

DOI: 10.19951/j.cnki.1672-9331.20220408002

文章编号: 1672-9331(2023)03-0127-10

引用格式: 李明顺, 何明. 全过程工程咨询联合体内部风险分担[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2023, 20(3): 127-136.

Citation: LI Mingshun, HE Ming. Research on risk sharing within the whole process engineering consulting consortium[J]. J. Changsha Univ Sci Tech (Nat Sci), 2023, 20(3): 127-136.

全过程工程咨询联合体内部风险分担

李明顺, 何明

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要:【目的】有效分担风险, 减少责任推诿, 促进全过程工程咨询联合体顺利合作。【方法】从全过程工程咨询联合体的角度, 建立风险因素清单和风险分担影响因素指标体系; 采用基于云模型改进的层次分析法和熵权法分别计算各指标的主观权重和客观权重, 用线性加权方式获得组合赋权; 构建基于灰色关联分析法(grey relational analysis, GRA)耦合优劣解距离法(technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS)的联合体内部风险分担模型(GRA-TOPSIS), 按综合相对贴近度排序确定风险分担结果。【结果】将所构建的模型用于长沙市某建设项目, 以工程变更风险为例选择最合适的风险分担方, 研究结果与工程实际相符。基于此, 通过求解确定了一套合理共担或独担风险的方案, 实现了联合体内部风险的合理分担。【结论】GRA-TOPSIS模型适用于全过程工程咨询联合体内部的风险分担且具有普适性, 可为联合体内部风险分担和全过程工程咨询服务模式的推进提供一定参考。

关键词: 全过程工程咨询; 联合体; 风险分担; 组合赋权; GRA-TOPSIS模型

中图分类号: F282

文献标志码: A

0 引言

在建筑业持续健康发展的热潮下, 工程咨询行业存在碎片化咨询、业务范围单一和全过程管控能力欠缺等问题, 难以满足委托人日益多元的咨询服务需求, 也不能适应工程咨询行业集成化、一体化及与国际接轨的发展趋势。在此背景下, 全过程工程咨询这一新的模式被提了出来并得以大力推广^[1]。近年来, 考虑到能独立承接全过程工程咨询服务业务的企业较少, 多省份陆续提出并鼓励各企业以联合体形式对全过程工程咨询服务项目进行投标, 并共同完成委托人要求的各阶段专业咨询服务及全过程管理相关内容^[2]。在咨询服务期间, 全过程工程咨询联合体内部所具有的参与主体较多、服务周期跨度大、跨专业合作等特点容易导致权责分配不均、风险分担不合理。因此, 亟须从全过程工程咨询联合体内部风险分

担的角度, 明确联合体各方风险分担责任, 加速全过程工程咨询模式的推广与实施。

现阶段, 学术界在联合体风险分担方面已进行了部分研究。舒欢等^[3]在综合考虑风险分担影响因素的基础上, 首次将联合体作为风险分担对象, 并采用熵理论和网络分析法对水利工程施工联合体风险分担的合理性进行了分析; 王志强等^[4]引入博弈理论, 针对工程总承包(engineering procurement construction, EPC)项目中的共担风险, 构建了联合体三方成员的动态分担模型, 为求解风险分担比例提供了一种新的思路; 刘增粮等^[5]考虑风险因素所在层级对联合体成员风险偏好的影响, 采用随机合作博弈理论进行了EPC联合体风险分担的研究。此外, 对于全过程工程咨询联合体方面的研究主要集中在联合体成员的选择和收益分配两个方面。张广泰等^[6]认为选择联合体成员需考虑4类影响因素: 基础条件、管理能力、团队协作能力和技术能力, 并依据影响因素的

收稿日期: 2022-04-08; 修回日期: 2022-05-11; 接受日期: 2022-05-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71771031)

通信作者: 李明顺(1970—)(0000-0002-6357-4584), 男, 副教授, 主要从事工程项目管理方面的研究。

E-mail: lms5350@163.com

层级提出了全过程工程咨询联合体成员的选择策略;孙骏伟^[7]从牵头单位角度出发,在分析作为牵头单位的各咨询企业的核心竞争力和劣势的基础上,针对某企业背景 and 全过程工程咨询项目背景,提出了联合体成员选择评价指标体系;崔淑梅等^[8]引入收益分配影响因素,对仅考虑边际贡献率的传统 Shapley 值进行了优化。

总体来看,目前各省正在积极推广全过程工程咨询模式,但在风险分担领域,缺乏直接以全过程工程咨询联合体为对象的研究成果,且在方法上多采用网络分析法和博弈论。基于此,本研究在分析各项咨询服务内容和现有相关文献的基础上,引入云模型对组合赋权进行优化以确定指标权重,构建基于灰色关联分析法(grey relational analysis, GRA)耦合优劣解距离法(technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS)的风险分担模型 GRA-TOPSIS,并最终针对实例中的具体风险,从全过程工程咨询联合体各方角度考虑,求解确定一套合理的共担或独担风险的方案,为全过程工程咨询联合体内部风险分担研究提供参考。

1 风险因素识别及处理

1.1 全过程工程咨询服务内容

全过程工程咨询联合体可能存在的风险因素需要依据咨询服务招标范围及具体工作内容确定。由全过程工程咨询的概念可知,其服务范围视委托人的需求而定,可以是前期投资、招标代理、工程勘察、工程设计、监理、造价、运维等专业咨询的不同组合以及项目管理服务。本研究从全生命周期的角度,对全过程工程咨询模式下的8项咨询服务内容进行总结和梳理,为识别联合体可能存在的风险因素奠定基础。

1.1.1 投资咨询

投资咨询服务主要集中在决策阶段。全过程工程咨询团队根据委托人的需求结合现行规划要求进行规划咨询和项目咨询,完成满足要求的项目建议书、可行性研究报告和各项专业评估报告等咨询成果文件,负责立项等报批相关工作。

1.1.2 工程勘察咨询

工程勘察咨询服务主要集中在设计阶段,服务内容包括勘察方案制定、初勘、详勘及勘察报告

的编制与提交,勘察成果资料可为工程设计咨询服务提供依据。

1.1.3 工程设计咨询

工程设计咨询服务涉及设计、招投标和施工阶段。全过程工程咨询团队在设计阶段的主要服务内容包括:各类设计成果文件的编制及审核(方案设计、初步设计和施工图设计),提供构建建筑信息模型(building information modeling, BIM)服务;在招投标阶段的主要服务内容包括:提供招标所需设计成果文件,协调并进行与设计有关的招标澄清文件的编制;在施工阶段的主要服务内容包括:设计交底与图纸会审,派专业设计人员进驻现场提供协调配合服务及进行有关设计变更事项的管理。

1.1.4 招标代理咨询

招标代理咨询服务主要集中在招标采购阶段,是全过程工程咨询团队依据现有决策和设计阶段咨询成果,按照法定招投标流程,选择满足委托人要求的最合适承包商的一系列工作的总称。其主要服务内容包括:招标工程的报建审批管理,招标文件等重要咨询成果文件的编制和审查,招标流程中相关资料的管理及协助委托人进行承包合同的签订。

1.1.5 监理咨询

监理咨询服务主要集中在施工准备、施工和竣工验收阶段,具有涉及人员多、不确定性大、管理难度大的特点,由全过程工程咨询团队对工程施工进行“三控三管一协调”的全方位管理。

1.1.6 造价咨询

造价咨询服务涉及决策至竣工阶段。其服务内容主要包括:配合完成各阶段造价文件的编制与审核(包括投资估算、设计概算、工程量清单、招标控制价、施工图预算、竣工决算等)、制定和实施概算控制方案、参与变更索赔管理、进行计量支付和工程结算及审核等,实现全过程工程造价的控制。

1.1.7 运维咨询

运维咨询服务主要集中在运营阶段,其内容主要包括:项目后评价和绩效评价、工程保修咨询、协助编写运营管理策划等。

1.1.8 项目管理

项目管理服务贯穿于上述专业咨询服务过程中,总体上包括:协调推进各项咨询服务工作、审

核重要成果文件资料、协助归档工程资料、现场跟进及项目监督管理等,统筹把握整个项目各阶段进度、质量和投资目标,做好合同、信息、安全管理和组织协调等工作。

1.2 风险因素初步识别与筛选

风险识别是联合体内部风险分担的基础工作。本研究在逐一分析全过程工程咨询服务内容的基础上识别联合体内部可能存在的风险因素,并参考相关文献^[2,9-13],对采取联合体形式中标的全过程工程咨询服务项目的联合体成员企业进行调研,对可能存在的风险因素进行补充,初步识别出32个风险因素,形成初步风险清单。在此基础上,邀请参加过全过程工程咨询联合体相关项目或对该领域有一定认识的专家进行风险因素筛选,针对各风险因素进行持保留意见人数的统计。

1.3 风险因素清单

根据专家的筛选意见,选取持保留意见人数不少于专家总人数60%的风险因素进行再整理,结合全过程工程咨询联合体参与主体较多、服务周期跨度大、跨专业合作等特点,最终从宏观、中观和微观3个层面,识别出全过程工程咨询项目可能存在的22个风险因素。在宏观上可将风险分为经济、政策和环境风险;在中观上可按时间从决策、设计、招标采购、施工及竣工验收、运营阶段识别出各阶段风险;微观上的风险即为咨询联合体主体风险。全过程工程咨询联合体项目风险因素清单见表1。

2 风险分担模型的构建

2.1 全过程工程咨询联合体风险分担影响因素

相关研究表明,目前普遍采取的风险合理分担方式主要有两种:一是形成风险因素指标体系,在此基础上直接进行风险合理分担;二是形成风险因素清单和风险分担影响因素两个指标体系,就研究对象所涉及的各个风险,综合考虑风险分担影响因素,结合公认的分担原则逐一进行风险合理分担。

本研究认为全过程工程咨询联合体各方应承担什么风险是综合考虑若干因素后的结果,故采用第二种方式进行研究。参考以往联合体风险分担相关文献^[14],本研究从全过程工程咨询联合

表1 全过程工程咨询联合体项目风险因素清单

Table 1 List of risk factors for the whole process engineering consulting consortium project

风险层次	风险分类	代码	风险因素
宏观风险	经济风险	A ₁	计费标准风险
		A ₂	利率汇率变动风险
	政策风险	A ₃	国家政策变化风险
		A ₄	法律法规不完善风险
	环境风险	A ₅	不可抗力风险
中观风险	决策阶段	A ₆	决策失误风险
		A ₇	审批延误风险
	设计阶段	A ₈	勘察设计风险
		A ₉	承包方选择风险
		A ₁₀	合同风险
	招标采购阶段	A ₁₁	招标文件质量缺陷风险
		A ₁₂	进度风险
	施工及竣工验收阶段	A ₁₃	成本控制风险
		A ₁₄	质量管理风险
		A ₁₅	安全管理风险
		A ₁₆	组织协调管理风险
		A ₁₇	资料档案不完整风险
		A ₁₈	工程变更风险
微观风险	咨询联合体主体风险	A ₁₉	运营管理风险
		A ₂₀	机构设置合理性风险
		A ₂₁	信任合作风险
		A ₂₂	权责分配风险

体的角度进行整合与补充,遵循风险收益对等、承担风险上限和有效动态控制3个风险分担原则,建立考虑风险认知程度、风险控制能力、风险承担意愿3个维度的风险合理分担影响因素多层次指标体系,如图1所示。

2.2 基于组合赋权的指标权重计算

2.2.1 由层次分析法-云模型获得主客观权重

在使用层次分析法计算主观权重时,由专家结合自身经验进行评分,从而实现指标由定性到定量的转化。专家在对指标进行相对重要性评分时存在随机性和模糊性,为使主观权重的设置更科学合理,本研究采用李德毅院士在1995年首次提出的云模型来改进层次分析法^[15],即通过逆向云发生器求得能直观反映专家评分随机性和模糊性的3个特征值(期望 E_x 、熵 E_n 、超熵 H_e),以获得符合雾化要求的主观权重。

1) 用层次分析法求主观权重。对于各层次指标,组织 n 个专家对该层次 t 个指标的相对重要性

进行两两比较,并赋予1~9的分值,得到 n 个判断矩阵;对判断矩阵进行处理,得到该层次 t 个指标

权重的计算结果;进行一致性检验。重复上述步骤,最终求得指标层各指标的初始主观权重。

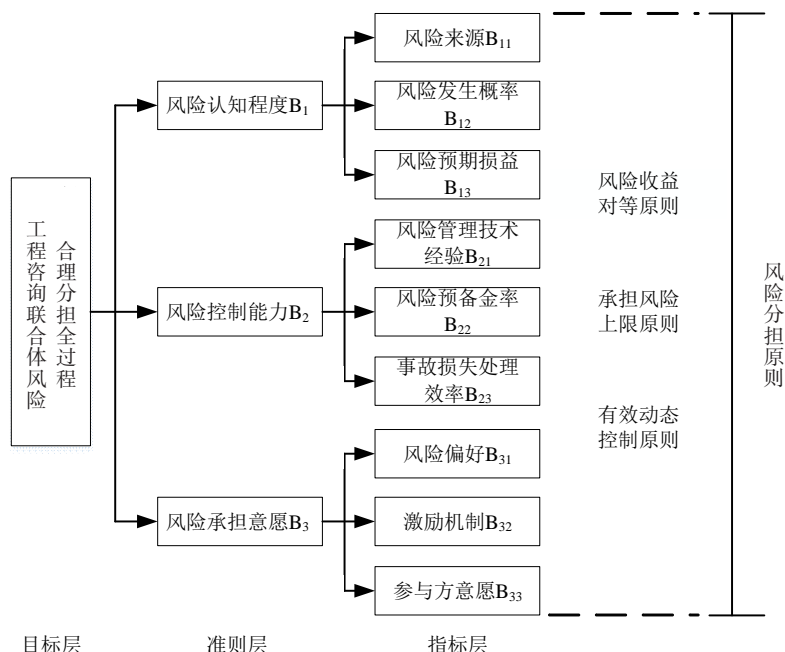


图1 风险分担影响因素指标体系

Fig. 1 Risk sharing influencing factor index system

2) 用云模型改进主观权重。通过逆向云发生器整合 n 个专家意见,对各指标的初始主观权重进行修正,并得到符合要求的改进主观权重。具体步骤和公式如下:

① 以各指标为研究对象,以通过层次分析法得到的权重为初始数据,求得用云模型3个特征值(E_x 、 E_n 、 H_e)反映的主观权重。

② 用 E_n 和 H_e 数值的大小反映专家评分的不确定性的程度,比较 H_e 和 $E_n/3$ 的大小。

③ 若 $H_e > E_n/3$,则回到步骤①,由专家重新评分,直至所赋权重符合雾化要求,即 $H_e \leq E_n/3$,此时结束循环。

④ 取权重云中的 E_x 作为各指标改进后的主观权重 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_t)$ 。

特征值 E_x 、 E_n 、 H_e 的计算公式为:

$$E_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$E_n = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - E_x| \quad (2)$$

$$H_e = \sqrt{S^2 - E_n^2} \quad (3)$$

其中,方差 $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - E_n)^2$ 。

2.2.2 由熵权法获得客观权重

熵权法是一种常见的用于降低主观性对赋权

结果影响的客观赋权方法。通常情况下,指标信息熵和客观权重之间呈反方向变化,即信息熵越小,该指标的变化程度和受影响的程度越大,客观权重越大。具体步骤为:

① 将判断矩阵 $(a_{ij})_{m \times n}$ 标准化后得到 $(b_{ij})_{m \times n}$ 。

② 计算各指标的信息熵 e_i :

$$e_i = -G \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}, e_i \in [0, 1] \quad (4)$$

式中:比重 $p_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^n b_{ij}$, b_{ij} 为第 j 个评价对象的指标 i 的标准值; $G = 1/\ln n$ 。

③ 计算客观权重 σ_i :

$$\sigma_i = r_i / \sum_{i=1}^n r_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

式中:指标 i 的信息熵冗余度 $r_i = 1 - e_i$ 。

2.2.3 组合赋权

分别计算改进的主观权重和客观权重,采用线性加权方式计算全过程工程咨询联合体风险合理分担最终的指标权重。指标 i 的组合权重 w_i 的计算公式为:

$$w_i = \alpha_1 \mu_i + \alpha_2 \sigma_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

式中: α_1 、 α_2 均为权重决策系数,皆取值为0.5。

2.3 风险分担模型GRA-TOPSIS的构建

GRA法的基本原理是通过分析若干被评价对

象与理想方案之间的关联度,对待评价对象进行排序和优选,该方法在处理样本量少、指标信息贫乏的相关问题时具有优势。TOPSIS法的基本原理是通过分析若干被评价对象与正、负理想方案之间的距离来做出决策,被评价对象越靠近正理想方案、越远离负理想方案越好。

上述两种方法在很多研究领域都是常用的方案评价和优选方法。本研究根据其基本原理的共性,采用 GRA-TOPSIS 模型进行风险分担的研究^[13],通过风险分担方和理想风险分担方的关联度及距离,进行风险分担方的适合程度排序以及最优风险分担方的选择。GRA-TOPSIS 模型结合了两者的优势,克服了 TOPSIS 法仅通过风险分担方与理想分担方之间的距离就做出决策,及由此可能引起的合理性不足的问题,综合考虑了风险分担方与理想分担方的发展趋势和关联程度。具体步骤如下:

① 构建风险分担多层次指标体系。本研究通过参考相关文献构建包含风险认知程度、风险控制能力和风险承担意愿的风险分担多层次指标体系,具体包括风险来源、风险发生概率、风险预期损益、风险管理技术经验、风险准备金率、事故损失处理效率、风险偏好、激励机制和参与方意愿共 9 个指标(图 1)。

② 构建初始决策矩阵。决策矩阵的建立过程即为指标的量化过程。假设有 h 个风险分担方,对每个风险分担方用 k 个指标进行综合考量。由于大多数指标难以被量化,如参与方意愿、风险偏好等,需采取专家打分的方式进行。邀请以联合体形式中标的全过程工程咨询服务项目的联合体成员企业、部分研究全过程工程咨询服务方面的教授及专家依据所提供的工程资料、自身经验按 1~9 标度法进行打分。某一个指标的分值越高,表明从该指标考虑,其风险分担方越适合承担此风险。考虑到专家打分的主观性,避免过高、过低分导致的决策结果偏离,取去除最高分和最低分后的平均值构建初始决策矩阵 $D = (d_{ij})_{h \times k}$ 。

③ 规范化处理及加权决策矩阵的构建。将初始决策矩阵进行归一化处理,得到规范化决策矩阵 $V = (v_{ij})_{h \times k}$;按 2.2 节的组合赋权方法,计算得到各风险分担影响因素指标通过云模型改进后的最优指标权重 $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$;将指标权重向量与规范化决策矩阵 $V = (v_{ij})_{h \times k}$ 相乘,并最终得到加

权决策矩阵 $U = (u_{ij})_{h \times k}$:

$$U = (u_{ij})_{h \times k} = (w_i \cdot v_{ij})_{h \times k} = \begin{pmatrix} w_1 v_{11} & w_2 v_{12} & \cdots & w_k v_{1k} \\ w_1 v_{21} & w_2 v_{22} & \cdots & w_k v_{2k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_1 v_{h1} & w_2 v_{h2} & \cdots & w_k v_{hk} \end{pmatrix} \quad (7)$$

④ 确定正、负理想方案 U^+ 和 U^- :

$$\begin{cases} U^+ = (u_1^+, u_2^+, \dots, u_k^+) \\ U^- = (u_1^-, u_2^-, \dots, u_k^-) \end{cases} \quad (8)$$

⑤ 计算风险分担方各指标元素的灰色关联度 r_{ij}^+ 和 r_{ij}^- ,形成灰色关联系数矩阵。基于此,计算各风险分担方与风险分担理想方之间的综合灰色关联度 r_j^+ 、 r_j^- 及距离 d_j^+ 、 d_j^- 。

$$\begin{cases} r_{ij}^+ = \frac{\min_{1 \leq i \leq h} \min_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^+| + \rho \max_{1 \leq i \leq h} \max_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^+|}{|u_{ij} - u_j^+| + \rho \max_{1 \leq i \leq h} \max_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^+|} \\ r_{ij}^- = \frac{\min_{1 \leq i \leq h} \min_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^-| + \rho \max_{1 \leq i \leq h} \max_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^-|}{|u_{ij} - u_j^-| + \rho \max_{1 \leq i \leq h} \max_{1 \leq j \leq k} |u_{ij} - u_j^-|} \end{cases} \quad (9)$$

式中: ρ 为分辨系数,一般取 0.5。

$$\begin{cases} r_j^+ = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k r_{ij}^+ \\ r_j^- = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k r_{ij}^- \end{cases}, i = 1, 2, \dots, h \quad (10)$$

$$\begin{cases} d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^k (u_{ij} - u_j^+)^2} \\ d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^k (u_{ij} - u_j^-)^2} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, h \quad (11)$$

⑥ 对综合灰色关联度及距离进行归一化处理,并得到归一化的综合灰色关联度 R_i^+ 、 R_i^- 及距离 D_i^+ 、 D_i^- 。

⑦ 结合归一化的综合灰色关联度及距离,得到基于 GRA-TOPSIS 模型的决策参数,即综合相对贴近度。在对 R_i^+ 、 R_i^- 、 D_i^+ 和 D_i^- 进行优选时,评价标准不一样, R_i^+ 越大,说明被评价对象越靠近正理想方案,它们之间的关联程度越大; D_i^- 越大,说明被评价对象越靠近正理想方案,它们之间的距离越小。

$$\begin{cases} S_i^+ = R_i^+ / (R_i^+ + R_i^-) \\ T_i^+ = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-), i = 1, 2, \dots, h \\ Z_i^+ = \lambda_1 S_i^+ + \lambda_2 T_i^+ \end{cases} \quad (12)$$

式中: S_i^+ 为用 GRA 法得到的各风险分担方的相对

贴近度; T_i^+ 为用TOPSIS法得到的各风险分担方的相对贴近度; Z_i^+ 代表各风险分担方的综合相对贴近度; λ_1, λ_2 皆为偏好系数,本研究认为二者在选择最合适风险分担方时具有同等重要性,故取 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$ 。

⑧ 根据 Z_i^+ 的大小进行风险分担方的排序及优选。 Z_i^+ 越大,表明其所对应的风险分担方越适合承担该风险,因此可选择 Z_i^+ 最大的风险分担方作为该风险的最适合承担方。

3 实例分析

本研究选取以联合体形式中标的全过程工程咨询服务项目的实例进行分析,验证所建模型的合理性。

项目概况如下:长沙市某建设项目,建筑面积约32 000 m²,投资额约2.5亿元,咨询工作采用全过程工程咨询服务模式,标的服务范围包括投资咨询、勘察设计、招标代理、监理、造价及运维等,涉及的联合体成员(风险分担方)包括工程咨询公司(成员甲)、设计院(成员乙)和项目管理公司(成员丙)。

本研究以此全过程工程咨询项目的工程变更风险为例,以联合体成员甲、乙、丙为研究对象,依据风险识别成果,运用上述云模型对组合权重进行优化以确定指标权重,用GRA-TOPSIS模型进行风险分担,用定量的方法确定出合理的风险分担方。

步骤一:风险分担指标权重的确定。依据2.2节组合权重的计算步骤和式(1)~(6)求得主观权重、客观权重及组合权重,计算结果见表2。

表2 风险分担指标的组合权重

Table 2 Risk sharing indicators portfolio weight

指标	用云模型改进后的主观权重 μ_i		客观权重 σ_i	组合权重 w_i
	权重云	主观权重		
风险来源 B_{11}	(0.140, 0.006, 0.000 9)	0.140	0.120	0.130 0
风险发生概率 B_{12}	(0.059, 0.002, 0.000 4)	0.059	0.124	0.091 5
风险预期损益 B_{13}	(0.223, 0.009, 0.001 5)	0.223	0.086	0.154 5
风险管理技术经验 B_{21}	(0.209, 0.009, 0.001 4)	0.209	0.053	0.131 0
风险预备金率 B_{22}	(0.083, 0.003, 0.000 6)	0.083	0.118	0.100 5
事故损失处理效率 B_{23}	(0.132, 0.005, 0.000 9)	0.132	0.097	0.114 5
风险偏好 B_{31}	(0.038, 0.009, 0.001 4)	0.038	0.150	0.094 0
激励机制 B_{32}	(0.091, 0.021, 0.003 4)	0.091	0.099	0.095 0
参与方意愿 B_{33}	(0.024, 0.006, 0.000 9)	0.025	0.153	0.089 0

步骤二:专家评分处理及初始决策矩阵的构建。初始决策矩阵的构建是利用GRA-TOPSIS模型进行风险分担研究的关键步骤。本研究所构建的决策矩阵数据来源于参与过全过程工程咨询联合体相关项目或在该研究领域有一定认识的15位有经验的专家评分的处理结果。在这些专家中,3位来自工程咨询单位,3位来自设计院,还有3位来自项目管理单位,这9位专家均为本科学历,均有3年以上全过程工程咨询项目的参与经验,5年以上各专业的咨询工作经验,均具有中级职称;其余6位来自高校,硕士以上学历,从事工程类教学

及科研工作12年以上。专家评分处理值的高低,意味着从该指标考虑,该风险分担方承担此风险适合程度的高低。处理过程为:对于每一个风险分担指标的评分值,除去专家评分的最高值及最低值后取平均,以降低极端分值的影响。各风险分担方专家评分的处理结果见表3。

步骤三:规范化处理及加权决策矩阵的构建。利用步骤一所确定的组合权重 w_i 和步骤二经规范化处理后的决策矩阵 V ,通过式(7)得到加权决策矩阵 U :

$$U = \begin{bmatrix} 0.056 5 & 0.044 9 & 0.102 2 & 0.061 4 & 0.054 0 & 0.052 2 & 0.049 6 & 0.054 8 & 0.045 2 \\ 0.086 1 & 0.058 6 & 0.083 2 & 0.081 5 & 0.060 2 & 0.068 7 & 0.058 0 & 0.053 1 & 0.053 0 \\ 0.079 3 & 0.054 0 & 0.080 5 & 0.082 2 & 0.059 7 & 0.075 3 & 0.054 8 & 0.056 6 & 0.055 4 \end{bmatrix}$$

表3 各风险分担方专家评分的处理结果

Table 3 Processing results of expert scoring for each risk-sharing party

风险分担方	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₃₁	B ₃₂	B ₃₃
工程咨询公司(甲)	5.153 8	6.076 9	8.692 3	6.615 4	7.307 7	6.076 9	5.923 1	7.307 7	4.461 5
设计院(乙)	7.846 2	7.923 1	7.076 9	8.769 2	8.153 8	8.000 0	6.923 1	7.076 9	5.230 8
项目管理公司(丙)	7.230 8	7.307 7	6.846 2	8.846 2	8.076 9	8.769 2	6.538 5	7.538 5	5.461 5

步骤四:确定正、负理想方案 U^+ 和 U^- 。

$$U^+ = (0.086\ 1, 0.058\ 6, 0.102\ 2, 0.082\ 2, 0.060\ 2, 0.075\ 3, 0.058\ 0, 0.056\ 6, 0.055\ 4)$$

$$U^- = (0.056\ 5, 0.044\ 9, 0.080\ 5, 0.061\ 4, 0.054\ 0, 0.052\ 2, 0.049\ 6, 0.053\ 1, 0.045\ 2)$$

步骤五:根据式(10)~(11)确定各个风险分担方到风险分担理想方之间的距离 d_i^+ 与 d_i^- ,以及它们之间的综合灰色关联度 r_i^+ 和 r_i^- ,结果见表4。

表4 距离及综合灰色关联度

Table 4 Distance and comprehensive grey relevance

风险分担方	d_i^+	d_i^-	r_i^+	r_i^-
工程咨询公司(甲)	0.047 3	0.021 8	0.609 7	0.922 2
设计院(乙)	0.020 6	0.043 7	0.861 7	0.621 1
项目管理公司(丙)	0.023 4	0.041 7	0.848 8	0.631 6

步骤六:将表4的距离及综合灰色关联度无量纲化,得到 R_i^+ 、 R_i^- 、 D_i^+ 和 D_i^- ,结果见表5。

表5 距离及综合灰色关联度的无量纲化处理结果

Table 5 Dimensionless processing values of distance and comprehensive grey relevance

风险分担方	D_i^+	D_i^-	R_i^+	R_i^-
工程咨询公司(甲)	1.000 0	0.498 6	0.707 6	1.000 0
设计院(乙)	0.434 6	1.000 0	1.000 0	0.673 5
项目管理公司(丙)	0.495 2	0.954 5	0.985 0	0.684 9

步骤七:根据式(12)计算得到综合相对贴近度,结果见表6。

表6 风险分担方的相对贴近度

Table 6 Relative proximity of risk sharing parties

风险分担方	灰色关联相对贴近度 S_i^+	距离相对贴近度 T_i^+	综合相对贴近度 Z_i^+
工程咨询公司(甲)	0.414 4	0.332 7	0.373 5
设计院(乙)	0.597 6	0.697 0	0.647 3
项目管理公司(丙)	0.589 9	0.658 4	0.624 2

依据采用综合相对贴近度选择最合适风险分担方的评价规则,即综合相对贴近度越大,表明该风险分担方承担此风险的适合程度越高。针对该项目的工程变更风险,计算得到各风险分担方的

相对贴近度的排列顺序为:灰色关联相对贴近度 $S_{乙}^+ > S_{丙}^+ > S_{甲}^+$;距离相对贴近度 $T_{乙}^+ > T_{丙}^+ > T_{甲}^+$;综合相对贴近度 $Z_{乙}^+ > Z_{丙}^+ > Z_{甲}^+$ 。

由相对贴近度的排序可知,设计院(乙)最适合承担此风险,项目管理公司(丙)次之,工程咨询公司(甲)更次。由于设计院(乙)和项目管理公司(丙)的综合相对贴近度仅相差0.023 1,通过咨询专家意见并查询有关风险分担文献^[16-18]后发现,在依据综合相对贴近度选择合适的风险分担方时,可将综合相对贴近度差值在±0.05范围内的被评价风险分担方视为该风险的共担方,故项目管理公司(丙)应与设计院(乙)共担工程变更风险。此风险分担结果与工程实际相符,验证了用此模型进行风险分担分析的合理性。运用本文的模型和方法,对此全过程工程咨询项目风险清单中剩余风险因素进行求解,确定出了一套合理的联合体成员共担或者独担风险的方案,结果见表7。

4 讨论

1) 本研究包括风险因素识别和风险分担两个模块。风险因素识别:通过对全过程工程咨询服务内容的详细分析、在以往相关文献中提取及专家的补充筛选,最终形成了较为全面的风险因素清单;风险分担:依据本研究提出的组合赋权方法和 GRA-TOPSIS 模型计算得出,为全过程工程咨询联合体在工作过程中预控风险及在风险发生后界定联合体内部的风险分担责任提供参考。

2) 云模型特征值可直观反映指标评分的随机性和模糊程度。本研究引入云模型对主观权重加以修正,形成云模型改进层次分析法耦合熵权法的组合赋权方法,运用该方法修正层次分析法后得到的主观权重,既可较好地整合专家意见,保留专家评分中的不确定性信息,又可将评分的随机

性和模糊性控制在一定范围内,使指标权重的确定更科学、合理,因而此方法的引入可为主观权重的修正提供一定参考。

3) 以往对全过程工程咨询风险分担方面的研究主要停留在全过程工程咨询方和委托人上。本研究以全过程工程咨询联合体为研究对象,提出了一套以综合相对贴度为判断依据的联合体成

员内部风险分担方案。

4) 本研究确定的风险分担方案涵盖独担、两方共担和三方共担风险3种情况。针对共担风险,未确定各联合体成员间的具体分担比例,今后可在这方面进行进一步的研究,以期使风险分担方案更明确、具体。

表7 全过程工程咨询联合体风险分担结果

Table 7 Risk-sharing results of the whole process engineering consulting consortium

风险分担方	风险因素	分担类型
工程咨询公司(甲)	承包方选择风险、 招标文件质量缺陷风险	独担
设计院(乙)	勘察设计风险	
项目管理公司(丙)	质量管理风险、安全管理风险	
工程咨询公司(甲)、设计院(乙)	决策失误风险、审批延误风险	两方共担
工程咨询公司(甲)、项目管理公司(丙)	组织协调管理风险、进度风险、 成本控制风险、运营管理风险	
设计院(乙)、项目管理公司(丙)	工程变更风险	
工程咨询公司(甲)、设计院(乙)、项目管理公司(丙)	合同风险、计费标准风险、信任合作风险、权责分配风险、国家政策变化风险、法律法规不完善风险、不可抗力风险、利率汇率变动风险、资料档案不完整风险、机构设置合理性风险	三方共担

5 结论

在目前推广采用联合体形式进行全过程工程咨询服务这一形势下,全过程工程咨询联合体内部风险的合理分担是联合体成员应考虑的问题。合理的风险分担方案是联合体顺利开展合作的关键。本研究基于咨询服务内容的分析,结合以往的研究成果,识别出了全过程工程咨询服务项目的风险,并构建了风险分担影响因素多层次指标体系,在此基础上,得到以下研究结论:

1) 提出了一种基于全过程工程咨询服务内容分析和文献综述初步识别联合体可能存在的风险因素的方法,与基于案例和文献综述进行风险识别的方法稍有不同,该方法更具全面性,可完善现有的风险识别方法。

2) 构建了基于GRA-TOPSIS模型的风险分担模型。以长沙市某建设项目工程变更风险为例,运用所建模型计算得到各联合体成员的综合相对贴度,在对其进行排序后发现,该变更风险应由设计院和项目管理公司共担,此结果与工程实际相符,这也验证了用所建模型进行风险分担分析的合理性,为全过程工程咨询联合体内部风险分担的研究提供一定参考。

3) 从全过程工程咨询服务项目3名联合体成员的角度出发,针对所涉风险,求解确定了一套合理的共担或者独担风险的方案,验证了模型的普适性。同时,联合体内部风险合理分担有利于风险报酬的确定、权责分明的长期稳定合作关系的实现,也有利于推动工程咨询行业健康发展。

由于篇幅所限,未来研究可从风险识别和风险分担两方面进行更为深入的研究。第一,在风险识别方面,可通过典型案例的总结,补充可能存在的风险因素;第二,可在界定最佳风险分担方的基础上,求解共担风险的分担比例。

[参考文献]

- [1] 胡庆国,田学泽,何忠明.基于DEMATEL-ISM的全过程工程咨询模式推广影响因素分析[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(2):40-48,105.DOI: 10.19951/j.cnki.csldgxbzkb.2021.02.006.
HU Qingguo, TIAN Xueze, HE Zhongming. Analysis of influencing factors in promotion of whole-process engineering consulting mode based on DEMATEL-ISM [J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science), 2021, 18(2): 40-48, 105.DOI: 10.19951/j.cnki.csldgxbzkb.2021.02.006.
- [2] 孙宁,张娜,曹泽芳,等.业务组合对全过程工程咨询组织模式及收费模式影响分析[J].工程管理学报,2020,34(6):1-6. DOI: 10.13991/j.cnki.jem.

- 2020.06.001.
- SUN Ning, ZHANG Na, CAO Zefang, et al. Selection of the whole process consulting organization mode and fee collection mode under different business combination modes[J]. Journal of Engineering Management, 2020, 34(6): 1-6. DOI: 10.13991/j.cnki.jem.2020.06.001.
- [3] 舒欢, 郑胜强, 徐丹. 基于熵的工程施工联合体风险分担 ANP 模型[J]. 系统工程, 2014, 32(9): 137-143.
- SHU Huan, ZHENG Shengqiang, XU Dan. Research on ANP model for risk-sharing of alliance in construction based on entropy [J]. Systems Engineering, 2014, 32(9): 137-143.
- [4] 王志强, 邱倩倩, 司曼曼. 伙伴关系下 EPC 项目联合体风险分担的最优比率分析[J]. 工程经济, 2019, 29(2): 71-75. DOI: 10.19298/j.cnki.1672-2442.201902071.
- WANG Zhiqiang, QIU Qianqian, SI Manman. Analysis of optimal ratio of risk sharing of EPC project consortium under partnership [J]. Engineering Economy, 2019, 29(2): 71-75. DOI: 10.19298/j.cnki.1672-2442.201902071.
- [5] 刘增粮, 李明顺, 侯思婷. EPC 联合体风险动态分担研究: 基于 ISM-随机合作博弈[J]. 建筑经济, 2021, 42(4): 34-39. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202104034.
- LIU Zengliang, LI Mingshun, HOU Siting. Research on dynamic risk sharing of EPC consortium: based on ISM-random cooperative game [J]. Construction Economy, 2021, 42(4): 34-39. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202104034.
- [6] 张广泰, 何彬, 魏佳, 等. 基于 ISM 的全过程工程咨询联合体模式合作伙伴选择策略研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(10): 31-36. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202110031.
- ZHANG Guangtai, HE Bin, WEI Jia, et al. Research on the partner selection strategies of the whole process engineering consulting consortium based on ISM [J]. Construction Economy, 2021, 42(10): 31-36. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202110031.
- [7] 孙骏伟. 基于牵头单位视角全过程工程咨询联合体成员选择问题研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2021. DOI: 10.26943/d.cnki.gbjzc.2021.000332.
- SUN Junwei. Analysis on the ability to select partners of the whole-process engineering consulting consortium from the perspective of leading units [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2021. DOI: 10.26943/d.cnki.gbjzc.2021.000332.
- [8] 崔淑梅, 闫艺鑫, 庞玉成. 全过程工程咨询联合体收益分配模型研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(3): 37-40. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202103037.
- CUI Shumei, YAN Yixin, PANG Yucheng. Research on income distribution model of whole process engineering consulting consortium [J]. Construction Economy, 2021, 42(3): 37-40. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202103037.
- [9] 任雅茹. 基于风险分担的全过程工程咨询服务报酬模型研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2019.
- REN Yaru. Research on compensation model of whole process engineering consulting service based on risk sharing [D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2019.
- [10] 都怡然. 全过程工程咨询项目 A 的风险管理研究[D]. 济南: 山东大学, 2021. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2021.002220.
- DU Yiran. Research on risk management of whole-process engineering consulting project A [D]. Ji'nan: Shandong University, 2021. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2021.002220.
- [11] 魏健明. 全过程工程咨询关键环节的风险识别探讨[J]. 建筑与预算, 2019(11): 16-18. DOI: 10.13993/j.cnki.jzyys.2019.11.004.
- WEI Jianming. Discussion on risk identification of key links in whole process engineering consultation [J]. Construction and Budget, 2019(11): 16-18. DOI: 10.13993/j.cnki.jzyys.2019.11.004.
- [12] 文飞, 申文伟, 陈奕虹. 建设项目全过程工程咨询服务合同的法律风险探讨[J]. 法制与社会, 2019(22): 44-45. DOI: 10.19387/j.cnki.1009-0592.2019.08.021.
- WEN Fei, SHEN Wenwei, CHEN Yihong. Discussion on legal risks of engineering consulting service contract in the whole process of construction project [J]. Legal System and Society, 2019(22): 44-45. DOI: 10.19387/j.cnki.1009-0592.2019.08.021.
- [13] 罗仲达, 谢春光, 杨学华. 建设项目全过程工程咨询招标行为的法律风险探讨[J]. 法制与经济, 2019(9): 73-74, 84.
- LUO Zhongda, XIE Chunguang, YANG Xuehua. Discussion on the legal risk of consulting bidding behavior in the whole process of construction project [J]. Legal and Economy, 2019(9): 73-74, 84.
- [14] 梅建明, 张宽. PPP 项目风险合理分担影响因素的 ISM-MICMAC 研究[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2021, 41(1): 132-140. DOI: 10.19898/j.cnki.42-1704/C.2021.0115.
- MEI Jianming, ZHANG Kuan. ISM-MICMAC research on factors influencing reasonable risk sharing in PPP projects [J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Humanities and Social Sciences), 2021, 41(1): 132-140. DOI: 10.19898/j.cnki.42-1704/C.2021.0115.
- [15] YANG Y F, WANG H R, ZHANG Y Y, et al. Risk assessment of water resources and energy security based on the cloud model: a case study of China in 2020 [J]. Water, 2021, 13(13): 1823. DOI: 10.3390/W13131823.
- [16] 有维宝, 王建波, 刘芳梦, 等. 基于 GRA-TOPSIS 的城

- 市轨道交通PPP项目风险分担[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 35(3): 15-21, 27. DOI: 10.13579/j.cnki.2095-0985.2018.03.003.
- YOU Weibao, WANG Jianbo, LIU Fangmeng, et al. Risk sharing of urban rail transit PPP project based on GRA-TOPSIS [J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2018, 35(3): 15-21, 27. DOI: 10.13579/j.cnki.2095-0985.2018.03.003.
- [17] 王建波, 王政权, 张娜, 等. 基于灰色关联与D-S证据理论的城市地下综合管廊PPP项目风险分担[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(S2): 28-35.
- WANG Jianbo, WANG Zhengquan, ZHANG Na, et al. Risk sharing of urban underground utility tunnel PPP project based on grey correlation and D-S evidence theory[J]. Tunnel Construction, 2019, 39(S2): 28-35.
- [18] 杨毅, 李欣, 张雷, 等. 基于群体可拓的高速公路BOT项目社会资本联合体成员选择研究[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2020, 17(3): 62-70.
- YANG Yi, LI Xin, ZHANG Lei, et al. Study on member selection for social capital consortium of expressway BOT project based on the group-extensible model[J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science), 2020, 17(3): 62-70.

Research on risk sharing within the whole process engineering consulting consortium

LI Mingshun, HE Ming

(School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China)

Abstract: [Purposes] Effectively share risks, reduce the shirking of responsibilities, and promote the smooth cooperation of the whole-process engineering consulting consortium. [Methods] This paper establishes a list of risk factors and an index system of risk-sharing influencing factors from the perspective of the whole-process engineering consulting consortium. The subjective and objective weights of each index are calculated by using the improved analytic hierarchy process based on the cloud model and the entropy weight method, and the combination weights are obtained by using the linear weighting method. Subsequently, an internal risk-sharing model (GRA-TOPSIS) based on grey relational analysis (GRA) coupled technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS) is constructed to determine the risk-sharing results by ranking the comprehensive relative proximity. [Findings] The model constructed in this paper is used for a construction project in Changsha, and the most suitable risk-sharing party is selected by taking the engineering change risk as an example. The result is consistent with the actual project. Then, the solution determines a set of reasonable sharing or exclusive risk schemes, which achieves the rational sharing of internal risks within the consortium. [Conclusions] The GRA-TOPSIS model is suitable for the internal risk-sharing of the whole process engineering consulting consortium and has universality, which can provide a certain reference for the promotion of the internal risk-sharing of the consortium and the whole process engineering consulting service model.

Key words: whole process engineering consultation; consortium; risk sharing; combination weighting; GRA-TOPSIS model

Manuscript received: 2022-04-08; **revised:** 2022-05-11; **accepted:** 2022-05-29

Foundation item: Project (71771031) supported by the National Natural Science Foundation of China

Corresponding author: LI Mingshun (1970—) (0000-0002-6357-4584), male, associate professor, research interest: engineering project management. E-mail: lms5350@163.com

(责任编辑: 石月珍; 校对: 赵冰; 英文编辑: 刘至真)