

Research on the Rapid Predicting Model for the Engineering Cost Estimation Based on Fuzzy Mathematic

Xinzheng WANG¹, Ping HE²

¹School of Civil Engineering, NanYang Normal University, NanYang, P.R.China

²School of fine arts and arts design, NanYang Normal University, NanYang, P.R.China

Email: wxz791023@126.com, hepinglunwen@yahoo.com.cn

Abstract: Aiming at the problem that there is no rapid and accurate method for predicting the estimated investment in construction project, the rapid predicting model for the estimated investment in construction project is established with fuzzy mathematics method for the purposes of rational decision and control of the construction investment and improving the accuracy of predicting estimated investment. From the example, we can see that The rapid predicting model for the estimated investment in construction project established with fuzzy mathematics method is easy to use with good applicability, which can realize rapid predict the estimated investment in construction project, satisfy the requirement of accuracy, enhance the management level of construction and the competition capacity of construction enterprise.

Keywords: fuzzy mathematics; cost estimate; predicting model

基于模糊数学的工程项目投资估算快速预测模型的研究

王新征¹, 贺萍²

¹南阳师范学院土木建筑工程学院, 南阳, 中国, 473061

²南阳师范学院美术与艺术设计学院, 南阳, 中国, 473061

Email: wxz791023@126.com, hepinglunwen@yahoo.com.cn

摘 要: 基于建设项目投资估算具有一定模糊性的特点, 应用模糊数学理论, 建立工程项目投资估算快速预测模型, 运用模糊数学的方法和手段, 快速对建设项目进行投资预估算, 合理确定和控制建设项目投资, 提高投资预估算的准确性。实例的验算表明, 利用模糊数学的方法进行工程项目的投资估算具有预测速度快, 简单方便, 实用性强, 预估算误差满足项目投资预估算精度等多方面的要求。

关键词: 模糊数学; 工程造价; 预测模型

1 前言

建设项目的投资估算, 是工程建设项目可行性研究阶段的主要内容之一。投资估算的准确与否直接影响到项目的投资决策、基建规模、工程设计方案、投资经济效果、并直接影响到工程建设能否顺利进行。简便、快速和准确的进行地进行建设项目的投资估算, 对于工程建设项目的投资管理与控制, 具有十分重要的意义。

工程造价的影响因素众多, 构成复杂, 计算繁琐, 很多因素难以定量地描述, 具有较大的模糊性。传统思路的投资预估算过程是一项十分繁琐而复杂的工作, 尤

其在时间紧迫时, 缺点更加突出, 即使使用微机编制预算, 计算工程量所需的数据仍需人工去测算。为解决上述问题, 本文应用模糊数学的理论, 建立工程建设项目投资估算的快速预测模型, 从而实现对建设项目的投资进行快速估算, 以达到简化估算程序、提高估算准确率的目的^[1-3]。

2 基于模糊数学的快速投资估算预测模型的建立

2.1 建立项目投资估算快速预测数学模型的原理

在自然界和社会现象中, 模糊性往往是难以避免的, 有时, 过分的精确反而模糊, 适当的模糊反而精确,

基金项目: 河南省软科学研究计划项目 (092400440076); 河南省教育厅自然科学基金研究计划项目 (2009B630006); 南阳市科技局 (2008RK015)

只要我们正视其模糊性,运用模糊数学的方法和手段,就可以达到正确的估算造价的预期目的。

建筑工程造价本身就是一个不确切的数字,具有较大的模糊性。然而,一些具有丰富经验的工程预算人员,根据某些工程类型、特征要求以及工程具体情况等,参照以往的经验 and 已建工程的统计数据,就能快速估算出其大致投资,而不需从头到尾地进行大量繁杂计算。而且经验越丰富,资料积累和统计数据越多,得到的信息越及时,估算的工程造价就越准确。这种专家大脑的思维方式,正是在应用模糊数学建立快速投资预估算模型时需要借鉴的。因此,建立模糊数学的项目投资估算快速预测模型的基本思路是^[4-5]:首先将过去积累的许多典型工程的造价资料、工料分析资料等按一定格式分析整理后,建立工程造价资料库,如果想估算某拟建工程的投资,可先由工程预算人员对拟建工程的图纸进行分析,然后在数据库中查出与拟建工程最相似的3个工程,应用其造价资料,对拟建工程的投资进行快速估算。

2.2 建立项目投资估算快速预测数学模型的步骤

2.2.1 建立典型建设项目特征集合模糊数学关系矩阵

选取已建的类似工程为 n 个,分别为 $A_1, \dots, A_i, \dots, A_n$, $i = 1, \dots, n$, 用 T 表示工程特征集合,此集合元素的确定以能概括地描述本工程特征并能充分说明问题为原则。常取:如: $T = \{\text{基础类型、结构型式、层数、墙体、门窗类型、外墙装饰}\dots\}$, 用计算式 $T = \{t_1, t_j, \dots, t_m\}$, $j = 1, 2, \dots, m$ 。则第 i 个工程对应的工程特征集合为: $T_i = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{im}\}$, 式中: t_{ij} 表示第 i 个工程的第 j 个特征元素。

因此,可以得到建设项目特征矩阵,根据特征矩阵,可求出对应的模糊关系矩阵 A , 其表达式为:

$$A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}\} = \left\{ \frac{t_{i1}}{t_1}, \frac{t_{i2}}{t_2}, \dots, \frac{t_{im}}{t_i} \right\} \quad (1)$$

式中: A_i —第 i 个工程对应集合 T 的模糊子集;
 t_{im} —第 i 个工程第 m 个特征元素对应的隶属函数值;
 t_i —工程特征的元素名称。

为了反映不同特征元素对工程造价的影响,引入模糊数学中的隶属度概念。隶属度的确定方法有许多方法,如频率法,统计法,选择比较法等。本文根据工程项目的具体情况,并结合经验,采用头脑风暴法由专家给出。则典型建设项目的模糊关系矩阵 A 为:

$$A = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nm} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{t_{11}}{t_1} & \frac{t_{12}}{t_2} & \dots & \frac{t_{1m}}{t_m} \\ \frac{t_{21}}{t_1} & \frac{t_{22}}{t_2} & \dots & \frac{t_{2m}}{t_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{t_{n1}}{t_1} & \frac{t_{n2}}{t_2} & \dots & \frac{t_{nm}}{t_m} \end{vmatrix} \quad (2)$$

2.2.2 建立典型建设项目造价资料数据库

工程造价原始资料数据库的建立十分重要,首先要收集大量的已建类似工程资料,并把它们按用途进行分类,按工程分类进行相应的编码工作,对工程造价的数据进行收集、整理和输入,建立资料数据库。当对某一拟建工程进行估算时,通过输入编码在计算机中按照工程的主要特征码,从数据库中调出一定数量的类似已建工程的造价资料。典型建设项目造价资料数据库可用矩阵 E 表示:

$$E = \begin{vmatrix} E_{11} & E_{12} & \dots & E_{1m} \\ E_{21} & E_{22} & \dots & E_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{n1} & E_{n2} & \dots & E_{nm} \end{vmatrix} \quad (3)$$

式中 E_{ij} —第 i 个建设项目中第 j 个特征元素所对应的投资;

2.2.3 计算贴近度

设计 A, B 是论域上的两个模糊子集, $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 那么, A, B 的内积 $A \cdot B$, 外积 $A \otimes B$ 以及贴近度 (A, B) , 可由下列公式求出:

$$A \cdot B = \bigvee_{i=1}^n [U_A(U_i) \wedge U_B(U_i)] \quad (4)$$

$$A \otimes B = \bigwedge_{i=1}^n [U_A(U_i) \vee U_B(U_i)] \quad (5)$$

$$(A, B) = \frac{1}{2} [A \cdot B + (1 - A \otimes B)] \quad (6)$$

贴近度 (A, B) 表示了 A 与 B 的相似程度,贴近度越大,说明 A, B 两个子集的相似程度越好,在实际工作中, A 子集取已竣工工程的模糊关系值。 B 子集取预建工程的模糊关系值,从而能够计算出预估工程与

已竣工工程的贴进度。

2.2.4 选择相似工程

通过上述公式求出拟建工程与已建工程的贴进度，从而将拟建工程的相似程度定量化，将计算出来的拟建工程与每一个已建工程的贴进度从大到小排序：选择贴进度值最大的前三个已建工程作为拟建项目资源耗量及工程造价估算的相似工程。这三个已建相似比较层项目与拟建比较层项目的贴进度分别是 a_1, a_2, a_3 ，并且符合条件 $a_1 > a_2 > a_3$

2.2.5 计算工程造价。

按照指数平滑法理论导出的预测公式：

$$E^* = \lambda \{ a_1 E_1 + a_2 E_2 (1 - a_1) + a_3 E_3 (1 - a_1)(1 - a_2) + \frac{1}{3} (E_1 + E_2 + E_3) (1 - a_1)(1 - a_2)(1 - a_3) \} \quad (7)$$

式中： E^* —预估工程每平方米建筑面积造价估算值； a_1, a_2, a_3 —预估工程与三个最相似工程的贴进度，满足 $a_1 > a_2 > a_3$ ； E_1, E_2, E_3 —与 a_1, a_2, a_3 相应的典型工程的造价向量指标，即矩阵 E 中与 a_1, a_2, a_3 相应的造价资料的向量； λ —调整系数。

通过以上方法能很快估算出拟建工程的造价矢量特征 $E^* = (e_1^*, e_2^*, \dots, e_m^*)$ ，即能很快估算出拟建工程的造价、工料消耗量等有关工程造价的指标。

2.2.6 精度检验

将上述方法求得的预估工程造价或工料消耗量作为已知量，引入典型工程行列，分别将各典型工程的单方造价或工料消耗量作为未知量并对其进行估算，利用预测公式，求出各典型工程的单方造价或工料消耗量，将其与相应典型工程实际竣工决算的单方造价或工料消耗量做比较，看是否满足精度要求，若能满足精度要求，则说明典型工程各元素所定的隶属度可靠，若不满足要求，则要对所定元素的隶属度做适当的局部调整，重新检验精度，直至满足为止。

Table 1 Feature categories table of civil engineering

表 1 建筑工程特征类目

特征类 目定 量 化 值	1	2	3	4	5	6
基础类 型	砖条基	钢筋砼条基	粉喷桩加固地基	片筏基础钢筋砼带基	钢筋砼桩基	钢筋砼满堂基础
结构型 式	砖混	框架预制板	全现浇框架	框剪结构		
层数	6 层以下	7-11 层	11-16 层	16 层以上		
门窗	木门窗	木门塑窗	木门铝合金窗	铝合金窗		

外墙装饰	清水墙	干粘石	水刷石	面砖
墙体	空心砖	标准砖	砌块	钢筋砼隔板

3 项目投资估算快速预测模型的应用分析

3.1 建立典型建设项目特征集合模糊关系矩阵

某公司要对某拟建的住宅楼进行投资估算，据施工图及有关资料进行分析，该工程为七层砖混结构，基础类型为钢筋砼条基，墙体为标准砖，外墙装饰采用干粘石，木门塑窗。

民用建筑工程是由基础、墙柱、楼层、屋顶、门窗等基本构件所组成。其造价取决于每部分的实物工程量的大小、类别及价格水平，而实物工程量的大小是由工程设计的建筑结构参数决定的。通过对已建典型工程的造价组成及建筑结构参数变化对造价的影响进行分析，我们确定基础类型、结构型式、层数、墙体、外墙装修和门窗 6 个指标为决定工程造价的主要因素，这 6 种指标的主要表征特点如表 1 所示^[6-7]。本文根据该建设项目的具体情况和专家意见，选取与拟建工程 A^* 相似的 6 栋住宅楼 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 和 A_6 作为典型工程，并选定 6 个建筑项目特征集合 {基础类型、结构型式、层数、墙体、外墙装修、门窗}，以这 6 个指标为评判的基准组成论域，并通过专家的大脑风暴法，在闭区间 $[0, 1]$ 取值，因而得到典型建筑项目的模糊关系矩阵为：

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0.80 & 0.90 & 1 & 0.85 & 0.90 & 0.75 \end{matrix} \\ \begin{matrix} t_1 \\ 0.65 \\ t_1 \\ 0.85 \\ t_1 \\ 0.90 \\ t_1 \\ 1 \\ t_1 \end{matrix} & \begin{matrix} t_2 \\ 0.85 \\ t_2 \\ 0.80 \\ t_2 \\ 1 \\ t_2 \\ 0.90 \\ t_2 \end{matrix} & \begin{matrix} t_3 \\ 0.90 \\ t_3 \\ 0.95 \\ t_3 \\ 0.95 \\ t_3 \\ 0.85 \\ t_3 \end{matrix} & \begin{matrix} t_4 \\ 1 \\ t_4 \\ 0.85 \\ t_4 \\ 0.75 \\ t_4 \\ 0.86 \\ t_4 \end{matrix} & \begin{matrix} t_5 \\ 0.7 \\ t_5 \\ 0.8 \\ t_5 \\ 1 \\ t_5 \\ 0.8 \\ t_5 \end{matrix} & \begin{matrix} t_6 \\ 0.9 \\ t_6 \\ 0.7 \\ t_6 \\ 0.9 \\ t_6 \\ 0.65 \\ t_6 \end{matrix} \end{matrix}$$

拟建工程的特征向量为：

$$A^* = \left[\frac{0.90}{t_1}, \frac{0.85}{t_2}, \frac{1}{t_3}, \frac{0.75}{t_4}, \frac{0.90}{t_5}, \frac{0.95}{t_6} \right]$$

3.2 计算贴进度

计算 A^* 与 A_1 的贴进度 a_1

$$A^* \cdot A_1 = [(0.80 \wedge 0.90) \vee (0.90 \wedge 0.85) \vee (1 \wedge 1) \vee (0.85 \wedge 0.75) \vee (0.90 \wedge 0.90) \vee (0.75 \wedge 0.95)] = 1$$

$$A^* \otimes A_1 = [(0.80 \vee 0.90) \wedge (0.90 \vee 0.85) \wedge (1 \vee 1) \wedge (0.85 \vee 0.75) \wedge (0.90 \vee 0.90) \wedge (0.75 \vee 0.95)] = 0.85$$

$$a_1 = (A^*, A_1) = \frac{1}{2} [A^* \cdot A_1 + (1 - A^* \otimes A_1)] = 0.575$$

同理, 计算出 A^* 与 A_2 的贴进度 $a_2 = 0.525$, A^* 与 A_3 的贴进度 $a_3 = 0.5$, A^* 与 A_4 的贴进度 $a_4 = 0.55$, A^* 与 A_5 的贴进度 $a_5 = 0.6$, A^* 与 A_6 的贴进度 $a_6 = 0.52$ 。按择近原则有 $a_5 > a_1 > a_4 > a_2 > a_6 > a_3$, 取与预测项目贴进度最大的3个工程, 即 A_5 、 A_1 、 A_4 项目的造价资料进行预测。

3.3 预测铁路项目投资预估算额

为简便计算, 本文只对每平方米工程造价预估, 其它的造价资料(工料消耗)的估算方法于此类似, 根据工程造价资料数据库资料, 可以得到 A_5 、 A_1 、 A_4 项目的每平方米投资分别为 $E_5 = 841.2$ 元, $E_1 = 769.5$ 元, $E_4 = 812$ 元, 并且根据拟建铁路客运专线特点, 由专家确定调整系数 $\lambda = 1.05$, 则可以预测该新建铁路客运专线的投资预估算为:

$$\begin{aligned} E^* &= \lambda \{ a_5 E_5 + a_1 E_1 (1 - a_5) \\ &+ a_4 E_4 (1 - a_5)(1 - a_1) + \frac{1}{3} (E_5 + E_1 + E_4) \\ &(1 - a_5)(1 - a_1)(1 - a_4) \} \\ &= 860.38 \text{ 元} \end{aligned}$$

3.4 精度检验

将求出的项目的每平方米投资作为已知的典型项目, 分别将各典型建设项目的每平方米投资作为未知量进行投资预估算额的预测, 方法同上, 将估算结果与相应的典型建设项目实际竣工决算的每平方米投资做比较, 精度均达到 95% 以上, 满足要求。

4 结论

利用模糊数学方法估算建筑工程造价的基本原理是大多数建筑物之间存在着某些相似的性质。利用同类型工程预算资料, 采用模糊数学中的贴进度等方法,

从而得到拟建工程的造价。通过应用分析事例可知, 基于模糊数学的建设项目投资估算快速预测模型在应用中具有预测速度快、精度高、实用型强的优点。

同时, 需要注意的是, 当数据资料越齐全时, 预估工程与典型工程的贴进度越高, 投资估算额的预测结果就越可靠, 且精度高。这就需要投资估算预测的相关人员及机构要面对现实, 善于总结和积累大量已建工程的工程造价、工料机分析和工程特征等方面的资料。同时对于调整系数 λ 值的确定, 要求预测投资预估算额的相关人员具有丰富的工程造价编制经验, 充分把握市场价格趋势以及具有丰富的工程实践经验, 以提高预测工作的准确性。

References (参考文献)

- [1] Feng Weimin, Cao Yuejin, Ren Hong. The study on the case-based reasoning method of the cost-estimation in civil engineering[J], *China Civil Engineering Journal*, 2003, 36(3), P51-56 (Ch).
冯为民, 曹跃进, 任宏. 基于案例模糊推理的土木工程造价估算方法研究[J], *土木工程学报*, 2003, 36(3), P 51-56
- [2] Yu Jing, Liu Jian-min, Zhang He. The Fast Dynamic Algorithm of the Cost of Construction Based on Fuzzy Mathematics[J], *Journal of Guangdong University of Technology*, 2007, 24(2), P107-110 (Ch).
于靖, 刘建民, 张贺. 基于模糊数学的工程造价动态快速估算方法[J], *广东工业大学学报*, 2007, 24(2), P 107-110
- [3] Jiang Zai-qiu, Research on the Rapid Predicting Model for the Pre-estimated Investment in Railway Construction Project Based on Fuzzy Mathematics[J], *Journal of Railway Engineering Society*, 2008, 118(7), P107-110 (Ch).
蒋再秋. 基于模糊数学的铁路项目投资预估算快速预测模型的研究[J], *铁道工程学报*, 2008, 118(7): P107-110
- [4] Tang Jun. Estimating System of Construction Project Cost Based on Dynamic Fuzzy Neural Network[J], *Journal of Hunan City university (Natural Science)*, 2008, 17(4), P63-66
唐俊. 基于动态模糊神经网络的建设工程造价估算系统[J], *湖南城市学院学报(自然科学版)*, 2008, 17(4), P63-66
- [5] Long Li. To Applying on Fuzzy Analog Method in Project Cost Estimation[J], *Value engineering*, 2008, (7), P 153-155 (Ch).
龙丽. 模糊类比法在工程造价估算中的应用[J], *价值工程*, 2008, (7), P 153-155
- [6] Shen Jin-shan, Du Xiao-wen, Li Lan. A quick cost-estimating method for the civil engineering based on BP neural network[J], *Henan science*, 2003, 21(4), P479-482 (Ch).
申金山, 杜晓文, 李岚. 基于 BP 神经网络的建筑工程造价快速估算方法[J], *河南科学*, 2003, 21(4), P479-482
- [7] Hong Jiang, Gao Peng. To Study on Fuzzy Recognition in Estimating Engineering Price[J], *Value engineering*, 2008, (9) P126-129 (Ch).
洪江, 高鹏. 模糊识别在工程造价估算中的应用[J], *价值工程*, 2008, (9) P126-12