

基于模糊预测的建设工程单方造价快速算法研究^o

王洪刚 梁山 颜洪滨 柴毅

(重庆大学自动化系, 重庆 630044)

摘要 基于模糊理论和指数平滑预测相结合的方法, 给出了以预测单方造价为基础的投标工程单方造价快报算法。其算法具有普遍的应用价值。

关键词 模糊理论 预测算法 单方造价

Study on the Fast Algorithm of Cost of Building Square Metre of Construction Based on Fuzzy Prediction

Wang Honggang Liang Shan Yan Hongbin Chai Yi

(Chongqing University, Chongqing 630044)

Abstract The paper proposes a fast algorithm for cost of building per square meter based on fuzzy theory and smooth exponential prediction, this algorithm is universal significance of application.

Keywords fuzzy theory; predictive algorithm; cost of building per square meter

1 引言

随着国民经济的快速发展, 基本建设项目数量和规模越来越大, 同时随之培育起来的建筑市场非常活跃, 竞争也越加激烈, 怎样能在建设工程投标中获胜, 关键取决于能否快速、准确的获得与发包工程标底相适应的工程报价, 这也是目前建筑业在投标过程中急需解决的问题。在此, 我们利用模糊数学理论和指数平滑预测法建立了具有普遍实用意义快速预报算法, 对建设工程单方造价实施快速预报, 以适应工程投标快速的报价的要求。该算法已在部分建筑企业中得到应用, 并取得了良好的效果。

2 算法应用的条件

任何一种先进的算法都是建立在一定的条件约束之下, 违背了实用条件将成为谬误。本快速预报算法应用条件如下:

- 1) 工程投标企业应具有足够的工程建设经验和一定数量的已竣工程资料和单方造价资料。
- 2) 将招标工程分解为单位工程, 采用类比的方法从已竣工工程中选择以之相近的多个单位工程作为典型单位工程。
- 3) 评价招标单位工程和典型工程的指标体系应尽可能包含这两种工程的共同属性。单位工程能分解为单项工程时, 应尽可能用单项工程对比进行评价。
- 4) 选定的典型单位工程均采用折算为该工程建筑面积的单方造价为报价标准。

^o 本文于 1996 年 3 月 25 日收到

3 投标建设工程单方造价求解模型

就一般建设工程而言,将各单位工程总造价按建设工程总面积折合成该单位工程单方造价,而整个工程单方造价可为各单位工程单方造价之和

$$C = \sum_{k=1}^l A_k \tag{1}$$

其中 C 为投标工程单方造价; A_k 为投标单位工程单方造价; l 为投标单位工程个数。

但是由于投标企业自身施工管理能力和技术资质等级的影响,以及市场物价波动等因素的影响,投标企业可将各单位工程单方造价根据上述因素进行可行性调整,带调整系数修正的工程单方造价模型可表示为

$$C = [A_1 A_2 \dots A_k \dots A_l] [B_1 B_2 \dots B_k \dots B_l]^T \tag{2}$$

C 为投标工程单方造价; A_k 投标单位工程单方造价, l 的取值由招标工程的复杂性决定,一般应大于 5; B_k 为可行性调整系数,由建筑企业工程技术人员和财务预算人员共同决定,其值根据各单位工程单方造价的可行性,一般取经验数据 0.8~ 1.6 之间;

$[\cdot]^T$ 为可行性调整系数阵转置。

4 投标单位工程单方造价 A_k 的模糊预测模型

4.1 建立单位工程评价指标模糊集合

在快速报价中,投标人通过模糊类比的方法,从已有的竣工工程资料中选取与招标工程的各单位工程相近似的典型单位工程 5~ 6 个,但由于典型单位工程与投标单位工程的特性相似程度没有绝对指标衡量,只能用很相似、较相似等模糊语言来评价,因此典型单位工程选择是否合适将直接影响快速报价的准确性。

就一般单位工程而言,其属性特点是通过其包含的单项工程及其特点决定的,因此典型单位工程与投标单位工程的相似性评价指标应建立在各单项工程的个数、种类、性质等特性上。

在论域 U 中有模糊集合 $\tilde{S}_i, \tilde{S}_i \in U, U = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}\}^{[1]}$, 模糊集合 \tilde{S}_i 表征 A_k 投标单位工程与已完成的第 i 个典型工程比较其特性的模糊集合,则 $S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots, S_{im}$ 代表投标单位工程 A_k 的 m 项单项工程或特点, $\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ij}, \dots, \mu_{im}$ 代表与 A_k 单位工程相比较的 n 个典型单位工程中第 i 个典型单位工程的 m 个单项工程的相似程度,即隶属度。则

$$\tilde{S}_i = \left\{ \begin{matrix} \mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ij}, \dots \\ S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots \end{matrix} \right\}$$

式中 $i = 1, 2, \dots, n$ 为典型单位工程个数; $j = 1, 2, \dots, m$ 为 A_k 单位工程中的单项工程个数。

将投标工程的 A_k 单位工程中的各单项工程和典型单位工程的各单项工程 $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_i$ 进行比较,各对应单项工程的相似程度为 μ_{ij} 由此可得评价阵:

$$\begin{bmatrix} \tilde{S}_B \\ \tilde{S}_1 \\ \tilde{S}_2 \\ \vdots \\ \tilde{S}_i \\ \vdots \\ \tilde{S}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \mu_{11} & \mu_{12} & \cdot & \mu_{1j} & \cdot & \cdot & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \mu_{31} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \mu_{ij} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \mu_{n1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \mu_{nm} \\ \frac{1}{S_{i1}} & \frac{1}{S_{i2}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{1}{S_{im}} \end{bmatrix}$$

由于模糊比较是以投标单位工程为标准,以典型单位工程与其的相似程度来评价的,因此,可将投标

单位工程的模糊集合设为:

$$\tilde{S}_B = \left\{ \frac{1}{S_{i1}}, \frac{1}{S_{i2}}, \dots, \frac{1}{S_{ij}}, \dots, \frac{1}{S_m} \right\}$$

4.3 建立投标单位工程与典型单位工程的相似性评价模型

根据模糊理论,两个模糊集合的相似程度可用贴近度计算,因此投标单位工程与典型单位工程的贴度为:

$$S_i \text{ 与 } S_B \text{ 的贴近度为 } (\tilde{S}_i, \tilde{S}_B) = \frac{1}{2} [\tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B + (1 - \tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B)] \quad (3)$$

$\tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B$ 为模糊集合外积,遍取大再取小; $\tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B$ 为模糊集合内积,遍取小再取大即

$$\begin{aligned} \tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B &= \mu_U(S_i(\mu), S_B(\mu)) \\ \tilde{S}_i \cdot \tilde{S}_B &= \mu_U(S_i(\mu), S_B(\mu)) \end{aligned} \quad (4)$$

4.4 投标单位工程单方造价预测

根据指数平滑法预测模型,其指数修匀系数 α 对前期已知实际值进行加权修正,对于典型工程单方造价 C_i 与其相对应的贴近度 α_i ,令 $\alpha_i = (\tilde{S}_i, \tilde{S}_B)$ 并按其大小排序 $\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_n$,由于贴近度 α 其值越大则该典型单位工程与投标单位工程的特性相似性越大,同时它的单方造价也对投标单位工程的单方造价影响越大。因此,根据指数平滑预测模型^[3]可得:

$$\begin{aligned} A_k &= \alpha_1 C_1 + \alpha_2 (1 - \alpha_1) C_2 + \alpha_3 (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) C_3 + \alpha_4 (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) \\ &\quad \cdot \dots (1 - \alpha_{n-1}) C_n + (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) \dots (1 - \alpha_n) C_n^* \end{aligned} \quad (5)$$

取 $C_n^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_n$ 根据预测精度需要,合理选择典型单位工程的个数,如设预测精度 5%,则一般选前 3~5 项已足够。

为了进一步提高预测精度,根据建设工程特点须加入一精度调整系数 λ ,其值可由招标单位工程模糊关系系数和典型单位工程模糊关系系数决定,如取 4 个典型单位工程,即:

$$\lambda = 1 + \frac{1}{m} \left[1.8 \left(\frac{S_i}{S_{\alpha 1}} - 1 \right) + 0.8 \left(\frac{S_i}{S_{\alpha 2}} - 1 \right) + 0.4 \left(\frac{S_i}{S_{\alpha 3}} - 1 \right) + 0.2 \left(\frac{S_i}{S_{\alpha 4}} - 1 \right) \right] \quad (6)$$

m 为单项工程个数; S_i 为投标单位工程单项工程模糊关系系数; S_{α} 为与贴近度相对应典型单位工程的单项工程模糊关系系数。

模糊关系系数求解方法为:模糊元素(在单位工程中各单项工程隶属度之和) $M_i = \sum_{j=1}^m \mu_{ij}(S_j)$,将 M_i 中最大者求出,并将 M_{\max} 作除数运用下式求得各模糊关系系数 S_{A_i} :

$$S_{A_i} = \frac{M_i}{M_{\max}}$$

将所求得的 S_{A_i} 按贴近度 $\alpha_i = (\tilde{S}_i, \tilde{S}_B)$ 大小排列,相对应的即是 S_{α} ,将 λ 算出后代入投标单位工程单方造价预测公式中得 A_k ,如取 $i=4$ 则

$$\begin{aligned} A_k &= \lambda [\alpha_1 C_1 + \alpha_2 (1 - \alpha_1) C_2 + \alpha_3 (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) C_3 + \alpha_4 (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) (1 - \alpha_3) C_4 + \\ &\quad \frac{1}{4} (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) (1 - \alpha_1) (1 - \alpha_2) (1 - \alpha_3) (1 - \alpha_4)] \end{aligned} \quad (7)$$

5 检测各投标单位工程单方造价报价精度

对投标单位工程单方造价进行预测报价检验,其步骤与求单位工程单方造价完全一样。检验时将预测的投标单位工程与典型单位工程一样对待,将典型工程的单方造价一一进行检验,如典型工程单方造价相继能在规定精度内恢复其值,则所预测的投标单位工程的单方造价没有引起典型单位工程单方造价的不利波动,即所预测的投标单工程的单方造价是可信的。

在投标工程的各单位工程单方造价 A_k 求得以后,将其代入投标工程单方造价矩阵中即可求得工程单

方造价快报数据。

6 算例

设一综合楼招标工程A,其工程包括四个单位工程:A₁基础工程,A₂土建主体工程,A₃装饰工程,A₄水电暖通安装工程。由此得工程单方造价阵:

$$C = [A_1 A_2 A_3 A_4] \times [B_1 B_2 B_3 B_4]^T$$

1) 根据招标资料和已竣工资料对应每个单位工程各选取三个典型的单位工程进行比较打分。以土建主体工程A₂为例进行计算,所选典型工程分别用四个单项工程的技术经济指标与招标工程对比评价得其隶属度阵

$$\begin{array}{l} \begin{bmatrix} \tilde{S}_B \\ \tilde{S}_1 \\ \tilde{S}_2 \\ \tilde{S}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.90 & 0.93 & 0.86 & 0.89 \\ 0.91 & 0.95 & 0.82 & 0.85 \\ 0.85 & 0.96 & 0.91 & 0.83 \end{bmatrix} \\ \text{招标单位工程} \\ \text{第一典型单位工程} \\ \text{第一典型单位工程} \\ \text{第三典型单位工程} \\ \text{单项工程} \begin{array}{cccc} \frac{1}{S_{21}} & \frac{1}{S_{22}} & \frac{1}{S_{23}} & \frac{1}{S_{24}} \end{array} \end{array}$$

2) 计算贴近度

由式(3)(4)计算得 $(\tilde{S}_1, \tilde{S}_B) = 0.46$ $(\tilde{S}_2, \tilde{S}_B) = 0.475$ $(\tilde{S}_3, \tilde{S}_B) = 0.48$

根据资料折算得三个主体典型工程单方造价分别为 $F_1 = 190$ (元), $F_2 = 205$ (元), $F_3 = 180$ (元)。根据贴近度大小进行排列得

$$\begin{array}{ccc} \alpha_1 = 0.8 & \alpha_2 = 0.475, & \alpha_3 = 0.46 \\ C_1 = 180 & C_2 = 205 & C_3 = 290 \end{array}$$

3) 计算修正系数 λ

由公式(6)可得 $\lambda = 1.0955$

4) 预测土建主体工程单方造价A₂

将 λ , $\alpha_1 \sim \alpha_3$, $C_1 \sim C_3$ 代入式(5)得

$$\begin{aligned} A_2 &= 1.0955(0.48 * 180 + 0.475 * (1 - 0.48) * 205 + 0.46(1 - 0.48)(1 - 0.475) * 190 + \\ &\quad 1/3(180 + 205 + 190)(1 - 0.48)(1 - 0.475)(1 - 0.46) \\ &= 207.97 \text{ 元/m}^2 \end{aligned}$$

用相同方法算得其它单位工程单方造价: $A_1 = 90 \text{ 元/m}^2$, $A_3 = 220 \text{ 元/m}^2$, $A_4 = 150 \text{ 元/m}^2$, 经验算其误差均小于5%,符合要求。

5) 根据投标企业自身情况和市场物价以及未来不可见因素,选定可行性调整系数阵为 $B_1 = 1.2$, $B_2 = 1.15$, $B_3 = 1.1$, $B_4 = 1.08$ 。

6) 计算投标工程单方程造价

$$\begin{aligned} C &= [90 \ 207.97 \ 220 \ 150] [1.2 \ 1.15 \ 1.1 \ 1.08]^T \\ &= 751.16 \text{ 元/m}^2 \end{aligned}$$

至此投标工程单方造价为 751.16 元/m^2 ,可作为投标报价使用。

7 结束语

文中所述的招标工程单方造价快报算法是一种基于模糊预测,对一个较复杂的招标工程进行快速投标的实用算法,算法使用的精度同时也取决于投标预测者的实践经验,因此使用时必须认真分析,反复推敲才能取得良好的效果。在广大建筑企业的实际使用中只要稍加训练,即可很好掌握。

(下转第125页)

然环境系统和人类社会系统产生的各种影响的综合评价分析,评价比较决策方案的总体综合效果和其优劣程度。评价因素与人们对森林资源的用途和作用的认识深度和广度紧密相联,它可以是林木的自身繁衍率、立木蓄积量、林木开采经济价值、土地利用价值、水土保持价值、环境保护净化价值、防风价值、隔音隔声价值、观赏和美化价值等领域。评价指标由各评价因素的度量指标构成。一个具体的决策方案的评价,不必选取全部的评价指标,评价指标选取量由决策问题的内容和决策边界所决定。决策者应直接参与评价指标的确定和评价过程,才能使决策者真正了解决策方案“为何优?为何劣?”,并启发决策管理人员的思维能力,引导决策者进一步调整决策方案。

森林资源经营决策支持系统是一个开放性的系统,上述的决策支持模式仅是在现有的认识和技术下的一个基本模式,随着人们对森林系统的变迁规律的研究和森林对自然和人类生存环境作用认识的扩大和深化,必须补充新的知识、数据、模型和方法,不断扩展,不断完善,才能适应林业经营管理的决策需要,更好地为森林经营管理决策提供支持作用。

参 考 文 献

- 1 冯珊等 我国人口—经济发展战略决策支持系统 系统工程与电子技术, 1990(9), 1~ 7
- 2 梁嘉骅, 张志耀 决策支持系统建造的新思想和方法 系统工程理论和实践, 1990, 10: (5)
- 3 林业部规划院 《森林资源动态预测模型及预测的研究》研究报告, 1986 年 3 月。
- 4 郑治刚 “森林资源预测模型及预测之一, 之二, 之三” 森林资源管理, 1986(6), 1987(1, 2)。
- 5 郑治刚 林木直径分布结构变化方程, 系统工程理论与实践, 1992, 12(3)。

(上接第 118 页)

参 考 文 献

- 1 李洪兴等. 模糊数学. 北京: 国防工业出版社, 1994
- 2 许仁忠. 模糊数学及其在经济管理中的应用. 西南财经大学出版社, 1987
- 3 暴奉贤. 经济预测原理和方法. 广州: 广东人民出版社, 1984