

控制与决策

Control and Decision

考虑战略实现干扰和风险双层关联的项目组合风险应对策略选择模型

张旭, 白思俊, 王宗韩, 郭云涛

引用本文:

张旭, 白思俊, 王宗韩, 郭云涛. 考虑战略实现干扰和风险双层关联的项目组合风险应对策略选择模型[J]. *控制与决策*, 2023, 38(7): 1997–2008.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2021.2141>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析](#)

Conflict analysis of decision-makers' combinatorial behavior based on stability definitions

控制与决策. 2022, 37(7): 1894–1902 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.1804>

[基于一种新得分函数和累积前景理论的毕达哥拉斯模糊TOPSIS法](#)

Pythagorean fuzzy TOPSIS based on novel score function and cumulative prospect theory

控制与决策. 2022, 37(2): 483–492 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0926>

[基于累积前景理论的可变下标犹豫模糊语言多准则投资组合优化](#)

Multi-criteria portfolio optimization of variable subscripts hesitant fuzzy linguistic based on cumulative prospect theory

控制与决策. 2022, 37(9): 2389–2398 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2021.0145>

[基于密度峰值聚类理念的大群体应急模糊决策模型](#)

A large group emergency fuzzy decision-making method based on theory of clustering by fast search and find of density peaks

控制与决策. 2022, 37(12): 3307–3313 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2021.0503>

[大群体应急决策中考虑属性关联的偏好信息融合方法](#)

Preference information fusion method of large groups emergency decision-making based on attributes association

控制与决策. 2021, 36(10): 2537–2546 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0117>

考虑战略实现干扰和风险双层关联的项目组合风险 应对策略选择模型

张旭, 白思俊[†], 王宗韩, 郭云涛

(西北工业大学 管理学院, 西安 710072)

摘要: 项目组合受项目组合风险影响无法有效支撑企业战略实现, 企业需采取合适的风险应对策略以保证项目组合成功, 但目前缺少项目组合风险应对策略选择相关方法. 基于此, 首先结合信息熵和球形模糊集分析并测度风险对战略实现的干扰程度; 然后使用网页链接分析方法和决策实验与评价实验室方法对项目组合中双层风险间关联强度进行分析测度; 接着根据上述过程确定风险优先级, 引用组合心理账户和后悔理论建立以决策者综合效用值最大化的项目组合风险应对决策模型; 最后通过案例分析验证所提出方法的有效性和实用性. 结果表明: 1) 风险对战略实现干扰程度以及风险间关联关系对应对策略选择均有影响; 2) 不同应对预算下, 风险对战略实现干扰权重变化对应对决策的影响程度不同; 3) 较少关注风险对战略实现干扰的决策者, 倾向选择能更多应对关联较强风险的策略集; 更多注重风险对战略实现干扰的决策者, 倾向选择能更多应对项目组合层级风险的策略集.

关键词: 风险关联; 战略实现; 项目组合风险应对; 网页链接分析方法; 组合心理账户; 球形模糊集

中图分类号: C931.2

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2021.2141

引用格式: 张旭, 白思俊, 王宗韩, 等. 考虑战略实现干扰和风险双层关联的项目组合风险应对策略选择模型[J]. 控制与决策, 2023, 38(7): 1997-2008.

A portfolio risk response strategies selection model considering interference of strategy realization and two-level correlation of risks

ZHANG Xu, BAI Si-jun[†], WANG Zong-han, GUO Yun-tao

(School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Due to the influence of project portfolio risks, project portfolios can not effectively support the realization of enterprise strategies. Therefore, enterprises need to adopt appropriate risk response strategies to ensure the project portfolio success, but there are few methods to select project portfolio risk response strategies at present. Based on this, the paper firstly analyzes and measures the interference degree of risks to the implementation of strategies by combining the information entropy and the spherical fuzzy set (SFS). Secondly, the stochastic approach for link-structure analysis (SALSA) and the decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) are used to analyze and measure the correlation strength between the two-layer risks in a project portfolio. Then, according to the above process, the weights of risks are determined, and a decision model of project portfolio risk response is established based on the portfolio mental accounts and the regret theory. Finally, the effectiveness and practicability of the method are verified by a case study. The results show that 1) Both the risk interference to strategy realization and the correlation between risks have an impact on the selection of risk response strategies. 2) The influence of the change of risk to strategy realization interference weight on risk response decision is related to response budget. 3) The decision makers who pay less attention to the interference of risk on strategy realization tend to select the strategy set which can deal with the stronger correlated risks more; The decision makers who focus on the interference of risk to strategy realization tend to select the strategy set which can deal with the risks at the project portfolio level more.

Keywords: risk correlation; strategy realization; project portfolio risk response; SALSA; portfolio mental theory; SFS

收稿日期: 2021-12-10; 录用日期: 2022-04-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71971173); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(3102020JC02).

责任编辑: 唐万生.

[†]通讯作者. E-mail: baisj@nwpu.edu.cn.

*本文附带电子附录文件, 可登录本刊官网该文“资源附件”区自行下载阅览.

0 引言

项目组合已成为企业战略实施的有效管理形式。然而,发生在项目组合内的单项目、项目间以及组合层的不确定事件,即项目组合风险,会严重影响项目组合内单项目目标的完成,进而通过项目依赖关系干扰其他项目实施,从而造成项目组合的失败,这将成为企业实现战略带来巨大挑战。据统计,80%的组织未能成功实现组织的战略目标^[1],所以,企业急需选择合适的风险应对策略削弱上述影响。在实际管理中,90%的项目以多项目的形式进行管理^[2],但是,风险应对作为风险管理的重要组成部分^[3],相关理论或方法绝大部分仅针对单项目风险,支撑项目组合风险应对决策的非常少^[4]。然而,由于项目组合与战略关系密切以及组合内项目间相互依赖,项目组合风险与单项目风险相比,前者具有突出的战略属性,并且影响范围更为广泛、关联关系更为复杂,所以,单项目风险应对决策方法无法适用于项目组合风险应对决策。因此,深入研究项目组合风险应对策略选择方法以保障项目组合成功进而确保实现企业战略具有重要的理论和现实意义。

风险应对策略的选择对项目风险管理效果有着重要影响^[5],国内外诸多学者针对风险应对决策问题开展了研究。其中,对于单项目风险应对策略选择研究较多,例如,张尧等^[6]、关欣等^[7]在进行风险应对策略选择时考虑了风险间关联关系。Wu等^[8]在进行风险应对决策时考虑了工序间关联关系。Wang等^[9]提出了改进的模拟退火算法以解决单项目风险应对决策问题。随着规模的扩大,企业可能同时管理多个项目,通过项目组合的形式支撑企业战略实现。然而,针对项目组合风险应对决策的研究非常少^[4]。截至目前,Ahmadi-Javid等^[4]和Mokhtari等^[10]在考虑风险间、风险与项目组合构成等作用关系的基础上构建了项目组合风险应对决策模型。白礼彪等^[11]使用系统动力学模型对公路工程项目组合风险应对决策进行了研究。上述学者虽然为项目组合风险决策研究奠定了良好基础,但忽略了项目组合与战略实现的紧密联系^[12-13],无法保证项目组合能够有效支撑企业战略实现。其次,上述研究虽然考虑了风险间的关联关系,但没有考虑项目组合风险的层级性^[14]。即使针对项目组合风险分析的相关研究^[15-18],也多注重项目间依赖关系或风险关联关系,往往忽略分析或测度项目组合风险层级的关联关系,这可能使得项目组合风险的实际危害程度出现偏差,影响应对决策的实施效果。另外,由于风险应对预算通常是有限的,决策者

需要根据风险的优先级进行风险应对决策^[16]。本文从项目组合风险对战略实现干扰和项目组合风险层级内及层级间关联强度两方面确定风险优先级。

此外,风险应对策略选择是决策问题,决策者的心理行为也会对选择结果产生影响。例如,张尧等^[6,19]考虑了决策者的风险态度对选择结果的影响。Song等^[20]在建立云模型时考虑了决策者的心理行为。姜艳萍等^[21]在应急方案选择的过程中考虑了决策者的失望和后悔行为。但是,决策者在做决策时并非仅考虑决策结果所带来的效用,也会考虑为获得此结果所付出的代价。这是一种综合的效用,所以,本文援引组合心理账户和后悔理论来测度所选风险应对策略带给决策者的综合效用。

基于此,本文在已有研究的基础上,提出考虑战略实现干扰和风险双层关联的项目组合风险应对策略选择模型。首先,分析项目组合风险对战略实现的干扰程度,并使用信息熵和球形模糊集(spherical fuzzy sets, SFS)进行测度;然后,分析项目组合中风险构成并使用网页链接分析方法(stochastic approach for link-structure analysis, SALSA)和决策试验与评价实验室方法(the decision-making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)测度风险间的关联关系;接着,通过风险对战略实现的干扰和关联程度确定风险优先级,并援引组合心理账户和后悔理论建立以决策者综合效用最大化为目标的风险应对决策模型;最后,通过案例验证所提出方法的有效性和实用性,分析项目组合风险对战略实现干扰和双层关联对风险应对决策的影响,得出相关研究结论。

1 风险对战略实现干扰的分析与测度

由于组合风险应对策略预算有限,决策者需要根据风险的优先级分配有限的预算。项目组合实施的目的是实现企业既定的战略目标,项目组合风险具有突出的战略属性,因此,风险对战略目标实现的影响是确定风险优先级的重要因素之一,此部分将分析并测度项目组合风险对战略实现的干扰。然而,现有研究较少有测度风险对战略实现干扰的相关指标,为便于后续分析,首先给出如下定义。

定义1 风险对战略实现干扰是指项目组合中风险造成损失的不确定导致该风险所影响的某个(多个)项目实施情况不确定,从而对这个(些)项目所支撑的战略目标的顺利实现产生影响。

1.1 风险对战略实现干扰分析

项目组合风险管理与单项目风险管理的目标不同。单项目目标一般考虑工期、质量和成本,较为具

体;项目组合的目标更多聚焦于企业战略,相对宏观.项目组合成功是企业战略顺利实现的有力支撑,而项目组合内单项目的成功是项目组合成功的必要条件^[22].因此,如果项目组合内单项目得不到顺利的实施,项目组合所支撑的战略实施则会受到干扰.项目对战略实现贡献程度越大,战略受干扰程度越强.

此外,风险源于不确定性,所以风险可能造成的损失也是不确定的.即使以期望损失测量风险危害程度,也会因期望损失的离散化而导致实际损失与期望损失存在偏差.这种不确定性增加了各项目实施进展的不确定,从而影响各项目对战略目标的实际贡献度,进而对战略实现形成干扰.例如,R&D项目组合中的某一战略目标是技术领先于竞争对手,其中项目 P_a 中存在技术风险 j ,由于风险 j 发生概率和造成的损失是不确定的,导致项目 P_a 的技术成功研制受到影响.如果项目 P_a 对该战略目标贡献程度较大,则风险 j 对该战略目标实现干扰较大,反之较小.风险 j 的不确定性不仅影响项目 P_a 的进展,也干扰了战略目标的实现.因此,项目组合风险管理不应仅聚焦于项目组合内各单项目目标的实现,还应考虑风险对战略实现的干扰.

从整体上看,项目组合管理作为企业实现战略目标的有效管理方法,其成功率越高战略实现的可能性越大,成功率越低战略实现的可能性越小.所以,项目组合风险管理作为保障项目组合成功的有效管理手段同样不能忽略风险对战略实现的干扰.

1.2 风险对战略实现干扰测度

项目组合风险之所以对战略实现存在干扰是因为风险的期望损失是不确定的,这将造成决策者在选择风险应对策略时决策信息是不确定的,信息熵作为描述信息不确定性的有效工具可以测度风险损失的不确定性.此外,项目组合中各项目对战略目标的贡献程度较难量化^[23-24],而且实际管理决策环境多为模糊且复杂的^[25-26],因此球形模糊集(spherical fuzzy sets, SFS)可作为测度项目组合中各项目对战略目标贡献程度的有效方法.一方面,SFS可以通过语言评价解决决策环境模糊且复杂的问题,且其犹豫度与隶属度和非隶属度是相互独立的,这较直觉模糊集等方法更加贴近决策实际^[27].另一方面,SFS可使用球形算数平均权重(spherical weighted arithmetic mean, SWAM)科学整合不同专家评价结果,提高了决策的可靠性和便捷性^[28].综上,本文采用信息熵和SFS来测度风险对战略实现干扰程度,具体步骤如下.

step 1: 邀请相关专家对风险 j 可能造成的损失

给出区间 $(\mu_j^-, \mu_j^0, \mu_j^+)$, $\mu_j^- < \mu_j^0 < \mu_j^+$.其中: μ_j^- 为风险 j 造成最小损失的下限,即隶属度为0; μ_j^0 为风险 j 最可能造成的风险损失,即隶属度为1,代表参评专家的偏好损失; μ_j^+ 为风险 j 造成最大损失的上限,即隶属度为0.三者关系如图1所示.

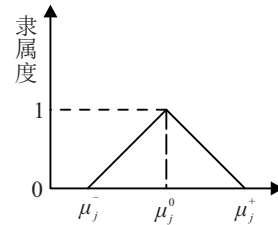


图1 风险可能造成损失评分

step 2: 使用信息熵函数计算风险 j 损失值的不确定性,有

$$S(j) = - \sum_{l_j^- = \mu_j^- + \Delta}^{\mu_j^0} \frac{l_j^- - \mu_j^-}{\mu_j^0 - \mu_j^-} \ln \left(\frac{l_j^- - \mu_j^-}{\mu_j^0 - \mu_j^-} \right) - \sum_{l_j^+ = \mu_j^0 + \Delta}^{\mu_j^+} \frac{l_j^+ - \mu_j^0}{\mu_j^+ - \mu_j^0} \ln \left(\frac{l_j^+ - \mu_j^0}{\mu_j^+ - \mu_j^0} \right). \quad (1)$$

其中: $S(j)$ 为风险 j 造成损失的不确定程度; Δ 为计算区间所取间隔值,通常取1.

式(1)仅考虑到了风险 j 造成项目损失的不确定性,仍不能与战略产生较好的联系.根据定义1可知,项目组合内项目可作为连接项目组合风险与战略的枢纽,因此本文通过项目对战略的贡献权重测度风险对战略实现的干扰程度.但是,一方面,尽管两个风险的不确定性大小相近,也可能因风险所属项目对战略贡献权重不同(风险若为项目组合层级风险,则权重值为1),使得两个风险对战略实现干扰程度形成差异.例如,项目 P_a 和项目 P_b 的战略贡献权重分别为0.3和0.7,风险 j 和风险 j' 分别属于两项目,且损失评估值分别为(200, 220, 230)和(20, 40, 50).它们的损失不确定程度相近,但是由于所属项目的战略贡献权重不同,其对战略干扰程度是不同的.另一方面,从上例也可以看出,虽然风险 j 与风险 j' 的损失不确定程度相近,但其最可能造成的损失 μ_j^0 是不同的,即对于相同的风险损失不确定程度,前者是相对于最可能造成的损失220而言,而后者是相对于40而言.两个风险对于最可能造成损失 μ_j^0 的相对不确定程度是不同的,使得两个风险的损失不确定程度对战略实现干扰也不同.因此,风险 j 对战略实现干扰程度需要在考虑风险所属项目对战略贡献权重值的基础上,同时兼顾风险 j 造成损失的不确定性和专家提供的偏好损失,即使用风险损失的相对不确定性来测度风险对战略

略实现干扰程度,分别计算为

$$B^1(j) = \begin{cases} S(j) \times g_a, & \text{风险 } j \text{ 属于项目 } a; \\ S(j), & \text{风险 } j \text{ 属于项目组合层级.} \end{cases} \quad (2)$$

$$B^2(j) = \begin{cases} \mu_j^0 \times g_a, & \text{风险 } j \text{ 属于项目 } a; \\ \mu_j^0, & \text{风险 } j \text{ 属于项目组合层级.} \end{cases} \quad (3)$$

$$B(j) = \frac{B^1(j)}{\sum_{j=1}^Q B^1(j)} + \frac{B^2(j)}{\sum_{j=1}^Q B^2(j)}. \quad (4)$$

其中: $B^1(j)$ 为风险 j 损失的不确定性对战略实现干扰程度, $B^2(j)$ 为风险 j 的专家偏好损失对战略实现干扰程度, $B(j)$ 为风险 j 对战略实现干扰程度, g_a 为项目 P_a 战略贡献权重值.

假设企业既定的战略目标集为 $SC = \{SC_1, SC_2, \dots, SC_S\}$, S 为战略目标个数, SC_s 为第 s 个战略目标, $s = (1, 2, \dots, S)$. 使用SFS对项目的战略贡献权重值进行评定,具体过程如下.

step 1: 邀请 M 名专家开展评定工作. 如表1所示, 专家 m 针对项目 P_a 对于战略目标 SC_s 的贡献度进行打分, 记为 $\tilde{D}_{ma}^{SC_s}$. 其中: μ 为隶属度, ν 为非隶属度, π 为犹豫度.

表1 语言评价集和球形模糊数

评分标准	表示符	(μ, ν, π)
贡献度极高	AH	(0.9, 0.1, 0.1)
贡献度非常高	VH	(0.8, 0.2, 0.2)
贡献度相当高	FH	(0.7, 0.3, 0.3)
贡献度较高	SH	(0.6, 0.4, 0.4)
贡献度一般	E	(0.5, 0.5, 0.5)
贡献度较低	SL	(0.4, 0.6, 0.4)
贡献度相当低	FL	(0.3, 0.7, 0.3)
贡献度非常低	VL	(0.2, 0.8, 0.2)
贡献度极低	AL	(0.1, 0.9, 0.1)

由于有多名专家进行打分, 需将不同专家的打分结果进行整合. 本文利用球形算数平均权重 (spherical weighted arithmetic mean, SWAM)^[27] 确定整合后的专家评价结果 $\tilde{D}_a^{SC_s}$, 计算为

$$\begin{aligned} & SWAM_f(\tilde{D}_{1a}^{SC_s}, \tilde{D}_{2a}^{SC_s}, \dots, \tilde{D}_{Ma}^{SC_s}) = \\ & f_1 \tilde{D}_{1a}^{SC_s} + f_2 \tilde{D}_{2a}^{SC_s} + \dots + f_M \tilde{D}_{Ma}^{SC_s} = \\ & \left\{ \left[1 - \prod_{m=1}^M (1 - \mu_{\tilde{D}_{ma}^{SC_s}}^2)^{f_m} \right]^{\frac{1}{2}}, \prod_{m=1}^M \nu_{\tilde{D}_{ma}^{SC_s}}^{f_m}, \right. \\ & \left. \left[\prod_{m=1}^M (1 - \mu_{\tilde{D}_{ma}^{SC_s}}^2)^{f_m} - \prod_{m=1}^M (1 - \mu_{\tilde{D}_{ma}^{SC_s}}^2 - \pi_{\tilde{D}_{ma}^{SC_s}}^2)^{f_m} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}, \quad (5) \end{aligned}$$

其中 $f_m (m = 1, 2, \dots, M)$ 为专家 m 打分结果所占权重, 通常根据其工作经验确定.

step 2: 将 $\tilde{D}_a^{SC_s}$ 转化为项目 P_a 对战略目标 SC_s 的原始贡献值, 有

$$\begin{aligned} & \text{Score}(\tilde{D}_a^{SC_s}) = \\ & (\mu_{\tilde{D}_a^{SC_s}} - \pi_{\tilde{D}_a^{SC_s}})^2 - (\nu_{\tilde{D}_a^{SC_s}} - \pi_{\tilde{D}_a^{SC_s}})^2. \quad (6) \end{aligned}$$

利用式(6)进行计算可知, 原始贡献值的最小值为 -0.64 , 最大值为 0.64 . 因为负数形式不利于后续计算, 需将原始贡献值转化为非负形式, 由下式计算得到:

$$\begin{aligned} & \text{Score}'(\tilde{D}_a^{SC_s}) = (\text{Score}(\tilde{D}_a^{SC_s}) + 0.64) \times 6.25, \\ & 0 \leq \text{Score}'(\tilde{D}_a^{SC_s}) \leq 8. \quad (7) \end{aligned}$$

为保证调整后贡献值非负且与原始贡献值相匹配, 本文根据表1中评价数量, 对原始贡献值区间进行调整, 设定最小值为0, 最大值为8. 因为原始贡献值区间长度为1.28, 调整后的区间长度为8, 所以调整后贡献值区间长度是原始区间长度的6.25倍.

step 3: 项目 P_a 对战略目标的总贡献度 g'_a 计算为

$$g'_a = \sum_{s=1}^S WSC_s \times \text{Score}'(\tilde{D}_a^{SC_s}). \quad (8)$$

其中: WSC_s 为第 s 个战略目标的权重值, 可利用AHP等方法确定, 此处不再赘述.

step 4: 项目 P_a 对战略贡献权重值 g_a 计算为

$$g_a = \frac{g'_a}{n}, \quad (9)$$

$$\sum_{a=1}^n g'_a$$

其中 n 为项目数量.

2 项目组合风险关联的分析与测度

风险间具有一定的关联关系, 一个风险的变动可通过关联关系影响到其他风险, 因此风险关联也是确定风险优先级的重要因素之一. 然而, 由于项目间依赖关系的存在, 使得项目组合风险构成及关联关系更为复杂. 本部分将分析项目组合风险的构成及关联关系, 并提出测度方法.

2.1 项目组合风险分类及关联关系

单项目风险与项目组合风险有较大不同. 虽然项目组合包含多个单项目, 但是项目组合风险不是各个单项目风险的线性累加. 项目组合作为一个开放系统, 其由各单项目组成的子系统构成, 由于系统的涌现性, 项目组合风险不仅包含各单项目的风险, 也会出现影响多数项目的风险. 例如, 当仅有一个项目时, 因为仅有一个项目消耗资源, 所以管理者不存在资源分配不均的风险; 但是, 当两个项目进行统一管理时, 项目间可能会出现资源冲突, 管理者便会面临资源分配不均的风险. 由于影响范围不同, 资源分配

不均风险所处的层级明显与单项目内存在的风险层级不同,项目组合风险具有多层次特点^[14].据此,本文将项目组合风险按照风险所属层级不同分为两类,一类是项目层级风险,即风险存在于单项目中,可能不同项目间会存在相似的风险;另一类是项目组合层级风险,即由系统的涌现性所产生的风险.项目组合层级风险通常会对项目组合内多个项目产生消极或积极的影响.

项目风险关联是指项目风险间的相互作用^[6,29],即一个风险的发生会增加或降低其他风险发生的概率或损失^[30].在单项目中,风险关联主要体现在项目中风险之间的关联.但在项目组合中由于项目间存在依赖关系^[15],使得项目间的风险可通过项目依赖关系产生关联,同样,项目组合层级风险也会通过项目间的依赖关系与多个项目内风险产生关联.因此,本文将项目组合风险关联分为两类,一类是层级内风险关联,另一类是层级间风险关联.

层级内风险关联包括项目内风险关联、项目间风险关联和项目组合层级内风险关联,项目内风险、项目组合层级内风险关联与单项目风险关联相似.例如,风险 R_{a1} 的发生会对风险 R_{a2} 产生影响,则认为两者存在关联,记为 $R_{a1} \rightarrow R_{a2}$,如图2(a)和(b)所示.

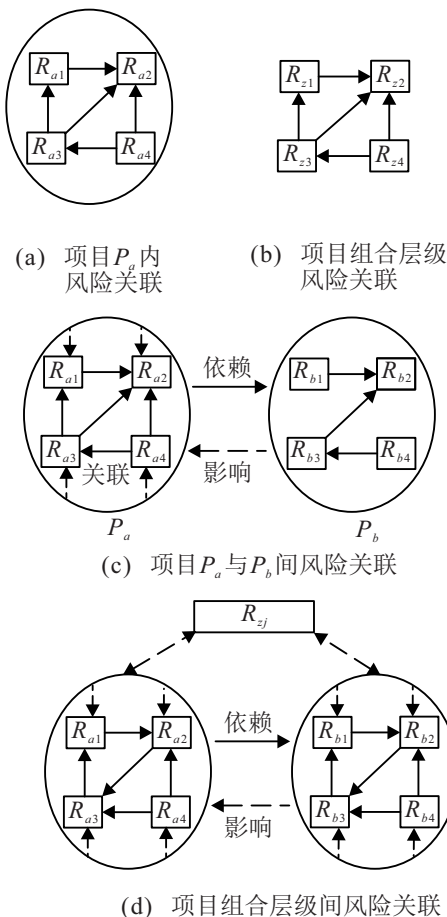


图2 项目组合风险关联

项目间风险关联即项目间风险因项目间依赖关系而存在的关于期望损失的相互影响,如图2(c)所示.例如, P_a 与 P_b 之间存在资源依赖关系,即 P_a 依赖于 P_b , P_b 的实施情况会影响 P_a .若项目 P_b 受到项目内风险 R_{b1} 的影响导致工期延误,则与之存在资源依赖的项目 P_a 会因 P_b 工期的延误导致 P_a 资源无法满足要求而使得 P_a 中工期类、资源类风险 R_{a1} 和 R_{a2} 等期望损失增加.

层级间风险关联指项目层级风险和项目组合层级风险间存在的期望损失的相互影响,如图2(d)所示.例如,项目组合层级风险 R_{zj} 可能导致项目 P_a 和 P_b 的工期延误和成本的提高,使得两个项目内工期和成本类风险造成的损失增加.反之,项目 P_a 因项目内某风险的发生导致成本的提高,可能造成项目 P_a 与 P_b 间的资源发生冲突,从而造成项目组合层级中资源类相关风险发生的概率增大.

2.2 项目组合风险双层关联测度

风险间关联关系、项目间依赖关系及项目组合风险层级性使得项目组合风险间形成高度复杂的关联网络.在该网络中,一个风险的发生可能对其他风险产生影响,如2.1节所述.一方面,如果一个风险发生影响的风险越多,则表明该风险发生后造成的损失、范围越大,从而使得优先级提高.另一方面,当一个风险受其他风险影响越大,则表明该风险因其他风险发生,其发生概率或预估损失大幅增加,从而优先级提高.所以,一个风险影响其他风险的程度以及其被其他风险影响的程度都是确定风险优先级的重要依据,同时这也大大增加了确定项目组合风险优先级的难度.网页链接分析方法(stochastic approach for link structure analysis, SALSa)首先根据网页的指向关系,将其分为两种不同的节点类型,一类是Hub节点,即该网页指向其他网页,另一类是Authority节点,即该网页被其他网页指向;然后利用随机游走理论确定网页在两类节点上的分数,即Hub分数和Authority分数;最后综合两类节点分数确定网页的重要程度^[31].通过对比SALSa方法和项目组合风险关联网络,本文将项目组合风险比作网页,将关联于其他项目风险归类为Hub节点,将被其他风险关联的风险归类为Authority节点,然后使用SALSa方法计算风险两类型节点得分,从而较为便捷地确定项目组合风险关于关联关系的优先级.但是,由于项目组合风险间关联强度受项目间依赖强度的影响,而SALSa方法不能体现项目间的依赖关系,为弥补此缺点,本文使用决策试验和评价

实验室方法(the decision making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)分析项目间依赖关系强度. 该方法不仅可以考虑项目间的直接依赖关系, 而且考虑了项目间的间接依赖, 从而得到项目间的总依赖强度. 综上, 本文采用SALSA-DEMATEL方法测度项目组合风险关联强度, 具体计算过程如下.

假设风险集 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_Q\}$ 共有 Q 个风险, 邀请专家根据项目特点和工作经验确定风险间关联关系, 并用无向图 $G(V_q, V_p, E)$ 表示, 有

$$\begin{cases} \bar{V}_q = \{r_q | r_q \in \bar{v}, O(r_q) > 0\}, \\ \bar{V}_p = \{r_p | r_p \in \bar{v}, I(r_p) > 0\}, \\ \bar{E} = \{(r_q, r_p) | r_q \rightarrow r_p\}. \end{cases} \quad (10)$$

其中: r_q 为关联于其他风险的风险节点, 即 Hub 节点; r_p 为被关联的风险节点, 即 Authority 节点; $r_q \rightarrow r_p$ 为风险间的关联关系; \bar{V}_q 为关联于其他风险节点集合; \bar{V}_p 为被关联风险节点集合; 出度 O 为一个风险关联于其他风险的数量; 入度 I 为风险被其他风险关联的数量; 如果同一风险的 O 和 I 均大于 0, 则表明此风险同时属于集合 \bar{V}_q 和 \bar{V}_p ; \bar{E} 为风险之间的关联边.

由第 2.1 节可知, 不同风险之间的关联关系是存在差异的, 所以各类风险之间关联强度计算方法不同, 具体如下.

项目内风险 R_q 与 R_p 间关联强度 D_{qp}^1 和项目组合层级风险关联强度 D_{qp}^4 由专家打分获取, 打分区间为 0~10 分, 关联强度随分数增加而加强.

由于项目间风险的关联源于项目间的依赖关系, 项目间风险关联强度的确定需要考虑项目间依赖关系, 有

$$D_{a_q b_p}^2 = D_{a_q b_p} \times \text{ID}_{ab}. \quad (11)$$

其中: $D_{a_q b_p}$ 为不考虑项目间依赖强度时项目 P_a 中风险 R_q 与项目 P_b 中风险 R_p 间的关联强度, 由专家打分获取; ID_{ab} 为项目 P_b 对 P_a 的综合依赖强度, 即考虑直接依赖强度和间接依赖强度; $D_{a_q b_p}^2$ 为项目 P_a 中风险 R_q 与项目 P_b 中风险 R_p 间的关联强度.

由于层级间风险关联与项目的依赖强度权重值有关, 层级间风险关联强度可计算为

$$D_{a_q z_j}^3 = D_{a_q z_j} \times \omega_a. \quad (12)$$

其中: $D_{a_q z_j}$ 为不考虑项目重要程度时项目 P_a 中风险 R_q 与项目组合层级风险 R_{z_j} 的关联强度, 由专家打分获取; ω_a 为项目 P_a 在项目组合中的依赖权重值即依据依赖关系所确定的权重; $D_{a_q z_j}^3$ 为项目 P_a 中风险 R_q 与项目组合层级风险 R_j 的关联强度.

ID_{ab} 和 ω_a 可使用 DEMATEL 方法进行计算, 具

体方法如下.

将项目间的依赖关系定义为 4 类, 分别是经验依赖^[15]、技术依赖^[15]、收益依赖^[32] 和资源依赖^[15,32]. 相关专家通过专业知识判断项目间的依赖关系, 并由项目间的依赖类型数量确定项目间的依赖强度, 数量越多, 依赖强度越强, 从而形成项目间直接依赖矩阵 $X'_{n \times n}$, n 为项目数量. 正规化后的影响矩阵 $X_{n \times n}$ 为

$$X_{n \times n} = \frac{X'_{n \times n}}{C}, \quad (13)$$

其中 C 为矩阵 $X'_{n \times n}$ 中各行元素和的最大值.

综合依赖矩阵 P 可计算为

$$P = X(1 - X)^{-1} = (p_{ab}) = \text{ID}_{ab}. \quad (14)$$

根据项目间综合依赖程度确定项目的依赖权重值, 有

$$\omega_a = P_a^c + P_a^r. \quad (15)$$

其中: ω_a 为项目 P_a 的依赖权重值; P_a^c 为依赖矩阵 P 中项目 P_a 所在列的数值之和; P_a^r 为依赖矩阵 P 中项目 P_a 所在行的数值之和.

由上述可知, 定义 Q_1 、 Q_2 分别为 \bar{V}_q 和 \bar{V}_p 的节点数量, 可以得到无向图 G 中的链接矩阵 $\bar{W} \in R^{Q_1 \times Q_2}$, 其中 $\bar{W}(q, p)$ 的值为相应类别风险关联强度值. 由于 SALSA 方法中 \bar{W} 由用户浏览网页的顺序不断更新最终形成, 此处 \bar{W} 可看作由多次风险链接测度所形成的链接矩阵. 因此, 项目组合风险的 Hub 值向量和 Authority 值向量可计算为

$$\begin{cases} (\pi_q^{(k+1)})^T = (\pi_q^{(k)})^T H, \\ (\pi_p^{(k+1)})^T = (\pi_p^{(k)})^T A. \end{cases} \quad (16)$$

其中: $\pi_q^{(k)} \in R^{Q_1 \times 1}$ ($q \in \bar{V}_q$) 为第 k 次计算时 Hub 值向量; $\pi_p^{(k)} \in R^{Q_2 \times 1}$ ($p \in \bar{V}_p$) 为第 k 次计算时 Authority 值向量; $H \in R^{Q_1 \times Q_1}$ 为 Hub 矩阵; $A \in R^{Q_2 \times Q_2}$ 为 Authority 矩阵. 重复式 (16), 直至满足收敛条件 $\epsilon > |\pi_q^{(k+1)} - \pi_q^{(k)}|$, $\epsilon > |\pi_p^{(k+1)} - \pi_p^{(k)}|$, ϵ 为最大误差量, 有

$$\begin{cases} H = \bar{W}_r \bar{W}_c^T, \\ A = \bar{W}_c^T \bar{W}_r, \end{cases} \quad (17)$$

其中 \bar{W}_r 和 \bar{W}_c 分别为 \bar{W} 的行归一化矩阵和列归一化矩阵.

综上, 因为每个风险都会存在一个 π_q 和 π_p 值, 所以风险总关联程度可计算为

$$\pi(j) = \frac{\pi_q(j) + \pi_p(j)}{2}, \quad (18)$$

其中 $\pi(j)$ 为风险 R_j 的总关联程度.

3 项目组合风险应对策略选择优化模型

决策者在有限预算的约束下, 需根据风险的重要程度进行资金的合理分配, 以达到最大的应对效用

值. 本文结合第1节和第2节关于风险对战略实现干扰和项目组合风险双层关联的测度值, 计算项目组合风险优先级即权重, 并建立项目组合风险应对策略选择优化模型.

3.1 模型构建

假设项目组合共有 n 个项目, 项目 P_a 拥有 e_a 个风险, 项目组合层级风险有 z 个, 从而项目组合的风险集 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_Q\}$, $Q = \sum_{a=1}^n e_a + z$, 其中 R_j 为第 j 个风险, $j = 1, 2, \dots, Q$. 风险应对策略集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_I\}$, 其中 A_i 为第 i 个风险应对策略, $i = 1, 2, \dots, I$. 建立项目组合风险应对策略选择模型如下:

$$\max Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^Q W_j (U_1(x_{ij}) + U_2(x_{ij}) + U_3(x_{ij})). \quad (19)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^I \max_j (x_{ij} \times c_i) \leq B; \quad (20)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}; \quad (21)$$

$$i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, Q, a = 1, 2, \dots, n.$$

模型中: 式(19)为目标函数即决策者效用最大值, W_j 为风险 j 的权重, $U_1(x_{ij})$ 为策略 A_i 应对风险 R_j 时带给决策者的效用值, $U_2(x_{ij})$ 为策略 A_i 应对风险 R_j 时带给决策者关于效用的后悔值, $U_3(x_{ij})$ 为策略 A_i 应对风险 R_j 时带给决策者关于成本的后悔值; 式(20)为风险应对策略约束条件, c_i 为策略 A_i 的应对成本, B 为项目组合准备的应对风险的最大预算值, \max 函数保证 A_i 的应对成本仅被计算一次; 式(21)中 x_{ij} 为0-1变量, 当值为1时, 选择策略 A_i 应对风险 R_j , 当值为0时, 不选择策略 A_i 应对风险 R_j . 下面对效用函数和权重函数进行详细介绍.

3.2 权重函数

在项目组合风险策略选择过程中, W_j 表现了风险 j 的重要程度. 在风险对战略实现干扰 $B(j)$ 测度中, 考虑了专家对风险损失偏好信息, 即风险最有可能造成的损失. 因此, 风险 j 的重要程度主要由两部分组成, 分别是风险 j 的总关联程度 $\pi(j)$ 和风险 j 对战略实现干扰程度 $B(j)$, 由于单位不同, 需将其进行归一化. W_j 可计算为

$$W_j = \eta_1 \frac{B(j)}{\sum_{j=1}^Q B(j)} + \eta_2 \frac{\pi(j)}{\sum_{j=1}^Q \pi(j)}, \quad (22)$$

其中 η_1 和 η_2 为决策者确定的战略实现干扰和风险关联强度所占比重, 即对两者的关注程度, 且满足 $\eta_1 +$

$$\eta_2 = 1.$$

3.3 效用函数

风险应对策略选择是决策问题, 决策者在进行决策时是有限理性的, 即受心理行为影响^[21]. 因为风险应对预算通常是有限的, 所以决策者在进行决策时会存在组合心理账户现象^[33], 即在决策过程中形成多个心理账户, 通过平衡不同心理账户的效用值从而做出最后的决策. 据此, 本文假设当选定策略 A_i 应对风险 R_j 时, 其会给决策者带来以下效用:

1) 策略 A_i 的实施效果带给决策者的效用, 记为 $U_1(x_{ij})$, 归类到心理账户 MA_1 . 风险应对策略的实施效果因决策者风险偏好不同, 带给决策者的效用值也不同, 考虑到决策者通常是风险规避的^[6], 可求得

$$U_1(x_{ij}) = (g_{ij} \times x_{ij})^\alpha. \quad (23)$$

其中: g_{ij} 为策略 A_i 应对风险 R_j 所能带来的效果; α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 为决策者的风险态度, 其值越小表明决策者越趋向于风险规避^[21].

由于资源受限, 决策者往往会比较已选择结果与其他可能结果的偏差, 从而形成欣喜或后悔的心理. 本文引用 Laciana 等^[34] 提出的后悔-欣喜函数测度以下两类效用.

2) 决策者会因选定策略 A_i 而获得较其他策略更好或更差的效用而感到欣喜或后悔, 记为 $U_2(x_{ij})$, 归类到心理账户 MA_2 , 可计算为

$$U_2(x_{ij}) = 1 - e^{-\lambda_2(U_1(x_{ij}) - U_1^*(x_{tj}))}. \quad (24)$$

其中: λ_2 ($0 \leq \lambda_2 \leq 1$) 为决策者的后悔系数, λ_2 越小表明决策者越趋向于后悔规避^[21]; $U_1^*(x_{tj})$ 为选中应对风险 j 效果最好的策略 A_i 时, 其应对效果给决策者带来的效用.

3) 决策者会因选定策略 A_i 而付出较其他应对策略更低或更高的费用而感到欣喜或后悔, 记为 $U_3(x_{ij})$, 归类到心理账户 MA_3 , 可计算为

$$U_3(x_{ij}) = 1 - e^{-\lambda_3(c_i^\alpha - c_i^\alpha \times x_{ij})}. \quad (25)$$

其中: λ_3 ($0 \leq \lambda_3 \leq 1$) 为决策者的后悔系数, c_i^α 为实施策略 A_i 所付费用给决策者带来的效用, c_i^α 为实际选择策略 A_i 所付费用给决策者带来的效用.

在进行风险应对决策时, 决策者将平衡心理账户 MA_1 、 MA_2 和 MA_3 的综合效用, 从而组成一个组合心理账户进行决策, 如式(19)所示.

4 案例分析

4.1 问题描述

以某发动机制造企业的某项目组合作为具体案例, 该项目组合包含4种型号产品, 分别为项目 P_1 、

P_2 、 P_3 和 P_4 .考虑到可读性和篇幅限制,本文在保证不影响结果的前提下选择项目组合中各项目的
主要风险.该案例中,项目组合管理团队识别出了具体的
风险并提出了相应的风险应对策略,如表2和表3所

表2 风险损失值

风险	损失值	风险	损失值
R_{11}	(210, 250, 265)	R_{33}	(170, 200, 230)
R_{12}	(165, 180, 200)	R_{34}	(385, 400, 420)
R_{13}	(380, 400, 420)	R_{41}	(100, 120, 160)
R_{14}	(490, 510, 525)	R_{42}	(270, 300, 340)
R_{21}	(430, 445, 460)	R_{43}	(75, 80, 130)
R_{22}	(85, 100, 130)	R_{44}	(120, 140, 165)
R_{23}	(170, 220, 240)	R_{z1}	(380, 400, 430)
R_{24}	(260, 300, 345)	R_{z2}	(420, 450, 475)
R_{31}	(300, 320, 340)	R_{z3}	(375, 390, 410)
R_{32}	(135, 150, 170)	R_{z4}	(405, 420, 465)

示.其中:以 R_{aj} 表示项目 P_a 的第 j 个风险,以 R_{zk} 表示项目组合层级第 k 个风险,以 A_i 表示第 i 个风险应对策略.

首先,邀请3名专家完成项目组合风险应对策略选择工作.3名专家分别从事技术经济、项目组合管理和项目风险管理研究且年限达5年以上,具有丰富的经验和知识,能够作出全面、可靠的判断.依据工作经验及能力,3名专家权重分别为0.4、0.3、0.3.他们根据企业既定的5个战略目标:SC₁财务能力、SC₂客户满意度、SC₃组织成长、SC₄社会声誉和SC₅战略目标优势(权重值分别为0.275、0.037、0.393、0.201和0.093),利用式(5)~(9)确定项目 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 对各战略贡献权重值,分别为0.230、0.278、0.244和0.248,其中专家1打分情况如表4所示,其余专家打分结果相似,故省略.

表3 风险应对策略实施效果

应对策略/万元	可应对风险	应对效果/万元	应对策略/万元	可应对风险	应对效果/万元
$A_1/80$	R_{12}, R_{32}, R_{z2}	120, 60, 190	$A_{11}/160$	$R_{12}, R_{21}, R_{24}, R_{33}, R_{42}, R_{44}$	110, 290, 140, 30, 260, 50
$A_2/210$	R_{13}, R_{24}, R_{41}	200, 180, 30	$A_{12}/150$	R_{13}, R_{z2}	230, 140
$A_3/180$	R_{21}, R_{z2}	240, 40	$A_{13}/190$	R_{11}, R_{z4}	110, 260
$A_4/120$	R_{13}, R_{22}, R_{34}	190, 60, 210	$A_{14}/60$	R_{23}, R_{41}	90, 35
$A_5/120$	$R_{11}, R_{31}, R_{42}, R_{z1}$	110, 260, 250, 290	$A_{15}/180$	$R_{12}, R_{24}, R_{33}, R_{z3}$	170, 190, 160, 260
$A_6/180$	R_{14}, R_{23}, R_{z4}	280, 110, 310	$A_{16}/130$	R_{14}, R_{43}, R_{z3}	290, 15, 170
$A_7/160$	R_{33}, R_{z3}	90, 260	$A_{17}/90$	$R_{12}, R_{22}, R_{24}, R_{41}$	100, 43, 130, 50
$A_8/70$	$R_{13}, R_{23}, R_{43}, R_{44}$	170, 140, 23, 60	$A_{18}/150$	$R_{14}, R_{32}, R_{43}, R_{z1}, R_{z4}$	160, 48, 20, 300, 239
$A_9/140$	R_{11}, R_{31}, R_{z2}	130, 270, 130	$A_{19}/80$	R_{12}, R_{34}	100, 147
$A_{10}/50$	$R_{14}, R_{22}, R_{43}, R_{z4}$	170, 60, 13, 280	$A_{20}/60$	$R_{13}, R_{32}, R_{43}, R_{z2}$	160, 40, 10, 150

表4 专家1打分结果

	SC ₁	SC ₂	SC ₃	SC ₄	SC ₅
P_1	SH	FH	E	FL	VH
P_2	FH	E	VH	E	SH
P_3	E	VH	FH	VH	FH
P_4	SL	E	VH	VH	E

然后,根据式(1)~(4)计算各风险的损失不确定性和偏好损失,如表5所示.

随后,3名专家根据各项目情况对项目间依赖关系进行打分,分值为0、1、2、3、4,代表项目间依赖类型数量.对专家打分结果加权平均,并通过式(13)~(15)获得项目间依赖强度,如表6所示.

表5 风险对战略实现干扰

风险	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{21}	R_{22}	R_{23}	R_{24}	R_{31}	R_{32}
$B^1(j)$	4.832	1.954	2.53	2.53	2.362	2.36	7.23	5.837	2.684	2.073
$B^2(j)$	57.5	41.4	92	117.3	123.71	27.8	61.16	83.4	78.08	36.6
$B(j)$	0.072	0.036	0.061	0.07	0.071	0.035	0.099	0.093	0.057	0.036
风险	R_{33}	R_{34}	R_{41}	R_{42}	R_{43}	R_{44}	R_{z1}	R_{z2}	R_{z3}	R_{z4}
$B^1(j)$	3.904	2.073	2.726	3.967	0.858	2.727	10.994	16	8.494	8.488
$B^2(j)$	48.8	97.6	29.76	74.4	19.84	34.72	400	450	390	420
$B(j)$	0.059	0.058	0.04	0.07	0.016	0.042	0.265	0.337	0.235	0.246

表6 项目间依赖程度

	P_1	P_2	P_3	P_4
P_1	P_1	1.81	1.64	1.55
P_2	1.57	P_2	1.35	1.28
P_3	1.90	1.95	P_3	1.61
P_4	1.50	1.62	1.31	P_4

表7 风险关联程度

风险	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{21}	R_{22}	R_{23}	R_{24}	R_{31}	R_{32}	R_{33}	R_{34}	R_{41}	R_{42}	R_{43}	R_{44}	R_{z1}	R_{z2}	R_{z3}	R_{z4}
关联程度	0.954	1.024	1.041	0.901	1.003	1.116	1.053	0.940	1.074	0.957	0.962	0.943	1.056	0.926	1.147	0.973	1.011	0.873	1.003	1.040

4.2 结果分析

由于决策者通常倾向于风险规避和后悔规避,假设 $\alpha = 0.3, \lambda_2 = \lambda_3 = 0.3$, 并将第4.1节的相关数据代入所建立的数学模型进行求解. 为比较风险双层关联和战略实现干扰程度影响风险应对策略选择程度的大小, 即两者重要程度比较, 选取 η_1 的不同值, 并通过 Gurobi 软件计算决策者的效用值以及相应的风险应对方案, 具体如图3和表8所示.

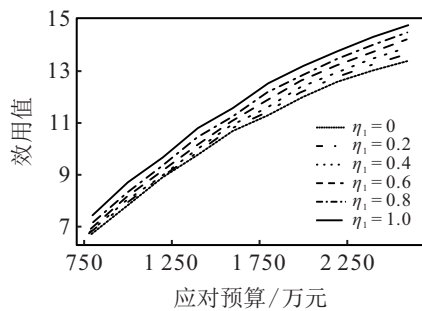


图3 不同预算及 η_1 取值情况下的决策效用值

由图3可见:

1) 随着应对预算的增加, 决策者的效用值不断提高, 但是效用值的增量不断降低. 因此决策者在增加风险应对预算时并不是越多越好, 有可能出现增加预算所带来的提升效果不能满足决策者的需求. 例如, 从1000万元的基础上增加200万元与2000万元的基础上增加200万元, 决策者效用值增量是不同的.

2) 随着风险对战略实现干扰受关注程度不断增加, 决策者效用值呈递增趋势. 当 $\eta_1 = 1$ 时, 决策者效用值最大, 表明考虑风险对战略实现干扰对项目组合风险应对策略选择是十分重要的. 此外, 在不同的风险应对预算下, 考虑风险对战略实现干扰对提高决策者效用值的效果是不同的, 应对预算较少时的效果差于预算较多时的效果.

由表8可见:

1) 从整体看, 应对风险预算值和风险对战略实现

3名专家对风险间的关联关系进行判定, 打分区间为 $[0, 10]$, 随着分数的增加风险间的关联作用增强. 根据式(11)和(12)最终得到链接矩阵 $\bar{W}_{(20 \times 20)}$, 限于篇幅, 不再赘述.

最后, 根据式(16)~(18)计算各风险的关联度, 设定 $\epsilon = 10^{-4}$, 初始 $\pi_q = \pi_p = [1, 1, \dots, 1]_{(1 \times 20)}$, 计算结果如表7所示.

干扰占比对风险应对策略的选择具有重要影响.

2) 当风险应对预算低于适中值1600万元时, 随着 η_1 增加, 风险应对策略选择结果波动较大; 当风险应对预算高于预算适中值时, 风险应对策略选择结果波动较小. 例如, 当预算小于等于1600万元时, 随着 η_1 的增加, 每类预算下风险应对决策结果平均发生3.4次变化; 当应对预算高于1600万元时, 随着 η_1 的增加, 每类预算下风险应对决策结果平均发生2.2次变化. 这表明在风险应对预算较少时, 决策者应注意风险对战略实现干扰的影响, 不同的关注程度可能对应着不同的结果. 在风险应对预算较为充足时, 由于对风险对战略实现干扰的关注程度对选择结果影响较小, 不同关注程度下的风险应对决策可能是相同的.

3) 当应对预算一定时, 随着 η_1 取值的增加, 无法应对或应对较少项目组合层级风险的风险应对策略逐渐被可以应对或应对较多项目组合层级风险的风险应对策略所取代. 例如, 当应对预算为1400万元时, 随着 η_1 由0增加到0.4, 策略 A_9 取代策略 A_{14} 和 A_{19} . 由表3和表7可知, 策略 A_{14} 和 A_{19} 不能应对项目组合层级风险, 而策略 A_9 则可以应对, 但是, 策略 A_9 所能应对的风险的关联强度(2.901)明显低于策略 A_{14} 和 A_{19} (4.076). 因此, 不太注重风险对战略干扰的决策者选择能有效应对关联较强的风险应对策略集, 而注重风险对战略实现干扰的决策者选择能有效应对项目组合层级风险即对战略实现干扰大的应对策略集.

4) 随着 η_1 取值的变化, 存在应对效果较差、成本较高但能更好降低风险对战略实现干扰的应对策略代替其他的应对策略的现象. 例如, 当预算为1200万元且 η_1 由0.4增加到0.6时, 策略 A_{14} 和 A_{19} 被策略 A_{12} 代替, 后者应对成本比前者高7%, 效果降低了1%, 但对战略实现干扰的应对效果后者比前者高49%. 这表明, 所选择的风险应对策略集受决策者心

表8 不同预算及 η_1 取值情况下所选方案

预算/万元	η_1 取值	所选方案
800	0/0.2/0.4	$A_1, A_5, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	0.6/0.8/1.0	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{16}, A_{18}, A_{20}$
1000	0	$A_1, A_4, A_5, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.2	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.4/0.6	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	0.8	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{14}, A_{15}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	1.0	$A_1, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{12}, A_{18}, A_{20}$
1200	0/0.2	$A_1, A_4, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.4	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.6/0.8	$A_1, A_5, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	1.0	$A_1, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{12}, A_{15}, A_{18}, A_{20}$
1400	0	$A_1, A_4, A_5, A_6, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{15}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.2/0.4	$A_1, A_4, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{15}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	0.6/0.8/1.0	$A_1, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{18}, A_{20}$
1600	0/0.2/0.4/0.6	$A_1, A_4, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	0.8	$A_1, A_5, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	1.0	$A_1, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{15}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
1800	0	$A_1, A_2, A_4, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
	0.2/0.4	$A_1, A_4, A_5, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.6/0.8/1.0	$A_1, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
2000	0/0.2/0.4/0.6/0.8	$A_1, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	1.0	$A_1, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
2200	0/0.2/0.4	$A_1, A_2, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.6/0.8	$A_1, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	1.0	$A_1, A_3, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{20}$
2400	0/0.2/0.4/0.6	$A_1, A_2, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
	0.8/1.0	$A_1, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$
2600	0~1.0	$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}$

理账户的影响,即风险对战略实现干扰的降低带来的欣喜值(MA₁)大于因效果的降低(MA₂)和成本增加(MA₃)所带来的后悔值。所以,决策者的决策结果是3个心理账户的组合值,而不是单一的只看某个心理账户的计算结果。

5 结论

项目组合风险管理为项目组合的成功提供了有力保障,而项目组合风险应对策略的选择很大程度上影响着项目组合风险管理的效果,所以本文对项目组合风险应对策略选择进行了研究。首先,论述了项目组合风险对战略实现存在干扰,并以风险损失为指标利用信息熵和SFS对其进行了测度;然后,对项目组合风险构成及关联关系进行分析,并利用SALSA-DEMATEL方法对关联关系进行量化;接着,通过风险对战略实现的干扰和关联强度确定风险优先级,并

结合组合心理账户理论和后悔理论,建立了项目组合风险应对策略选择优化模型;最后,通过案例分析验证了所提方法的有效性和可行性,并分析了战略实现干扰受到不同的关注程度和不同的应对预算对项目组合风险应对策略选择的影响,得到如下结论:

1) 随着应对预算的增加,决策者的效用值不断提高,但是提高的增量效果随着预算的增加而不断降低,所以决策者在增加应对预算时应综合考虑投入资金与产生效用增量之间的关系。

2) 随着风险对战略实现干扰受关注程度不断增加,决策者效用值不断提高,所以风险对战略实现的干扰会影响决策者的效用值以及策略选择结果。此外,提高风险对战略实现干扰的关注程度所带来的效用增量受应对预算值多少的影响,应对预算较少时的增量小于预算较多时的增量。

3) 应对预算值低于适中值时,风险对战略实现干扰关注程度的变化对应对策略选择结果影响较大;高于适中值时,对其关注度的变化对应对策略选择结果影响较小;较少关注风险对战略实现干扰的决策者一般会选择能有效应对关联较强的风险应对策略,而较多关注风险对战略实现干扰的决策者往往会选择能有效应对项目组合层级风险即对战略实现干扰大的应对策略集。

4) 决策者在进行风险应对策略选择时存在组合心理账户。风险对战略实现干扰的降低所带来的欣喜值(MA_1)大于因效果的降低(MA_2)和成本增加(MA_3)所带来的后悔值,因此出现了选择风险应对效果较差成本略高但是决策者效用增加的现象。

本文将SALSA与DEMATEL方法进行了有机结合,并利用信息熵和SFS通过数学建模对项目组合风险应对策略选择进行了研究。与以往研究相比,考虑了风险对战略实现的干扰,项目组合风险层间和层内的关联作用,以及决策者组合心理账户对项目组合风险应对策略选择的影响,所得结论可为相关学术研究以及实际决策提供参考。在未来的研究中,应注重多项目风险与单项目风险的不同,例如可着重研究项目组合风险对战略目标实现的影响;其次,在进行优化建模时可以考虑项目组合平衡等其他因素来进行风险应对策略选择,也可通过大数据手段探讨 η_1 和 η_2 的最优组合值。

参考文献(References)

- [1] Bai L B, Sun Y C, Shi H J, et al. Dynamic assessment modelling for project portfolio benefits[J]. Journal of the Operational Research Society, 2021: 1-24.
- [2] 彭武良, 陈良威, 马雪丽. 分散式项目群调度的双目标优化方法研究[J]. 管理工程学报, 2021, 35(5): 131-140.
(Peng W L, Chen L W, Ma X L. Research on the double-objective optimization for decentralized project group scheduling[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2021, 35(5): 131-140.)
- [3] Fan Z P, Li Y H, Zhang Y. Generating project risk response strategies based on CBR: A case study[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(6): 2870-2883.
- [4] Ahmadi-Javid A, Fatemina S H, Gemünden H G. A method for risk response planning in project portfolio management[J]. Project Management Journal, 2020, 51(1): 77-95.
- [5] Vidal L A, Marle F. A systems thinking approach for project vulnerability management[J]. Kybernetes, 2012, 41(1/2): 206-228.
- [6] 张尧, 孙梦阳, 关欣. 考虑风险总关联的项目风险应对策略选择方法[J]. 中国管理科学, 2020, 28(1): 32-44.
(Zhang Y, Sun M Y, Guan X. Method of selecting project risk response strategies considering total risk interdependence[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28(1): 32-44.)
- [7] 关欣, 张尧, 金小丹. 考虑风险关联的项目风险应对策略选择方法[J]. 控制与决策, 2017, 32(8): 1465-1474.
(Guan X, Zhang Y, Jin X D. Method of selecting project risk response strategies considering risk interdependence[J]. Control and Decision, 2017, 32(8): 1465-1474.)
- [8] Wu D S, Li J P, Xia T S, et al. A multiobjective optimization method considering process risk correlation for project risk response planning[J]. Information Sciences, 2018, 467: 282-295.
- [9] Wang L, Goh M, Ding R G, et al. Improved simulated annealing based risk interaction network model for project risk response decisions[J]. Decision Support Systems, 2019, 122: 113062.
- [10] Mokhtari G, Aghagoli F. Project portfolio risk response selection using Bayesian belief networks[J]. Iranian Journal of Management and Studies, 2020, 13(2): 197-219.
- [11] 白礼彪, 张璐瑶, 孙怡晨, 等. 公路工程项目组合施工进度风险防范策略[J]. 中国公路学报, 2021, 34(9): 203-214.
(Bai L B, Zhang L Y, Sun Y C, et al. Prevention strategy of highway project portfolio construction schedule risk[J]. China Journal of Highway and Transport, 2021, 34(9): 203-214.)
- [12] 焦媛媛, 付轼辉, 刘亚光. 项目型企业战略导向对项目组合成功影响研究[J]. 工业工程与管理, 2018, 23(3): 16-23.
(Jiao Y Y, Fu S H, Liu Y G. The effect of strategic orientation on project portfolio success: A research based on project-oriented company[J]. Industrial Engineering and Management, 2018, 23(3): 16-23.)
- [13] 白礼彪, 白思俊, 张以彬. 基于阶段耦合的项目组合配置战略贴适度[J]. 中国管理科学, 2017, 25(3): 93-101.
(Bai L B, Bai S J, Zhang Y B. Close degree between strategy and project portfolio allocation based on stage coupling[J]. Chinese Journal of Management Science, 2017, 25(3): 93-101.)
- [14] 管杜娟, 郭鹏. 复杂系统视角下的项目组合风险构成及分析[J]. 管理现代化, 2015, 35(3): 90-92.
(Guan D J, Guo P. Risk composition and analysis of project portfolio from the perspective of complex system[J]. Modernization of Management, 2015, 35(3): 90-92.)
- [15] 杨青, 邹星琪, 李兆超. 基于复杂网络和随机游走算法的研发项目组合风险分析[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(3): 90-92.

- 2020, 40(7): 1832-1843.
(Yang Q, Zou X Q, Li Z C. Analyzing the project portfolio risk based on the complex network and random walk method[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2020, 40(7): 1832-1843.)
- [16] Bai L, Zhang K M, Shi H J, et al. Project portfolio resource risk assessment considering project interdependency by the fuzzy Bayesian network[J]. Complexity, 2020: 5410978.
- [17] 王景玫, 郭鹏, 赵静. R&D项目组合鲁棒性风险测度及选择模型研究[J]. 运筹与管理, 2017, 26(6): 140-148.
(Wang J M, Guo P, Zhao J. Research on measurement of robustness risk and selection model of R&D project portfolio[J]. Operations Research and Management Science, 2017, 26(6): 140-148.)
- [18] 王景玫, 郭鹏, 赵静. 考虑结构复杂性的研发项目组合关联性风险分析[J]. 技术经济, 2018, 37(11): 116-123.
(Wang J M, Guo P, Zhao J. Analysis on portfolio interdependency risk of R&D project considering structure complexity[J]. Technology Economics, 2018, 37(11): 116-123.)
- [19] Zhang Y. Selecting risk response strategies considering project risk interdependence[J]. International Journal of Project Management, 2016, 34(5): 819-830.
- [20] Song W, Zhu J J. A multistage risk decision making method for normal cloud model considering behavior characteristics[J]. Applied Soft Computing, 2019, 78: 393-406.
- [21] 姜艳萍, 梁霞, 张浩. 考虑后悔与失望行为的应急方案选择方法[J]. 运筹与管理, 2019, 28(11): 91-97.
(Jiang Y P, Liang X, Zhang H. Method of selecting emergency alternative considering regret and disappointment behaviors of decision maker[J]. Operations Research and Management Science, 2019, 28(11): 91-97.)
- [22] 焦媛媛, 刘亚光, 熊剑芳, 等. 项目组合成功测量及其影响因素: 基于中国情境的实证研究[J]. 管理评论, 2016, 28(10): 214-228.
(Jiao Y Y, Liu Y G, Xiong J F, et al. An empirical research on project portfolio success and its influencing factors in Chinese context[J]. Management Review, 2016, 28(10): 214-228.)
- [23] 白礼彪, 白思俊, 郭云涛. 基于QFD的项目组合配置战略贴近度优化研究[J]. 管理工程学报, 2014, 28(4): 201-206.
(Bai L B, Bai S J, Guo Y T. Optimization model of the strategy of close degree for project portfolio allocation based on QFD[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, 28(4): 201-206.)
- [24] 杨颖, 杨善林, 胡小建. 基于战略一致性的新产品开发项目组合选择[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(4): 964-970.
(Yang Y, Yang S L, Hu X J. New product development project portfolio selection based on strategic fit[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2014, 34(4): 964-970.)
- [25] Aboutorab H, Saberi M, Asadabadi M R, et al. ZBWM: The Z-number extension of best worst method and its application for supplier development[J]. Expert Systems with Applications, 2018, 107: 115-125.
- [26] Chen Y F, Ran Y, Huang G Q, et al. A new integrated MCDM approach for improving QFD based on dematel and extended multimoora under uncertainty environment[J]. Applied Soft Computing, 2021, 105: 107222.
- [27] Gündoğdu F K, Kahraman C. Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2019, 36(1): 337-352.
- [28] Kutlu Gündoğdu F, Kahraman C. A novel spherical fuzzy QFD method and its application to the linear delta robot technology development[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2020, 87: 103348.
- [29] Kwan T W, Leung H K N. A risk management methodology for project risk dependencies[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2011, 37(5): 635-648.
- [30] Ahmadi-Javid A, Fatemina S H, Gemünden H G. A method for risk response planning in project portfolio management[J]. Project Management Journal, 2020, 51(1): 77-95.
- [31] Lempel R, Moran S. Salsa[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2001, 19(2): 131-160.
- [32] 白思俊, 王续伯, 梁斌. 基于战略导向的项目组合选择优化研究[J]. 运筹与管理, 2016, 25(1): 70-75.
(Bai S J, Wang X B, Liang B. Research on project portfolio selection optimization based on strategy[J]. Operations Research and Management Science, 2016, 25(1): 70-75.)
- [33] Thaler R H. Mental accounting matters[J]. Journal of Behavioral Decision Making, 1999, 12(3): 183-206.
- [34] Laciana C E, Weber E U. Correcting expected utility for comparisons between alternative outcomes: A unified parameterization of regret and disappointment[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 2008, 36(1): 1-17.

作者简介

张旭(1996—), 男, 博士生, 从事项目组合风险管理的研究, E-mail: zx_9335@126.com;

白思俊(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 从事项目管理、系统工程等研究, E-mail: baisj@nwpu.edu.cn;

王宗韩(1996—), 男, 博士生, 从事项目组合风险管理的研究, E-mail: 1481253260@qq.com;

郭云涛(1975—), 男, 副教授, 博士, 从事项目管理、系统工程等研究, E-mail: yuntguo@nwpu.edu.cn.