

福建省水资源可持续利用的密切值法评价*

卓飞豹, 陈兴伟

(福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007)

摘要:应用密切值法, 建立水资源可持续利用的密切值法评价模型; 以人均水资源量、每 1 hm² 水资源量、人均用水量、万元 GDP 用水量、万元工业用水量和水资源利用率等 6 项指标构成评价体系, 并确定相应的权重, 对福建省 9 个设区市的水资源可持续利用状况进行定量比较。结果表明, 宁德市可持续利用水平最好, 厦门市最差, 与实际情况相吻合。在此基础上, 对各地的水资源可持续利用问题进行分析。
关键词:密切值法; 水资源; 可持续利用; 福建省
中图分类号:TV211.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2008)01-0179-03

Evaluation of Water Resources in Fujian Province Based on the Osculation Value Method

ZHU O Fei-bao, CHEN Xing-wei

(College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Using the osculation value method, the paper constructed a model to evaluate the sustainable utilization of water resources in nine regions of Fujian Province. The result indicates that Ningde is the best region, and Xiamen is the worst one. Some appropriate countermeasures are also discussed to enhance the level of the sustainable utilization of water resources in the different regions.
Key words: osculation value method; water resources; sustainable utilization; Fujian Province

水资源作为一种不可替代的自然资源, 是我国社会经济发展的战略性资源, 也是一切生命存续的基础性物质。水资源的可持续利用是区域可持续发展的重要组成部分。目前, 国内外水资源可持续利用的前沿研究大都还停留在概念的提供或定性分析上^[1], 定量评价的理论和方法尚在探讨之中, 如模糊模式识别方法^[2]、模糊综合评判^[3]、灰色理论^[4]、神经网络^[5]等。

密切值法是多目标决策的一种方法, 目前广泛应用于环境质量评价等领域^[6-7], 其优点在于能够对区域内可持续利用水平进行优劣排序。应用密切值法进行区域水资源可持续利用的评价, 值得探讨。另一方面, 福建水资源可持续利用的定量评价, 目前还停留在初步阶段, 仅限于模糊综合评判^[2], 需要采用不同的评价方法进一步研究。因此, 该文采用密切值法, 通过建立密切值法评价模型, 对福建 9 个设区市的水资源可持续利用状况作出评价。

1 密切值法评价模型的建立

1.1 密切值法评价的原理

密切值法的基本原理是将所有决策方案指标值进行规范化处理后, 找出方案集的最优点和最劣点, 再计算出各方案与最优点、最劣点的距离, 即密切值, 来排序各决策方案的优劣次序, 从而将多指标转化成一个从总体上衡量其优劣的单一综合值进行评价。

1.2 密切值法评价模型的步骤^[6-8]

(1) 建立指标矩阵。假设影响评价结果的指标有 n 个, 即存在 n 个评价指标 G_1, G_2, \dots, G_n , 且已拟定了 m 种方案 F_1, F_2, \dots, F_m , 令第 i 个决策方案第 j 个指标的数值为 a_{ij} , 则建立指标矩阵 A 如下:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & a_{ij} & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

(2) 建立规范化指标矩阵。由于评价指标对评价结果的影响有正向和逆向之分(正向影响: 指标数值越大, 评价结果越好; 逆向影响: 指标数值越大, 评价结果越差), 所以为统一影响方向, 将所有原指标数值 a_{ij} 都化成正向指标数值 b_{ij} , 指标矩阵 A 也相应地转化为正向化矩阵 B 。又由于各项评价指标的量纲不尽相同, 所以需要将有量纲数值 b_{ij} 化为无量纲数值 r_{ij} , 正向化矩阵 B 也相应地化为规范化矩阵 R 。即

$$b_{ij} \begin{cases} a_{ij} & \text{当指标 } G_j \text{ 为正指标时} \\ -a_{ij} & \text{当指标 } G_j \text{ 为负指标时} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \tag{1}$$

$$r_{ij} = b_{ij} / \left(\sum_{i=1}^m b_{ij}^2 \right)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

* 收稿日期: 2006-04-26
基金项目: 福建省重点学科建设项目“海峡西岸资源环境科技创新能力建设”
作者简介: 卓飞豹(1984-), 男, 福建人, 硕士研究生, 现从事水资源利用方面的研究工作。
通信作者: 陈兴伟, 教授, 博导。

可得规范化指标矩阵 R 为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & r_{ij} & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

(3) 求决策点集(方案集)的最优点和最劣点。“最优点”为各项指标最佳情况(r_j^+)结合成的虚拟向量, 设其为 F^+ ; “最劣点”为各项指标最差情况(r_j^-)结合成的虚拟向量, 设其为 F^- 。分别求出各决策方案与最优点和最劣点的距离, 即可为方案的综合评价提供一个量的依据。

各项指标最佳情况 r_j^+ 、最差情况 r_j^- 的选择原则为

$$r_j^+ = \max_{1 \leq j \leq m} \{r_{ij}\} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

$$r_j^- = \min_{1 \leq j \leq m} \{r_{ij}\} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \tag{4}$$

则最优点 F^+ 为: $F^+ = (r_1^+, r_2^+, \dots, r_n^+)$, 最劣点 F^- 为: $F^- = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-)$ 。

(4) 求各种决策点(方案)与最优点 F^+ 和最劣点 F^- 的欧氏距离。设 W_j 表示某个评价指标 G_j 的权重; d_i^+ 表示某种决策点 F_i 与最优点 F^+ 的欧氏距离, 称为最优点距; d_i^- 表示某种决策点 F_i 与最劣点 F^- 的欧氏距离, 称为最劣点距。则

$$d_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n w_j^2 (r_{ij} - r_j^+)^2 \right]^{1/2} \tag{5}$$

$$d_i^- = \left[\sum_{j=1}^n w_j^2 (r_{ij} - r_j^-)^2 \right]^{1/2} \tag{6}$$

(5) 求各种决策点 F_i 的密切值。所谓密切值, 就是反映某种决策点 F_i 接近最优点而远离最劣点的程度, 用 C_i 表示。计算公式为

$$C_i = d_i^+ / d^+ - d_i^- / d^- \quad (i = 1, 2, \dots, m) \tag{7}$$

式中: d^+ ——最优点距的最小值; d^- ——最劣点距的最大值, 即

$$d^+ = \min_{1 \leq i \leq m} \{d_i^+\} \tag{8}$$

$$d^- = \max_{1 \leq i \leq m} \{d_i^-\} \tag{9}$$

(6) 根据密切值 C_i 的大小进行排序。因为 $d_i^+ \geq d^+$, $d_i^- \leq d^-$, 而且在一般情况下 $d^+ \neq 0$, $d^- \neq 0$, 所以 $C_i \geq 0$, 当 $C_i = 0$ 时, 为最佳决策点; 当 $C_i > 0$ 时, 偏离最佳决策点, 此时 C_i 值越小评价结果越好。这样, 就可以先对 C_i 的大小进行排序, 然后对各种决策点 F_i 进行优劣比较。

2 福建省区域水资源可持续利用的评价

2.1 福建省水资源概况

福建省属于亚热带海洋季风气候, 倚山面海, 雨量充沛, 水资源较丰富。全省多年平均水资源总量为 1 168.7 亿 m^3 , 等于全国人均量的 1.76 倍; 每 1 hm^2 拥有水资源量为 95 850 m^3 是全国每 1 hm^2 水资源量的 3.35 倍。但福建水资源时间分布不均, 空间分布更是如此, 水资源和经济发展不相适应, 闽东南沿海地区经济发达, 人口稠密, 水资源量却相对不足; 闽西北山区人口分布相对稀疏, 而水资源十分充足, 经济发展较落后^[9]。因此, 进行福建省区域水资源可持续利用的评价, 有利于进一步分析区域水资源及其利用的条件与问题, 促进区域社会经济的可持续发展。

2.2 评价指标的选取及其权重的确定

影响水资源可持续利用的因素众多, 既有供水方面的又

有需水方面的, 既有直接的又有间接的。在综合分析水资源可持续利用与区域可持续发展辩证关系的基础上, 参照国内外选取水资源可持续利用评价指标的标准, 结合福建水资源的实际情况, 以及文献[2]采用的指标体系(表 1)。

在综合考虑各评价指标对可持续利用水平程度, 以及各项指标之间交叉性的基础上, 参照国内外水资源评价标准, 赋予各项指标不同的权重(表 1)。

表 1 福建省各设区市的水资源指标及其权重

评价指标	总量指标		强度指标		比例指标	
	人均	每 1 hm^2	人均	万元	万元工业	水资源
	水资源量	水资源量	用水量	GDP	用水量	利用率
	x_1 / m^3	x_2 / m^3	x_3 / m^3	用水量 x_4 / m^3	x_5 / m^3	$x_6 / \%$
权重	0.18	0.18	0.16	0.14	0.14	0.20
福州	1663.32	73127.55	390	219	51	25.61
厦门	860.31	45795.60	250	83	12	45.42
莆田	1095.14	54650.85	320	379	32	26.68
泉州	1450.92	69690.45	355	217	59	27.77
设区市 漳州	2507.00	72582.30	501	433	49	20.37
龙岩	6414.50	138373.65	814	851	273	11.95
三明	8067.59	130729.80	1093	991	409	13.17
南平	8775.91	128309.40	885	986	228	9.41
宁德	4526.18	106134.15	460	570	66	9.44

资料来源: 除权重外, 数据取自 2003 年《福建省水资源公报》。

由于总量指标越高, 水资源可持续利用水平越高, 所以其为正向指标; 由于强度指标和比例指标越高, 水资源可持续利用水平越低, 所以它们为逆向指标。

2.3 密切值法计算

首先, 根据评价模型的规范化指标矩阵的定义, 以及指标体系的选择, 计算得规范化矩阵 R 为

$$R = \begin{bmatrix} 0.113 & 0.252 & -0.207 & -0.118 & -0.092 & -0.358 \\ 0.058 & 0.158 & -0.133 & -0.045 & -0.022 & -0.635 \\ 0.074 & 0.188 & -0.170 & -0.204 & -0.058 & -0.373 \\ 0.099 & 0.240 & -0.189 & -0.117 & -0.106 & -0.388 \\ 0.170 & 0.250 & -0.266 & -0.234 & -0.088 & -0.285 \\ 0.436 & 0.476 & -0.432 & -0.459 & -0.492 & -0.167 \\ 0.548 & 0.450 & -0.580 & -0.535 & -0.737 & -0.184 \\ 0.596 & 0.442 & -0.470 & -0.539 & -0.411 & -0.132 \\ 0.307 & 0.365 & -0.244 & -0.307 & -0.119 & -0.132 \end{bmatrix}$$

从而得到决策点集的最优点 F^+ 和最劣点 F^-

$$F^+ = (0.596, 0.476, -0.133, -0.045, -0.022, -0.132)$$

$$F^- = (0.058, 0.158, -0.580, -0.535, -0.737, -0.635)$$

接着计算各决策点与最优、劣点的欧氏距离分别为:

$$d_i^+ = (0.132, 0.170, 0.146, 0.138, 0.122, 0.119, 0.143, 0.134, 0.096)$$

$$d_i^- = (0.107, 0.105, 0.101, 0.105, 0.104, 0.137, 0.154, 0.171, 0.137)$$

最后由公式(7) 求出各设区市的密切值, 并对其进行排序(表 2)。

表 2 密切值排序

设区市	福州	厦门	莆田	泉州	漳州	龙岩	三明	南平	宁德
密切值	0.754	1.154	0.925	0.819	0.657	0.435	0.591	0.391	0.201
排序号	6	9	8	7	5	3	4	2	1

2.4 评价结果分析

从上述评价模型计算结果知, 宁德密切值最小, 可持续利用水平最好; 厦门密切值最大, 可持续利用水平最差。9

个设区市中较好的还有南平、龙岩和三明, 而漳州和福州相对一般, 且泉州和莆田较差。通过定量分析得到的这一结果, 与一般的定性分析一致, 也与文献[3] 的分析结果一致。

宁德、南平、龙岩和三明 4 个设区市降水量丰富, 每 1 hm² 水资源量较多, 加之人口密度较小, 人均占有水资源量也较多, 为水资源的可持续利用提供了良好的资源条件。但是这些地区经济、技术水平相对低下, 农业灌溉尚未完全摆脱粗放式生产模式, 造成人均用水量、万元 GDP 用水量、万元工业用水量 3 个强度指标(逆指标) 较高(其中宁德的万元工业用水量指标较低)。所以, 这些地区应该在合理利用水资源上多下工夫, 提高人们节水意识, 引进先进的节水技术。值得一提的是, 这些地区水资源利用率低, 尤其是南平和宁德, 还不足 10%, 说明水资源开发的潜力还很大, 对区域的可持续发展相当有利。

厦门每 1 hm² 水资源量、人均水资源量为 9 地中最少, 而且厦门的水资源开发利用程度较高, 水资源利用率(逆指标) 为 45. 42%, 9 地中最高。由于总量指标和比例指标所占权重重大, 共为 0. 56, 所以使得厦门的可持续利用水平为 9 地最差。厦门的人均用水量、万元 GDP 用水量、万元工业用水量 3 个强度指标(逆指标) 皆为九地最低, 这与厦门的节水技术和节水意识相对较高分不开。但也从另一方面表明了厦门的节水潜力较小, 因此, 需要积极开发替代水源, 提高水资源调蓄能力。

3 结 论

- (1) 密切值法目的明确, 逻辑严谨, 计算方便, 能够提供准确的优劣次序, 可以用于水资源可持续利用的评价工作。
- (2) 应用密切值法对福建省区域水资源的可持续利用水

平的评价结果, 得到 9 个设区市中可持续利用水平的优劣次序为: 宁德- 南平- 龙岩- 三明- 漳州- 福州- 泉州- 莆田- 厦门。

(3) 该评价方法只能对评价对象(水资源) 进行定量比较, 无法提供客观的分类依据, 有待于进一步的研究和改进。

参考文献:

[1] 刘恒, 耿雷华, 陈晓燕. 区域水资源可持续利用评价指标体系的建立[J]. 水科学进展, 2003, 14(3) : 265- 270.

[2] 陈守煜. 区域水资源可持续利用评价理论模型与方法[J]. 中国工程科学, 2001, 3(2) : 33- 38.

[3] 刘梅冰, 陈兴伟. 福建省水资源可持续利用评价的模糊综合评判[J]. 福建师范大学学报, 2006, 22(1) : 107- 111.

[4] 路金喜, 郭建新. 水利水电工程灰色决策方法及应用[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1999.

[5] 楼文高, 刘遂庆. 区域水资源可持续利用评价的神经网络方法[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2) : 113- 116.

[6] 杨文海, 王丽芳, 王坤, 等. 改进密切值法在水环境质量评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2005, 16(2) : 69- 71.

[7] 楼文高. 用改进的密切值法综合评价农业技术经济方案[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 18(2) : 92- 95.

[8] 何东进, 洪伟, 林改平, 等. 多目标决策的密切值法及其应用研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(2) : 96- 98.

[9] 徐在民. 概论福建水资源[J]. 水利科技, 2000, 6(2) : 1- 6.

(上接第 178 页)

参考文献:

[1] 方大春, 刘国林, 王芳, 等. 基于 GIS 的土地适宜性评价模型研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27(1) : 35- 36.

[2] 伍世代. GIS 支持的福清市多目标土地适应性评价[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2000, 16(3) : 87- 95.

[3] 胡小华, 陆诗雷, 骆昌鑫, 等. GIS 支持的多目标土地适宜性评价[J]. 中国土地科学, 1995, 9(3) : 33- 37.

[4] 倪绍祥. 近 10 年来中国土地评价研究的进展[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6) : 672- 683.

[5] 王兆君, 李想. 呼兰县土地适宜性评价方法浅析[J]. 北方环境, 1999(2) : 15- 16.

[6] 唐宏, 盛业华, 陈龙乾. 基于 GIS 的土地适宜性评价中若干问题[J]. 中国土地科学, 1999, 13(6) : 36- 38.

[7] 张凤荣, 安萍莉, 王军艳, 等. 耕地分等的土壤质量指标体系与分等方法[J]. 资源科学, 2002, 24(2) : 71- 75.

[8] 傅伯杰, 陈利顶, 马诚. 土地持续利用评价的指标体系和方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2) : 112- 118.

[9] 陈百明. 区域土地可持续利用指标体系框架的构建与评价[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3) : 204- 205.

[10] 骆灿鹏, 郑建闽. 基于地理信息系统的耕地资源估价试验: 以福建省为例[J]. 中国土地科学, 1998, 12(4) : 33- 35.

[11] 刘黎明, 谢花林, 赵英伟. 我国草地资源可持续利用评价指标体系的研究[J]. 中国土地科学, 2001, 15(4) : 31- 34.