

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.04.053

道桥 EPC 项目工程质量控制策略分析

崔梦轩¹, 张玮鹏², 罗茜¹, 向俊晨¹, 王袁¹

(1.中国市政工程中南设计研究总院有限公司,湖北武汉 430010; 2.长江岩土工程有限公司,湖北武汉 430010)

摘要: 为进一步提升道桥工程 EPC 项目的工程建设质量,提升 EPC 管理水平,在道桥工程 EPC 项目质量管理中引入球面层次分析法,将球面层次分析法(SAHP)引入道桥工程 EPC 项目质量管理中,明确球面层次分析法机理与操作步骤,同时根据道桥工程建设特点建立相应的评价指标;采用所研究球面层次分析法对实际工程进行分析,分析结果表明球面层次分析法在道桥工程 EPC 项目工程质量管理中具有实用性。研究内容对今后道桥工程 EPC 项目工程质量的开展具有一定参考意义。

关键词: 道桥工程;EPC;工程质量;质量控制;SAHP

中图分类号: U445.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0224-04

0 引言

道路桥梁作为我国交通网络中的重要组成部分,起着重要的连接作用,承担着我国社会经济发展的重任,其重要性不言而喻^[1]。道路工程为线性工程,其工程所设计的工程地质条件较为复杂,施工工艺繁琐,工艺种类复杂,且工程质量要求较高,因此提高道路桥梁工程质量增加其使用寿命对于保护人民群众生命财产安全、保障社会经济平稳发展有着十分重要的意义。而 EPC(Engineering Procurement Construction) 作为现阶段道桥工程主要的施工方式,在工程实际中有着十分重要的地位^[2-3]。为进一步提高道桥工程施工质量,本文在道桥工程 EPC 项目管理中引入球面层次分析法,以 EPC 角度的道桥工程施工质量管理为切入点,分析球面层次分析法在道桥工程 EPC 管理中的应用情况,以达到促进我国交通事业发展的目的。

1 球面层次分析法

1.1 拉姆斯菲尔德矩阵

拉姆斯菲尔德矩阵(Rumsfeld matrix)是不确定性识别中广泛使用的方法之一。如表 1 所列,拉姆斯菲尔德矩阵将研究对象分为已知-未知、已知-已知、未知-已知和未知-未知四组。其中第一组表明

我们知道有些事情我们不知道,因此虽然数据未知,但查找技术是已知的。第二组反映问题是我们可以快速评估并且可以准确估计的一些事情,因为我们过去做过类似的事情,因此,已知-已知被视为绝对确定的事物。第三组表示确定检索策略的技术未知但数据集可用。第四组表示数据和检索策略都是未知的,这一组被认为是最困难的一组,这个类别不仅反映了一些我们不知道的事情;但只考虑一种技术来追踪未知-未知,换句话说,几乎不可能预测一些会严重影响目标的事情。为根据现有数据对道桥工程质量情况进行预测,本文进行了自上而下的盘点,以确定导致潜在威胁的因素。为了更好地理解,明确威胁的存在,但确切的结果通常是不确定和未知的。因此,可以采用一些技术手段来评估和面对不确定性的来源。

表 1 拉姆斯菲尔德矩阵

标准	已知	未知
已知	已知-已知	已知-未知
未知	未知-已知	未知-未知

1.2 球面模糊集

在现实中,真正的问题往往充斥着模糊、不精确和不确定性。通常由于正在考虑的问题所带来的不确定性,来自不同来源的信息通常是准确的并且不太适应现实世界的问题,因此许多理论如模糊集和粗糙集等已经发展起来以考虑不确定性^[4]。然而,这些技术有一些局限性和缺点,例如无法更详细地定义决策者对隶属函数的想法。为了克服这些限制,众多专家学者提出了新的算法,例如直觉模糊集、毕达哥拉斯模

收稿日期: 2023-05-06

作者简介: 崔梦轩(1992—),女,硕士,工程师,从事工程项目管理工作。

通信作者: 张玮鹏(1992—),男,硕士,工程师,从事岩土工程设计工作。电子信箱: zhangweipeng@qq.com

糊集、图片模糊集和球面模糊集^[5]。

球面模糊集(SFS)的开发是为了克服早期版本的模糊集所存在的各类缺点,该方法在如式(1)的约束条件下对元素 x 使用三个隶属度,即正隶属度 α 、中性隶属度 γ 和负隶属度 β 。

$$0 \leq \alpha^2 + \gamma^2 + \beta^2 \leq 1 \quad (1)$$

因此,与图片模糊集(PFS)相比,球面模糊集可以覆盖更多的空间。图 1 描述了球面模糊集和图片模糊集空间的区别,从图 1 可知,球面模糊集所涵盖的范围明显大于图片模糊集,由此可见球面模糊集的优势。

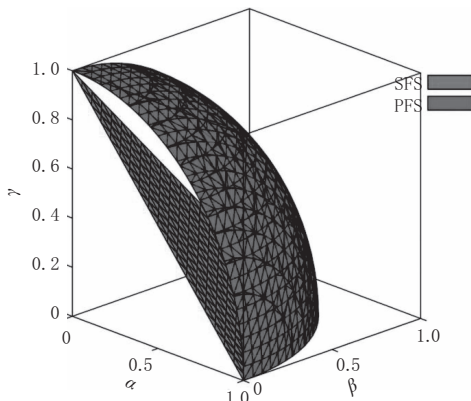


图 1 球面模糊集与图片模糊集的比较

球面模糊集可表达为:

$$\delta = \{ (x, \alpha_\delta(x), \beta_\delta(x), \gamma_\delta(x) | x \in U) \} \quad (2)$$

式中: $\alpha_\delta(x)$ 、 $\beta_\delta(x)$ 、 $\gamma_\delta(x)$ 满足式(3)、式(4)要求。

$$\forall x \in \alpha_\delta^2(x) + \beta_\delta^2(x) + \gamma_\delta^2(x) \leq 1 \quad (3)$$

$$\alpha_\delta(x), \beta_\delta(x) \text{ and } \gamma_\delta(x) \in [0, 1] \quad (4)$$

X 在 U 中的拒绝隶属度表示如下:

$$x \in U, \pi_\delta(x) = \sqrt{1 - \alpha_\delta^2(x) - \beta_\delta^2(x) - \gamma_\delta^2(x)} \quad (5)$$

球面模糊集 A 和 B 的并集、交集和补集可以描述如下:

$$A \subseteq B \text{ if } \forall x \in U, \alpha_A(x) \leq \alpha_B(x), \gamma_A(x) \leq \gamma_B(x) \quad (6)$$

$$A \cap B = \left\{ \begin{matrix} x \\ \min\{\alpha_A(x), \alpha_B(x)\} \\ \min\{\gamma_A(x), \gamma_B(x)\} \\ \max\{\beta_A(x), \beta_B(x)\} \end{matrix} \right\} \quad (7)$$

$$Co(A) = A^c = \{ (x, \beta_A(x), \alpha_A(x), \gamma_A(x) | x \in U) \} \quad (8)$$

$$A \cup B = \left\{ \begin{matrix} x \\ \max\{\alpha_A(x), \alpha_B(x)\} \\ \min\{\gamma_A(x), \gamma_B(x)\} \\ \min\{\beta_A(x), \beta_B(x)\} \end{matrix} \right\} | x \in U \quad (9)$$

1.3 球面层次分析法

层次分析法(AHP)是科学和工程中广泛采用的技术之一,能够以多标准决策(MCDM)方法的形式

确定元素的优先级。该技术使用结构化方法通过将问题分解为几个简单问题来解决复杂问题^[6]。AHP 方法采用五个步骤来获得元素的优先级,包括问题定义、分解、比较判断、一致性检查和优先级排序。

在现实问题中,由于信息匮乏、知识不完整、数据模糊,决策者无法通过精确的数值来评估要素的重要性权重。在这种情况下,模糊集和后来的版本,如球面模糊集,是众所周知的捕获与人类判断过程相关的不确定性的最关键技术。

对一组有限标准 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 的球面模糊评估由决策矩阵表示:

$$R = [r_{ij}]_{n \times n} \quad (10)$$

$$r_{ij} = [(x_i, x_j), \alpha(x_i, x_j), \beta(x_i, x_j), \gamma(x_i, x_j)] \quad (11)$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

上述关系可以简单地改写为:

$$r_{ij} = (\alpha_{ij}, \beta_{ij}, \gamma_{ij}) \quad (12)$$

元素 x_i 优于元素 x_j 的程度由 $\alpha(x_i, x_j)$ 表示,而 $\beta(x_i, x_j)$ 表示元素 x_i 劣于元素 x_j 的程度,而 $\gamma(x_i, x_j)$ 表示不能代表以下条件下的评价:

$$\alpha_{ij} = \beta_{ji}, \beta_{ij} = \beta_{ji}, \text{ and } \gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (13)$$

$$\alpha_{ij} = \beta_{ji} = \gamma_{ij} = 0.5, \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

2 评价指标确定

2.1 路桥工程建设中的不确定因素

根据路桥工程自身特点,结合现有研究成果,路桥工程 EPC 项目建设过程中存在的风险涉及设备、设计、材料、承包商、业主、项目、劳动力和外部参数等内容,在本文中,桥梁项目的不确定性事件分为 7 个主要指标:财务、环境、劳动力、质量、工期、技术等方面^[7-8]。风险始终存在于建设项目中,经常导致工期延误和成本超支,风险管理是项目管理中的一个关键问题,而风险的识别和设计是风险管理的第一步,它包含对项目潜在风险事件条件的识别和风险责任的明确。具体内容见表 2。

2.2 决策层次结构

根据上述路桥工程建设中的不确定因素,结合路桥工程特点,将各类因素分为 6 大类,包括时间、货币、劳动力利用、环境、技术和质量标准作为球面层次分析法决策层次结构,见表 3。

3 案例分析

3.1 工程简介

以某桥梁工程为例,某桥梁工程全长约 1.02 km,

表 2 不确定因素及其描述

因素	描述
金融指标	货币指标反映了与项目融资相关的问题以及对桥梁项目实施的微观和宏观经济影响。相关研究人员已经证明,外汇汇率的变化、设备和材料供应商的垄断、财务计划、现金流问题以及设备和材料价格的波动都会显著影响项目结果
环境指标	包括与项目面临的生物、自然和生态行为相关的问题。空气污染、天气污染、洪水、火灾和场地的拓扑条件被认为是影响项目绩效的最关键的环境因素
劳动力利用指标	人力或劳动力是许多国家最重要的资源之一,需要有组织的时间表,因为它对项目绩效有有益的影响。强有力的时间表可以提高现场安全性并降低工人临时设施的成本
质量指标	质量是项目管理中最重要的组成部分,因此如果不考虑标准,已完成的结构可能会造成严重的安全和健康危害。忽视质量标准的结构还可能导致返工成本和声誉受损,从而可能减少未来的工作机会
工期指标	时间管理在建设项目中的关键作用是关键和必要的。为了创建有效的时间管理,实施基于合理时间估算的项目进度表
技术指标	技术指标显示与设计 and 实施相关的问题。这些技术指标反映了与技术、安全、设计变更、专业顾问、材料、设备和熟练劳动力相关的不同事件

大桥主桥上部结构为预应力混凝土连续梁(3 × 20 m+2 × 35 m)+103 m 拱桥,下部结构为桩基础,工程施工顺序为先桥后拱,先主桥后引桥,施工过程中桩承台采用围堰施工方式;桩基础为搭设水中施工栈桥、钻孔平台施工;墩身采用弧形板式墩;梁体采用满堂支架体系现浇。工程采用 EPC 进行施工作业,本桥梁为新建桥梁,是连接城区与城郊的主干道,该桥梁的建设对于城市交通现状的改善具有重大意义。

表 3 决策层次结构表

编号	一级指标	二级指标
1	工期 C1	延迟 C11
		调度错误 C12
		物料配送 C13
2	造价 C2	现金流入 C21
		融资 C22
		成本超支 C23
		通货膨胀率 C24
		汇率 C25
3	劳动力利用率 C3	缺乏经验的劳动力 C31
		劳动生产率 C32
		项目团队冲突 C33
4	环境 C4	意外天气情况 C41
		自然灾害 C42
		空气和水污染 C43
5	技术 C5	安全 C51
		设计变更 C52
		技术变革 C53
6	质量 C6	客户满意度 C61
		质量要求 C62
		设计错误 C63

3.2 实施过程

第一步,利用拉姆斯菲尔德矩阵提取可能的不确定分量,为了降低不确定性水平,识别阶段中涉及的所有不确定事件至关重要。Rumsfeld 矩阵提出了一个实用的框架来识别对项目开发有显著影响的不确定性(未知-未知)。在定义决策问题并形成决策层次后,根据工程实际情况对相关数据进行收集和整理,所建立的聚合决策矩阵,并检查检查决策矩阵的一致性后得到 R' 矩阵,R' 矩阵见表 4。

表 4 R' 矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0.50 0.50 0.50	0.53 0.47 0.47	0.53 0.47 0.47	0.66 0.34 0.18	0.55 0.44 0.21	0.68 0.31 0.21
C2	0.47 0.53 0.47	0.50 0.50 0.50	0.88 0.11 0.11	0.77 0.22 0.05	0.65 0.34 0.09	0.75 0.25 0.14
C3	0.47 0.53 0.47	0.11 0.88 0.11	0.50 0.50 0.50	0.30 0.70 0.30	0.23 0.77 0.23	0.35 0.64 0.17
C4	0.34 0.66 0.18	0.22 0.77 0.05	0.70 0.30 0.30	0.50 0.50 0.50	0.40 0.60 0.60	0.64 0.36 0.22
C5	0.44 0.55 0.21	0.34 0.65 0.09	0.77 0.23 0.23	0.60 0.40 0.40	0.50 0.50 0.50	0.71 0.28 0.28
C6	0.31 0.68 0.21	0.25 0.75 0.14	0.64 0.35 0.17	0.36 0.64 0.22	0.28 0.71 0.28	0.50 0.50 0.50

随后,通过上述球面层次分析法相关计算公式得到的聚集处理确定重要性权重,如下所示:

$$r^1 = \left(\prod_{j=1}^6 r_{1j} \right)^{1/6} = (0.58, 0.4, 0.32)$$

$$r^3 = \left(\prod_{j=1}^6 r_{3j} \right)^{1/6} = (0.28, 0.67, 0.26)$$

$$r^4 = \left(\prod_{j=1}^6 r_{4j} \right)^{1/6} = (0.44, 0.51, 0.25)$$

$$r^5 = \left(\prod_{j=1}^6 r_{5j} \right)^{1/6} = (0.54, 0.41, 0.27)$$

$$r^6 = \left(\prod_{j=1}^6 r_{6j} \right)^{1/6} = (0.37, 0.58, 0.25)$$

确定相对权重如下:

$$F(r^1) = 0.292, F(r^2) = 0.415, F(r^3) = 0.081$$

$$F(r^4) = 0.189, F(r^5) = 0.277, F(r^6) = 0.138$$

计算所得局部权重见表 5。

然后将主准则的局部权重与子准则的局部权重相乘来确定全局权重,全局权重见图 2。从图 2 可知,经过球面层次分析法计算后,本工程中最大的问题为工期延误问题,结合工程实际发现,本工程中

表 5 局部权重

		C1(0.21)	C2(0.299)	C3(0.058)	C4(0.136)	C5(0.199)	C6(0.099)
C1	C11	0.487					
	C12	0.274					
	C13	0.239					
C2	C21		0.231				
	C22		0.100				
	C23		0.286				
	C24		0.162				
	C25		0.222				
C3	C31			0.444			
	C32			0.325			
	C33			0.231			
C4	C41				0.490		
	C42				0.225		
	C43				0.285		
C5	C51					0.425	
	C52					0.340	
	C53					0.235	
C6	C61						0.287
	C62						0.229 4
	C63						0.419

工期确存在延误问题,除此之外预算超支问题为次要严重问题,工程实际过程中由于工期延误等各方面原因导致工程花费较预算较高。采用球面层次分析法计算后,发现工程建设主要问题,对于工程 EPC 而言,有助于在后续工程建设过程中发现问题,并改进问题,为保质保量完成工程建设具有十分重要的意义。

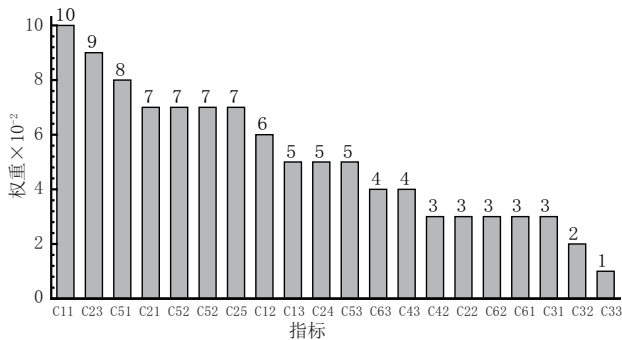


图 2 二级指标权重排布图

4 结论

本文在道桥工程 EPC 项目质量管理中引入球面层次分析法,具体研究结论如下:

(1)将球面层次分析法(SAHP)引入道桥工程 EPC 项目质量管理中,明确球面层次分析法机理与

操作步骤,同时根据道桥工程建设特点建立相应的评价指标权重;

(2)采用所研究球面层次分析法对实际工程进行分析,分析结果表明球面层次分析法在道桥工程 EPC 项目工程质量管理中具有实用性。本文研究内容对今后道桥工程 EPC 项目工程质量的开展具有一定参考意义。

参考文献:

- [1] 范永红.道桥工程施工技术及质量控制分析[J].运输经理世界,2022,680(34):125-127.
- [2] 王晓野,杨德超,于艳红,等.道桥工程的施工管理与成本控制措施研究[J].运输经理世界,2021,630(20):84-86.
- [3] 娄淑景.关于道桥工程的施工技术以及质量控制的分析[J].中国新技术新产品,2013(3):63-64.
- [4] 张持健.商空间下模糊系统与模糊控制的问题求解[D].合肥:安徽大学,2005.
- [5] 申建红,盖立庭,万索妮,等.基于模糊集与改进证据理论的深基坑施工风险评价[J].土木工程与管理学报,2019,36(2):28-34,41.
- [6] 张泽宇.基于监测的空间钢结构健康状态评价体系研究[D].杭州:浙江大学,2017.
- [7] 孙涛.路桥工程质量的影响因素分析及对策研究[J].交通世界,2020(15):142-143.
- [8] 彭海辉.路桥工程质量的影响因素分析及对策[J].电子世界,2014(2):153.