

基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择

李菁^{1,2}, 刘晓东¹, 饶益¹

(1. 空军工程大学装备管理与无人机工程学院, 西安, 710051; 2. 西安欧亚学院, 西安, 710065)

摘要 针对现有军工企业供应商选择方法研究不完善的问题,提出了一种基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择方法。分析军工企业的要求及军工产品的特点,构建适合于军工企业供应商选择的评价指标;考虑专家评估过程中的犹豫心理,引入概率犹豫模糊集描述评价信息;基于前景-后悔理论,刻画决策者的风险态度和后悔规避心理,对供应商方案评价信息进行集结,得到各方案的评估结果并进行排序。通过算例对比分析验证了所提方法的科学性和合理性。

关键词 供应商选择;前景-后悔理论;概率犹豫模糊集;评价指标

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2021.05.015

中图分类号 C934 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2021)05-0097-07

Method for Supplier Selection for Military Enterprise Based on Prospect-Regret Theory

LI Jing^{1,2}, LIU Xiaodong¹, RAO Yi¹

(1. Equipment Management and Unmanned Aerial Vehicle Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China; 2. Xi'an Eurasia University, Xi'an 710065, China)

Abstract Aimed at the problem that supplier selection method of military enterprises is not comprehensive yet, this paper proposes a supplier selection method for military enterprises based on the prospect-regret theory. The re-quirements of military enterprises and the characteristics of military products are analyzed, and the evaluation indexes suitable for supplier selection of military enterprises are constructed. Considering the hesitation psychology in expert evaluation, probabilistic hesitation fuzzy set is introduced to describe the evaluation information. Based on the prospect-regret theory, the risk attitude and regret avoidance psychology of decision makers are described and the evaluation information of the supplier scheme is aggregated. The evaluation results of the schemes are obtained and ranked. The scientificity and rationality of the proposed method are verified by a numerical example and contrast analysis.

Key words supplier selection; prospect-regret theory; prospect-regret theory; evaluation index

装备的研制、生产、维修等工作涉及的内容多、领域广,往往不能由一个军工企业独立完成,外协合作是当前军工企业普遍采用的生产和经营模式。为实现军工企业与供应商的合作共赢,提升军工企业

核心竞争力,必须合理选择军工企业供应商。开展军工企业供应商选择研究,准确评价与选择军工企业供应商,对促进军工企业长远发展,提升装备工作效益具有重要意义。

收稿日期: 2020-08-22

基金项目: 陕西省社科基金(2021ND0267)

作者简介: 李菁(1982—),女,陕西西安人,博士生,研究方向:供应链管理。E-mail:lijing6@eurasia.edu

引用格式: 李菁, 刘晓东, 饶益. 基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2021, 22(5): 97-103. LI Jing, LIU Xiaodong, RAO Yi. Method for Supplier Selection for Military Enterprise Based on Prospect-Regret Theory[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2021, 22(5): 97-103.

针对供应商评价选择问题,相关学者对评价指标体系开展了广泛的研究。在供应商评价指标方面,Dickson^[1]早在1966年便开始系统研究供应商选择问题,确定了23种准则作为供应商的评价依据,为企业供应商选择提供基础;Johnson^[2]通过进一步筛选,认为时间、质量、成本和服务为评价供应商的关键因素;文献[3]总结了复杂产品系统的特点,提出供应商评价的一级指标为产品竞争力、技术水平、供应商竞争力以及合作兼容性;文献[4]结合外协特点和实际需求,对供应商选择进行了有益补充,将信息传递能力、变更处理能力、企业内外环境同样作为评价准则。上述文献主要研究了一般企业供应商的选择问题。与一般企业相比,军工企业由于其研制、生产、维修对象的特殊性,在供应商的评价指标选取上与一般企业存在较大的差异,目前研究相对较少,尚未构建统一的评价指标。军工企业具有技术含量高、对产品质量要求高、对时间进度要求高等特点,并且应当考虑供应商的发展潜力以及长期合作的可能性。

供应商评价方法的研究已广泛开展,文献[5]提出用ABC成本法评价供应商;文献[6~7]提出使用AHP法进行供应商选择;文献[8]将AHP、PCA和DEA综合应用于供应商评价中,有效降低了评价的复杂程度;文献[9]利用TOPSIS原理构建了供应商选择模型,对供应商评价选择进行了有益补充。现有研究给出的评价信息通常为确定性信息,在评价时主观性较强。进行评价决策时,决策者进行评价决策时常带有一定程度的不确定性和模糊性,概率犹豫模糊集^[10]能够较好地表示犹豫心理,描述不确定性评价信息,通过使用概率度量犹豫模糊元中的隶属度,使隶属度按概率取不同值,能够更加准确地反映决策者评价时的犹豫心理。在军工企业供应商选择过程中,对供应商要求条件高、选择评价难度大,不确定性信息增多,决策者在决策时会面临一定的风险,为保证企业合作及产品交付,军工企业供应商选择问题中决策者的风险态度和后悔规避心理更为重要。为了描述决策者的行为与完全理性之间存在的偏差,客观反映决策者的有限理性,文献[11]提出了前景理论,其描述了人们在决策时的心理行为和状态。Bell^[12]和Loomes^[13]等提出了后悔理论,以刻画决策者的后悔规避行为。文献[14]在考虑专家偏好的基础上,提出了基于概率犹豫模糊熵的多属性决策方法。从目前研究现状看,针对决策者在决策过程中心理状态的刻画,往往是从特定的角度开展研究,将前景理论、后悔理论与概率犹豫模糊信息相结合,进行军工企业供应商选择的综合研究还

尚未开展。

针对现有研究存在的不足,本文提出了基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择方法。首先,分析了军工企业的特点及对供应商的要求,构建了军工企业供应商评价指标;其次,考虑选择决策时专家的犹豫心理,引入概率犹豫模糊集进行评价信息的描述;再次,提出前景-后悔理论,将决策者的风险态度和后悔规避心理相加成,对评价信息进行集结并给出决策结果;最后,结合算例数据对方法进行验证分析。

1 军工企业供应商评价指标

1.1 军工企业供应商要求

与一般产品相比,军工产品在质量、进度和费用等方面均有特殊的要求和规定,对供应商的选取上要求更高,在评价指标确定过程中,应充分体现军工企业自身特点及其对供应商的要求,并且应当考虑供应商的发展潜力以及长期合作的可能性。因此,构建适合于军工企业供应商的评价指标是科学选择军工企业供应商的关键所在。

在质量方面,我国颁布和实施了相应的国家标准、国家军用标准和行业标准,对军工产品质量提出了较高要求,要求供应商必须建立较为健全的质量保证体系,确保产品质量;在技术方面,随着装备技术的发展,在产品研制、生产和维修工作中,相关新技术、新材料、新工艺的应用越来越广泛,要求供应商具备较高的技术水平;在供应能力上,由于军工产品研制或生产较为严格,特别是在紧急订货和执行重大任务情况下,要求供应商必须具备稳定的供货能力和较强的服务保障能力;在价格方面,与一般产品相比,军工产品生产批量相对较少,部分产品很难形成规模价格优势,要求供应商必须合理控制成本、降低采购价格;此外,军工产品的研制、生产、维修是一个特殊的行业,具有特定的门槛,相关供应商必须有相应的资质要求。

1.2 评价指标体系建立依据

在建立军工企业供应商评价指标体系过程中,除了要考虑供应商的一般要求,同时还要考虑到军工企业供应的特殊要求和特点。

1) 供应商的一般要求。一般企业供应商的选取过程中,主要考虑产品质量、生产进度、价格水平和技术水平等方面,在供应商评价过程中也主要从这几个方面建立相应的指标体系。

2) 军工企业供应商的特殊要求。通过分析军工企业供应商的要求,除了考虑一般供应商在产品质

量、生产进度、价格水平和技术水平等方面通用要求外,还必须考虑军用企业在紧急生产订货、重大任务服务保障、企业承制资格和信誉等级等方面的要求,评价指标体系比一般企业要更加全面,内涵更为丰富。

1.3 评价指标体系的构建

根据军工企业供应商要求,结合以往学者的研究成果,通过实地调研、收集数据和专家咨询,以合理性、简明性、系统性、可操作性为原则,系统构建军工企业供应商的评价指标如下:

1)产品质量。对供货质量的要求是供应商选择评价指标中最重要的指标之一。对于军工企业来说,供应商产品的质量水平直接影响了军工企业产品质量,这要求军工企业供应商的产品具有较高的质量水平。在对产品质量进行评估时,需要考虑供应商产品合格率、优良批次率等因素。

2)技术水平。技术水平是供应商选择需要重点考虑的内容之一。随着产品信息化、智能化的提升,军工企业对供应商的技术水平要求也随之提高,技术水平已经成为军工企业获取核心竞争力的关键因素。

3)供应能力。对于军工企业来说,军工产品的生产周期要求高、时效性较强,特别是在紧急订货情况下,为保证军工产品的正常交付与使用,供应商必须具备稳定的产品供应能力。此外,考虑到军工产品的特殊性,在执行相关重大任务或产品发生故障的情况下,要求供应商提供及时的售后服务保障。

4)价格水平。军工企业供应商所提供产品的价格直接决定了军工企业的生产成本,供应商的价格水平是选择供应商的重点评价指标。

5)承制资格及信誉等级。承制资格及信誉等级反映了供应商自身的实力及其信誉情况,直接影响与军工企业之间的长远合作。在对实力水平进行评估时,应考虑其财务能力、服务保障能力、信息化程度以及相应的生产许可、保密资质等。

2 基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择模型

2.1 评价信息描述

在进行军工企业供应商选择评价和选取决策时,评估决策过程常带有不确定性和犹豫性,包括精确数、区间数在内的传统表达形式不足以描述此类犹豫心理,相对而言,概率犹豫模糊集对不确定性信息的描述更为准确。为此,本文采用概率犹豫模糊集形式描述军工企业供应商评价决策信息,使用概率度量犹豫模糊元中的隶属度,将不同隶属度用概

率反映,能够更为客观准确地反映决策者进行评价时的犹豫心理。

定义1^[15-16] 设 X 为给定的有限非空集合,则称

$$H_p = \{ \langle x, h(p_x) \rangle \mid x \in X \} \quad (1)$$

是 X 上的概率犹豫模糊集。式中, $h(p_x)$ 为概率犹豫模糊元,其是概率犹豫模糊集 H_p 的基本构成元素,一般地,概率犹豫模糊元表示形式为 $h(p_x) = \{ \gamma^\lambda(p^\lambda) \mid \lambda = 1, 2, \dots, l \}$; l 代表 $h(p_x)$ 中隶属度的个数; γ^λ 为 X 的元素 x_i 隶属于概率犹豫模糊集 H_p 的隶属度, γ^λ 在 $[0, 1]$ 内取值; p^λ 为隶属度取 γ^λ 时的概率, $p^\lambda \in [0, 1]$ 且 $\sum_{\lambda=1}^l p^\lambda \leq 1$ 。

$h(p_x)$ 的补集为:

$$h'(p_x) = \{ (1 - \gamma^\lambda)(p^\lambda) \mid \lambda = 1, 2, \dots, l \} \quad (2)$$

定义2^[17] 对任意有限非空集合 X , 令 $H_p = \{ \langle x, h(p_x) \rangle \mid x \in X \}$ 为 X 上的概率犹豫模糊集, 其中 $h(p_x) = \{ \gamma^\lambda(p^\lambda) \mid \lambda = 1, 2, \dots, l \}$ 表示在概率模糊集中包含所有元素的概率犹豫模糊元。则隶属度 γ^λ 在 X 上的概率为:

$$P(x = \gamma^\lambda) = \sum_{\lambda=1}^r P(x = h(p_x)) P(x = \gamma^\lambda \mid x = h(p_x)) \quad (3)$$

式中: r 为 H_p 中犹豫模糊元的数量。

定义3^[18] 概率犹豫模糊元 $h(p_x)$ 的得分函数定义为:

$$S(h(p_x)) = \left(\sum_{\lambda=1}^l \gamma^\lambda p^\lambda \right) / \sum_{\lambda=1}^l p^\lambda \quad (4)$$

本文中,将文献[14]1.2节中的评价指标分为效益型指标和成本型指标两种,效益型指标的值越大,表示其水平越优,成本型指标反之。进行数学运算时,为统一计算,将成本型指标的评价信息用其补集代替从而进行转化,即 $h'_{ij}(p_x) = \{ (1 - \gamma^\lambda)(p^\lambda) \mid \lambda = 1, 2, \dots, l_{ij} \}$, 其中, i 表示第 i 个供应商方案, j 表示评价指标。根据式(3),得到决策矩阵 $Z = (h_{ij}(p_x))_{m \times n}$ 。

2.2 基于前景-后悔理论的信息集结

军工企业供应商选择问题属于多指标决策问题。传统的多指标决策问题中是基于决策者为完全理性的假设进行的,研究显示,在解决实际决策问题时,决策者的行为非完全理性。本文采用前景理论描述决策者在决策时的有限理性行为和实际心理状态,进而充分考虑其评价时对风险的态度;同时,为了保证合作长期稳定性,军工企业供应商选择问题中必须考虑决策者后悔规避心理,因此采用后悔理论以刻画决策者后悔规避的心理行为。将两种方法进行结合,其考虑的决策者心理行为相互加成,更好

的刻画决策者在决策过程中的实际心理,故本文提出基于前景-后悔理论进行评价信息的集结。

首先,计算各供应商的前景值。前景值由价值函数与权重函数的乘积^[19]表示:

$$V(x_i) = \sum_{j=1}^n w(p_j) v(x_{ij}) \quad (5)$$

式中: $w(p_j)$ 表示指标 j 的权重函数; $v(x_{ij})$ 表示供应商 i 的指标 j 的价值函数。

结合得分函数,价值函数表示为:

$$v(x_{ij}) = \begin{cases} -\theta (\Delta(S(h_{ij}(p_x)), \hat{S}(h_j(p_x))))^\beta, S(h_{ij}(p_x)) < \hat{S}(h_j(p_x)) \\ (\Delta(S(h_{ij}(p_x)), \hat{S}(h_j(p_x))))^\alpha, S(h_{ij}(p_x)) > \hat{S}(h_j(p_x)) \end{cases} \quad (6)$$

式中: $\Delta(S(h_{ij}(p_x)), \hat{S}(h_j(p_x))) = \sqrt{(S(h_{ij}(p_x)) - \hat{S}(h_j(p_x)))^2} \hat{S}(h_j(p_x))$ 表示指标 a_j 得分的参考值,由平均值得出; β 和 α 在价值函数中表示出现损失或收益时决策者的风险敏感程度系数; θ 表示损失规避系数。

权重函数为:

$$w(p_j) = \begin{cases} \frac{\omega_j^\delta}{[\omega_j^\delta + (1 - \omega_j)^\delta]^{\frac{1}{\delta}}}, S(h_{ij}(p_x)) < \bar{S}(h_j(p_x)) \\ \frac{\omega_j^\tau}{[\omega_j^\tau + (1 - \omega_j)^\tau]^{\frac{1}{\tau}}}, \bar{S}(h_j(p_x)) \leq S(h_{ij}(p_x)) \end{cases} \quad (7)$$

式中: ω_j 为指标权重; δ 和 τ 分别表示决策者预期为损失或收益时的风险态度系数。

其次,利用后悔理论根据各供应商方案的前景价值计算欣喜-后悔值。欣喜-后悔值由欣喜函数和后悔函数组成。

$$Z(x_i) = G(x_i) + R(x_i) \quad (8)$$

$$R(x_i) = 1 - \exp(-\epsilon d(V(x_i), V^-(x_i))) \quad (9)$$

$$G(x_i) = 1 - \exp(\epsilon d(V(x_i), V^+(x_i))) \quad (10)$$

式中:各方案的最大前景值 $V^+(x_i)$ 为正理想点,各方案的最小前景值 $V^-(x_i)$ 为负理想点, $V(x_i)$ 为各方案的前景值。 ϵ 为后悔规避系数,一般地, ϵ 取0.3。

$d(z_1, z_2)$ 为 z_1 和 z_2 之间的距离, $d = \sqrt{(z_1 - z_2)^2}$ 。由式(9)~(10)知,欣喜函数值 ≥ 0 ,后悔函数值 ≤ 0 。

根据欣喜-后悔值对供应商选择方案进行排序,欣喜-后悔值越大,供应商选择方案越好。

2.3 基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择步骤

基于上述分析,给出基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择步骤:

步骤1 组织专家对各军工企业供应商选择方案的评价指标进行评价,由评价信息得到概率犹豫模糊评价矩阵。

步骤2 根据式(5)~(7)计算各供应商方案的价值函数值和权重函数值,得到前景值。

步骤3 根据式(8)~(10)计算各供应商方案的欣喜值和后悔值,得到欣喜-后悔值。

步骤4 对各供应商方案的欣喜-后悔值进行排序,得到军工企业供应商的优劣排序,给出决策结果。

3 算例分析

为验证本文所提方法的有效性及其科学性,构建算例进行计算分析。

根据本文构建的指标体系,3位专家 e_1, e_2, e_3 对5个军工企业供应商 x_1, x_2, x_3, x_4 和 x_5 进行评价,以确定最优的军工企业供应商。评价指标分别为产品质量 a_1 、技术水平 a_2 、供应能力 a_3 、价格水平 a_4 和承制资格及信誉等级 a_5 。评价信息通过专家打分给出,整理得到概率犹豫模糊元形式的评价信息。假设专家权重和指标权重均一致。3位专家的评价信息如表1~3所示。

表1 专家 e_1 评价信息

e_1	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	{0.6(0.25), 0.7(0.5), 0.8(0.25)}	{0.5(0.6), 0.6(0.4)}	{0.6(0.8), 0.7(0.2)}	{0.6(0.6), 0.7(0.4)}	{0.6(0.3), 0.7(0.3), 0.8(0.4)}
x_2	{0.5(0.5), 0.6(0.5)}	{0.4(0.3), 0.5(0.3), 0.6(0.4)}	{0.5(0.2), 0.6(0.3), 0.7(0.5)}	{0.3(0.2), 0.4(0.6)}	{0.7(0.5), 0.8(0.5)}
x_3	{0.7(0.5), 0.8(0.3)}	{0.3(0.2), 0.4(0.4), 0.5(0.4)}	{0.5(0.2), 0.6(0.8)}	{0.4(0.6), 0.5(0.4)}	{0.6(0.3), 0.7(0.7)}
x_4	{0.8(0.5), 0.85(0.3), 0.9(0.2)}	{0.7(0.6), 0.8(0.2)}	{0.6(0.4), 0.7(0.3), 0.8(0.3)}	{0.4(0.5), 0.5(0.5)}	{0.7(0.7), 0.8(0.3)}
x_5	{0.65(0.5), 0.75(0.5)}	{0.5(0.5), 0.6(0.5)}	{0.7(0.3), 0.8(0.7)}	{0.3(0.4), 0.4(0.3), 0.5(0.3)}	{0.7(0.2), 0.8(0.2), 0.9(0.4)}

表 2 专家 e_2 评价信息

e_2	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	{0.5(0.5),0.7(0.5)}	{0.7(0.7),0.8(0.2), 0.9(0.1)}	{0.4(0.3),0.6(0.5)}	{0.3(0.3),0.4(0.4), 0.5(0.3)}	{0.7(0.4),0.8(0.6)}
x_2	{0.5(0.4),0.6(0.6)}	{0.6(0.7),0.7(0.3)}	{0.6(0.3),0.7(0.4), 0.8(0.3)}	{0.3(0.5),0.4(0.5)}	{0.5(0.7),0.6(0.2), 0.8(0.1)}
x_3	{0.5(0.2),0.6(0.3), 0.7(0.5)}	{0.7(0.6),0.8(0.2)}	{0.3(0.4),0.5(0.6)}	{0.2(0.3),0.3(0.2), 0.4(0.5)}	{0.6(0.5),0.7(0.5)}
x_4	{0.7(0.4),0.8(0.4)}	{0.6(0.5),0.7(0.1), 0.8(0.4)}	{0.7(0.5),0.8(0.3), 0.9(0.2)}	{0.4(0.6),0.5(0.4)}	{0.7(0.2),0.8(0.6)}
x_5	{0.6(0.5),0.7(0.4), 0.8(0.1)}	{0.6(0.4),0.7(0.6)}	{0.4(0.5),0.5(0.5)}	{0.2(0.4),0.3(0.4)}	{0.6(0.2),0.7(0.4), 0.8(0.4)}

表 3 专家 e_3 评价信息

e_3	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	{0.6(0.3),0.7(0.5), 0.8(0.2)}	{0.6(0.4),0.7(0.4)}	{0.7(0.6),0.8(0.4)}	{0.25(0.4),0.3(0.2), 0.35(0.4)}	{0.6(0.2),0.7(0.8)}
x_2	{0.6(0.5),0.7(0.3)}	{0.5(0.3),0.6(0.4), 0.7(0.3)}	{0.5(0.3),0.6(0.7)}	{0.2(0.2),0.4(0.8)}	{0.55(0.4),0.6(0.3), 0.65(0.3)}
x_3	{0.5(0.3),0.6(0.7)}	{0.5(0.5),0.7(0.5)}	{0.6(0.5),0.7(0.3), 0.8(0.2)}	{0.2(0.4),0.3(0.4), 0.4(0.2)}	{0.7(0.4),0.8(0.4)}
x_4	{0.5(0.3),0.6(0.4), 0.7(0.3)}	{0.5(0.3),0.6(0.3), 0.7(0.4)}	{0.7(0.2),0.8(0.6)}	{0.3(0.6),0.4(0.4)}	{0.7(0.6),0.8(0.4)}
x_5	{0.7(0.5),0.8(0.5)}	{0.6(0.6),0.7(0.4)}	{0.5(0.2),0.6(0.4), 0.7(0.4)}	{0.2(0.2),0.3(0.8)}	{0.6(0.3),0.7(0.7)}

3.1 评价矩阵构建

根据式(3)计算各指标中每个供应商对应的隶属度的总概率,进而给出决策矩阵 Z 。在该问题中,

产品质量 a_1 、技术水平 a_2 、供应能力 a_3 和承制资格及信誉等级 a_5 属于效益型指标,价格水平 a_4 属于成本型指标,对成本型指标需要进行处理。

$$Z = \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} \begin{matrix} a_1 \\ \{0.5(0.1667),0.6(0.1833),0.7(0.5),0.8(0.15)\}, \\ \{0.5(0.3),0.6(0.5333),0.7(0.1)\}, \\ \{0.5(0.1667),0.6(0.3333),0.7(0.3333),0.8(0.1)\}, \\ \{0.5(0.1),0.6(0.1333),0.7(0.2333),0.8(0.3),0.85(0.1),0.9(0.0667)\}, \\ \{0.6(0.1667),0.65(0.1667),0.7(0.3),0.75(0.1667),0.8(0.2)\}, \\ a_2 \\ \{0.5(0.2),0.6(0.2667),0.7(0.3667),0.8(0.0667),0.9(0.0333)\}, \\ \{0.4(0.1),0.5(0.2),0.6(0.5),0.7(0.2)\}, \\ \{0.3(0.0667),0.4(0.1333),0.5(0.3),0.7(0.3667),0.8(0.0667)\}, \\ \{0.5(0.1),0.6(0.2667),0.7(0.3667),0.8(0.2)\}, \\ \{0.5(0.1677),0.6(0.5),0.7(0.3667)\}, \\ a_3 \\ \{0.4(0.1),0.6(0.4333),0.7(0.2667),0.8(0.1333)\}, \\ \{0.5(0.1667),0.6(0.4333),0.7(0.3),0.8(0.1)\}, \\ \{0.3(0.1333),0.5(0.2667),0.6(0.4333),0.7(0.1),0.8(0.0667)\}, \\ \{0.6(0.1333),0.7(0.3333),0.8(0.4),0.9(0.0667)\}, \\ \{0.4(0.1667),0.5(0.2333),0.6(0.1333),0.7(0.2333),0.8(0.2333)\}, \end{matrix} \rightarrow$$

$$\begin{aligned}
 & a_4 \\
 & \{0.3(0.133\ 3), 0.4(0.2), 0.5(0.1), 0.6(0.133\ 3), 0.65(0.133\ 3), 0.7(0.166\ 7), 0.75(0.133\ 3)\}, \\
 & \{0.6(0.633\ 3), 0.7(0.233\ 3), 0.8(0.066\ 7)\}, \\
 & \{0.5(0.133\ 3), 0.6(0.433\ 3), 0.7(0.2), 0.8(0.233\ 3)\}, \\
 & \{0.5(0.3), 0.6(0.5), 0.7(0.2)\}, \\
 & \{0.5(0.1), 0.6(0.1), 0.7(0.533\ 3), 0.8(0.3)\}, \\
 & a_5 \\
 & \{0.6(0.166\ 7), 0.7(0.5), 0.8(0.333\ 3)\} \\
 & \{0.5(0.233\ 3), 0.55(0.133\ 3), 0.6(0.166\ 7), 0.65(0.1), 0.7(0.166\ 7), 0.8(0.2)\} \\
 & \{0.6(0.266\ 7), 0.7(0.533\ 3), 0.8(0.133\ 3)\} \\
 & \{0.7(0.5), 0.8(0.433\ 3)\} \\
 & \{0.6(0.166\ 7), 0.7(0.433\ 3), 0.8(0.2), 0.9(0.133\ 3)\}
 \end{aligned}$$

3.2 基于前景-后悔理论的信息集结

根据式(4)计算各指标下各供应商犹豫模糊元的得分值,根据式(6)~(7)分别计算各指标不同供应商的价值函数值和权重函数值。文献[20]表明,价值函数和权重函数的参数取值为 $\theta=2.25, \beta=\alpha=0.88, \delta=0.69, \tau=0.61$ 时与实际决策经验相适应,所得结果如表4~5所示。

表4 各供应商在各指标下的价值函数值

方案	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	0.002 4	0.040 8	-0.003 6	-0.221 4	0.023 6
x_2	-0.253 6	-0.122 1	-0.013 7	0.023 7	-0.219 0
x_3	-0.081 3	-0.147 0	-0.243 0	0.043 4	-0.061 7
x_4	0.089 7	0.077 8	0.139 3	-0.117 9	0.063 9
x_5	0.060 2	0.000 5	-0.081 5	0.089 3	0.045 2

表5 各供应商在各指标下的权重函数值

方案	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
x_1	0.260 8	0.260 8	0.257 0	0.257 0	0.260 8
x_2	0.257 0	0.257 0	0.257 0	0.260 8	0.257 0
x_3	0.257 0	0.257 0	0.257 0	0.260 8	0.257 0
x_4	0.260 8	0.260 8	0.260 8	0.257 0	0.260 8
x_5	0.260 8	0.260 8	0.257 0	0.260 8	0.260 8

根据式(5)计算各供应商的前景值,见表6。

表6 各供应商的前景值

前景值	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$V(x_i)$	-0.040 4	-0.150 2	-0.125 7	0.066 4	0.030 0

根据式(8)~(10)计算各供应商的欣喜-后悔值,结果如表7所示。

表7 各供应商的欣喜-后悔值

欣喜-后悔值	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$Z(x_i)$	-0.000 2	-0.067 1	-0.052 0	0.629 0	0.041 6

根据各供应商方案的欣喜-后悔值排序,得出各军工企业供应商排序结果,由表7知, $V(x_4) > V(x_5) > V(x_1) > V(x_3) > V(x_2)$,即认定军工企业

供应商 x_4 综合评价最优,应优先考虑合作。

3.3 对比验证和结果分析

为了检验本文方法的科学性和优效性,将本文方法记为 M0,仅运用前景理论方法为 M1,仅运用后悔理论方法为 M2,将3种方法进行对比分析。3种方法的评价结果如表8所示。

表8 评价结果比较

方法	排序结果
M0	$V(x_4) > V(x_5) > V(x_1) > V(x_3) > V(x_2)$
M1	$V(x_4) > V(x_5) > V(x_1) > V(x_3) > V(x_2)$
M2	$V(x_5) > V(x_4) > V(x_2) > V(x_1) > V(x_3)$

根据表8的结果可知,本文的评价结果与前景理论方法 M1 得出的评价结果一致,相较于仅运用前景理论方法,本文可以考虑决策者趋于后悔规避的心理行为,更加符合实际决策过程,随着后悔规避系数的改变,其评价结果也会随之改变,合理性更强。本文的评价结果与后悔理论方法 M2 所得评价结果存在一定差异,这是由于所提方法考虑了决策者的有限理性及风险态度,相较于仅运用后悔理论方法,本文将后悔理论与前景理论相融合,更加准确地描述了决策者的心理行为及偏好,进而提升了评价结果的客观性与科学性。因此,应用本文方法确定的供应商评价结果更为准确、合理。

4 结语

本文采用多指标决策方法,系统开展了军工企业供应商选择研究,提出了一种基于前景-后悔理论的军工企业供应商选择方法。

1)结合军工企业实际及军工产品特点,构建了军工企业供应商评价指标。

2)利用概率犹豫模糊表示评价信息,更好地刻画了决策时的真实心理活动,有助于提升科学性。

3)提出前景-后悔理论对评价信息进行信息集结以及军工企业供应商方案决策,更为符合决策者的实际心理与行为特征,决策结果更为客观合理。

参考文献

- [1] DICKSON G W. An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions [J]. *Journal of Purchasing*, 1966, 2(1): 28-41.
- [2] JOHNSON M, MEADE L, ROGERS J. Partner Selection in the Agile Environment Creating the Agile Organization: Models, Metrics and Pilot [C]//The 4th Annual Conference Proceedings. Atlanta: [s. n.], 1995: 496-505.
- [3] 卢梓烨, 宋砚秋, 张萌. 基于 Borda 选择法的复杂产品系统供应商选择评价研究[J]. *科技管理研究*, 2015, 35(7): 192-197.
- [4] 李益兵, 宋东林, 王磊. 基于混合 PSO-Adam 神经网络的外协供应商评价决策模型[J]. *控制与决策*, 2018, 33(12): 2142-2152.
- [5] ROODHOOFT F, KONING J. Vendor Selection and Evaluation an Activity Based Costing Approach[J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 96(1): 97-102.
- [6] BYUN D H. The AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model[J]. *Information & Management*, 2001, 38(5): 289-297.
- [7] 杨霞芳, 律星光. 基于 FAHP 的供应商选择与评价指标体系[J]. *物流科技*, 2012, 35(2): 96-100.
- [8] 范琛, 王效俐. 一种综合的供应商评价方法[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2012, 40(12): 1899-1904.
- [9] 宋嘉, 夏伟怀, 肖世斌. 基于 Topsis 模型的上海通用供应商选择研究[J]. *物流科技*, 2017, 40(2): 35-37.
- [10] XU Z S, ZHOU W. Consensus Building with a Group of Decision Makers under the Hesitant Probabilistic Fuzzy Environment[J]. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 2017, 16(4): 481-503.
- [11] KAHNEMAN D, TVERSKY A. Prospect Theory: an Analysis of Decision under Risk[J]. *The Econometric Society*, 1979, 47(2): 263-292.
- [12] BELL D E. Regret in Decision Making under Uncertainty[J]. *Operations Research*. 1982, 30(5): 961-981.
- [13] LOOMES G, SUGDEN R. Regret Theory: An Alternative Theory of Rational Choice under Uncertainty [J]. *The Economic Journal*. 1982, 92(368): 805-824.
- [14] 饶益, 陈云翔, 蔡忠义, 等. 考虑专家偏好的基于概率犹豫模糊熵的多属性决策方法[J]. *火力与指挥控制*, 2021, 46(4): 4-13.
- [15] 刘玉敏, 朱峰, 靳琳琳. 基于概率犹豫模糊熵的多属性决策方法[J]. *控制与决策*, 2019, 34(4): 861-870.
- [16] JIE G, XU Z S, HU C L. A Dynamic Reference Point Method for Emergency Eesponse under Hesitant Probabilistic Fuzzy Environment [J]. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2017, 19(5): 1261-1278.
- [17] LI J, WANG J Q. Multi-Criteria Outranking Methods with Hesitant Probabilistic Fuzzy Sets[J]. *Cognitive Computation*, 2017, 9(5): 611-625.
- [18] SHEN Z, XU Z S, YUE H. Operations and Integrations of Probabilistic Hesitant Fuzzy Information in Decision Making [J]. *Information Fusion*, 2017, 38(12): 1-11.
- [19] 徐海军, 田晓丽, 徐泽水. 基于犹豫模糊语言信息的前景决策方法[J]. *中国管理科学*, 2018, 26(8): 179-185.
- [20] TVERSKY A, KAHNEMAN D. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992, 5(4): 297-323.

(编辑:姚树峰)