

# 水资源规划方案的模糊数学最佳选择

王 英

(长沙铁道学院)

**摘 要** 水资源规划方案的确定是一多因素的判别问题。该文根据笔者应用模糊数学的实践经验,总结了在水资源规划方案选择中隶属函数和模糊权向量的确定方法,提出进一步研究方向。

**关键词** 模糊数学 最佳方案 水资源规划 方案选择

水资源规划常需从政治、经济、社会、环境、技术等方面进行综合分析,涉及到许多不确定、不能量化的因素,尤其在进大系统、多层次、多目标的规划问题时就更加复杂,一个十分突出的矛盾就是精确性与模糊性的对立。为了更好地解决这种矛盾,近年来,模糊综合评判法在许多领域进行了尝试,本文根据作者在水资源规划方案选择中应用模糊数学理论的实践经验,总结了隶属函数和模糊权向量的选择确定方法。

## 1 基本资料

水资源规划涉及的因素十分复杂,今以某综合利用水库为例,说明模糊数学在水资源最佳规划方案选择中的应用。某综合利用水库,兼具防洪、灌溉、发电、旅游、上下游供水等功能,规划阶段,拟定了5个比较方案,具体指标见表1。

## 2 确定影响因素集

由于各方案的总施工工期及满足的供水需求基本相同,故此两因素对方案选择影响很小,可不计。经分析,确定参与评价的因素为7个:  $V = \{V_1, V_2, V_4, V_5, V_6, V_7\}$

式中  $V_1$ ——水库下游的防洪效益;  $V_2$ ——水库的灌溉效益;  $V_3$ ——水电站的年发电量;  $V_4$ ——水库的旅游效益;  $V_5$ ——

水库的年平均折算费用;  $V_6$ ——水库淹没的耕地;  $V_7$ ——水库的迁移人口。

表1 水库各规划方案指标

规 划 项 目	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5
水库总库容/ $10^8\text{m}^3$	12.9	15.4	18.6	21.2	24.9
下游防洪标准/年一遇	20	25	30	35	40
灌溉面积/ $10^4\text{hm}^2$	0.1133	1.3533	1.6333	1.8533	2.0666
年均发电量/ $10^9\text{kW}\cdot\text{h}$	3.6	4.8	5.7	6.3	6.6
旅游及航运效益	较好	较好	好	好	好
城镇供水/ $10^4\text{m}^3$	50	50	50	50	50
年均折算费用/ $10^4$ 元	4000	4800	5700	6800	8000
水库淹没耕地/ $\text{hm}^2$	1400	1667	1933	2267	2600
水库迁移人口/ $10^4$ 人	1.17	1.32	1.58	1.76	1.93
施工总工期/a	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6

注:水库年平均折算费用由总投资和年运行费折算而得。

## 3 各参评因素隶属函数选择

隶属函数是描述模糊集合的特征函数,隶属度是指任一元素对模糊集合的从属程度。隶属函数的确定是用模糊集合论求解问题的关键之一。但目前主要依据一些模糊分布,由经验进行线型拟合,有时也由推

收稿日期: 1997-08-25 1998-02-26 修订

王英, 讲师, 长沙市韶山路154号 长沙铁道学院土木建筑工程系, 410075

理拟定。

### 3.1 水库的防洪效益

该水库下游河道的绝大部分堤段防洪标准已达 10 年一遇, 当水库对下游的防洪标准 10 年一遇时, 认为无防洪效益, 隶属度 = 0; 当防洪效益提高到 50 年一遇时, 认为水库很好地解决了下游的防洪问题, 隶属度 = 1。拟定隶属函数曲线为“升半梯形分布”。

$$r(V_1) = \begin{cases} 0 & V_1 \leq 10 \\ (V_1 - 10)/40 & 10 < V_1 < 50 \\ 1 & V_1 \geq 50 \end{cases}$$

### 3.2 水库的灌溉效益

水库所在地区需灌溉面积有 34667 hm<sup>2</sup>, 若水库的灌溉面积 淹没耕地时, 可以认为无灌溉效益, 隶属度 = 0; 当灌溉面积 34667 hm<sup>2</sup> 时, 隶属度 = 1; 拟定隶属函数为“升半梯形分布”。

$$r(V_2) = \begin{cases} 0 & V_2 \leq V_6 \\ (V_2 - V_6)/(34667 - V_6) & V_6 < V_2 < 34667 \\ 1 & V_2 \geq 34667 \end{cases}$$

### 3.3 水电站的年发电量

若某方案毫无发电效益, 隶属度 = 0; 发电越多, 隶属度越大, 由于该电站并入大电网, 故只有当发电量趋于无穷大时, 隶属度才等于 1; 拟定隶属函数为“半升  $\Gamma$  型分布”。

$$r(V_3) = 1 - e^{-2/V_3}$$

### 3.4 水库的旅游效益

该水库库区是一风景旅游区, 水库中、上游各有一景区, 原只有公路交通, 时间需大半天, 许多游客因此放弃了另一景区。方案 1、方案 2 水位较低, 水库仅能新增一些水上游览项目, 方案 3、方案 4 和方案 5 水位较高, 通过水上交通可往来于两景区, 既观赏了库区风景, 又大大缩短了旅程, 因此, 拟定隶属函数为“升半矩形分布”。

$$r(V_4) = \begin{cases} 0.5 & \text{当 } V_4 \text{ 为“较好”时} \\ 1 & \text{当 } V_4 \text{ 为“好”时} \end{cases}$$

### 3.5 水库的年平均折算费用

建设单位从资金来源及还贷能力考虑, 若年费用 2500 万元, 是最好的方案; 若年费用达到或超过 1 亿元, 则认为无法接受。拟定隶属函数为“降半梯形分布”。

$$r(V_5) = \begin{cases} 0 & V_5 \geq 2500 \\ (10000 - V_5)/7500 & 2500 < V_5 < 10000 \\ 1 & V_5 \leq 10000 \end{cases}$$

### 3.6 水库淹没的耕地

若某方案不淹没耕地, 其隶属度 = 1; 当淹没 2667 hm<sup>2</sup> 时, 地方政府难于接受, 隶属度 = 0。因此, 拟定隶属函数为“降半梯形分布”。

$$r(V_6) = \begin{cases} 0 & V_6 \geq 2667 \\ (2667 - V_6)/2667 & 0 < V_6 < 2667 \\ 1 & V_6 = 0 \end{cases}$$

### 3.7 水库的迁移人口

若某方案库区无需迁移人口, 隶属度 = 1; 当移民人数超过 2 万人时, 地方政府表示无法安置, 难度较大, 隶属度 = 0。因此, 隶属函数为“降半梯形分布”。

$$r(V_7) = \begin{cases} 0 & V_7 \geq 2 \\ (2 - V_7)/2 & 0 < V_7 < 2 \\ 1 & V_7 = 0 \end{cases}$$

上述隶属函数的确定,是根据水资源规划方案的具体情况,各种指标的不同特点,采用先确定隶属函数的端点值,然后拟合某种隶属函数以描述其“好”或“坏”之间的中间状态,具体通过对各因素的大小变化、影响方案评价成果的敏感程度来分析确定。

#### 4 建立模糊关系矩阵 $R$

选定各参评因素的隶属函数后,将各方案所对应的各评价指标的隶属度算出,构成模糊关系矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{cases} 0.2500 & 0.3750 & 0.5000 & 0.6250 & 0.7500 \\ 0.2936 & 0.3696 & 0.4399 & 0.5021 & 0.5634 \\ 0.6425 & 0.7463 & 0.8038 & 0.8347 & 0.8483 \\ 0.5000 & 0.5000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.8000 & 0.6933 & 0.5733 & 0.4267 & 0.2667 \\ 0.4750 & 0.3750 & 0.2750 & 0.1500 & 0.0250 \\ 0.4150 & 0.3400 & 0.2100 & 0.1200 & 0.0350 \end{cases}$$

#### 5 模糊权 $A$ 向量的确定

由于各参评因素在方案比较中的权重系数,迄今尚无客观的标准进行计算,本课题采用的是多方面评议法,即邀请投资方、建设方、受益方和设计方座谈,对各个指标在方案选择中的重要性进行分析,阐述各方意见,填写建议的权重系数表,然后由设计方几位富有经验的专家进行综合确定,减弱偏差过大又理由欠缺的意见的影响,拟定权重系数。

$$A = (0.17, 0.17, 0.14, 0.10, 0.20, 0.11, 0.11)$$

#### 6 综合评价,初选最佳方案

代入  $B = A \cdot R$ , 得:  $B = (0.4902, 0.4985, 0.5404, 0.5236, 0.5021)$

取得最大值的是方案 3, 对应的  $b_3 = 0.5404$ , 因此初步判定方案 3 为最佳方案。

#### 7 敏感性分析,确定最佳方案

由于权重系数的赋予具有一定的主观性,需要进行敏感性分析。因该地区电力供应紧张,拟定的几个方案淹没损失不大,因此,拟定新的权向量  $A$ 。  $A = (0.16, 0.16, 0.18, 0.10, 0.20, 0.10, 0.10)$ , 代入

$$B = A \cdot R, \text{ 得: } B = (0.5015, 0.5136, 0.5583, 0.5428, 0.5221)$$

取得最大值仍为方案 3, 对应的  $b_3 = 0.5583$ , 因此可以确定方案 3 为最佳方案。

#### 8 结 语

应用模糊优选理论,关键在于隶属函数的选择和权向量的确定,建议组织力量,对各有关的影响因素进行综合分析,推荐各因素的隶属函数和权系数的选择范围列表,以结合实际查用。

#### 参 考 文 献

- 1 王 英 模糊综合评判法在水电规划中的应用 长沙铁道学院学报, 1996, 12(4): 38~ 44
- 2 王 英, 孙良刚 模糊数学理论在施工导流中的应用 人民长江, 1997, 2(2): 22~ 24
- 3 孙良刚 应用模糊理论选定过水围堰的挡水流量标准 施工组织设计, 1989, 1(1): 34~ 37