长水浮莲的地方, 水浮莲的大量繁殖导致水体严重缺氧, 因而水质超标。其余 8 个断面水质达到 II 类要求, 这与该处人为影响较小和水体的自净能力有关。

2.2 属性识别模型与模糊数学模型比较

属性识别方法和模糊隶属函数法是水质评价的两种不同方法, 在此运用模糊隶属函数法来比较其评价结果。

模糊隶属函数法运用的数学模型和中间过程见文献[6], 所用的评价标准及因子权重与本文中的相同, 通过构造的隶属函数, 计算出各评价因子的不同类别的隶属度如表 5 所示, 其评价结果与运用属性识别理论方法的评价结果一致, 说明属性识别模型评价方法的可行性。

程度情况, 可以用来区别同一水质受污染程度的实际差异。所不同的是模糊隶属函数法很难解决属于同一类的隶属度相同的两种水质的差别, 而属性识别理论可运用评分的方法对各水质进行比较, 因而属性识别理论模型应用更加广泛。

2.3 水体污染物的定性研究

由于水体在 254 nm 波长下的吸光度值能反映水质的变化和有机物浓度的大小^[7-8], 其吸光度值与有机物浓度成正比。通过表 6 中 11 个断面水样在 254 nm 波长下的吸光度值可知, 其大小在 0.002~0.027 之间, 相对值较低。这与文献[9]中中国环境监测总站统计的国内大量不同地区具有代表性的河、湖、水库等 8 种地表水的该值(0.022~0.108) 接近或偏低, 但明显低于其统计的 6 个不同行业的 15 种工业废水的值(0.042~0.712)。说明 11 个断面水样的有机物浓度处在正常地表水情况下, 但明显低于各种工业废水中的有机物浓度。因此, 各断面主要污染物为无机物, 这可能主要是无机氮和无机磷所引起的, 如生活污水中的氨氮污染以及洗衣粉中的无机磷污染等, 从而使水体中总氮和总磷浓度超标。

表6 各断面水样的254 nm吸光度值

断面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
吸光度	0.020	0.006	0.027	0.027	0.005	0.005	0.025	0.005	0.002	0.013	0.004

3 结论

(1) 属性识别理论在有序分割类的基础上,利用置信度准则对事物进行有效识别,能较好解决多个模糊属性的综合评价。本文采用超标加权法来确定各评价指标的权重,在一定程度上保证了评价结果的客观性和准确性,评价结果与利用模糊隶属函数的评价结果一致,说明属性识别模型的可行性和可靠性。

(2) 通过对11个断面水质的评价,从起始断面的II类水质到最后断面的II类水质,中间经过了III类和IV类水质的复杂变化,这期间主要靠水体的自净能力,其主要污染物为无机物,这可能主要是无机氮和磷所引起的,因此,对上游支流水质的监测有利于掌握水质的变化情况,而对于污染物排放的控制是影响水质优劣的关键。

[参 考 文 献]

[1] 王丽琼. 基于熵权的属性识别模型在湖泊水质富营养化评价中的应用[J]. 环境工程, 2006, 24(5): 69—71.

[2] 张礼兵,程吉林,金菊良,等. 改进属性识别模型及其在城市环境质量综合评价中的应用[J]. 环境工程, 2006, 24(3): 74—76.

[3] 吴开亚,张礼兵,金菊良,等. 基于属性识别模型的巢湖流域生态安全评价[J]. 生态学杂志, 2007, 26(5): 759—764.

[4] 文畅平. 黄土边坡稳定性的属性识别模型[J]. 水利水运工程学报, 2007(2): 11—16.

[5] 邢立亭,康凤新. 岩溶含水系统抗污染性能评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(3): 501—508.

[6] 李希灿,解明东,许德生,等. 模糊聚类与模糊识别理论模型研究[J]. 模糊系统与数学, 2002, 16(2): 58—63.

[7] Her N, Amy G, McKnight D, et al. Characterization of DOM as a function of MW by fluorescence EEM and HPLC—SEC using UVA, DOC, and fluorescence detection[J]. Water Res, 2003, 37(17): 4295—4303.

[8] 蒋绍阶,刘宗源. UV254作为水处理中有机物控制指标的意义[J]. 重庆建筑大学学报, 2002, 24(2): 61—65.

[9] 陈光,孙宗光,刘廷良,等. 水中紫外吸光度与COD的相关性[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(6): 11—13.

欢迎订阅 2009 年《水土保持研究》

《水土保持研究》创刊于1985年,双月刊,中文版,属地球科学类期刊。主管单位为中国科学院,由中国科学院水利部水土保持研究所主办。为《中国科技论文统计源期刊》、《中国科学引文数据库统计源期刊》、《中文核心期刊要目总览》。本刊为A4开本,272页/期。刊号为:ISSN1005-3409, CN61-1272/P。国内邮发代号:52-211,定价:20.0元/册。报道内容:土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态;水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果;水土流失治理措施与效益分析;水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究;计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用;国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。读者对象:从事水保科技研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员;国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科的科教人员及大专院校师生。

地址:陕西省杨凌区西农路26号《水土保持研究》编辑部

邮编:712100

电话:(029)87012705

E mail: research @ ms. isw. c. ac. cn

http://www.isw.c.ac.cn