

阳江市水资源模糊分析与评价

陈俊合 江 涛

(中山大学城市与资源规划系, 广州 510275)

摘 要 为了充分合理地开发利用水资源, 须对区域水资源进行评价和分类. 阳江市水资源具有分布广、成份复杂等特点, 采用模糊聚类分析法对阳江市水资源进行评价分类, 较好地考虑了区域水资源评价中的不确定因素, 取得了较满意的结果.

关键词 模糊聚类, 水资源评价, 区域水资源

1 阳江市水资源评价的必要性

1.1 阳江市基本概况

阳江市位于广东省西南部, 濒临南海, 行政区包括阳江、阳春、阳西和阳东. 全市土地面积 7813.4 km^2 , 耕地面积 11.7 万 hm^2 ; 总人口 224.55 万, 其中农业人口 183.04 万.

阳江市属于亚热带海洋气候, 具有日照时间长、气温高、雨量多、严寒少和常有台风暴雨袭击等特点. 多年平均降雨量 2352 mm , 最大降雨量为 3432 mm , 年降雨量变幅在 $1700 \sim 2400 \text{ mm}$ 之间, 降雨变差系数 $0.20 \sim 0.32$. 水资源主要为地表水资源, 包括降雨形成的地表径流和浅层地下水补给. 多年平均浅层地下水为 27.09 亿 m^3 . 由于雨量充沛, 径流量相应较多. 全市多年平均产水量 105.96 亿 m^3 , 其中丰水年 ($p=10\%$) 为 147 亿 m^3 , 平水年 ($p=50\%$) 为 102.07 亿 m^3 , 枯水年 ($p=90\%$) 为 68.25 亿 m^3 .

另外, 还兴建了大、中、小型水库 100 多座以及引、提水工程, 较大程度上减轻了洪涝、干旱等灾害.

1.2 阳江市水资源评价的必要性

1.2.1 经济的快速发展需要供给大量的水资源. 阳江市自从 1988 年设市以来, 经济发展很快. 按阳江市区域经济发展布局, 该市将分三个经济带, 即南部沿海经济带、北部山区经济带及中部工业经济带, 并且重点发展江城城区及中部工业经济带. 根据 1993 年的发展规划, 至 2005 年, 无论是城区的规模, 还是人口及工业产值的增加, 都有大幅度

的增长(表 1),所有这些都必然增加水资源的开发利用. 阳江市的水资源,从总量来说是比较充足的,但由于时间、地点分布的差异、水体污染加剧以及咸潮入侵的原因,在枯水季节若不进行调节控制,将会出现水资源的短缺而影响生活和生产,因此要重视水资源的评价规划、控制运用.

表 1 阳江市城区发展规划情况

Tab. 1 State of city developing plan in Yangjiang

年份	城区面积 /km ²	人口 万人	工业产值 亿元	生产线规模 万 t		
				铁	钢	不锈钢
1990	2	13.5	5			
2005	30	30	27	15	10	1

1.2.2 径流量时空分布不均不利于区域水资源的利用. 降雨年内分配不均匀. 降雨主要集中在 4~6 月和 7~9 月, 占全年降雨总量的 80% 多; 枯季则很少雨量, 经常出现秋旱和春旱的现象. 据资料统计, 连续无雨日最长为 100 d, 严重旱期达 40 d. 漠阳江的双捷水文站曾出现 2.28 m³/s 的最小流量, 一级支流那龙河则只有 0.4 m³/s 的最小流量. 面对这样的枯水年份, 若不在水资源评价的基础上进行蓄水工程和供水工程的规划建设, 将无法满足不同需水的要求.

1.2.3 污染加重将造成阳江市区河段的水质性缺水状况. 漠阳江水体的污染主要来自工业污染源、城镇生活污染源及其他面源和流动污染源. 据统计, 1990 年阳江市废水排放总量为 2714.55 万 t; 城镇及农村居民生活污水排放量: COD 为 1941.8 t, BOD₅ 为 1022 t. 若不对排污进行规划控制, 将影响城区供水的质量.

1.2.4 感潮河段的水体受到潮流影响, 其水质下降. 漠阳江市区河段为感潮河段, 历年平均水位 0.68 m, 涨潮最高水位 1.8 m. 在枯水期的大潮时, 由于河流径流最小, 潮流可上溯到新塘至麻山河段, 致使该段水体的水质受到污染.

基于上述种种原因, 必须在进行水资源评价分区的基础上, 对各河段的水体功能进行分工. 因此在摸清阳江水资源的基础上对该市的水资源进行评价分类是必要的.

2 阳江市水资源评价

2.1 概述

进行水资源评价, 通常采用常规地学分类法, 即选择对用水部门生产价值影响重大的水资源因素作指标, 结合当地的自然地理因素, 把特定区域划分为若干个水资源条件有着明显差异的地区, 然后对不同类型区的水资源, 提出合理开发利用水资源的措施. 由于水资源评价所涉及到的因素, 如径流的丰和枯、径流开发程度的高和低等具有模糊性, 这种模糊性不仅客观存在, 而且还与人们的认识有关, 因此用模糊聚类分析法进行区域水资源评价较适宜.

应用模糊聚类分析法, 最关键是要把特征指标选择合理, 也就是说特征指标应该有明确的实际意义, 有较强的分辨率和代表性. 本文拟选择 7 个评价指标对水资源的数量

开发利用等各个方面进行评述, 以便能较客观地评价某一区域的水资源量.

2.2 模糊聚类分析法原理

设集合 X 由几个样本组成

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

样本 X_j 为待分类的事物, 每个样本 X_j 有 m 个据以划分的指标特征,

$$X_j = \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}, j = 1, 2, \dots, n$$

由于 m 个指标特征的物理量不同, 在进行分类时, 首先要消除各指标特征的物理量纲的影响, 所以, 要对指标特征值标准化, 使指标特征只具有相对意义, 以便于各样本之间的比较和分析. 本文采用极值标准化公式:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (1)$$

则样本集 X 可用矩阵

$$X = (x'_{ij})_{m \times n}$$

表示, 其中 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$

然后建立各样本 X_j 之间相似程度的模糊相似矩阵 $R = (r_{ij})$, r_{ij} 用算术平均最小方法计算^[2]:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m \min(x'_{ik}, x'_{jk})}{\sum_{k=1}^m (x'_{ik} + x'_{jk})} \quad (2)$$

模糊相似矩阵 $R = (r_{ij})$ 必须是模糊等价矩阵 $R = (r_{ij})$ 方能对事物分类. 如果 $R = (r_{ij})$ 只是模糊相似矩阵, 就需要通过平方法^[3], 将 $R = (r_{ij})$ 改造成 $R = (r_{ij})$, 这相当于求 $R = (r_{ij})$ 的传递闭包: $R = (r_{ij})$ 自乘得 $R^2 = (r_{ij})$, 再自乘 $R^2 = R^4$, 如此继续就得 R^8, R^{16}, \dots , 至某一步出现 $R^{2k} = R^k$, 则 R^k 便是一个模糊等价矩阵. $R = (r_{ij})$ 满足①自反性 $r_{ij} = 1$; ②对称性 $r_{ij} = r_{ji}$; ③传递性 $R^k \circ R^k \subset R^k$. $R = (r_{ij})$ 是表示可分类的各特征指标之间相似程度的模糊关系. 对 $R = (r_{ij})$ 用不同水平 $\lambda \in [0, 1]$ (λ 也称为阈值) 截取, 便得到不同程度上各特征指标之间的相似关系. 对给定的阈值 λ , 相应有一个截割矩阵 $R = (r_{ij})_\lambda$, 其中

$$(r_{ij})_\lambda = \begin{cases} 0 & r'_{ij} < \lambda \\ 1 & r'_{ij} \geq \lambda \end{cases} \quad (3)$$

这也就是说可以决定一个 λ 水平的分类. 当 λ 由 1 下降到 0 时, 分类由细变粗, 逐渐归为一类. 据此便可对某一地区的水资源进行评价分类.

2.3 评价单元的划分及评价指标的确定

以行政区的划分为依据, 可把阳江市水资源评价对象分为 4 个单元: 阳春县、阳东县、阳江市和阳西县, 即它们组成样本集合:

$$X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\}$$

对于区域水资源进行评价, 在水质符合标准的情况下, 主要任务是在摸清地区水资源的补给条件、时空变化规律的基础上, 估算水资源总量, 可利用量和供需平衡等问题, 进而确定水资源的丰、平和欠丰. 为此, 选取如下参数作为阳江市水资源评价的特征指标: ① 径流深 y_0 ; ② 径流系数 T ; ③ 区域水资源拦蓄系数 k_1 ; ④ 耕地灌溉系数 k_2 ; ⑤ 人均

径流量 w_r ; ⑥ 平均每 $\text{hm}^2/15$ 径流量 w_m ; ⑦ 用水保证系数 k_b . 在这 7 个参数中, 径流系数和径流深是区域产水能力和水资源量大小的标志; 区域水资源拦蓄系数和耕地灌溉系数描述水资源的开发利用程度, 修建水库是开发水资源的最主要措施, 以拦蓄河川径流, 蓄丰补枯; 耕地灌溉系数越大, 水资源利用程度越高; 人均径流量和平均每 $\text{hm}^2/15$ 径流量是人类活动影响水资源供需平衡的两个重要参数; 用水保证系数是指径流量对用水量的比值, 是评定水资源供需平衡与否的关键参数. 将它们作为区域水资源评价指标能较好地反映区域水资源的丰贫特征.

2.4 计算及结果

从《阳江市供水规划》可以得到 1990 年上述各项特征指标值. 因为是评价某一年份的水资源情况, 特征指标值选用年值. 用 (1) 式规格化后的特征指标矩阵为

$$X = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ \begin{bmatrix} 0.97 & 0.10 & 1 & 0 \\ 1 & 0.50 & 0.80 & 0 \\ 1 & 0.50 & 0 & 0.17 \\ 1 & 0.88 & 0.35 & 0 \\ 1 & 0 & 0.61 & 0.93 \\ 0.77 & 0 & 1 & 0.63 \\ 1 & 0 & 0.59 & 0.64 \end{bmatrix} & \begin{matrix} y_0 \\ T \\ k_l \\ k_g \\ w_r \\ w_m \\ k_b \end{matrix} \end{matrix} \quad (4)$$

把 (4) 式代 (2) 式得到模糊相似矩阵

$$R(n_j) = \begin{bmatrix} 1 & 0.23 & 0.37 & 0.27 \\ 0.23 & 1 & 0.15 & 0.04 \\ 0.37 & 0.15 & 1 & 0.27 \\ 0.76 & 0.04 & 0.27 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

通过平方法求得式 (5) 的模糊相似等价矩阵

$$R(r_{ij}) = \begin{bmatrix} 1 & 0.23 & 0.37 & 0.27 \\ 0.23 & 1 & 0.23 & 0.23 \\ 0.37 & 0.23 & 1 & 0.27 \\ 0.27 & 0.23 & 0.27 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

把 (3) 式用不同的阈值截取 (6) 式得相应的分类如下:

- 1) 取 $0.50 < \lambda \leq 1$, 则水平截集 $R(n_j)_\lambda$ 为单位矩阵, 此时共分成 4 类 $\{X_1\}$ $\{X_2\}$ $\{X_3\}$ 和 $\{X_4\}$, 即一个行政区各自为一类.
- 2) λ 满足 $0.25 < \lambda \leq 0.50$, 可得 2 类: $\{X_1, X_2, X_4\}$ 和 $\{X_3\}$. 阳春、阳江和阳西归为同一类, 而阳东则为另一类.
- 3) 当 $\lambda \leq 0.25$ 时, $R(r_{ij})_\lambda$ 的元素全为 1, $R(r_{ij})_\lambda$ 就是全称矩阵. 因此, 阳东归入阳春、阳江和阳西这一类中, 分类只有一种.

根据以上计算结果, 可将阳江市水资源情况分为两种类型: ① 水资源丰富地区, 包

括阳春、阳江和阳西. ② 水资源欠丰地区, 虽然阳东县并不缺水, 但与其他三个区相比, 阳东县应属于水资源相对欠丰类型, 这主要由该区人口密集, 用水量大所造成.

3 方法的比较及结语

3.1 常规地学分类法及其结果

常规地学分类法是把径流的大小, 径流的变化幅度、径流开发程度以及径流占有量等因素作为其划分的指标, 通过事先制定的评价标准来衡量水资源的多和少. 按照广东省的评分标准, 根据第 2 部分 4 个评价单元各项因素的大小, 使用算术内差法, 可得各个评价单元有关参数的评分, 以及经综合后可得各评价单元的综合分数 (见表 2). 据此可将阳春、阳江和阳西评为水资源优良区, 分数均超过 4.2 分, 而阳东在 4.2 分以下, 只能评为中等区.

表 2 四单元各评价参数评分统计表
Tab. 2 Marks of various assessment factors of four districts

项目	y_0	T	k_l	k_g	w_r	w_m	k_b	综合 分数
阳春	4.49	4.80	3.25	4.50	5	5	5	4.58
阳东	4.29	4.65	3.20	4.40	3.30	3.37	2.18	3.63
阳江	4.50	4.55	3.05	3.95	4.83	5	4.41	4.33
阳西	4.76	4.40	3.10	3.65	5	5	4.55	4.28

3.2 结果的对比分析

(1) 两种方法所得的评价结果基本一致, 表明模糊聚类分析法所得结果是比较符合实际的. 阳春、阳江和阳西地区水资源量较丰富, 利用程度也较高. 阳东县的水量则相对较少, 当用水量增加时, 该地区的水资源利用便会出现麻烦, 应引起有关部门注意.

(2) 传统地学分类法中评价标准的制定是由经验而作的, 有一定的任意性, 因人而异; 而模糊聚类分析法则根据事物本身的属性来分类, 具有客观性, 且计算较方便. 相比之下, 模糊聚类分析法是值得推荐的评价方法.

3.3 结 语

(1) 无论是理论基础的坚实还是评价结果的客观, 模糊聚类分析法在区域水资源评价中具有更多的优点, 因而得到较广泛的应用.

(2) 从水资源量的方面看, 阳春、阳江及阳西地区是比较多水地区, 阳东县则相对较少, 在进行阳江市产业结构的布局时应考虑到这种客观情况.

(3) 阳江市的水资源量较丰富, 多年平均径流量为 106 亿 m^3 , $p=90\%$ 的枯水年为 68 亿 m^3 , 且主要来自漠阳江 (约占 85%), 因此, 保护漠阳江的水资源是阳江市水资源开发利用的首要工作. 位于漠阳江上游的阳春县, 污染企业较多, 废水排放量较大, 年排放量为 2238 万 t, 占全市总量的 82.4%, 等标污染负荷为 599.4, 占全市总负荷的 54.48%. 加上下游的江城区 (阳江市) 的排污则占全市的 75%, 所以, 保护漠阳江水资

源的首要任务是对阳春县和江城区工业污染的控制和治理。

参 考 文 献

- 1 阳江供水规划, 阳江市水电局. 1992
- 2 张振良. 应用模糊数等. 重庆: 重庆大学出版社, 1991
- 3 黄克中, 毛善培. 随机方法与模糊数学应用. 上海: 同济大学出版社, 1987
- 4 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津: 天津科技出版社, 1983

The Fuzzy Analysis and Assessment of Water Resources in Yang Jiang

Chen Junhe * *Jiang Tao*

Abstract In order to exploit and use more effectively regional water resources, it is necessary to assess and classify properly the regional resources in Yangjiang whose water resources are distributed widely and complicatedly. This paper adopt the analytical method of Fuzzy cluster which considers the uncertain elements in regional water resources assessment and gets better results.

Keywords Fuzzy cluster, water resources assessment, regional water resources

* Department of City and Resource, Zhongshan University, Guangzhou 510275