

建筑工程定额计价的非线性分析探究

于玲

(无锡轴网建设项目咨询服务有限公司, 江苏 无锡 214000)

摘要: 本文从项目复杂程度、施工企业管理水平、劳务施工队伍发展情况、劳务施工人员薪酬制度、项目管理单位管理水平等五方面, 梳理总结建筑工程定额计价中人工费的影响因素, 并使用主成分分析法, 对建筑工程定额计价人工费在非线形变化境况下的管理成果开展量化评价, 这有助于实现对建筑项目定额计价人工费管理成果的科学评价。

关键词: 建筑工程; 定额计价; 非线性; 量化评价
中图分类号: TU723.3 **文献标志码:** A



建筑工程的定额计价人工费受多种因素影响, 呈现一定非线性变化趋势。因此对建筑工程项目定额计价人工费的管理效果开展量化评价存在一定难度。鉴于此, 尝试进行建筑工程项目定额计价人工费在非线形变化情况下的量化评价探究, 对科学评价定额计价人工费的管理效果而言具有一定积极意义。

1 定额中人工费的计价方法和影响因素

1.1 建筑工程定额中人工费计价方法

要想探究建筑工程定额计价的非线性变化, 首先需要明晰定额计价人工费的的计算方法。在现阶段建筑工程定额中, 人工费的计算公式如式(1)所示。

$$C = \sum M_i \times L_i \quad (1)$$

式中, C 表示人工费用总额, M_i 表示各类工种每个工日的计费额, L_i 表示各类工种的工日数量。

由于任意建筑工程项目包含多种分部分项工程, 每类分部分项工程又包含不同的特殊专业工种和普通劳务工种, 每类工种的计日工价格又受建筑市场行情变化的影响较大。因此在建筑工程项目施工期间, 人工费变化一般都呈非线性变化^[1-3]。

1.2 建筑工程定额中人工费的影响因素

经过文献调查和广泛的市场调研, 建筑工程定额计价人工费的影响因素主要有以下五个方面: 一是建筑工程项目的复杂程度; 二是施工企业管理水平; 三是劳务施工队伍发展情况; 四是劳务施工人员薪酬制度; 五是项目管理单位管理水平。

2 主成分分析法的理论基础

在以往的建筑工程定额计价人工费使用情况评价中, 出资者一般根据人工费占总成本的份额比例以及总成本与总收入之间的盈亏关系进行宏观评价, 并没有实现对人工费的量化评价。再加上人工费受各种因素的影响, 对其开展量化评价比较困难。鉴于建筑工程定额计价人工费受各种因素影响, 呈非线性变化趋势, 因此借助主成分分析法对其进行非线性变化境况下的量化评价探究。

2.1 主成分分析法的理论基础

有关文献显示, 主成分分析法的数学函数表达式如式(2)所示。

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m \\ \dots \\ X_n = a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \dots + a_{nm}F_m \end{cases} \quad (2)$$

式中, X_1, X_2, \dots, X_n 表示建筑工程定额计价人工费的 n 个变量; F_1, F_2, \dots, F_m 表示影响建筑工程定额计价人工费的 m 个因素变量; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 表示每一种影响因素的误差修正值。

将式(2)用矩阵的形式进行转换, 可以得到如式(3)所示的计算式。式(3)所示的矩阵计算式可以简写为式(4)所示的简式矩阵。

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$X=AF+\varepsilon \quad (4)$$

式(4)所示的简式矩阵中, A 矩阵表示建筑工程定额计价人工费影响因素的主成分系数矩阵, 系数 a_{ij} 表示变量 X_i 在主成分 F_j 上的权重, 系数 a_{ij} 值越大表明该因素变量与相应主成分之间的联系越密切。

2.2 主成分分析法的实施步骤

基于主成分分析法的有关理论, 使用主成分分析法对建筑工程定额计价的非线性变化进行量化评价, 其实施步骤主要为: 标准化处理定额计价人工费数据, 定额计价人工费主成分适用性检验, 利用权重矩阵提取主成分、计算主成分因子得分。

(1) 标准化处理定额计价人工费数据

对定额计价人工费数据进行标准化处理, 主要是由于各类不同工种的影响因素中含有诸多不同的定量特征指标和定性特征指标, 这些定量指标、定性指标之间存在一定数量级差异或量纲级差异。比如某建筑工程项目, 钢筋工的定额人工费为300元/工日, 砌筑工的定额人工费为250元/m³, 抹灰工的定额人工费为230元/m², 上述三个工种的定额人工费数额不一致、单位不一致, 即存在数量级和量纲级的差异。因此, 在进行定额计价人工费的数据分析前, 需要依据式(5)对有关人工费的数据进行标准化处理, 从而消除人工费数据指标在数量级或量纲级上的差异。

$$ZX_i = \frac{X_i - EX_i}{\sqrt{\text{Var}(X_i)}} \quad (5)$$

式中, ZX_i 表示建筑工程定额计价人工费影响因数 X_i 的标准化特征指标变量, EX_i 表示影响因数 X_i 的平均值, $\text{Var}(X_i)$ 表示影响因数 X_i 的方差。

(2) 定额计价人工费主成分适用性检验

所谓定额计价人工费主成分的适用性检验, 主要指影响因素变量 X_i 在进行标准化处理后, 在对其进行影响因素主成分分析前, 需要借助适用性检验, 验证挑选出的影响因素指标变量是否符合主成分分析的适用条件。一般情况下, 可以利用式(6)进行检验。

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} p_{ij}^2} \quad (6)$$

式中, r_{ij} 表示影响因素变量 X_i 和影响因素变量 X_j 之间的相关性系数; p_{ij} 表示影响因素变量 X_i 和影响因素变量 X_j 之间的偏相关性系数。

一般情况下, KMO 的数值处于0(包含0)到1.0(包含1.0)之间, 当 $0.9 \leq KMO \leq 1.0$ 时, 表明影响

因素的主成分高度符合适用性检验; 当 $0.8 \leq KMO < 0.9$ 时, 表明影响因素的主成分较好符合适用性检验; 当 $0.7 \leq KMO < 0.8$ 时, 表明影响因素的主成分基本符合适用性检验; 当 $0.6 \leq KMO < 0.7$ 时, 表明影响因素的主成分不太符合适用性检验; 当 $0 < KMO < 0.6$ 时, 表明影响因素的主成分不符合适用性检验。 KMO 的数值越接近于1.0, 影响因素变量主成分适用性越好, 定额计价人工费影响因素的量化评价越准确^[4]。

(3) 利用权重矩阵提取主成分

在完成建筑工程定额计价人工费的数据标准化处理、适用性检验后, 需要利用权重矩阵对 KMO 值在0.6及以上的影响因素变量, 进行主成分提取。一般情况下, 在众多影响因素变量中, 能对定额人工费的量化评价起关键作用的变量因素, 其权重矩阵值越高。当某一建筑工程项目存在 n 个影响因素变量时, 可以根据因素变量分析法对 m 个因素变量建立如式(7)所示的因素变量权重矩阵。一般选取 A 值大于1的影响因素成分作为量化评价的主成分。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

(4) 计算主成分因子得分

在建筑工程定额计价人工费的量化评价主成分确定后, 即可利用式(8)进行主成分的非线性量化分值计算。

$$F_j = \beta_{j1}X_1 + \beta_{j2}X_2 + \beta_{j3}X_3 + \cdots + \beta_{jn}X_n \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

式中, X_1, X_2, \dots, X_n 表示建筑工程定额计价人工费数据进行标准量化后的变量因子; $\beta_{j1}, \beta_{j2}, \dots, \beta_{jn}$ 表示 F_j 在 X_n 上的得分系数。非线性量化分值 F_j , 当 $0.85 \leq F_j \leq 1$ 时, 表明人工费的管理控制效果很好; 当 $0.65 \leq F_j < 0.85$ 时, 表明人工费的管理控制效果较好; 当 $0.5 \leq F_j < 0.65$ 时, 表明人工费的管理控制效果一般; 当 $0.3 \leq F_j < 0.5$ 时, 表明人工费的管理控制效果较差; 当 $F_j < 0.3$ 时, 表明人工费的管理控制效果很差。由此可借助影响因素主成分分析法实现对建筑工程定额计价人工费的非线性变化量化评价。

5 主成分分析法在定额计价人工费量化评价中的应用

某建筑工程项目的定额计价人工费数据及其影响因素变量统计表如表1所示。

表1 某建筑工程项目定额计价人工费统计表

人工费变量	人工费变量名称	费用单价	工作量	各类别人工费总额/万元	影响因素变量及影响因素变量名称
X_1	普工	100元/工日	7500工日	75	F_1 : 项目复杂程度 F_2 : 施工企业管理水平 F_3 : 劳务队伍发展情况 F_4 : 施工人员薪酬制度 F_5 : 项目管理单位管理水平
X_2	钢筋工	300元/工日	8900工日	267	
X_3	木工	280元/工日	8300工日	232.4	
X_4	混凝土工	300元/工日	1200工日	36	
X_5	砌筑工	270元/m ³	1400m ³	37.8	
X_6	抹灰工	240元/m ²	6500m ²	156	
X_7	装饰工	200元/m ²	6500m ²	130	
X_8	安装工	150元/m ²	6200m ²	93	

根据主成分分析法的实施步骤，分别按照式5对表1中的数据进行标准化处理、按照式（6）对完成标准化处理后的数据进行适用性检验，得出表2所示的计算结果。

表2 数据标准化处理和适用性检验结果

计算值	X_1F_1	X_1F_2	X_1F_3	X_1F_4	X_1F_5	X_2F_1	X_2F_2	X_2F_3	X_2F_4	X_2F_5
ZX ₁	235	241	258	236	248	265	276	301	320	285
KMO	0.82	0.81	0.65	0.95	0.43	0.91	0.61	0.74	0.74	0.68
计算值	X_3F_1	X_3F_2	X_3F_3	X_3F_4	X_3F_5	X_4F_1	X_4F_2	X_4F_3	X_4F_4	X_4F_5
ZX ₁	165	185	180	175	220	254	238	274	265	285
KMO	0.92	0.58	0.63	0.71	0.83	0.91	0.82	0.64	0.79	0.69
计算值	X_5F_1	X_5F_2	X_5F_3	X_5F_4	X_5F_5	X_6F_1	X_6F_2	X_6F_3	X_6F_4	X_6F_5
ZX ₁	305	294	273	245	262	258	274	158	164	197
KMO	0.71	0.92	0.68	0.85	0.74	0.77	0.82	0.90	0.86	0.77
计算值	X_7F_1	X_7F_2	X_7F_3	X_7F_4	X_7F_5	X_8F_1	X_8F_2	X_8F_3	X_8F_4	X_8F_5
ZX ₁	302	288	265	245	258	276	238	245	188	192
KMO	0.69	0.91	0.81	0.82	0.48	0.56	0.58	0.64	0.68	0.93

注： X_iF_m 表示人工费变量 X_i 与影响因素变量 F_m 之间的影响关系。

根据表2，从KMO值在0.9及以上的影响关系中寻找主成分，得出普工与施工人员薪酬制度之间的影响关系为主成分，钢筋工、木工、混凝土工与项目复杂程度之间的影响关系为主成分，砌筑工与施工企业管理水平之间的影响关系为主要成分，抹灰筑工与劳务队伍发展情况之间的影响关系为主要成分，安装工与项目管理单位管理水平之间的影响关系为主要成分。

根据表2的计算结果，再分别根据式（7）和式（8）进行计算，得出案例项目的 F_j 值为0.68。由此可以判断，案例项目的定额计价人工费管理控制效果较好。

6 结束语

建筑工程定额计价，受多种因素影响，呈现非线性变化。本文主要梳理总结影响建筑工程定额计价人工费的有关影响因素，借助主成分分析法的有

关理论，对某案例工程项目的定额计价人工费管理控制效果进行量化评价，从而为建筑工程定额计价人工费在非线性变化境况下的管控效果评价提供参考。

参考文献

- [1] 韩春景.定额人工费与市场实际人工费差异探讨[J].工程建设与设计, 2020(4): 206-207.
- [2] 李巧, 乔鹏.基于主成分分析的公路施工定额现场测定影响因素聚类分析[J].公路与汽运, 2010(6): 161-165.
- [3] 赵亚鹏, 孔亮.基于工程实例的非线性问题数值软件选取分析[J].科学技术与工程, 2021, 21(15): 6114-6122.
- [4] 夏景.建筑工程定额计价的非线性分析研究[D].贵州: 贵州大学, 2022.