

工程项目成本预测的多基元模糊算法

张利荣,王素梅

(武警水电第二总队,江西 新余 338029)

摘要 从个例中得到工程项目划分为多个可算基元启示,定义了基元的这一重要概念,运用模糊数学理论,建立起多基元模糊算法的数学模型.该算法是把待测工程项目划分为多个基元,应用模糊数学方法,从工程项目成本系统资料库中找出类似基元,并用模糊快速递减加权式计算,得到各基元的成本参数,再汇总求得预测的成本量.多基元模糊算法与其他算法相容并能结合使用,在应用实例中获得了比较满意的预测结果.

关键词 成本预测 基元 模糊算法 工程项目 工程特征 成本参数

中图分类号 F403.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2004)03-0354-04

成本预测是工程项目决策、管理和控制的重要依据,《建筑工程项目管理规范(GB/T 50326-2001)》(2002年5月1日实施)规定项目成本控制的首要程序是成本预测.由于工程项目实际发生的财会成本因时、因事、因人、因地等诸多因素不同而不同,如何在事前准确地预测到其今后的财会成本是一件十分重要而困难的工作,因此工程项目成本预测算法的研究有重大的现实意义.

1 现行成本预测的算法

1.1 现行工程项目成本预测的算法及局限

工程项目成本一般由人工费、材料费、机械费、其他直接费、现场经费构成,需要预测的成本参量还包括人工工日、水泥、钢材、油料、机械等主要资源消耗,其预测一般可归纳为近似预测和详细预测两类^[1].详细预测算法较精确,但估算工作量最大,计算复杂且时间长久.近似预测算法虽然计算工作量小且对工程项目资料要求较低,但其精度往往较差.

1.2 农家人的预测方法及启示

农家人对自建三间半房子(约 155 m³)开支估算:(a)买钢筋、水泥、砖等材料约需 17 900 元(因为某家三间用了 16 100 元,某家三间半用了 17 200 元);(b)木材已积存基本够用,砂、石子在河上自筛自运;(c)模板、支撑架租用费 1 160 元;(d)请工匠估计要花费 6 500 元,另请帮工估计要 900 元;(e)土管所批地要收 5 600 元;(f)零星开支 1 200 元.共计需要开支 33 260 元.实施结果花费 33 630 元,误差率不到 1.5%.农家人巧妙地把开支分划为 6 个部分,并自然应用模糊类比估算出各个部分的费用.从中得到的重要启示是把工程项目划分为多个可算的基元,且这种划分未受现行财会或工程造价条框的约束.

2 多基元模糊算法的数学模型

2.1 待测工程项目的基元及划分

定义 1 把工程项目本身或其实现需要的某个构成部分称为基元.基元可以是工程结构的某个部分,如工程的某个单位工程、分部工程、分部分项工程等,也可以是项目实现需要的某个外在部分,如各类费用、消耗的人工或机械、临时工程以及工程量清单的某个子项等,甚至就是该工程项目.

将待测工程项目 E^* 划分为 $E_1^*, E_2^*, \dots, E_R^*$ 共 R 个基元,即由 R 个基元聚合的集,可表达为

$$E^* = \{E_i^* \mid i = 1, 2, \dots, R\} \quad (1)$$

定义2 第 i 个基元 E_i^* 的工程模糊特征集

$$A_i^* = \{a_{i1}^*, a_{i2}^*, \cdots, a_{iM}^*\} \tag{2}$$

待测工程项目 E^* 的工程特征模糊矩阵

$$A^* = \begin{bmatrix} a_{11}^* & a_{12}^* & \cdots & a_{1M}^* \\ a_{21}^* & a_{22}^* & \cdots & a_{2M}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{R1}^* & a_{R2}^* & \cdots & a_{RM}^* \end{bmatrix} \tag{3}$$

定义3 第 i 个基元 E_i^* 的工程量为 Q_i ,待测工程项目 E^* 的工程量集合

$$Q = \{Q_i \mid i = 1, 2, \cdots, R\} \tag{4}$$

定义4 要预测工程项目 E^* 的 N 个成本量为 $C_1^*, C_2^*, \cdots, C_N^*$ (人工费、材料费、机械费、其他直接费等),成本量的集合

$$C^* = \{C_k^* \mid k = 1, 2, \cdots, N\} \tag{5}$$

定义5 称单位工程量的成本消耗量 c_{ik}^* 为基元 E_i^* 的第 k 个成本参数.则待测工程项目 E^* 所要预测的成本参数集

$$C_{\Pi}^* = \{c_{ik}^* \mid i = 1, \cdots, R; k = 1, \cdots, N\} \tag{6}$$

其成本参数矩阵 C_{Π}^* 为:

$$C_{\Pi}^* = \begin{bmatrix} c_{11}^* & c_{12}^* & \cdots & c_{1N}^* \\ c_{21}^* & c_{22}^* & \cdots & c_{2N}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{R1}^* & c_{R2}^* & \cdots & c_{RN}^* \end{bmatrix} \tag{7}$$

2.2 模糊选择类似工程项目

企业对已完工项目的财会成本进行详尽的整理归类建档,此为工程项目成本系统资料库.设工程项目成本系统资料库 $E_{\Omega} = \{E_{\Omega}^T \mid T = 1, 2, \cdots, \Omega\}$,式中 E_{Ω}^T 为工程项目成本系统资料库第 T 个工程项目.在工程项目成本系统资料库中,根据待测工程项目的工程特征和其所划分的基元模糊选择类似的工程项目,设所选的工程项目为 $E_{\omega} = \{E^{\tau} \mid \tau = 1, 2, \cdots, \omega; \omega \leq \Omega\}$,显然, $E_{\omega} \subseteq E_{\Omega}$.

选择要求是保证在 E_{ω} 中,每一个基元 E_i^* 都要拥有足够的类似者(如规定 6 个以上的类似基元).选序排列第一因素是工程项目 E^{τ} 与 E^* 的贴适度,第二因素是工程项目的基元 E_i^{τ} 与 E_i^* 的贴适度.如水电工程项目的隧洞基元,应优先在水电工程中选择类似的隧洞基元,其次是在公路工程、铁路工程中寻找.

在 E_{ω} 中,对每个类似工程项目 E^{τ} 择取与待测工程项目 E^* 相同的 R 个基元.对第 τ 个工程项目,其第 i 个基元 E_i^{τ} 的工程模糊特征集

$$A_i^{\tau} = \{a_{i1}^{\tau}, a_{i2}^{\tau}, \cdots, a_{iM}^{\tau}\} \tag{8}$$

对第 τ 个工程项目,其基元 E_i^{τ} 第 k 个成本参数为 c_{ik}^{τ} .则 E^{τ} 的成本参数集 $C_{\Pi}^{\tau} = \{c_{ik}^{\tau} \mid i = 1, 2, \cdots, R; k = 1, 2, \cdots, N\}$,其成本参数矩阵

$$C_{\Pi}^{\tau} = \begin{bmatrix} c_{11}^{\tau} & c_{12}^{\tau} & \cdots & c_{1N}^{\tau} \\ c_{21}^{\tau} & c_{22}^{\tau} & \cdots & c_{2N}^{\tau} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{R1}^{\tau} & c_{R2}^{\tau} & \cdots & c_{RN}^{\tau} \end{bmatrix} \tag{9}$$

2.3 算法的数学模型

根据模糊数学原理^[2],待测工程项目成本量的计算模型可归纳为

$$\left. \begin{aligned} c_{ik}^* &= f\{C_{\Pi}^{\tau}, [N(A_i^{\tau}, A_i^*)]\} \\ C^* &= Q \times C_{\Pi}^* \end{aligned} \right\} \tag{10}$$

3 多基元模糊算法的计算步骤

a. 计算贴近度. 首先求出待测工程项目第 i 个基元 E_i^* 与每一个类似工程项目中的同类基元 E_j^* 的贴近度 θ_i^* ,

$$\theta_i^* = N(A_i^*, A_i^*) = \frac{\sum_{j=1}^m \rho_{ij}(\mu(a_{ij}^*) \wedge \mu(a_{ij}^*))}{\sum_{j=1}^m \rho_{ij}(\mu(a_{ij}^*) \vee \mu(a_{ij}^*))} \tag{11}$$
$$\sum_{j=1}^m \rho_{ij} = 1$$

式中 ρ_{ij} 为基元 i 第 j 个工程特征因素的影响权重. 则基元 E_i^* 与基元 E_j^* 的贴近度集

$$\theta_i = \{\theta_i^* | \tau = 1, 2, \dots, \omega\} \tag{12}$$

b. 对贴近度从大到小进行重新排序, 排序后的基元 E_i^* 与基元 E_j^* 的贴近度集

$$\Theta_i = \{\theta_i^* | (\theta_i^1 \geq \theta_i^2 \geq \dots \geq \theta_i^{\omega}) \wedge \theta_i^* \in \theta_i; \tau = 1, 2, \dots, \omega\} \tag{13}$$

一般情况下, $\theta_i^* \neq \theta_i^*$.

c. 计算各基元的成本参数. 式(10)第一项 c_{ik}^* 应用指数平滑法建立的模糊快速递减加权模型进行计算, 即待测工程项目第 i 个基元的第 k 个成本参数 c_{ik}^* , 选取贴近度排前 $(\theta_i^1, \theta_i^2, \theta_i^3)$ 的 3 个工程项目的基元 (E_i^1, E_i^2, E_i^3) 做预测的基础^[2],

$$c_{ik}^* = \delta_{ik} [\theta_i^1 c_{ik}^1 + \theta_i^2 (1 - \theta_i^1) c_{ik}^2 + \theta_i^3 (1 - \theta_i^1) (1 - \theta_i^2) c_{ik}^3 + (1 - \theta_i^1) (1 - \theta_i^2) (1 - \theta_i^3) (c_{ik}^1 + c_{ik}^2 + c_{ik}^3) \times 1/3] \tag{14}$$

式中 δ_{ik} 为成本参数 c_{ik}^* 的技术因素调整系数, 根据基元和成本参数酌情分析处理.

d. 对计算得到的各基元成本参数逐个检查, 对个别奇异数据进行分析, 调整计算. 若有一些待测基元在工程项目成本系统资料库很少或没有类似的基元, 可以通过其他办法求解补充. 由此可确定式(7)工程项目的成本参数矩阵 C_{Π}^* .

e. 工程项目第 k 个成本量

$$C_k^* = \Delta_k \sum_{i=1}^R c_{ik}^* Q_i \tag{15}$$
$$\Delta_k = \sum_{s \in \Lambda} \mu_s \Delta_k^s$$

式中 Δ_k ——第 k 个成本量的宏观因素调整系数; Λ ——宏观调整因素集, 即 $\Lambda = \{\text{工期, 质量标准, 工程位置, 现场环境, 物价因素, 政策因素, } \dots\}$; μ_s ——宏观调整因素集的第 s 个调整因素; μ_s ——调整因素 s 的权重, 且有 $\sum \mu_s = 1$; Δ_k^s ——调整因素 s 的调整系数.

f. 按式(10)第二项计算得到工程项目 E^* 成本量预测结果:

$$C^* = \left[\Delta_1 \sum_{i=1}^R c_{i1}^* Q_i \quad \Delta_2 \sum_{i=1}^R c_{i2}^* Q_i \quad \dots \quad \Delta_N \sum_{i=1}^R c_{iN}^* Q_i \right] \tag{16}$$

4 应用实例

4.1 成本预测任务及预测结果

某停机坪工程项目主要包括 道面和道肩的混渣垫层、水泥稳定碎石基层、混凝土面层和预制块道肩、围场路、特种服务车道、钢围界及排水沟等. 要求预测该工程项目的成本费和主要工料消耗(人工、水泥、碎石、中砂、石屑、钢筋), 为投标提供决策依据.

该项目工程量清单报价项目共 109 项, 酌情划分为 抗折 5.0 MPa 混凝土(E_1^*)、水泥碎石基层(E_2^*)、混渣垫层(E_3^*)、混凝土 C30 预制块(E_4^*)、M5 水泥砂浆(E_5^*)、沥青混凝土(E_6^*)、钢围界基础(E_7^*)、钢围界(E_8^*)、围界电动大门(E_9^*)、围场路(E_{10}^*)、排水沟(E_{11}^*)和临时工程(E_{12}^*)共 12 个基元. 为节约本文篇幅, 略

去计算过程,其预测结果如表 1 第 2 列所示.

4.2 多基元算法预测效果

该项目中标后,采用按工作结构分解的层次自下而上地详细计算,结果见表 1 第 3 列.
两种算法最大误差为 1.16%,成本费用、水泥和碎石等主要成本数据误差在 1.00% 以下.但多基元算法预测所用的工作时间只有详细预测算法的 10% 左右,资料的要求低,且得到了较为满意的预测结果.

表 1 两种算法结果
Table 1 Comparison of results of two algorithms

C_k	多基元法	详算法	差比/%	原因分析
成本费/万元	2633.83	2619.36	0.55	
人 工/工日	155 627.00	153 815.00	1.16	机械抹光
水 泥/t	21 430.00	21 387.00	0.20	
碎 石/m ³	103 777.00	104 342.00	- 0.54	临建使用
中 砂/m ³	20 103.00	20 327.00	- 1.11	临建使用
石 屑/m ³	19 389.00	19 569.00	- 0.93	临建使用
钢 筋/t	125.00	125.00	0.00	

5 结 语

从工程项目划分为多个可算基元这一新思路着手,提出了一种新的算法——多基元模糊算法.该算法与现行的其他算法有很好的相容性,对重要的基元和新增基元,可以用详细预测算法进行计算或复核.
在实际应用中应把握的要点:一是基元划分,基元划分是一种动态的聚类划分方法,因工程项目、预测任务、所拥有的信息和成本系统资料库不同而变化,实际划分一般由专业人员的经验分析确定,或采用模糊 ISODATA 算法和均值聚类算法确定,应当注意基元边界的耦合问题,避免重复计算或漏算.二是成本系统资料库,建立工程项目成本系统资料库是一个长期积累的过程,所收集的成本基础资料越细越好,并且要及时整理,信息化归档,便于查找和引用.
本文得到河海大学胡维松教授的热情帮助,在此致以衷心的感谢!

参考文献:

[1] 全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会. 施工项目成本管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,1995. 29—35.
[2] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001. 19—20,138—139,198—199.

Multiple base element fuzzy algorithm for prediction
of cost of engineering projects

ZHANG Li-rong, WANG Su-mei
(Hydro-power Corps No.2 under the APC, Xinyu 338029, China)

Abstract: The concept of base element is defined from a case study in which the engineering project is divided into multiple base elements, and a mathematical model of the multiple base element method is developed based on the theory of fuzzy mathematics. In this algorithm, the engineering project to be predicted is divided into multiple base elements, and the fuzzy mathematic method is adopted to find the similar base element from the cost database of engineering projects. Then, the rapid decrease fuzzy weight method is used for calculation of the cost parameter of each base element, and the cost of the project to be predicted is obtained by gathering of the parameters. The present method can be operated with other algorithms, and the results from examples are satisfactory.

Key words: cost prediction; base element; fuzzy algorithm; engineering project; characteristics of project; cost parameter