

灰色关联在桥梁施工组织设计 评审中的应用研究

蔡雪峰¹, 李 林¹, 朱 岩²

(1. 福建工程学院土木工程系, 福建 福州 350007; 2. 清华大学土木水利学院, 北京 100084)

摘要: 桥梁工程施工组织设计是指导桥梁施工的重要技术文件。为了更加科学有效地评价施工组织设计方案, 本文根据多年的工程实践经验和理论研究, 建立了桥梁施工组织设计的评审指标体系及其数学模型, 运用层次分析法确定评价指标的权重, 采用灰色关联法构建出桥梁施工组织设计的评价模型, 根据关联度的大小确定桥梁施工组织设计的最优方案。通过实际项目施工组织设计评审的应用, 证明了用灰色关联法不仅客观而且实用。

关键词: 桥梁工程; 施工组织设计; 指标因素; 灰色关联法; 评审

中图分类号: U444

文献标识码: A

Application Research of Gray Correlation Method in Evaluation for the Design of Bridge Construction Organization

CAI Xue-feng¹, LI Lin¹, ZHU Yan²

(1. Department of Civil Engineering, Fujian University of Technology, Fujian Fuzhou 350007, China;

2. Department of Construction Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The design of bridge engineering construction organization is an important technical document for instructing bridge construction. In order to evaluate the scheme of construction organization effectively and scientifically, the evaluation index system and mathematical model were presented in this paper. The weighting of each criterion was determined by hierarchy analysis and an evaluation model based on gray correlation method was used to find the best scheme for design of bridge construction organization referencing the correlation degree. The gray correlation method is proved to be objective and practical in the project applications.

Key words: Bridge engineering; Design of construction organization; Index factor; Gray correlation; Evaluation

0 引言

桥梁工程施工组织设计是用来指导桥梁工程从施工准备到竣工验收全部施工活动的技术文件。它是投标文件的重要组成部分, 也是业主选择承包商的重要依据之一。它对施工现场实现科学的生产管理, 保证工程质量, 节约资源及降低工程成本等起着十分重要的作用, 尤其施工方案是施工组织设计的核心, 它的合适与否直接影响质量、安全、效益等问题。因此对于施工组织设计的评审越来越引起业主的重视。从桥梁工

程招投标的情况分析, 影响施工组织设计评审结果的因素主要有两个方面: 一是权重的确定。权重定得是否恰当直接影响指标因素的重要程度及评价结果。目前在桥梁工程项目评标过程中, 权重的确定缺乏科学依据, 主要凭主观决定, 随意性较大。二是评价模型的确定。评价模型的选择是关系到评价的分辨率, 如果选择恰当, 所评价的结果能反应客观真实情况, 否则就偏离实际情况。目前评标过程中较多采用的方法是专家打分, 然后去掉最高分和最低分进行加权平均取高分推荐中标。此种方法得到的评价结果有

收稿日期: 2004-07-09

作者简介: 蔡雪峰(1957-), 女, 福建福鼎人, 副教授, 研究方向为土木工程施工与管理。(cxfen@163.net)

时并不能反应评价对象的真实情况。为了克服上述方法的弱点, 本文采用层次分析与灰色关联分析相结合的方法评审桥梁施工组织设计。所得到的评价结果更具有科学性和适用性。

1 桥梁工程施工组织设计评价指标各因素权重的确定

1.1 评价指标体系的构成

桥梁工程施工组织设计评价指标体系的构成主要从以下两个方面考虑: 一是选择影响评价结果的主要因素构成评价指标体系, 对于次要因素略去不计; 二是按各因素的重要度进行编号排序, 如图 1 所示。

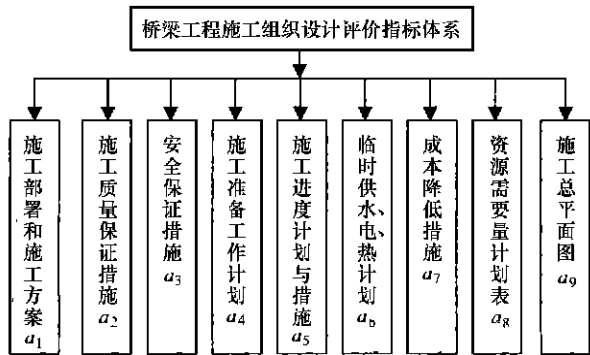


图 1 桥梁工程施工组织设计评价指标体系

1.2 层次分析法确定指标权重

桥梁施工组织设计的评价指标体系中, 各因素权重的确定本文采用层次分析法, 运用层次分析法在计算权重向量时通常有以下 4 种方法: 和法、根法、最小二乘法、特征值法, 本文采用的是根法(几何平均法)。其步骤如下:

步骤 1: 构造判断矩阵

A 表示目标, a_i 表示评价因素($i = 1, 2, \dots, n$), a_{ij} 表示 a_j 的相对重要性数值($j = 1, 2, \dots, n$), 按 1~9 自然数表示, 根据因素的重要性大小排序建立指标的判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 。

步骤 2: 用根法(几何平均法)将 A 的各个列向量采用几何平均然后正规化, 得到的列向量近似作为权重向量

① $\overline{W}_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n;$

② 将 $\overline{W}_i$ 标准化 $W_i = \overline{W}_i / \sum_{j=1}^n \overline{W}_j, i = 1, 2, \dots, n$ 得近似特征向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 即权重向量。

步骤 3: 一致性检验

① 近似计算最大特征值

$\lambda_{\max} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$

$$AW = \begin{pmatrix} (AW)_1 \\ (AW)_2 \\ \vdots \\ (AW)_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}$$

② 判断矩阵的一致性检验

CI 为一致性指标, $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), RI$ 为

平均随机一致性指标, 当判断矩阵满足 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时, 判断矩阵可以接受, 否则判断矩阵必须作修改。

步骤 4: 根据上述步骤 1~2 确定的判断矩阵和权重分配见表 1, 按步骤 3 进行一致性检验, 由表 2 计算出 $\lambda_{\max} \approx 9.049149, CI \approx 0.006144$, 并且查出 $n = 9$ 时的平均随机一致性指标 $RI = 1.46, CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$, 权重可以接受, 得到表 1 最后一列为权重比例。

表 1 A-a 判断矩阵

A	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	W (权重)
施工部署与施工方案 a_1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	0.250
施工质量保证措施 a_2	0.5	1	1	2	2	2	2	3	3	0.155
安全保证措施 a_3	0.5	1	1	2	2	2	2	3	3	0.155
施工准备工作计划 a_4	0.33	0.5	0.5	1	1	1	1	2	2	0.086
施工进度计划与措施 a_5	0.33	0.5	0.5	1	1	1	1	2	2	0.086
临时供水、电、热计划 a_6	0.33	0.5	0.5	1	1	1	1	2	2	0.086
成本降低措施 a_7	0.33	0.5	0.5	1	1	1	1	2	2	0.086
资源需要量计划表 a_8	0.25	0.33	0.33	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.048
施工总平面图 a_9	0.25	0.33	0.33	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.048

2 灰色关联评价

2.1 设有 n 个方案, 方案的评价指标有 p 个即为 $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1p}$, 采用专家对 n 个方案进行评分, 评分采用百分制。得到专家评价结果即评价矩阵, 表中数值 x_{ij} 表示专家对 i 个方案第 j 个指标打分的平均值, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p, x_{0j}$ 表示第 j 个指标的理想值。

2.2 按初值化法对评价矩阵进行无量纲化即 $x_{ij} = x_{ij} / x_{0j}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p$ 得到如下矩阵

$$\begin{bmatrix} x_{01} & x_{02} & \cdots & x_{0p} \\ x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}$$

2 3 计算关联系数

(1)构造差序列矩阵(Δ_j)
 $\Delta_j=|x_{0j}-x_{ij}|$, Δ_j 表示第*i*个方案中第*j*个指标数据与理想方案中第*j*个指标数据的绝对差。

(2)计算关联系数 y_{ij}
 y_{ij} 表示第*i*个方案中第*j*个指标数据与理想方案中第*j*个指标数据的关联系数。 $y_{ij}=\frac{a+\rho b}{\Delta_j+\rho b}$, 其中 $a=\min_{1\leq i\leq n}\min_{1\leq j\leq p}\{\Delta_j\}$, $b=\max_{1\leq i\leq n}\max_{1\leq j\leq p}\{\Delta_j\}$, $\rho=0.5$ 为分辨率系数。

2 4 计算灰色关联度 r_i

计算第*i*个方案的灰色关联度 r_i , $r_i=\sum_{j=1}^p y_{ij}w_j$, 其中 w_j 为*p*个指标的权重。

2 5 排序

将*i*个方案的灰色关联度 r_i 根据大小排序, 得出方案的优劣顺序。

3 灰色关联法在桥梁工程施工组织设计评审中的应用

某大桥主桥为预应力箱型连续梁桥工程, 有5家施工单位参加投标, 每家施工单位按招标文件要求编制一份施工组织设计。现采用灰色关联法评审出各方案的优劣顺序。其步骤如下:

- (1)建立评价指标体系(如图1所示)。
- (2)确定评价指标体系中各因素的权重(见表1所示)。
- (3)聘请9位专家对每份施工组织设计进行打分, 然后按照2.1节得到表2理想方案与被评方案指标的专家评价结果既评价矩阵。
- (4)按照2.2节用初值化法对评价矩阵进行无量纲化后得到的数据如表3所示。
- (5)按照2.3节构造差序列矩阵(见表4)和计算关联系数得到表5。
- (6)按照2.4节计算第*i*个方案的灰色关联度 r_i , 其中 w_j 为*p*个指标的权重, 具体值为表1最后一列。计算结果见表6。
- (7)按灰色关联的分析原则, 灰色关联度越大, 说明方案越好, 根据表6计算结果, 各施工组织设计排序如下: 方案4(0.657)>>方案2(0.608)>>方案3(0.602)>>方案5(0.559)>>方案1(0.553)。由此可见方案4最优, 方案1为最劣。此方法具有理论依据, 又有专家经验的成份, 因此所评价的结果克服了主观随意因素, 更科学地反应客观的真实情况。

表 2 各施工组织设计每一指标的专家评价结果

方案	施工部署和施工方案	施工质量保证措施	安全保障措施	施工准备工作计划	施工进度计划与措施	临时供水、电、热计划	降低成本措施	资源需要量计划表	施工总平面图
理想	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	85.5	81.5	82	89	90.5	86.4	86.1	80	78
2	93.5	85.1	86	80.4	85.7	80.3	85.2	82	84
3	89.5	84.3	85.3	80.5	89	90	82.5	80.6	86
4	96.7	86.5	84.3	80.5	82.7	85	86	80.7	80
5	82.5	87.9	85.9	90.8	86	80.8	85	90	81.9

表 3 无量纲化数据

方案	施工部署和施工方案	施工质量保证措施	安全保障措施	施工准备工作计划	施工进度计划与措施	临时供水、电、热计划	降低成本措施	资源需要量计划表	施工总平面图
理想	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.855	0.815	0.82	0.89	0.905	0.864	0.861	0.8	0.78
2	0.935	0.851	0.86	0.804	0.857	0.803	0.852	0.82	0.84
3	0.895	0.843	0.853	0.89	0.89	0.9	0.825	0.806	0.86
4	0.967	0.865	0.843	0.827	0.827	0.85	0.86	0.807	0.8
5	0.825	0.879	0.859	0.869	0.869	0.808	0.85	0.9	0.819

表 4 计算绝对差 Δ_j

方案	施工部署和施工方案	施工质量保证措施	安全保障措施	施工准备工作计划	施工进度计划与措施	临时供水、电、热计划	降低成本措施	资源需要量计划表	施工总平面图
1	0.855	0.815	0.82	0.89	0.905	0.864	0.861	0.8	0.78
2	0.935	0.851	0.86	0.804	0.857	0.803	0.852	0.82	0.84
3	0.895	0.843	0.853	0.89	0.89	0.9	0.825	0.806	0.86
4	0.967	0.865	0.843	0.827	0.827	0.85	0.86	0.807	0.8
5	0.825	0.879	0.859	0.869	0.869	0.808	0.85	0.9	0.819

表 5 计算关联系数 y_{ij}

方案	施工部署和施工方案	施工质量保证措施	安全保障措施	施工准备工作计划	施工进度计划与措施	临时供水、电、热计划	降低成本措施	资源需要量计划表	施工总平面图
1	0.561	0.485	0.493	0.650	0.698	0.581	0.574	0.461	0.433
2	0.817	0.552	0.572	0.467	0.565	0.466	0.554	0.493	0.530
3	0.665	0.536	0.556	0.650	0.650	0.681	0.502	0.470	0.572
4	1.000	0.584	0.536	0.505	0.505	0.550	0.572	0.472	0.461
5	0.502	0.619	0.570	0.593	0.593	0.474	0.550	0.681	0.491

表 6 $\rho=0.5$ 关联度

方案	1	2	3	4	5
加权平均	0.553	0.608	0.602	0.657	0.559

参考文献:

[1] 陈理荣. 数学建模导论 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 1999.
[2] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国 等. 灰色系统理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
[3] 邓聚龙. 灰色理论 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
[4] 蔡雪峰. 建筑工程施工组织管理 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.