

③ 11-15

模糊决策在电源规划中的应用

The Application of Furry Decision for
Generation Expansion Planning

聂端
Nie Duan

杨秀苔
Yang Xiutai

(重庆大学工商管理学院)

TM715

摘要 将模糊决策应用于电源扩展规划中,提出了电源规划模糊决策方法。

关键词 电源规划; 模糊决策; 决策方法

中国图书资料分类法分类号 TM715

ABSTRACT Fuzzy decision was applied to the generation expansion planning and a method of fuzzy decision of generation expansion planning has been presented in this paper.

KEYWORDS generation expansion planning; fuzzy decision; decision method

0 引 言

改革开放以来,我国电力工业得到迅速发展,随着电力系统的不断扩大,电源长期扩展规划已变得十分复杂,涉及的因素也越来越多,既有技术经济因素,也有社会环境因素,在这些因素中有许多是不确定的。由于决策环境的随机性与模糊性,要精确地描述一个目标,有时是极为困难的,因此给出模糊目标就更有普遍意义,模糊决策就是在适合给定的约束与目标的容许方案中进行决策,本文就模糊决策在电源规划中的应用作一些探讨。

1 模糊决策方法

在方案决策中,设有集合 A, B

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\},$$

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$$

其中, A 为扩展方案集合, a_1 为方案 1, a_2 为方案 2, a_m 为方案 m ; B 为权重集合, b_1 为准则 1 的权重, b_2 为准则 2 的权重, b_n 为准则 n 的权重。

在集合 A 上可以定义一个 B -模糊集合 \underline{A} , 并且 $u_{\underline{A}}(a_j)$ 代表方案 a_j 对决策 \underline{A} 的模糊度, 记为

$$\underline{A} = \{u_{\underline{A}}(a_j), a_j\} \quad a_j \in A, j = 1, 2, \dots, m$$

* 收文日期 1993-01-05

在集合 B 上定义一个 R -模糊集合 \underline{B} ,

$$\underline{B} = \{u_B(b_i), b_i\} \quad b_i \in B, i = 1, 2, \dots, n$$

设 \underline{v} 为综合 n 个准则对 m 个方案的评价, 称为模糊效益矩阵, 它给出 B 与 A 之间的 R -模糊关系。

$$\underline{v} = [v_{ij}]_{n \times m}$$

则有关系:

$$\underline{A} = \underline{B} \circ \underline{v}$$

这里“ \circ ”为合成算子, 它与一般的矩阵算法有所不同, 定义为:

$$\begin{aligned} \underline{B} \circ \underline{v} &= [u_B(b_1), u_B(b_2), \dots, u_B(b_n)] \circ \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nm} \end{bmatrix} \\ &= \{[(u_B(b_1) \vee v_{11}) \wedge (u_B(b_2) \vee v_{21}) \wedge \dots \wedge (u_B(b_n) \vee v_{n1})], \\ &\quad [(u_B(b_1) \vee v_{12}) \wedge (u_B(b_2) \vee v_{22}) \wedge \dots \wedge (u_B(b_n) \vee v_{n2})], \\ &\quad \dots, [(u_B(b_1) \vee v_{1m}) \wedge (u_B(b_2) \vee v_{2m}) \wedge \dots \wedge (u_B(b_n) \vee v_{nm})]\} \end{aligned} \quad (1)$$

算子“ \wedge ”, “ \vee ”分别定义为:

$$a \vee b \triangleq \max(0, a + b - 1)$$

$$a \wedge b \triangleq \min(a + b, 1)$$

设 A 为有限集, y^* 为模糊最优方案, 则

$$y^* = \{a_j \in A \mid u_A(a_j) = \max u_A(a_j), j = 1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

最大化决策的解不一定唯一的, 有时不存在, 有时有无数个。

决策过程中, 评价准则的选取必须满足不重、不空的条件, 而权重的出现, 则说明了这样一个事实: 由于不同方案受不同条件的制约, 可由不同的方案来达到。

常见的隶属函数有以下几类: 偏小型, 偏大型, 中间型。不同的类型适用于不同的场合, 每种类型又有多种分布形式。

偏小型降半 r -分布的分布函数为:

$$\mu(y) = \begin{cases} 1 & y \leq c \\ e^{-k(y-r)} & y > c \quad (k > 0, \text{为常数}) \end{cases} \quad (3)$$

升半柯西分布的分布函数为:

$$\mu(y) = \begin{cases} 0 & x \leq c \\ \frac{1}{(1 + \alpha(y-c)^\beta)} & x > c \quad (\alpha > 0, \beta > 0) \end{cases} \quad (4)$$

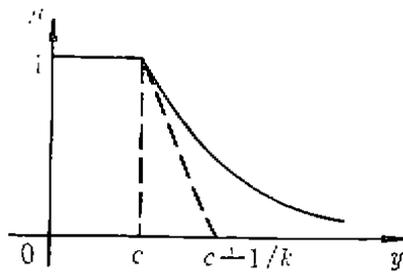
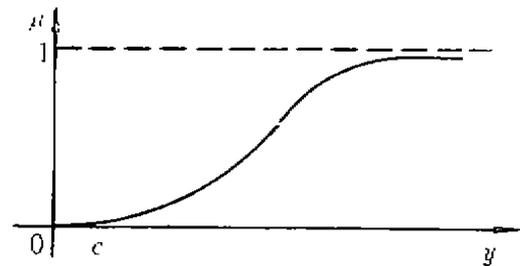
图 1 降半 r -分布

图 2 升半柯西分布

2 模糊决策在电源规划中的应用

2.1 效益矩阵的形成

在电源规划决策中,通常假设满足系统基本技术要求的各方案收益是相同的,仅比较其费用,实际运行中,各方案满足系统要求的程度不可能完全一样,这就给出了一个非常模糊的规划环境。

在满足约束条件的几个最优方案里,其目标费用值相差不大时,是刻意追求目标费用数值最小?还是选择其它条件进行比较?本文认为应选择后者。因此,本文引入衡量系统可靠性的主要指标 LOLP(系统电力不足概率)和 EENS(系统相对不供电量)作为规划评价的二条准则。事实上系统突然切除负荷或对用户停电、限电所造成的政治、经济损失是巨大的,甚至难于定量描述。另外本文还将建厂增机台数引入方案比较准则中,这是考虑到建厂将遇到的环境约束以及其它一些困难。在实际规划决策中,还可以增加另外一些决策准则。下面给出本文推荐的扩展方案比较表。

表 1 扩展方案比较表

准则	方案1	方案2	方案3	方案4
费用值	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}
LOLP 值	V_{21}	V_{22}	V_{23}	V_{24}
EENS 值	V_{31}	V_{32}	V_{33}	V_{34}
增机台数	V_{41}	V_{42}	V_{43}	V_{44}

2.2 评价准则与权重的分布形成

根据本文所选择的四项准则的特点,四项准则的模糊分布均取偏小型降半 r -分布(见图 1),而权重服从偏大型分布,因与升半柯西分布的形式较为吻合,故取升半柯西分布(见图 2)。

2.3 算例

某水、火混合电力系统原有装机 3100 MW,年峰荷值 2850 MW,按 4% 的负荷增长率,作以后 15 年内的电源扩展规划。备选机组有水、火、核电 3 种类型,多种单机容量。用动态规划方

法得到费用最低的4个方案,其数据如表2所示,现用模糊决策法来作最优方案决策。

表 2 算例的扩展方案比较表

准则	1	2	3	4
费用值(亿元)	140.04704	141.18307	141.71282	147.93595
LOLP 值	0.01203	0.01501	0.01264	0.01310
EENS 值(‰)	1.20	0.88	0.88	0.84
增机台数(台)	7	7	8	9

其中 $EENS = \frac{\text{系统不供电量}}{\text{系统电量总需求}} \times 1000\%$

各方案总装机容量依次为: 1方案 2380 MW
2方案 2500 MW
3方案 2500 MW
4方案 2450 MW

作者比较各准则的相对重要性,各准则权重取值如下:

费用, $b_1 = 0.44$; LOLP; $b_2 = 0.24$
EENS; $b_3 = 0.20$; 增机台数; $b_4 = 0.12$.

若在(4)式中取 $\alpha = 0.2, \beta = 1, c = 0$,得

$$\mu(y) = \frac{y}{y + 0.2} \quad (5)$$

由(5)式可得权重因子的隶属度为:

$$(0.6875, 0.5455, 0.500, 0.3750)$$

从权值的分配可以看出,在决策过程中,费用值的大小仍然是方案评价的主要因素,其它几项指标对决策过程有不同程度的影响,但均居次要地位。

对不同准则常数 K, C 取不同值(略),并将表2数据代入式(3)计算,得模糊效益矩阵:

$$\begin{bmatrix} 0.6440 & 0.4617 & 0.6407 & 0.6283 \\ 0.5902 & 0.5180 & 0.5746 & 0.5631 \\ 0.6096 & 0.6939 & 0.6936 & 0.7053 \\ 0.5945 & 0.5945 & 0.5945 & 0.5520 \end{bmatrix}$$

最后由式(1)可得各方案的隶属度为:

$$(0.5768, 0.5867, 0.6422, 0.6297)$$

由式(2)知,方案3为最优方案。

最优方案对应火电机组2台,容量为(180+240) MW,水电站4座(200+200+600+280) MW,核电机组2台(400+400) MW。

2.4 结果分析

从原始数据来看,所给4个方案各项指标值相差不大,各有优劣,用常规方法难于选出最优方案,采用本文推荐的方法使决策过程规范、明了。如采用上述方法选出的最优方案方案3与费用最低方案1相比,总费用仅增加了1.18%,年电量不足期望值 EENS 减少了32%(总费用即为计算期50年内,新增机组投资、年运行维护费等各项费用之和);最优方案3与方案2相

比,投资仅增加0.38%,系统电力不足概率 LOLP 降低18.75%;最优方案3与方案4相比,尽管不供电量增加4.54%,但投资减少3.83%,装机机组减少一台,系统电力不足概率 LOLP 却减少了3.64%,综上所述,方案3即为最优决策方案。

3 结 论

本文将模糊决策应用于电源长期扩展规划中,提出了电源规划模糊决策方法。该方法避免了确定性决策得出的结论可能偏离实际情况的现象发生,改变了过去在求得最低投资方案后,决策者再次综合考虑其它影响决策的因素,并调整最终决策的作法,使得综合平衡各种因素的决策过程规范化、科学化,提高了决策结果的可信度,实现了模糊环境下的最优决策。

参 考 文 献

- 1 H. J. Zimmerman. Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions. Fuzzy Sets and Systems, 1978
- 2 Geral W. Evans. Multiobjective Energy Generation Planning under Uncertainty. IIE Transactions, 1982
- 3 聂端. 电源扩展规划研究——一种动态规划模型的算法. 重庆:重庆大学硕士论文, 1990
- 4 王彩华, 宋连天. 模糊论方法学. 北京:中国建筑工业出版社