工程造价风险评价方法研究

摘要

风险被认为是一种偏离了期望的水平，可以是积极的，也可以是消极的。作为不确定因素中一个可测量的部分，风险能够被用于估计发生的概率和损伤的大小。因此，风险评价对于工程项目的选择和施工工作的协调是非常重要的。尽管风险评价可能是风险管理过程中最困难的部分，但它也是最有用的。

本文首先就建设项目的工程造价方面的基础理论问题作了简要的说明，并论述了工程风险、风险管理和风险评价三个方面的基础理论知识。在风险评价的整个流程中，选用恰当的评价方法是得到合理造价必不可少的步骤。本文在查阅资料的基础上，阐述并介绍了蒙特卡罗模拟法等四种在风险评价中较为常用的方法。并对四种方法的局限性进行对比分析，选取了层次分析法和模糊综合评价法对某市一道路建设工程进行风险评价。通过风险量化计算得出该工程风险等级，并对其提出适当的改进建议。

关键字：风险评价方法；工程造价；层次分析法；模糊综合评价法

RESEARCH OH ENGINEERING COST RISK EVALUTION METHOD

Abstract

Risk is considered to be a deviation from the desired level, which can be positive or negative. As a measurable part of the uncertainty, risk can be used to estimate the probability of occurrence and the magnitude of damage. Therefore, risk assessment is very important for the selection of engineering projects and coordination of construction work. Although risk assessment can be the most difficult part of the risk management process, it is also the most useful.

In this paper, the basic theoretical problems of construction project cost are briefly explained, and the basic theoretical knowledge of project risk management and risk evaluation is discussed. In the whole process of risk evaluation, the selection of appropriate evaluation method is an essential step to obtain reasonable cost. On the basis of consulting data, this paper expounds and introduces the Monte Carlo simulation method and other four commonly used methods in risk assessment. The limitations of the four methods are compared and analyzed, and the analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method are selected to evaluate the risk of a road construction project in a city. The risk grade of the project is obtained through risk quantification calculation, and appropriate improvement suggestions are put forward.

Keywords: Engineering cost; Risk evaluation method; Analytic hierarchy process; Fuzzy comprehensive evaluation method

目 录

[摘要 I](#_Toc18169)

[Abstract II](#_Toc5347)

[1 绪论 1](#_Toc4453)

[1.1 研究背景及意义 1](#_Toc22924)

[1.2 国内外研究现状 1](#_Toc14020)

[1.2.1 国外研究现状 1](#_Toc29190)

[1.2.2 国内研究现状 2](#_Toc11181)

[1.2.3 文献评述 2](#_Toc20446)

[1.3 本文主要研究的内容 3](#_Toc30090)

[2 工程造价风险评价理论基础 4](#_Toc31930)

[2.1 风险 4](#_Toc12735)

[2.1.1 风险的概念 4](#_Toc22876)

[2.1.2 风险的构成要素 4](#_Toc23348)

[2.2 风险管理 4](#_Toc17810)

[2.2.1 定义 4](#_Toc26868)

[2.2.2 作用 4](#_Toc203)

[2.3 风险评价 5](#_Toc30463)

[2.3.1 概念 5](#_Toc20521)

[2.3.2 风险评价的方法 5](#_Toc29320)

[2.3.3 工程造价风险评价过程 5](#_Toc7749)

[3 工程造价风险评价常用方法概述 6](#_Toc19757)

[3.1 蒙特卡罗模拟法 6](#_Toc10760)

[3.1.1 概念 6](#_Toc5872)

[3.1.2 样本容量的选择 7](#_Toc17724)

[3.1.3 输出分析及局限性 7](#_Toc7419)

[3.2 计划评审技术（PERT） 8](#_Toc26826)

[3.2.1 概念 8](#_Toc23406)

[3.2.2 使用步骤 8](#_Toc21436)

[3.2.3 局限性分析 8](#_Toc17106)

[3.3 层次分析法(AHP) 9](#_Toc21374)

[3.3.1 概念 9](#_Toc5602)

[3.3.2 使用步骤 9](#_Toc1776)

[3.3.3 局限性分析 10](#_Toc2753)

[3.4 模糊综合评价法 11](#_Toc15180)

[3.4.1 概念 11](#_Toc29411)

[3.4.2 使用步骤 11](#_Toc14568)

[3.4.3 局限性分析 12](#_Toc1835)

[4 案例分析 13](#_Toc18268)

[4.1 工程概况介绍 13](#_Toc8718)

[4.2 风险评价模型的选择 13](#_Toc11161)

[4.3 层次分析法在道路风险评价中的运用 13](#_Toc16317)

[4.3.1 准则层风险评价 15](#_Toc14323)

[4.3.2 指标层风险评价 16](#_Toc7326)

[4.4 模糊综合评判方法在量化风险中的运用 20](#_Toc1318)

[4.4.1 建立风险指标评语集 20](#_Toc19619)

[4.4.2 二级模糊综合评价 21](#_Toc25823)

[4.4.3 三级模糊综合评价 21](#_Toc14910)

[4.4.4 案例总结 22](#_Toc24926)

[5 结论 23](#_Toc12796)

[参考文献 24](#_Toc31510)

[致谢 27](#_Toc2075)

# 1 绪论

1.1 研究背景及意义

建设工程项目具有投资大，工期长的特点。自1980年以来，工程建设领域出现了较快的发展势头，工程建设规模逐步增大，投入的资金逐年增长，对建设工程整体的质量要求在不断提高，各个方面的建设投资均在逐年增长，所面对的风险也在不断加大。在确定一个建设项目的工程造价时，其概算、预算与实际花费的成本之间存在一定误差。长期以来，施工企业经常出现“三超”现象[1]。由于工程建设中存在诸多不确定的风险与隐患，施工质量、施工进度、资金投入等均会受到影响，并且一些大型建设项目的投资额很大，投资周期也很长，在工程实施进程中，发生设计变更或索赔等问题的可能性很大。在造价形成过程中做好各个环节的风险评估和预测十分重要，选择一个合适的风险评价方法会让风险的预测和评估变得事半功倍。增强工程造价的准确性，做好造价控制是建筑行业一直追求的目标，所以，工程造价风险评价方法的研究是一个值得深入研究的课题，对于该问题的研究具有一定的现实意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

对于风险管理的研究，最先开始的是欧洲和美洲的一些国家。美国项目管理学会在二十世纪八十年代初对于风险管理包含的过程已经进行细致的解读。美国造价管理协会于1992年建立了风险管理委员会。国外现已有大量运用蒙特卡罗法、敏感性分析法等对项目成本进行风险分析的相关研究成果。2001年，William J和Bilal M在文章中指出，工程项目建设过程中存在的不确定性风险会导致其工程费用增加，需要管理者对工程项目造价进行分析研究来降低项目的成本[2]。Sanchez在2005年利用神经网络模型模拟建筑工程建设过程中可能会出现的风险，创建了一份建设项目专属的风险清单[3]。Mohamed Abdelgawad(2011)是将智能算法运用到工程成本项目中进行风险管理的定量研究的先行者[4]。Irem DikmenI (2012)等建立了一个风险模型，并利用蒙特卡罗法对该模型进行了验证，以确定该模型能否正确识别风险类别，最后利用事先确定的费用计算方法和风险的发生状况来确定最佳的管理方式[5]。Nie（2014）建议建立一个风险管理系统，在前期及时发现风险并对其进行控制，可以尽可能的降低各参与方的损失[6]。同年，Vahid Khodakarami等提出了一个量化的评价方法，该方法把传统的概率风险分析和贝叶斯网络的推理方法结合起来，用于分析工程成本的不确定性[7]。2017年，Rolik利用风险管理理论，对项目的实际情况进行了分析，从三个角度分析了项目实施中的风险，并提出了相应的对策[8]。2020年，Bardakci和GunesL通过对专业人员进行访谈以及大量的文献研究，对高层建筑的项目建设成本以及项目建设过程中的风险因素进行了评估，并对进度过程中出现的高风险因素提出了相应的应对策略[9]。Antipina(2021)等则对俄罗斯联邦建筑业项目风险管理进行分析，提供了建筑业有效的项目风险管理的综合模式[10]。

1.2.2 国内研究现状

与欧美国家相比，我国的研究起步较晚。自1980年起，国内学者逐步开始对风险管理进行研究。2001年，傅纪军从风险识别、风险评估、风险防范、风险规避和风险监控五个角度出发，采用蒙特卡罗法对黄河小浪底工程的风险进行了分析[11]。2002年，钟登华等人基于风险的发生概率与损失，引入了风险可控和企业信用风险两个重要因素，并对其进行了改进[12]。2003年，乔明从风险的识别、分析、评价和监控四个角度对风险管理工作进行了论述[13]。2005年，向鹏成在风险管理中引入了信息不对称理论，提出了可以将集成风险管理理论应用于项目风险管理中[14]。2008年，高云莉对工程项目全生命周期的综合风险管理进行了深入的探讨，并以此为依据，提出了基于不确定性的多目标模糊平衡优化算法[15]。2010年，李树清等利用Borda序列法对原风险矩阵法进行了改进，从而使风险矩阵中的风险结点数目大大降低。利用这种方法，可以根据危险级别的不同，制定相应的应对对策[16]。2014年，吴贤国利用贝叶斯网络（BN）理论建立了一种可以预测不同情况下地铁施工风险发生概率的风险管理分析方法，并基于专家群策等方法提出了涉及多方参与主体的风险拓扑结构模型，该模型被很好地应用在地铁施工风险概率的预测中[17]。2015年，郑晓丽基于施工企业的视角，运用FAHP方法，构建了成本风险管理模型，并运用该模型对具体项目进行了检验[18]。2018年，刘宏和孙浩改进了ANP方法，将其与DEMATEL方法融合，提出了DEMATEL-ANP模型[19]。唐勇军(2018)使用风险模糊评估模型对土建工程造价进行有效管理[20]。2019年，宋慧超等人运用挣值分析法对陕西宝鸡一小区建筑楼在施工阶段的造价控制进行了研究[21]。李晓娟则运用了SEM模型拟合对装配式建筑进行了投资风险分析[22]。2020年，徐惠云在创建隧道工程风险评价模型时运用了贝叶斯网络模型，对运营隧道结构安全状况展开了研究，并提出了相关的整治措施[23]。

在当下工程造价体制改革不断推进的过程中，越来越多的专家学者认识到了工程造价风险管理的重要性和必要性，未来还需要各界学者进行进一步的探索与研究，为我国摸索出符合本国国情的工程造价风险管理与评价的方法。

1.2.3 文献评述

在对国内外研究现状的分析中，可以看出国外学者对于工程造价风险的研究主要集中在如何创建更好的风险防控体系，国内学者也主要关注风险管理体系的建设。中国现有的造价管理方法在对于造价风险管理方面大多是划定一定比例的暂列金额或经验管理费。随着风险管理和评价理论的发展，国内外学者对工程造价风险所涉及的各个领域都进行了深入的探讨，并对其进行了一些归纳。但归根结底，学者们在工程造价风险问题上的研究与探讨还未形成较成熟的体系，在现有的理论和文献中也没有这方面的具体研究。因此，本论文旨在通过对目前已有的工程造价风险管理理论的研究，对工程造价风险评价的方法作一综述。从现有的工程造价评价方法的研究成果中可以看出，模糊综合评价法是一种适合于处理不确定的、边界模糊的、难以测量的综合评估方法。因此，在构建风险评估模型时，本文也将运用AHP与FAHP相结合，希望能对我国现行的工程造价风险评估系统有所补充。

1.3 本文主要研究的内容

本文在研究国内外风险管理的策略与方法的基础上，对以往工程项目中常用的工程造价风险评价方法进行了总结，并通过某市道路工程的建设，重点分析了层次分析法以及模糊综合评价法在实际工程造价风险评价中的应用。

图 1-1 本文的研究内容

# 2 工程造价风险评价理论基础

2.1 风险

2.1.1 风险的概念

在建设工程的施工进程中必定存在着很多不确定的因素，这些因素出现的概率和影响的大小是难以预料的，但却会对项目的实施、目标的完成造成一定的影响。这些在一定的时限和环境中存在的，影响着项目目标的不确定因素，称为“风险”[24]。

2.1.2 风险的构成要素

风险主要包括风险因素、事故和风险发生时所带来的损失三个主要方面。

①风险的因素简单来说就是危险的成因，因为有了风险因素的发生才有了风险事故，最终导致损失和危害。有时候，也把某些导致风险事故发生概率或造成的损失变大的原因或条件称为风险因素。

②风险事故（或称风险事件），它是一种偶然的事件，并且会对目标造成不同程度的伤害和财产的损失。它也可以直接成为一种损失，因为事故的发生导致了损失的出现。

③风险造成的损失是指项目目标存在的非有意的、非可预测的、并且在计划以外的经济上所产生的损失。通常，风险损失可以分为两种形式：间接型和直接型。

2.2 风险管理

2.2.1 定义

在一个必然会出现风险的情况下，某项目管理层或某企业管理者通过采取一定的管理方法将该风险出现后造成的影响尽可能地弱化甚至消除的过程称为风险管理[25]，包含了识别、确认、评价以及监控四个主要的环节。

2.2.2 作用

在建设工程施工的过程中采取合理的风险管理手段，可以使施工企业在风险发生前作出理性的判断，从而增强工程项目的风险应变能力。现阶段，建筑业正面对着日益复杂的环境，科学的决策变得更加困难，通过创建合理有效的风险管理系统来规范风险管理工作，才能在面对各种复杂的问题和风险时作出正确的决定。

进行有效的风险管理，可以帮助工程单位达到项目的目的。在建筑企业的生产和运营中，追求价值最大化和利润最大化都是合情合理的，但在施工进程中，不确定因素的影响是无法提前消除的。所以，对建设单位进行有效的风险管理，以消除施工过程中所遇到的各种不利因素，确保工程目标的顺利完成。

2.3 风险评价

2.3.1 概念

风险识别工作完成后，需要对识别出的风险进行评价。风险评价的主要内容是对风险发生的概率以及发生后会造成的危害进行全盘考量，并据此对工程可能发生的损失进行适当的评价，将评价得到的结果与行业标准指数进行对照，确定工程的风险程度，并最终提出应对该风险的对策[26]。

2.3.2 风险评价的方法

对不同领域的不同情况进行风险评价时使用的方法不尽相同，主要分为定性评价和定量评价。在对建设工程领域进行定性评价时，可以采用德尔菲法、层次分析法等，通过定性分析，可以对不同风险的严重性进行判断，从而制定相应的风险应对对策。对风险进行定量评价的方法有很多，常用的方法包括蒙特卡罗模拟法、决策树、敏感性分析、盈亏平衡分析以及随机网络等。

2.3.3 工程造价风险评价过程

在对大多数建设工程进行工程造价风险分析后发现，大多数工程项目的造价容易受到多个来自不同主体的风险因素的影响，进行工程造价风险评价可以进一步确认风险的来源。通过对风险进行综合评价，可以找出隐藏在工程背后的潜在风险因素，在此基础上，结合适当的风险评价方法量化风险事件的发生概率和影响，帮助管理者更好地实施应对措施。风险评价工作的主要步骤如下图[27]：

图 2-1 风险评价过程

# 3 工程造价风险评价常用方法概述

对建设工程项目进行工程造价风险管理涉及风险的识别、确认、评价和监控等一系列的过程。在进行风险的识别确认后，对工程造价的风险性进行评价，并以此为基础对工程建设项目的风险进行衡量。这样做可以更好地判断出这些风险的影响程度，确保项目规划的合理性与可行性，并最终帮助管理者制定出最合理的风险处理对策。国内外对风险评估有多年的历史，各界学者也总结出了很多评价方法，特别是在计算机技术迅猛发展的今天，各种评价技术层出不穷。目前，专家调查法、蒙特卡罗模拟法等是国内外学者研究的热点。伦敦 READING大学 Steve J. Simister博士对37位英国工程管理协会成员开展了一项风险评价的方法调查，结论如下[28]：

表 3-1工程风险评价方法使用状况调查表（单位：%）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评价方法 | 经常使用 | 过去使用，现已不考虑 | 知道该技术 | 没听说过 |
| 专家调查法 | 76 |  | 8 | 4 |
| 蒙特卡罗模拟 | 72 |  | 16 |  |
| 计划评审技术 | 64 | 4 | 24 |  |
| 敏感性分析 | 60 |  | 20 | 8 |
| 多目标决策树 | 44 |  | 48 |  |
| 模糊影响图 | 28 | 4 | 48 | 12 |
| 模糊分析法 |  |  | 64 | 24 |
| CIM 模型 | 8 |  | 48 | 32 |
| 外推法 | 24 | 4 | 36 | 28 |
| 效用理论 | 4 |  | 48 | 36 |

结合上述调查结果，下文将选取上表所列出的方法中的几种常用方法进行对比总结。

3.1 蒙特卡罗模拟法

3.1.1 概念

蒙特卡罗模拟法又叫随机性仿真或随机取样技术，它是利用概率或数学统计学的相关知识，对事物的形成过程进行建模，以获得对事物特性及变化规律的理解。从以往的研究中发现，这种方法在投资风险评价和不确定性评价中得到了广泛的应用[29]。其按照计算时采用的工具种类可分为人工模拟法和计算机模拟法。

图 3-1蒙特卡罗模拟法在工程造价风险评价中的使用步骤

在建设项目执行的过程中，受到诸如自然条件、施工条件、现场管理情况、市场环境等因素的影响，每道工序的费用都不是确定的，而是一个随机变量，并且这个随机变量服从概率分布。不同的工序组成了一个完整的工程项目，这就决定了一个完整的工程项目的造价也是服从概率分布的随机变量。在对工程项目造价的预测过程中可以使用蒙特卡罗模拟法对其进行风险分析，但该工程的风险和不确定因素必须可以使用概率分布的形式展现[30]。

3.1.2 样本容量的选择

通常，对模拟进行重复的次数越多，其特征描述和参数的估算就越准确。从统计的角度来看，假设存在一个具有固定容量的整体，计算该整体中多个个体的平均值，这些平均值会构成一个抽样分布。现在将不同的风险影响程度表示成不同的随机数，通过计算可以得到不同情况下的造价平均值。当重复的数量达到一定程度后，所有的平均值组合也会满足抽样分布。

这样的估计一定是存在误差的，在此需要用一种方法来衡量造价的估算均值与实际均值之间的差异。如果模拟的次数较少，则我们可以大概判定得出的结果偏差较大。因此，当模拟的次数足够大时，我们也可以直接判定得到的结果是合理的。本方法中用来衡量造价差异的量称为平均标准偏差，其计算公式如下：

平均标准偏差 = β / 

上述公式中，β是单个造价的标准偏差，x是模拟进行的数量。所以可知当x的值变大时，公式计算结果会变小。通过上述的计算，可以将工程的总造价定位在一个比较小的数值范围内。假若将该数值范围视为我们期望的平均值，则可通过该范围确定最终需要模拟的次数。若最终的结果满足在100(1-β)%的可信度上精确到±D之间，则该可信范围的半径将被设置成D。



解出：

若要运用上面的公式，则需要事先了解各个输出值的标准偏差。但这个量在事先是不确定的，需要进行多次模拟来努力提高其精确度。

3.1.3 输出分析及局限性

蒙特卡罗模拟法最终呈现的结果有多种不同的表达方式，可以用一些基本统计值（平均值、标准差等），或是用某些高级的统计值（峰度、变异系数等）来表示。根据这些统计数值，可以得到所需的总造价偏差范围，基于此进行风险评价活动[31]。但是，这种方法在使用时需要对以往的数据进行详细地统计分析，以及对未来变化进行较为合理地预测，才能得到比较有效的数据。

3.2 计划评审技术（PERT）

3.2.1 概念

计划评审技术是一种使用网络分析来制订和评估规划的技术，它能够统筹规划各个环节，合理安排人力、物力、时间和资金，加快进度[32]。在工程造价风险评价中，该方法是一种用于评估项目进度计划实施过程中的潜在风险的方法。

3.2.2 使用步骤

首先，假定项目工期内所有工作的工期都遵循β分布，采用三时估计方法对最短、最长、最有可能持续时间进行近似估计，然后按加权平均求取一个期望值，以求其工作周期，计算如下：



在上述公式中，为i工作的工作的平均时长；M是关键线路上所有作业的平均时长之和；为i工作最短时长；为i工作最长时长；为i工作正常时长，可根据建筑定额进行估计。其中，和两种工作的时长一般由数理方法进行计算。



其次，对时间进行偏差分析，计算其分布离散性，采用方差估计的方法：

式中，为工作i的方差，为标准差。



最后，计算出在指定日期内完成规划的可能性。利用下列公式计算出概率系数，通过查表最终求得工程项目发生风险的概率P(λ)和1-P(λ)，其中：

在上述式子中，Q是指在网路规划中所设定的完成日期；α表示关键线路的标准偏差；λ表示概率系数，P表示工程完成的可能性。



3.2.3 局限性分析

计划评审技术是一种事先控制与规划最优的有效手段，能够让与工程相关的各部门主管了解整个施工流程，并清楚他们所负责的项目在整个工作流程中的地位和角色，从而提高整体的认识和接受能力。还可以促使管理者更清楚应该把工作的重心放在哪些问题上，从而使管制工作更加充实和高效[32]。但是，这种方法不适合于全部的规划与控制工程，它的应用范围受到了很大的限制。在项目中运用计划评审技术计划，必须满足下列三个要求：在事前能精确地描述工程的工作流程；有条件地把整个工作流程分成相对独立的各种活动；能提前对各项活动的时间、资源进行精确的评估。

3.3 层次分析法(AHP)

3.3.1 概念

层次分析法是一种使用方便、应用范围较广的方法，大多情况下是在目标因素过多并且难以用统计方法进行计算时使用的[33]。该方法在使用时，首先将目标因素分为三个层次，依次为目标层、准则层、指标层，通过专家的主观评价，可以得出一个客观的结论。然后再在每一个层次上独立进行因素的分析，运用数学的方法构建评价矩阵，并对各因素的权重进行排序，得出各因素对指标的影响大小[34]。

3.3.2 使用步骤

（1）构建判断矩阵。

建立判断矩阵对目标因素进行量化，从而得到对应的结果。首先，将各风险因素按层级结构模式进行评分，建立一个比较判断矩阵。同时，在计算比较判断矩阵时，必须引入风险因素量化标度，如下。

表 3-2 风险因素比较标度表

|  |  |
| --- | --- |
| 标度 | 关系 |
| 1 | i元素与j元素相比，一样重要 |
| 3 | i元素与j元素相比，稍微重要 |
| 5 | i元素与j元素相比，比较重要 |
| 7 | i元素与j元素相比，重要得多 |
| 9 | i元素与j元素相比，重要很多 |
| 2，4，6，8 | i元素与j元素相比，一样重要 |
| 倒数 | j元素与i元素的重要性之比 |
| 定理 | >0，当i=j时，=1 |

根据上表，对等n个元素进行评分，得出两种风险因素的对比结果，再将这些数据汇总，形成一个构造判断矩阵。

表 3-3 判断矩阵

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R |  |  | …… |  |
|  |  |  | …… |  |
|  |  | …… | …… | …… |
| …… | …… | …… | …… | …… |
|  |  | …… | …… |  |

（2）风险因素权重计算

对判断矩阵的行作乘法运算，把结果进行开N次方根运算；计算每行数值进行开方运算后的总和；再将矩阵中的元素比上各行得到的总和，得出每个因素向量作为风险权重：



（3）最大特征根

通过下面的公式计算最大特征根：

其中，是将判断矩阵与得到的风险权重进行乘法运算。



（4）一致性检验

根据所列风险因素的重要程度对其进行评分，确定各实施阶段的判断矩阵，以此为基础进行应对策略分析。所以，判断矩阵的合理性十分关键，需要对其的一致性进行计算，公式如下：



当计算结果为0时，认为所得的判断矩阵是完全合理的；当计算结果在0~0.1之间时，认为判断矩阵是可以接受的。为保证计算结果的可及性，引入新的度量指标：RI。该指标在判断矩阵中表示平均随机一致性指数。

表 3-4 平均随机一致性指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| RI | 0 | 0 | 0.52 | 0.89 | 1.12 | 1.26 | 1.36 |

在此基础上，再定义一个随机一致性比率，由与平均随机一致性指数相除得到。并且规定当该值小于0.1时，所得的判断矩阵是满足要求的，否则应当重新进行判断，直至一致性检验通过。

3.3.3 局限性分析

层次分析法在使用时将目标对象看作一个整体，通过分层、比较、判断等方式对该整体进行研究分析，最终提出应对策略。这个方法用到的数学公式不难，也不偏重于逻辑和推理，并且同时用到了定性和定量的方法，需要的数量信息也不多[35]。但该方法无法给决策者提供新的观点，只能对已有的方案进行择优。同时这种方法的定量分析偏少，定性成分过多，指标选择的数目增多，数据的统计量也随之增加，使得权重的确定更加困难，而特征值和特征矢量的准确性也变低，导致最终结果难以使人信服[36]。

3.4 模糊综合评价法

3.4.1 概念

模糊综合评价是一种对单个因素进行模糊评价，并将单因素评价权重纳入综合评判中的方法。使用该方法时需要确定因素集、判断集、单因素评价和权重集四个主要要素[37]。

因素集表示为：，是由一系列对评价对象构成影响的要素组合而成的；判断集表示为：，它是由对评价对象做出的评价结果组成的整体；进行单因素评价时需要先对因素集中的单个因素进行评价，再将该评价对象与判断集中的元素对应[38]；通常，不同的元素有着不同的体现，在项目中发挥的重要程度也不尽相同，采用权重集的概念来表示：，一个数对应一个因数。

3.4.2 使用步骤

（1）建立因素集

根据工程造价风险指标体系建立因素集。

（2）建立判断集

根据评价对象的特性及评价体系建立判断集，各个元素代表各种可能的总的评价结果。

（3）单因素模糊评价

对工程造价的单因素进行模糊评判，请H位专家对单因素进行评价。

（4）建立权重集

采用特征值方法来确定各指标之间的权重，将各指标进行成对对比得出判断矩阵，如果判定矩阵是T，与T最大特征值相对应的特征根就是该指标的权值。

（5）简单模糊评价



上述公式中，C是一个模糊集合，C中的元素是评价对象对应于判断集元素上的隶属度，并且认为该数已经较为完全的考虑了所有元素的影响。

（6）多级模糊综合评价

很多项目的工程造价风险包括二层指标体系，其评价步骤如下：

①第一步：确立因数集，并且集合中的元素需要满足的条件，随后将每一单一因素集再次细分，即：。

②第二步：利用简单模糊评价的方法对第一步中得到的因素集进行评价分析，假定评价集为，权重集为，对每一因素中的n个子元素进行单因素分析后，可以得到相应因素的评价矩阵，计算如下：



③第三步，经上述计算，最终得到单因素评价矩阵R如下：

若设的权重向量为，则因素集P对应的综合评价为





3.4.3 局限性分析

模糊综合评价法能够利用较为精准的数理方法将模糊的评价目标量化，最终得到的评价结果不是单纯的一个数值，其蕴含的信息量更大，不仅能更精确地描述被评估的目标，还能对其进行进一步的处理[39]。但是，这种方法在使用的过程中要进行大量的计算，并且在确定权重集中的元素时较为主观，数据的认可度较差，并且当评价目标中因素过多时，受到计算条件的约束，可能会导致最终结果的偏差过大，评价与现实不符[40]。

# 4 案例分析

4.1 工程概况介绍

某市新建一条新道路，作为城市的次干路。该工程主要规划如下：全长约1445米，地形为南北走向，全路段最大纵坡约为3.2%，最小纵坡约为0.19%，该道路车辆行使速度设计为每小时50公里，道路两侧有发电厂、医院等。本工程实施施工的难度大，涉及的施工技术较为复杂，有10KV、30KV、110KV的电路架设，以及地下的热力、自来水、燃气、弱电通信等管线的搬迁和改设，尤其是本工程还涉及到了铁路、石油管道、桥梁、现有铁路线的维护与途经。本项目的总投资为10602.71元，其中包括77297100元的建设工程费用，12480000元的拆迁补偿费用，5750000元的其他建设项目投资以及10500000元的预备费[41]。

4.2 风险评价模型的选择

工程项目的风险评价有多种方法，但由于其风险的不确定性，不管采用何种评价方法，都难以确保其完全准确。因此，一般情况下，只要掌握了重要的数据，根据自己以往的经验，通过科学的试验和分析，就可以对风险进行控制和决策。该工程属于城市轨道交通工程，结合以往学者在该方面的研究，决定运用层次分析法和模糊综合评价法对该工程的造价风险进行分析评价。基本思路为：利用层次分析法对影响该道路建设工程的风险因素的重要程度进行赋值，得到相应的权重集；然后根据专家对于该工程全生命周期所涉及指标的评分建立单因素模糊集合；最后采用模糊综合评价法进行最后的风险等级判断[42]。

4.3 层次分析法在道路风险评价中的运用

由于资料搜集难度大，有个别资料出现缺口，根据已有的资料，运用德尔菲法，运用专家的丰富经验及风险辨识能力，对资料进行预估。该道路工程的风险因素，如下表：

表 4-1 工程造价风险清单

|  |  |
| --- | --- |
| 阶段 | 风险因素 |
| 前期决策阶段 | 建设规模 |
| 位置选择 |
| 建设标准 |
| 资金来源 |
| 征迁清障 |
| 设计阶段 | 概预算计算出现偏差 |
| 设计人员水平不一 |
| 设计标准不统一 |
| 地质勘查偏差 |
| 设计图、施工图编制风险 |
| 招标阶段 | 招标文件不全面 |
| 合同内容不完善 |
| 投标单位违反法律法规 |
| 招标控制价编制不合理 |
| 施工阶段 | 分包、转包 |
| 人、材、机价格变动 |
| 施工质量偏差 |
| 设计变更 |
| 工程变更 |
| 自然灾害及不可抗力 |
| 竣工阶段 | 竣工结算 |
| 竣工决算 |

通过对该工程全过程各阶段的风险因素进行层次划分，确定各阶段风险权重并建立相关模型。利用该模型对道路项目的风险进行分析，得出相应的风险权重[43]。

表 4-2 工程造价风险清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 目标层 | 准则层 | 指标层 |
| 道路工程工程造价风险 | 前期决策阶段 | 建设规模 |
| 位置选择 |
| 建设标准 |
| 资金来源 |
| 征迁清障 |
| 设计阶段 | 概预算计算出现偏差 |
| 设计人员水平不一 |
| 设计标准不统一 |
| 地质勘查偏差 |
| 设计图、施工图编制风险 |
| 招标阶段 | 招标文件不全面 |
| 合同内容不完善 |
| 投标单位违反法律法规 |
| 招标控制价编制不合理 |
| 施工阶段 | 分包、转包 |
| 人、材、机价格变动 |
| 施工质量偏差 |
| 设计变更 |
| 工程变更 |
| 自然灾害及不可抗力 |
| 竣工阶段 | 竣工结算 |
| 竣工决算 |

4.3.1 准则层风险评价

（1）判断矩阵的确定

首先，在该工程中认为，前期决策阶段和在所有工程阶段中是最重要的，设计阶段具有与之相同的重要性，紧接着是招标阶段，之后是施工阶段，重要性排在最末的阶段是竣工阶段。根据认定的重要性对各个阶段进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-3 准则层判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 |
|  | 1 | 1 | 3 | 5 | 7 |
|  | 1/3 | 1/3 | 1 | 3 | 5 |
|  | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 |
|  | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1 |

1. 对判断矩阵的计算

表 4-4 风险因素权重及一致性检验

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 值 | 计算结果 | | | | | 特征值 | 一致性指标 |
| 风险因素权重（） |  |  |  |  |  | 5.1357 | 0.0339 |
| 2.537 | 2.537 | 1.108 | 0.5253 | 0.2671 |
| 特征向量（） |  |  |  |  |  |
| 0.3638 | 0.3638 | 0.1588 | 0.0735 | 0.0383 |
| 最大特征值 | 1.8489 | 1.8489 | 0.8189 | 0.3887 | 0.1991 |

根据上述数据，查表得5阶矩阵的=1.12，求得：，所以认为该判断矩阵检验通过，是合理的。

（3）分析

通过上述计算可以得知在该工程施工的全过程中，对于前期决策阶段和设计阶段可能会出现的风险应当特别的注意。在过去的风险管理和施工单位的项目风险管理中，对前期决策阶段的研究并不多见，大多人一般都认为这个阶段不重要。但通过上文的分析可以看出前期决策阶段在工程的所有阶段中是最重要的，它决定了工程项目的规模、建设资金的确定等，没有了前期的良好规划，工程的设计、招标、施工等都是无法进行的，该阶段应该得到充分的关注[44]。注重前期决策阶段的风险防范，将会在很大程度上减少项目建设过程中的损失。设计阶段一直以来都是备受关注地，并且大家都清楚地知道设计阶段的变更对成本的影响是很大的，所以对于设计阶段的工作会十分重视。因此，在设计阶段，设计单位和勘察单位对工作要尤为认真负责，以避免在设计阶段出现不必要的变化。

4.3.2 指标层风险评价

4.3.2.1 前期决策阶段的风险评价

（1）判断矩阵的确定

在前期决策阶段中，认为建设规模与建设标准有着相同的重要性，并且在前期决策的所有因素中是最重要的，其次是位置选择，接下来是资金来源，排在末尾的是征迁清障。根据认定的重要性对各个因素进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-5 前期决策阶段的风险判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | 3 | 1 | 5 | 7 |
|  | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 | 5 |
|  | 1 | 3 | 1 | 5 | 7 |
|  | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1 | 3 |
|  | 1/7 | 1/5 | 1/7 | 1/3 | 1 |

（2）对判断矩阵的计算

表 4-6 前期决策阶段风险因素权重

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 归一化处理 |  |  |  |  |  |
|  | 0.3638 | 1.8489 | 5.0827 | 5.1357 | 0.0339 | 0.0303 |
|  | 0.1588 | 0.8189 | 5.1556 |
|  | 0.3638 | 1.8489 | 5.0827 |
|  | 0.0753 | 0.3887 | 5.1599 |
|  | 0.0383 | 0.1991 | 5.1975 |

从上表CR的值可判断该矩阵是合理的。

（3）分析

从计算结果可以得出，在前期决策时，建设单位应优先考虑建设规模和建设标准，再者是位置的选择。工程建设的规模决定了道路工程建设的长度和宽度，它直接影响到道路的建设投资和经济效益。本工程的建设规模将使整个项目的总造价位于较高水平[45]。在该工程的建设规划中，由于道路施工场地周围有大量的公司、车辆，因此对路面的硬度要求很高，必须采用高品质的沥青混凝土，最终导致了该工程总体造价偏高的结果。

4.3.2.2 设计阶段的风险评价

（1）判断矩阵的确定

在设计阶段中，认为设计标准不统一与地质勘查偏差有着相同的重要性，并且在设计阶段的所有因素中是最重要的，紧接着是设计人员水平不一的因素，其次是概预算计算出现偏差，最后是设计图、施工图编制风险。根据认定的重要性对各个因素进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-7 设计阶段的风险判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 3 |
|  | 3 | 1 | 1/3 | 1/3 | 5 |
|  | 5 | 3 | 1 | 1 | 7 |
|  | 5 | 3 | 1 | 1 | 7 |
|  | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1 |

（2）对判断矩阵的计算

表 4-8 设计阶段风险因素权重及一致性检验

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 归一化处理 |  |  |  |  |  |
|  | 0.0753 | 0.3887 | 5.1599 | 5.1358 | 0.0339 | 0.0303 |
|  | 0.1588 | 0.8189 | 5.1556 |
|  | 0.3638 | 1.8489 | 5.0827 |
|  | 0.3638 | 1.8489 | 5.0872 |
|  | 0.0383 | 0.1991 | 5.1975 |

从上表CR的值可判断该矩阵是合理的。

（3）分析

根据层次分析法得到的结果，分析得到设计标准不统一是设计阶段最可能出现的风险，地质勘查偏差具有几乎相同的可能性，设计人员水平不一的出现频率虽不及前两者，但紧随其后。本工程的管道均位于地下，类型多达10多种，铺设复杂，进行地质勘探是非常必要的。不仅要保证对地质情况是准确测量的，还要保证管道铺设路线是准确的。若在此时地质勘查出现偏差，则后期出现工程变更或技术变更的可能性将会大大提升。所以该工程要求具有较强专业知识的设计人员进行设计。

4.3.2.3 招标阶段的风险评价

（1）判断矩阵的确定

在招标阶段中，认为招标文件不全面与合同内容不完善具有同等的重要性，并且在招标阶段的4个因素中是最重要的，紧接着是招标控制价编制不合理的因素，最后是投标单位违反法律法规。根据认定的重要性对各个因素进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-9 招标阶段的风险判断矩阵

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  | 1 | 1 | 5 | 3 |
|  | 1 | 1 | 5 | 3 |
|  | 1/5 | 1/5 | 1 | 1/3 |
|  | 1/3 | 1/3 | 3 | 1 |

（2）对判断矩阵的计算

表 4-10 招标阶段风险因素权重及一致性检验

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 归一化处理 |  |  |  |  |  |
|  | 0.3908 | 1.5717 | 4.0216 | 4.0434 | 0.0145 | 0.0163 |
|  | 0.3908 | 1.5717 | 4.0216 |
|  | 0.0675 | 0.2741 | 4.0619 |
|  | 0.1509 | 0.6139 | 4.0683 |

从上表CR的值可判断该矩阵是合理的。

（3）分析

根据上述分析可得，在招标阶段，应重点关注招标文件不全面和合同内容不完善的问题。在该道路工程项目招标阶段，由于建设单位对工期的要求，在招标时对于风险的范围并没有做出说明，这样的做法会使招标结束后双发就合同进行会谈时，招标人处于劣势。其次，因为招标文件设置的内容不够全面，造成在施工中新旧管道共用，导致成本增加。

4.3.2.4 施工阶段的风险评价

（1）判断矩阵的确定

在施工阶段中，认为工程变更因素与设计变更>因素同等重要，并且在施工阶段的众多元素中重要性排在首位，紧接着是人、材、机价格变动的因素。其次，分包、转包因素与施工质量偏差因素也具有相同的重要性，排在人、材、机价格变动之后，自然灾害及不可抗力的重要性排在最末。根据认定的重要性对各个因素进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-11 施工阶段的风险判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1/7 | 3 |
|  | 3 | 1 | 3 | 1/3 | 1/5 | 5 |
|  | 3 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1/7 | 3 |
|  | 5 | 3 | 5 | 1 | 1/3 | 7 |
|  | 7 | 5 | 7 | 3 | 1 | 9 |
|  | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1/7 | 1/9 | 1 |

（2）对判断矩阵的计算

表 4-12 施工阶段风险因素权重及一致性检验

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 归一化处理 |  |  |  |  |  |
|  | 0.0596 | 0.3663 | 6.1411 | 6.2538 | 0.0508 | 0.0403 |
|  | 0.1295 | 0.8093 | 6.2471 |
|  | 0.0596 | 0.3663 | 6.1412 |
|  | 0.2551 | 1.5967 | 6.2586 |
|  | 0.4674 | 2.9735 | 6.3622 |
|  | 0.0287 | 0.1827 | 6.3725 |

从上表CR的值可判断该矩阵是合理的。

（3）分析

由上述计算可以看出，在施工阶段，首要关注的是工程变更以及设计变更可能会带来的风险。在工程地实施中，不可避免地会发生一些变化，但要对这些变化进行控制，以降低成本。在该道路工程施工中，真实遇到了设计变更、工程变更以及人力、机械、材料价格变化等方面的风险。

4.3.2.5 竣工阶段的风险评价

（1）判断矩阵的确定

在竣工阶段中，认为竣工决算因素比竣工结算更重要，根据认定的重要性对各个因素进行评分，获得如下的判断矩阵：

表 4-13 竣工阶段的风险判断矩阵

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | 1 | 1/3 |
|  | 3 | 1 |

（2）对判断矩阵的计算

表 4-14 施工阶段风险因素权重及一致性检验

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 归一化处理 |  |  |  |  |  |
|  | 0.25 | 0.5 | 2 | 2 | 0 | 0 |
|  | 0.75 | 1.5 | 2 |

从上表CR的值可判断该矩阵是合理的。

(3)分析

从上述计算可以看出，竣工决算时出现风险地可能性大，占比高，管理者需要在竣工阶段对决算时可能出现地风险进行提前预防。

4.4 模糊综合评判方法在量化风险中的运用

4.4.1 建立风险指标评语集

采用专家评分方法，由10名专家对该工程所存在的所以风险因素进行评价，得到相应的风险指标评语集。.

表 4-15 各阶段评价矩阵汇总

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 风险因素  风险程度 | 1（较小） | 2（不大） | 3（中等） | 4（较大） | 5（很大） |
| 建设规模 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0 |
| 位置选择 | 0 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0 |
| 建设标准 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0 |
| 资金来源 | 0 | 0.1 | 0.5 | 0.4 | 0 |
| 征迁清障 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0 |
| 概预算计算偏差 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0 |
| 设计人员水平不一 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0 |
| 设计标准不统一 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0 |
| 地质勘查偏差 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0 |
| 设计图、施工图编制风险 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0 |
| 招标文件不全面 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0 |
| 合同内容不完善 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 0 |
| 投标单位违反法律法规 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0 |
| 招标控制价编制不合理 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0 |
| 分包、转包 | 0 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0 |
| 人、材、机价格变动 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0 |
| 施工质量偏差 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 设计变更 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0 |
| 工程变更 | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0 |
| 自然灾害及不可抗力 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0 |
| 竣工结算 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0 |
| 竣工决算 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0 |

4.4.2 二级模糊综合评价

根据层次分析法分析计算可得各因素权重如下：

表 4-16 五阶段风险因素权重

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.13 | 0.06 | 0.13 | 0.03 | 0.06 |  |
|  | 0.03 | 0.06 | 0.13 | 0.13 | 0.01 |  |
|  | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.02 |  |  |
|  | 0.004 | 0.010 | 0.004 | 0.019 | 0.035 | 0.002 |
|  | 0.02 | 0.03 |  |  |  |  |

进行二级模糊综合评价，将上表获得的权重数值与专家对于各因素的评分进行运算，公式如下：



得出：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.019 | 0.073 | 0.161 | 0.157 | 0 |
|  | 0.093 | 0.052 | 0.104 | 0.112 | 0 |
|  | 0.018 | 0.039 | 0.057 | 0.036 | 0 |
|  | 0.0099 | 0.0173 | 0.0216 | 0.0252 | 0 |
|  | 0.005 | 0.008 | 0.018 | 0.019 | 0 |

4.4.3 三级模糊综合评价

三级模糊综合评价是将第一步得到的五阶段风险因素权重与第二步二级模糊综合评价得到的结果进行运算，得到的结果最终确定了该工程的模糊评价结果，如下：



4.4.4 案例总结

结合模糊综合评价法的理论知识，从上述计算结果可知，判定该工程属于工程造价风险较小的可能性约为4.5%，属于具有不大的风险的可能性约为5.3%，属于具有中等的风险的可能性约为10.8%，属于具有较大风险的可能性约为10.6%[46]。按照最大原则，该工程的工程造价风险属于中等水平，位于可控范围内。根据前文所进行的风险评价分析以及模型量化分析，可知在该工程项目实施的过程中，需要特别关注前期决策阶段以及设计阶段的风险。在前期决策阶段中，建设规模与建设标准的选择对其影响最大，其次施工场地的选择也是不可忽视的因素；在设计阶段中，设计标准不统一与地质勘查偏差会给工程后期施工造成巨大的损失，需要特别重视。管理人员可以通过事先预防，在各个阶段采取一定的防范措施来降低工程实施过程中的风险造成的损失。

# 5 结论

改革开放后，社会各方面的发展都很好，在国力不断加强的同时，建筑行业的发展也十分迅速。但在寻求发展的过程中，我们必须深刻反思我国工程造价管理水平，要做到对工程造价风险进行科学、高效的控制与管理，使工程造价的风险降到最低[47]。在工程造价风险控制中，风险评价是一个非常关键的环节，本文通过对已有研究成果的分析，对工程造价风险评价的方法进行了归纳总结，得出以下结论：

1. 事先对建设工程进行有效的风险管理对工程管理涉及的各方都有很大的帮助，不仅可以协助建设单位在工程运行过程中作出合理的风险应对策略，还可以大大提高建设单位抵御风险的实力，协助建设方与施工方完成工程最终的建设目标。
2. 工程造价风险评价作为工程造价风险管理中关键的一步，能有效的在风险发生之前给管理者以预测，是风险控制和决策的重要依据和参考，能够使工程造价风险得到控制，起到未雨绸缪的作用。
3. 运用蒙特卡罗模拟技术可以在不确定的情况下，对建设工程的整体造价进行预估，在此基础上还可以对造价风险进行相应的分析，但在应用时对历史资料进行较为详细的统计分析[48]；计划审查技术用于评价工程进度计划实施中的潜在风险，但是这种评估方法并不适合于全部的计划和控制项目；多层次分析法常被运用于目标的多层次多因素的复杂决策问题，但它仅限于对已有的方法的方案进行分析选择，并且求法也比较复杂[49]；模糊综合评价法可以用精确的数字手段对模糊评价目标进行处理，其内容丰富，但其计算量大、数据具有较大主观性。
4. 所有评价方法都有各自的缺点，也有各自的限制。所以在实践中，往往采用多种方式综合应用，以达到取长补短的目的[50]。本文将模糊综合评价法结合层次分析法对道路建设工程进行了研究分析，不仅能规范决策过程，还能在评价的过程中使用难以量化的定性因素，提升数据的可信度，同时也有效地解决了评价过程中可能会出现地因素无法确定的问题。

参考文献

[1] 朱思义. 建设工程造价及建设工程造价管理有关名词术语的界定意见[J]. 水利水电工程造价， 1995(1):2.

[2] Bender W J， Ayyub B M. Risk-based cost control for construction[J]. AACE International Transactions， 2001: CS11.

[3] Sanchez P M. Neural-risk assessment system for construction projects[C]//Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives. 2005: 1-11.

[4] Abdelgawad M， Fayek A R. Fuzzy reliability analyzer: quantitative assessment of risk events in the construction industry using fuzzy fault-tree analysis[J]. Journal of Construction Engineering and Management， 2011， 137(4): 294-302.

[5] Dikmen I， Birgonul M T， Tah J H M， et al. Web-based risk assessment tool using integrated duration–cost influence network model[J]. Journal of Construction Engineering and Management， 2012， 138(9): 1023-1034.

[6] Nie S M， Ren F. Study on risk management of deep foundation pit engineering[C]//Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications Ltd， 2014， 638: 574-579.

[7] Khodakarami V， Abdi A. Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items[J]. International Journal of Project Management， 2014， 32(7): 1233-1245.

[8] Rolik Y. Risk management in implementing wind energy project[J]. Procedia Engineering， 2017， 178: 278-288.

[9] Bardakci G. Assessment of Risk Factors to Cost and Schedule in High-Rise Building Projects[J]. CTBUH Journal， 2020 (3).

[10] Antipina O V， Velm M V. Characteristics of project management in the construction industry of the Russian Federation in modern economic conditions[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing， 2021， 751(1): 012072.

[11] 傅纪军. 工程项目全面风险管理[D]. 重庆大学， 2001.

[12] 钟登华， 基于AHP的工程项目风险分析方法. 天津市，天津大学，2004-12-15.

[13] 乔明.项目管理中的风险管理分析[J].工程建设与设计，2003(12):28-31.

[14] 向鹏成. 基于信息不对称理论的工程项目风险管理研究[D].重庆大学，2005.

[15] 高云莉. 工程项目集成风险管理理论与方法研究[D].大连理工大学，2008.

[16] 李树清，颜智，段瑜.风险矩阵法在危险有害因素分级中的应用[J].中国安全科学学报，2010，20(04):83-87.DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2010.04.007.

[17] 吴贤国，丁保军，张立茂，陈跃庆，薛莉敏，宋若昕.基于贝叶斯网络的地铁施工风险管理研究[J].中国安全科学学报，2014，24(01):84-89.DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2014.01.025.

[18] 郑晓丽. 基于模糊层次分析法的造价风险管理研究[D].西安建筑科技大学，2015.

[19] 刘宏，孙浩.基于DEMATEL-ANP的PPP项目融资风险分析[J].系统科学学报，2018，26(01):131-135.

[20] 唐勇军.土建工程项目造价风险模糊评估模型研究[J].中国建材科技，2018，27(02):70+93.

[21] 宋慧超，蓝海燕，宋丽达，刘珍珠.基于挣值分析技术的建设项目成本控制分析[J].辽宁工业大学学报(社会科学版)，2019，21(05):41-43.DOI:10.15916/j.issn1674-327x.2019.05.012.

[22] 李晓娟.装配式建筑项目投资风险评价[J].工程管理学报，2019，33(02):130-135.DOI:10.13991/j.cnki.jem.2019.02.024.

[23] 徐惠云. 基于贝叶斯网络的运营隧道结构风险评估研究[D].湖北工业大学，2020.DOI:10.27131/d.cnki.ghugc.2020.000406.

[24] 张培城.建设项目工程造价风险管理措施初探[J].江西建材，2022(03):235-236+239.

[25] 张文霞.建筑施工企业工程造价风险管理分析[J].居业，2019(03):186+188.

[26] 李子铮，林亚俊. 建设项目工程造价风险管理研究[C]//.北京力学会第二十五届学术年会会议论文集.[出版者不详]，2019:961-962.

[27] 李昭琳. 基于灰色理论的钢结构工程造价风险评价研究[D].大连理工大学，2018.

[28] 徐妥夫.工程项目风险辨识与评价方法研究[J].基建优化，2006(03):48-50.

[29] 任传普.基于蒙特卡罗模拟的工程造价风险评估[J].统计与决策，2013(15):81-83.DOI:10.13546/j.cnki.tjyjc.2013.15.022.

[30] 刘雪勇.基于蒙特卡罗模拟方法的项目工程造价风险分析[J].中国市场，2013(02):35-36+39.

[31] 黄小龙.基于蒙特卡洛法的输变电工程造价风险评估模型研究[J].现代电子技术，2017，40(20):178-180.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2017.20.050.

[32] 王涛，李宗璇.基于计划评审技术的特高压工程项目前期关键路线管理[J].企业管理，2017(S2):566-567.

[33] 张丽鹏.基于层次分析法的某码头工程造价风险管控研究[J].港工技术，2021，58(02):81-83.DOI:10.16403/j.cnki.ggjs20210221.

[34] 郑晓丽. 基于模糊层次分析法的造价风险管理研究[D].西安建筑科技大学，2015.

[35] 杨易.工程造价风险管理方法[J].中外企业家，2016(36):53.

[36] 吴海峰.施工企业工程造价风险评估及应对策略分析[J].低碳世界，2017(17):231-232.DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2017.17.149.

[37] 李珍珍. 电厂东路工程造价风险评估与应对策略研究[D].青岛大学，2021.DOI:10.27262/d.cnki.gqdau.2021.000525.

[38] 侯心茹. YJ高校学生宿舍修缮工程造价风险评估与控制研究[D].安徽理工大学，2021.DOI:10.26918/d.cnki.ghngc.2021.000079.

[39] 李虹.基于AHP-模糊综合评价法的图书馆布局优化设计[J].信息技术，2022(01):62-67+74.DOI:10.13274/j.cnki.hdzj.2022.01.012.

[40] 高峰，吴丹.基于模糊综合评价法的造价控制评价应用研究——以天津市A中学教学楼为例[J].房地产世界，2022(01):12-14.

[41] 陈金霖.市政道路工程建设各阶段造价控制关键要点研究[J].散装水泥,2021(06):23-25.

[42] 李珍珍.电厂东路工程造价风险评估与应对策略研究[D].青岛大学,2021.DOI:10.27262/d.cnki.gqdau.2021.000525.

[43] 李雪芹.市政道路工程造价风险评价研究[D].广西大学,2019.

[44] 钟才荣.道路桥梁工程造价管理的风险因素与解决措施研究[J].江西建材,2017(14):223+229.

[45] 陈姬.基于灰色层次法的公路工程造价风险评价研究[J].黑龙江科技信息,2016(27):205.

[46] 崔晓.施工项目工程造价风险管理问题研究[J].东方企业文化,2015(15):87.

[47] 薛忠真.基于AHP和CIM的项目造价风险评价[J].项目管理技术,2021,19(03):155-158.

[48] 汤燕萍.工程造价管理风险评估[J].现代物业(上旬刊),2015,14(03):28-29.DOI:10.16141/j.cnki.xdwyxjs.2015.0067.

[49] 王奎.工程造价的风险管理[J].价值工程,2011,30(12):113.DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2011.12.142.

[50] 张向东.论公路工程造价全风险管理[J].科技资讯,2008(05):91.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2008.05.211.

# 致谢

论文是毕业的终点站，是大学生涯的最后一个任务，行文至此，意味着四年的大学时光即将画上句号。此刻想说的话很多，最多的还是想要表达感谢。

首先要感谢所有的老师，大学四年的成长离不开各位老师的帮助与引导，在这里，我不仅学习到了更新更全面的知识，也明白了更多为人处世的道理。在我的眼中，老师更像是年纪稍长的朋友，与我平等的对话、交流，让我在离家千里之外也感受到了家的温暖。

其次，要感谢我的家人，是他们给了我远走求学的勇气和底气。从小我都算是一个不太让父母操心的人，但总会自我施加太多的压力，当我没有完成既定目标或偶有成绩下滑时，他们说的最多都是：只要努力了，就很好。这也是我现在做任何事给自己的既定目标，尽力而为，过程远比结果精彩。

最后，感谢相遇，虽然最初选择华北电力大学是偶然，但在四年的相处中，对华电产生了诸多的不舍，这里的人和事给我的大学时光增添了许多靓丽的色彩，期待未来人生路上与你们的再次相遇。