

基于区间二元语义 VIKOR 的外包供应商选择模型

尤筱玥^{1,2}, 尤建新¹

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 剑桥大学 制造研究院, 剑桥 CB3 0FS)

摘要: 在外包战略中, 间接成本提升、信息不对称、控制权降低等问题给供应商选择增加了困难。为充分发挥外包优势、降低外包风险, 将外包供应商选择准则分为服务质量、价格与成本、沟通与协调以及研发与创新四类, 并运用区间二元语义 VIKOR 模型对外包供应商进行评价及排序。通过算例及比较分析验证了区间二元语义 VIKOR 模型在外包供应商选择中的优势。结果显示所提出模型不仅有效避免了数据处理过程中信息失真情况, 规避了排序结果重复的问题, 而且可同时处理定性与定量数据, 融入了主客观权重及决策者偏好, 从而为企业选择供应商提供了更为理想的方法。

关键词: 外包; 供应商选择; VIKOR 模型; 区间二元语义; 多准则群决策

中图分类号: F27

文献标志码: A

Outsourcing Supplier Selection by Interval 2-tuple Linguistic VIKOR Method

YOU Xiaoyue^{1,2}, YOU Jianxin¹

(1. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Institute for Manufacturing, University of Cambridge, Cambridge CB3 0FS, UK)

Abstract: An increase in indirect costs, information asymmetry and control reduction are inclined to bring about a difficult selection for suppliers in outsourcing strategy. Based on a literature review, supplier selection criteria were recommended to be divided into four categories, namely, service quality, price & cost, communication & coordination, and R & D and innovation by taking into consideration of the outsourcing strategy advantages and its risks. And the alternative suppliers evaluation were ranked by the extended ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) method with interval 2-tuple linguistic information. An empirical case study shows the feasibility and practicability of the proposed interval 2-tuple linguistic VIKOR (ITL-VIKOR) method based on a comparison with three other approaches. Results show that by the proposed approach

quantitative and qualitative data can be processed at the same time without information distortion, ranking results repetition, which also involves the subjective and objective weight and decision-makers' preference.

Key words: outsourcing; supplier selection; ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR); interval 2-tuple; multiple criteria decision-making (MCDM)

外包战略的优势主要包括增强核心竞争力、降低企业运营成本和简化组织结构^[1]。然而, 其伴随的风险也不可小觑, 例如缺少充分沟通产生的信息不对称、对业务流程控制权的降低、外包供应商本身技术的可靠性不确定等。并且, 企业对外包产品或服务的优劣衡量更为模糊, 很难获取直接数据来评价供应商的优劣。因此, 外包业务是否能够成功, 必须从确定供应商阶段开始就严格要求、谨慎筛选。此外, 企业或将借外包合作的机会与供应商建立战略联盟关系, 从而获得竞争优势并提高组织绩效^[2]。也就是说, 选择最优拟合的供应商并建立长期合作关系将有助于双方在如今全球化竞争市场中取得更大优势。

通常情况下, 由于是对多个供应商关于多条准则进行评价, 并且同时包含定性和定量数据, 供应商选择可视为一项复杂的多准则群决策问题。本文基于外包战略特性拟定了主要的供应商评价准则, 针对各准则进行主客观评价, 并采用区间二元语义 VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) 模型对数据进行有效分析, 从而得到供应商综合排序为企业选择外包供应商提供参考和依据。

1 评价准则与 VIKOR 模型综述

随着市场竞争的全球化和越来越激烈,产品的生命周期越来越短,评价供应商的准则从单一的成本准则转向以质量、服务、准时交货、柔性、信息等多个方向. 供应商决策模型也从单一的买方库存成本模型转向买卖双方相互协调模型. 企业与供应商之间不再是传统的一般往来关系,而是成为长期的、信息共享的、风险与报酬共担的伙伴关系^[3-4]. 因此,对供应商资格评价和准则定义的理论研究是供应商选择的关键问题之一.

1.1 评价准则文献综述

1966年, DICKSON^[5]在调查了美国采购管理联盟的273位典型代理商和管理人员后,系统地提出了23项供应商绩效评价准则,涵盖了影响供应商选择的所有要素,成为供应商选择的基础. 1991年, WEBER^[6]分析了从1967年到1990年的74篇文章,对准则的重要性进行了重新排序(表1). 他认为,价格、交货期和质量是供应商选择中最重要的准则^[7-8].

表1 Dickson和Weber的供应商选择准则

Tab.1 Supplier selection criteria from Dickson and Weber

WEBER 排序	WEBER 评价/%	因素	DICKSON 排序	DICKSON 评价
3	53	质量	1	极端重要
2	58	准时交货	2	相当重要
10	9	历史效益	3	相当重要
23	0	担保	4	相当重要
4	30	生产设施/能力	5	相当重要
1	80	价格	6	相当重要
6	20	技术能力	7	相当重要
9	9	财务状况	8	相当重要
16	3	遵循报价程序	9	一般重要
18	3	沟通系统	10	一般重要
8	11	行业信誉与地位	11	一般重要
21	3	业务预期	12	一般重要
7	13	管理与组织	13	一般重要
14	4	运作控制	14	一般重要
11	9	维修服务	15	一般重要
12	8	态度	16	一般重要
20	3	形象	17	一般重要
13	4	包装能力	18	一般重要
17	3	劳工关系记录	19	一般重要
5	21	地理位置	20	一般重要
22	1	以往业务量	21	一般重要
15	3	培训	22	一般重要
19	3	互惠安排	23	稍微重要

后续供应商选择的研究均基于行业特色在此基

础上进行细化或改进. 例如, DWEIRI等^[9]在分析巴基斯坦某汽车供应商时将评价准则细分为两层,包括价格(单价、免费运输、数量折扣),质量(质量管理体系、兼容性、废品率),交货(交货时间、出错、准时),以及服务(订购更新、保证、地理位置). 同样, GALANKASHI、HELEMI和 HASHEMZAHI^[10]则更侧重于汽车供应商的运营能力及客户反馈而非产品本身,例如学习与成长能力、内部业务能力、客户反馈和财务状况.

在物流行业,王磊、叶军和张鸿莉^[11]从产品质量、交货准时率、产品价格、生产研发能力和先进制造技术应用程度五个角度对物流供应链管理中的供应商选择问题进行了研究. 谭狄溪、陈姣和王晓曦^[12]提出了一种基于不确定语义信息的物流服务供应商选择方法,将物流能力、基础管理能力、客户服务能力和应急能力作为供应商选择准则.

而在绿色供应商选择方面,选择供应商所对应的准则将明显更偏向绿色环保理念,除传统的价格、质量等因素外,更明确地体现在分析供应商的绿色管理(如绿色生产、绿色设计、回收利用)^[13]、环境竞争力(environmental competencies)^[14]、企业社会责任^[15]、企业绿色形象(green image)^[16]等. GOVINDAN等^[17]将大量针对绿色供应商评估与选择的研究进行统计和分析,按照模型和准则进行分类,清晰地展现了现阶段聚焦的研究方向.

外包供应商的选择问题则更为复杂,因为供应商的评价准则将跟随外包业务所涉及的行业而改变. 比如, UYGUN、KAÇAMAK和 KAHRAMAN^[18]在研究通信公司选择外包供应商时,将评价准则归纳为实地项目能力、企业经验、组织能力、财务可靠性和基础设施竞争力. WAN等^[19]在 SINK和 LANGLEY^[20]的基础上从质量、成本、容量和交付能力四方面评估物流外包供应商;雷星晖和尤筱玥^[21]运用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)将服务外包供应商绩效评价指标分为合作、服务、准时生产和成本四条准则,通过量化计算得出各项细分指标的权重和综合评价; KAHRAMAN、ÖZTAYŞI和 ONAR^[22]在分析选择外包制造商时,以 LIOU和 CHUANG^[23]的外包供应商评价准则为基础,从中选择了关系、信息共享和知识、客户满意度、成本节约、财务稳定与灵活性、管理能力和信息安全等七点作为考察潜在合作供应商的依据.

与传统行业不同的是,外包业务所涉及的评价

准则不仅取决于企业本身所处的行业,还要考虑到控制权被削弱后可能面临的各种问题.尤其对于采取合作战略态度的供需双方来说,所涉及的业务内容已经不再局限于下订单与交货两个节点,而是更可能在产品制造或服务流程的整个过程中进行合作、监督与改进.因此,企业之间的信息沟通以及合作前景的规划(如创新研究)应当从子准则中提炼出来作为主要考虑因素.

1.2 外包供应商评价准则

本文根据选择外包供应商时不仅注重质量,而且要求信息沟通顺畅以及挖掘潜在合作可能性的特点,将评价准则归纳为四类:产品或服务质量、价格与成本、沟通与协调和研发与创新.

(1) 产品或服务质量主要指的是外包供应商所能提供产品或服务的优劣,是外包项目的核心.鉴于企业寻求的是外包,评价质量的指标不仅包括产品本身应用上的质量,还包含相应的供应商员工技术水平、装备质量等;这些指标也是支撑供应商提供合格质量的背后因素.同时,对交货期或项目进展节奏的评价也应包含在内.这是由于外包项目有时涉及服务类外包,例如人力资源管理外包、财务管理外包等,双方人员的信息交互不再局限于结束节点的交货期,而是要求在整个项目进行的过程中能够进行沟通和监督,因此对交货期的要求也转变为对项目进度的要求,与传统采购只注重结果有很大差异.

(2) 价格与成本是企业采取外包战略的重要考虑因素之一.许多企业认为采取外包战略就一定能够降低成本,这是错误的观念.虽然通过外包能够在技术层面获得一定优势,同时通过简化组织结构等方式来降低企业的运营成本,但伴随的供应商选择、谈判、绩效评价以及控制等问题则会导致间接成本升高.从整体角度来看,虽然企业的直接成本有所降低,但却提高了间接成本.因此,评价外包项目的价格与成本仍然是选择供应商时必须考虑的准则.

(3) 沟通与协调这一准则的重要性主要源于外包活动容易产生信息不对称问题.无论是评价企业的综合绩效,还是其组织效率、管理能力、财务状况、形象及信誉等方面,都需要双方进行充分的沟通,才能获得真实、可靠的信息和数据.由于企业对外包业务的掌控权有所降低,若进一步涉及服务外包则质量更难用量化数据精确估计,外包的风险必然有所增大.为能够及时预防或阻止更大损失的产生,企业应当时刻与外包供应商保持沟通,了解业务进程并及时针对偏差进行协调.此外,充分的信息交流也能

有效提高供应商的应急响应能力,充分了解市场的变化和动态.

(4) 研发与创新能力考验的是供应商的发展空间.随着现代科技的加速发展,供应商所具备的能力不仅仅是能够完成订单所要求的任务,还需要有了解市场动态甚至走在发展前沿的创新能力.企业在选择合适的供应商时,也是在寻找能够长期合作的战略伙伴,是以互赢互利、共同进步为目的.长期外包则项目将会把更多比重放在了思维创新上,从模式、技术等各方面进行创新,这更考验的了供应商是否具备长期合作发展的能力.

1.3 区间二元语义 VIKOR 模型

外包供应商选择是一种多准则决策(multiple criteria decision-making, MCDM)^[24]过程.在常用多准则决策方法中, TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 和 VIKOR 均是接近理想解的折衷解法. OPRICOVIC 和 TZENG^[25]将两者进行了比较,指出 TOPSIS 没有考虑计算过程中评价对象与正负理想解距离的权重,求得的最优解未必是最接近理想点的解.与 TOPSIS 相比, VIKOR 使用了不同的集结函数和归一化方法,其优点是 VIKOR 不仅考虑了集体效用的最大化和个体遗憾的最小化,还考虑到了决策者的主观偏好,从而使决策更具合理性.

现有的供应商选择研究中也经常将 VIKOR 与其他方法结合在一起进行分析.如 AWASTHI 和 KANNAN^[26]在分析评估绿色供应商发展项目时,将模糊名义群体法(nominal group technique, NGT)与 VIKOR 结合,帮助企业在定量信息有限或缺乏的状态下仍然能够有效评估项目的优劣程度.宋海草和易树平^[27]从备件的关键性、故障显著性、供货敏捷性以及返修敏捷性四个准则出发对备件做 ABC 分类,构建了供应商管理库存(vendor managed inventory, VMI)备件供应商的评价指标体系,应用熵权法确定了相应评价指标的权重,并运用 VIKOR 对备件供应商进行了评价研究.钟瑞琼^[28]提出了基于模糊 VIKOR 的多准则折衷决策方法和主客观相结合的组合权重方法,以解决外包供应商选择问题.

由于大多数供应商选择使用模糊逻辑来处理现实决策的不确定性,近似过程成为不可避免的路径,由此必然产生信息缺失并导致研究结果精确性降低^[29].为避免或改善这类问题, WU 等^[30]在研究核电外包供应商时将传统 VIKOR 模型与语言信息相结合,用于处理非精确数值的计算,从而做到同时考

虑不确定信息的模糊性与随机性. 类似的, YOU 等^[31] 在探讨供应商选择时, 将区间二元语义 VIKOR (interval 2-tuple linguistic VIKOR, ITL-VIKOR) 模型应用于三个不同行业的供应商选择实际案例中, 并通过与传统 VIKOR、TOPSIS 及扩展 TOPSIS 法的结果比较展示了新模型的优势. 本文通过制定具有外包特色的供应商选择准则, 将 ITL-VIKOR 首次运用到外包供应商选择过程中, 以展现该模型在外包领域的可行性和有效性.

2 模型构建

假设企业在外包供应商选择过程中组织了 H 位决策者 $J_h (h=1, 2, \dots, H)$ 对 P 家供应商 $A_p (p=1, 2, \dots, P)$ 进行评价, 其中包含 Q 条评价准则 $C_q (q=1, 2, \dots, Q)$. 为反映决策过程中小组成员的相对重要性, 各决策者 J_h 均被赋予权重 $\lambda_h > 0 (h=1, 2, \dots, H)$, 且满足 $\sum_{h=1}^H \lambda_h = 1$. 令 $D_h = (d_{pq}^h)_{P \times Q}$ 为决策者 J_h 的语义决策矩阵, 其中 d_{pq}^h 表示决策者 J_h 在评价供应商 A_p 的准则 C_q 时给出的语义信息. 令 $v_h = (v_1^h, v_2^h, \dots, v_Q^h)^T$ 为决策者 J_h 针对各准则 C_q 给定的语义权重向量. 此外, 决策者被允许使用不同的语言术语集来表达他们各自的评价.

基于上述假设, ITL-VIKOR 的分析包括以下步骤:

(1) 将语义决策矩阵 $D_h = (d_{pq}^h)_{P \times Q}$ 转换为区间二元语义决策矩阵 $R_h = (r_{pq}^h)_{P \times Q} = [((r_{pq}^h, 0), (t_{pq}^h, 0))]_{P \times Q}$, 其中, $r_{pq}^h, t_{pq}^h \in S, S = \{s_1, s_2, \dots, s_g\}$, 且 $r_{pq}^h \leq t_{pq}^h$.

若 J_h 采用 5 个粒度的语言术语集 $S = \{s_0 = \text{很差}, s_1 = \text{差}, s_2 = \text{中等}, s_3 = \text{好}, s_4 = \text{很好}\}$ 对准则进行评价, 则语义决策矩阵 D_h 可根据以下方式转换为相应的区间二元语义评价: ① 若评价为确定等级, 例如“差”, 则可转换为 $[(s_1, 0), (s_1, 0)]$; ② 若评价为“差”至“中等”的区间性评价, 表示在该准则下对供应商的评价介于“差”和“中等”之间, 则转换为 $[(s_1, 0), (s_2, 0)]$. ③ 若评价空缺, 即决策者认为无法给出判断, 则认为评价介于“很差”至“很好”之间的任意一个点, 则转换为 $[(s_1, 0), (s_4, 0)]$.

(2) 将语义权重向量 $v_h = (v_1^h, v_2^h, \dots, v_Q^h)^T$ 转换为二元语义权重向量 $w_h = [(\omega_1^h, 0), (\omega_2^h, 0), \dots, (\omega_Q^h, 0)]^T$, 其中, $\omega_q^h \in S, S = \{s_1, s_2, \dots, s_g\}$.

(3) 集结各决策者的意见, 构建集体区间二元语义决策矩阵 $R = (r_{pq})_{P \times Q}$, 其中,

$$r_{pq} = [(r_{pq}, \alpha_{pq}), (r_{pq}, \varepsilon_{pq})] = \Delta \left[\sum_{h=1}^H \lambda_h \Delta^{-1}(r_{pq}^h, 0), \sum_{h=1}^H \lambda_h \Delta^{-1}(t_{pq}^h, 0) \right],$$

$$p = 1, 2, \dots, P, q = 1, 2, \dots, Q \quad (1)$$

(4) 集结准则权重并确定聚合二元语义权重向量 $w = [(\omega_1, \alpha_1), (\omega_2, \alpha_2), \dots, (\omega_Q, \alpha_Q)]^T$, 其中,

$$(\omega_p, \alpha_p) = \Delta \left[\sum_{h=1}^H \lambda_h \Delta^{-1}(\omega_p^h, 0) \right],$$

$$q = 1, 2, \dots, Q \quad (2)$$

(5) 确定理想解 (positive ideal solution, PIS) 和负理想解 (negative ideal solution, NIS), 并记为

$$r^+ = (r_1^+, r_2^+, \dots, r_Q^+) \quad (3)$$

$$r^- = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_Q^-) \quad (4)$$

$$r_q^+ = (r_q^+, \alpha_q^+) = \left\{ \begin{array}{l} \max_p \{ (t_{pq}, \varepsilon_{pq}) \}, \text{效益准则} \\ \min_p \{ (r_{pq}, \alpha_{pq}) \}, \text{成本准则} \end{array} \right\},$$

$$q = 1, 2, \dots, Q \quad (5)$$

$$r_q^- = (r_q^-, \alpha_q^-) = \left\{ \begin{array}{l} \min_p \{ (r_{pq}, \alpha_{pq}) \}, \text{效益准则} \\ \max_p \{ (t_{pq}, \varepsilon_{pq}) \}, \text{成本准则} \end{array} \right\},$$

$$q = 1, 2, \dots, Q \quad (6)$$

所谓 PIS 是指各备选方案在各评价准则中的最佳值, 而 NIS 指各方案在各评价准则中的最差值.

(6) 计算归一化二元语义距离 $(\bar{d}_{pq}, \bar{\alpha}_{pq})$, 则

$$(\bar{d}_{pq}, \bar{\alpha}_{pq}) = \Delta \left(\frac{\Delta^{-1} d(r_q^+, \tilde{r}_{pq})}{\Delta^{-1} d(r_q^+, \tilde{r}_q^-)} \right),$$

$$p = 1, 2, \dots, P, q = 1, 2, \dots, Q \quad (7)$$

其中, $d(r_q^+, \tilde{r}_{pq}) = \Delta \left[\frac{1}{2} (|\Delta^{-1}(r_q^+, \alpha_q^+) - \Delta^{-1}(r_{pq}, \alpha_{pq})| + |\Delta^{-1}(r_q^+, \alpha_q^+) - \Delta^{-1}(t_{pq}, \varepsilon_{pq})|) \right]$,

$$d(r_q^+, \tilde{r}_q^-) = \Delta (|\Delta^{-1}(r_q^+, \alpha_q^+) - \Delta^{-1}(r_q^-, \alpha_q^-)|).$$

(7) 计算二元组 (S_p, α_p) 和 (R_p, α_p) , $p = 1, 2, \dots, P$, 则

$$(S_p, \alpha_p) = \Delta \left[\frac{\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(\omega_q, \alpha_q) \Delta^{-1}(\bar{d}_{pq}, \alpha_{pq})}{\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(\omega_q, \alpha_q)} \right] \quad (8)$$

$$(R_p, \alpha_p) = \Delta \left[\max_q \left[\frac{\Delta^{-1}(\omega_q, \alpha_q) \Delta^{-1}(\bar{d}_{pq}, \alpha_{pq})}{\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(\omega_q, \alpha_q)} \right] \right] \quad (9)$$

(8) 计算二元组 (Q_p, α_p) , $p = 1, 2, \dots, P$, 则

$$(Q_p, \alpha_p) = \Delta \left(\mu \frac{\Delta^{-1}(S_p, \alpha_p) - \Delta^{-1}(S^*, \alpha^*)}{\Delta^{-1}(S^-, \alpha^-) - \Delta^{-1}(S^*, \alpha^*)} + (1 - \mu) \frac{\Delta^{-1}(S_p, \alpha_p) - \Delta^{-1}(R^*, \alpha^*)}{\Delta^{-1}(R^-, \alpha^-) - \Delta^{-1}(R^*, \alpha^*)} \right) \quad (10)$$

其中, $(S^*, \alpha^*) = \min_p (S_p, \alpha_p)$, $(S^-, \alpha^-) = \max_p (S_p, \alpha_p)$, $(R^*, \alpha^*) = \min_p (R_p, \alpha_p)$, $(R^-, \alpha^-) = \max_p (R_p, \alpha_p)$, 而 μ 表示群效用最大化战略的权重, $1 - \mu$ 则表示个人遗憾的权重. 本文 μ 取值为 0.5.

(9)将二元组 (S_p, α_p) 、 (R_p, α_p) 和 (Q_p, α_p) 按照递增排序,排序定义^[32]为:在 (s_k, α_1) 和 (s_l, α_2) 为二元组的条件下,①若 $k < l$, 则 $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$; ②若 $k = l$, 则若 $\alpha_1 = \alpha_2$, 则 $(s_k, \alpha_1) = (s_l, \alpha_2)$; 若 $\alpha_1 < \alpha_2$, 则 $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$; 若 $\alpha_1 > \alpha_2$, 则 $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$.

(10)提出折衷解.若同时满足下列两项条件,则供应商 $A^{(1)}$ 是根据 (Q_p, α_p) 的最小值得出的最终解:

条件 1:可接受优势. $\Delta^{-1}(Q(A^{(2)}), \alpha(A^{(2)})) - \Delta^{-1}(Q(A^{(1)}), \alpha(A^{(1)})) \geq 1/(P-1)$, 其中 $A^{(2)}$ 表示 (Q_p, α_p) 排序中仅次于 $A^{(1)}$ 的供应商.

条件 2:决策过程中的可接受稳定性. 供应商 $A^{(1)}$ 必须同时为 (S_p, α_p) 和/或 (R_p, α_p) 排序中的最优方案. 由此得出的折衷解才能满足决策过程中的稳定性. 当 $\mu > 0.5$ 时,意味着要考虑大多数群体利益; 当 $\mu \approx 0.5$ 时,意味着既要考虑群体利益又要兼顾个人反对意见; 而当 $\mu < 0.5$ 时,则表示结果取决于少数否决意见.

若上述条件不能同时满足,则需要提出一组折衷解:当仅满足条件 1 而不满足条件 2 时,则 $A^{(1)}$ 和 $A^{(2)}$ 为折衷解; 当条件 1 不满足时,则根据 $\Delta^{-1}(Q(A^{(M)}), \alpha(A^{(M)})) - \Delta^{-1}(Q(A^{(1)}), \alpha(A^{(1)})) < 1/(P-1)$ 得到最大值 M 的所有供应商 $A^{(M)}$ 均为理想解.

3 算例应用

在外包供应商选择过程中,评价准则往往同时包含定性与定量因素,例如服务质量可由决策者来进行优劣评分,分数越高表示质量越好;而成本则可直接采用财务数据来衡量,并且企业更偏好成本较低的供应商.因此,本文通过算例将 ITL-VIKOR 应用于外包供应商的选择,并将结果与其他常见供应商选择模型进行比较分析.

现有 3 位专家 $J_h (h=1, 2, 3)$ 组成决策小组对 6 家外包供应商 $A_p (p=1, 2, \dots, 6)$ 进行评价,三者的权重分别为 $\lambda = (0.3, 0.45, 0.25)^T$. 外包供应商的评价准则 $C_q (q=1, 2, 3, 4)$ 分别为沟通与协调(C_1)、价格与成本(C_2)、研发与创新(C_3)以及服务质量(C_4),其中价格与成本(C_2)直接采用精确值,沟通与协调(C_1)、研发与创新(C_3)以及服务质量(C_4)则根据专家评估来衡量.除 C_2 根据财务数据等比例转换为百分制外,其他准则采用 5 点量表对各准则进行评估,即 $S = \{s_0 = \text{很低(VL)}, s_1 = \text{低(L)}, s_2 = \text{中等(M)}, s_3 = \text{高(H)}, s_4 = \text{很高(VH)}\}$. 具体评估汇总见表 2 和表 3.

根据以上前提条件,外包供应商选择的步骤如下:

(1)将各供应商的 C_1 、 C_3 和 C_4 语义评价转换为二元语义组,同时用线性归一方法^[33]处理 C_2 的客观值并转换为二元语义组.表 4 为转换后的 J_1 的二元语义决策矩阵,其他数据以同样方式处理.

表 2 供应商初步评估

Tab.2 Assessments of suppliers provided by the three decision makers

决策者	供应商	准则			
		C_1	C_2	C_3	C_4
J_1	A_1	M	55	H	H
	A_2	L	60	M	L
	A_3	H	95	H	VH
	A_4	M	45	M	H
	A_5	H	50	L	M
	A_6	M	70	M	H
J_2	A_1	H	55	M	M
	A_2	M	60	L	M
	A_3	H	95	VH	H
	A_4	VL	45	M	L
	A_5	M	50	H	M
	A_6	M	70	L	H
J_3	A_1	M	55	H	M
	A_2	L	60	L	M
	A_3	M	95	M	H
	A_4	VL	45	L	M
	A_5	M	50	M	VH
	A_6	L	70	M	M

表 3 准则权重评估

Tab.3 Weights of criteria

决策者	准则权重评估区间							
	C_1		C_2		C_3		C_4	
J_1	0.3	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4
J_2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.3	0.4	0.6
J_3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5

表 4 J_1 二元语义决策矩阵

Tab.4 2-Tuple linguistic decision matrix of J_1

供应商	准则			
	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\Delta(0.667)$	$\Delta(0.579)$	$(s_3, 0)$	$(s_3, 0)$
A_2	$\Delta(0.333)$	$\Delta(0.632)$	$(s_2, 0)$	$(s_1, 0)$
A_3	$\Delta(1.000)$	$\Delta(1.000)$	$(s_3, 0)$	$(s_4, 0)$
A_4	$\Delta(0.667)$	$\Delta(0.474)$	$(s_2, 0)$	$(s_3, 0)$
A_5	$\Delta(1.000)$	$\Delta(0.526)$	$(s_1, 0)$	$(s_2, 0)$
A_6	$\Delta(0.667)$	$\Delta(0.737)$	$(s_2, 0)$	$(s_3, 0)$

(2)根据表 3 计算得出各准则的综合权重为 $w_1 = 0.210, w_2 = 0.296, w_3 = 0.182, w_4 = 0.313$.

(3)根据式(1)构建集体区间二元语义决策矩阵,见表 5.

(4)确定 PIS 和 NIS.

$$r^+ = (\Delta(0.917), \Delta(0.474), \Delta(0.800), \Delta(0.825)),$$

$$r^- = (\Delta(0.200), \Delta(1.000), \Delta(0.325), \Delta(0.425)).$$

(5) 计算归一化二元语义距离 $(\bar{d}, \bar{\alpha})$, 结果如表

表 5 集体二元语义决策矩阵

Tab.5 Aggregated 2-tuple linguistic decision matrix

供应商	准则			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A ₁	$\Delta(0.817)$	$\Delta(0.579)$	$\Delta(0.638)$	$\Delta(0.575)$
A ₂	$\Delta(0.483)$	$\Delta(0.632)$	$\Delta(0.325)$	$\Delta(0.425)$
A ₃	$\Delta(0.917)$	$\Delta(1.000)$	$\Delta(0.800)$	$\Delta(0.825)$
A ₄	$\Delta(0.200)$	$\Delta(0.474)$	$\Delta(0.438)$	$\Delta(0.463)$
A ₅	$\Delta(0.767)$	$\Delta(0.526)$	$\Delta(0.538)$	$\Delta(0.625)$
A ₆	$\Delta(0.583)$	$\Delta(0.737)$	$\Delta(0.388)$	$\Delta(0.688)$

6 所示.

(6) 根据式(8)~式(10)计算二元组 (S_p, α_p) , (R_p, α_p) 和 (Q_p, α_p) , 如表 7 所示.

表 6 归一化二元语义距离

Tab.6 Normalized 2-tuple linguistic distances

供应商	准则			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A ₁	$\Delta(0.140)$	$\Delta(0.200)$	$\Delta(0.342)$	$\Delta(0.625)$
A ₂	$\Delta(0.605)$	$\Delta(0.300)$	$\Delta(1.000)$	$\Delta(1.000)$
A ₃	$\Delta(0.000)$	$\Delta(1.000)$	$\Delta(0.000)$	$\Delta(0.000)$
A ₄	$\Delta(1.000)$	$\Delta(0.000)$	$\Delta(0.763)$	$\Delta(0.906)$
A ₅	$\Delta(0.209)$	$\Delta(1.000)$	$\Delta(0.553)$	$\Delta(0.500)$
A ₆	$\Delta(0.465)$	$\Delta(0.500)$	$\Delta(0.868)$	$\Delta(0.344)$

表 7 二元组 (S_p, α_p) , (R_p, α_p) 和 (Q_p, α_p)

Tab.7 The 2-tuples (S_p, α_p) , (R_p, α_p) and (Q_p, α_p)

二元组	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
(S_p, α_p)	$\Delta(0.346)$ $(s_2, 0.013)$	$\Delta(0.710)$ $(s_2, 0.044)$	$\Delta(0.296)$ $(s_2, -0.038)$	$\Delta(0.632)$ $(s_4, -0.035)$	$\Delta(0.330)$ $(s_2, -0.003)$	$\Delta(0.511)$ $(s_3, -0.011)$
(R_p, α_p)	$\Delta(0.195)$ $(s_1, 0.029)$	$\Delta(0.313)$ $(s_2, -0.021)$	$\Delta(0.296)$ $(s_2, -0.038)$	$\Delta(0.283)$ $(s_2, -0.050)$	$\Delta(0.156)$ $(s_1, -0.010)$	$\Delta(0.158)$ $(s_1, -0.009)$
(Q_p, α_p)	$\Delta(0.186)$ $(s_1, 0.019)$	$\Delta(1.000)$ $(s_6, 0.000)$	$\Delta(0.445)$ $(s_3, -0.055)$	$\Delta(0.812)$ $(s_5, -0.021)$	$\Delta(0.042)$ $(s_0, 0.042)$	$\Delta(0.265)$ $(s_2, -0.068)$

(7) 根据二元组 (S_p, α_p) , (R_p, α_p) 和 (Q_p, α_p) 排序定义进行排序. (Q_p, α_p) 行二元组 $(s_0, 0.042) < (s_1, 0.19) < (s_2, -0.068) < (s_2, -0.068) < (s_5, -0.021) < (s_6, 0.000)$, 则供应商优先度排序结果为 $A_5 > A_1 > A_6 > A_3 > A_4 > A_2$. 因此, 本案例中最佳的供应商是 A_5 .

为进一步验证了 ITL-VIKOR 方法的有效性, 表 8 展示了本文得到的排序与模糊 TOPSIS^[34]、区间 ELECTRE^[35] 和模糊证据理论 MCDM^[36] 模型下的排序结果.

表 8 排序结果比较

Tab.8 Ranking comparison

供应商	ITL-VIKOR	模糊 TOPSIS	区间 ELECTRE	模糊 Dempster MCDM
A ₁	2	3	4	2
A ₂	6	6	6	6
A ₃	4	4	5	3
A ₄	5	5	3	5
A ₅	1	2	1	1
A ₆	3	1	2	3

在 4 种排序中, A_5 , A_6 和 A_2 在多数模型结果中占据首尾位置, 其他供应商则在中间区域, 可见 ITL-VIKOR 模型下的排序结果整体上与其他模型类似, 具有可靠性. 然而, 根据定义, 折衷解的条件 1 并没有得到满足, 即 $\Delta^{-1}(Q(A^{(2)}), \alpha(A^{(2)})) - \Delta^{-1}(Q(A^{(1)}), \alpha(A^{(1)})) = -0.1 < 1/(6-1)$, 因此在本算

例中并非仅有唯一解, A_1 和 A_5 均可能为理想的企业供应商.

在 ITL-VIKOR 的排序中, A_5 排于 A_6 之前, 而在模糊 TOPSIS 模型中两者的前后顺序恰巧相反. 根据表 6 的数据, 虽然 A_5 在 C_1 和 C_3 准则的评价低于 A_6 , 却在 C_2 和 C_4 上明显高于 A_6 , 且这两条准则的权重比 C_1 和 C_3 高, 从而可以推出 A_5 的排序应当先于 A_6 . 同样的, 与区间 ELECTRE 模型比较时, A_1 在高权重准则 C_2 和 C_4 上优于 A_4 , 因此综合排序中 A_1 在 A_4 之前. 此外, ITL-VIKOR 模型也解决了模糊 Dempster MCDM 模型中排序重复的问题. 后者的 A_3 和 A_6 在六家供应商中并列第三, 这将使企业在决策过程中难以区分, 而 ITL-VIKOR 则很好地避免了这一问题. 综上, 与模糊 TOPSIS、区间 ELECTRE 和模糊 Dempster MCDM 模型相比, 本文运用的 ITL-VIKOR 模型更具有精确性.

本文通过算例展现了 ITL-VIKOR 应用于外包供应商选择过程的可行性, 并通过比较分析发现 ITL-VIKOR 模型在选择外包供应商时具有以下优势:

(1) 该模型能够同时处理定性与定量数据, 并且不同的评价单位与范围不会影响排序结果. ITL-VIKOR 采用归一化方式对评价进行换算, 决策者表述的语义评价能够在处理过程中得到有效、更精确的保留, 以减少信息处理的丢失现象.

(2) 决策者评价信息的多样性和不确定性能够由区间二元语义变量充分反映,同时还能客观地弥补信息缺漏问题。

(3) 决策者的偏好能够在模型中有所体现. 通过式(11)中 μ 的取值,能够体现决策者是倾向于群决策效用最大化还是个人遗憾最小化. 同时,二元组 (S_p, α_p) 、 (R_p, α_p) 和 (Q_p, α_p) 三者的排序与综合比较能够使供应商选择考虑更周全。

4 结论

由于专家评价信息不确定问题,以及数据转换产生的偏差问题,企业在选择外包供应商时应当选用更加可靠性的模型进行决策. 本文主要研究了 ITL-VIKOR 模型在企业外包供应商选择过程中的应用. 通过算例得到了理想的外包供应商排序结果,并将其与常用模型进行比较,显示出 ITL-VIKOR 模型在外包供应商选择中的优势:该模型具备可靠性的同时提高了数据处理的精确性和兼容性;不仅规避了排序结果重复的问题,而且可以同时处理定性定量数据;融入了决策者的偏好,使外包供应商选择更全面;有助于企业制定长期战略并提高其在供应链中的整体运行效率。

参考文献:

- [1] 尤筱玥,黄志明. 决策因素分析:企业非核心业务经营模式的选择[J]. 上海管理科学, 2013, 35(4): 1.
YOU Xiaoyue, HUANG Zhiming. Study on decision factors: selection of business model for non-core business[J]. Shanghai Management Science, 2013, 35(4): 1.
- [2] LIMA F R, Jr OSIRO L, CARPINETTI L C R. A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to supplier selection[J]. Applied Soft Computing, 2014, 21: 194.
- [3] RICHARD B C, NICHOLAS J A, ROBERT J. 生产与运作管理:制造与服务[M]. 第8版.宋国防译.北京:机械工业出版社, 1999: 441-462.
RICHARD B C, NICHOLAS J A, ROBERT J. Production and operations management: Manufacturing and services[M]. 8th ed. Translated by SONG Guofang. Beijing: China Machine Press, 1999.
- [4] 马士华,林勇,陈志祥. 供应链管理[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
MA Shihua, LIN Yong, CHEN Zhixiang. Supply chain management[M]. Beijing: China Machine Press, 2000.
- [5] DICKSON G W. An analysis of vendor selection systems and decisions[J]. Journal of Purchasing, 1966, 2(1): 5.
- [6] VERMA R, PULLMAN M E. An analysis of the supplier selection process[J]. Omega, 1988, 26(6): 739.
- [7] WEBER C A, CURRENT J R, BENTON W C. Vendor selection criteria and methods[J]. European Journal of Operational Research, 1991, 50: 2.
- [8] 杜培枫. 外包供应商的选择与评价问题研究[J]. 经济问题, 2005(10): 37.
DU Peifeng. Study on outsourcing supplier selection and evaluation[J]. On Economic Problems, 2005(10): 37.
- [9] DWEIRI F, KUMAR S, KHAN S A, et al. Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry[J]. Expert Systems with Applications, 2016, 62: 273.
- [10] GALANKASHI M R, HELMI S A, HASHEMZAHI P. Supplier selection in automobile industry: a mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach[J]. Alexandria Engineering Journal, 2016, 55: 93.
- [11] 王磊,叶军,张鸿莉. 一种基于粗糙集和层次分析法的供应商选择方法[J]. 计算机科学, 2014, 41(3): 80.
WANG Lei, YE Jun, ZHANG Hongli. Rough set and analytic hierarchy process-based approach on supplier selection[J]. Computer Science, 2014, 41(3): 80.
- [12] 谭秋溪,陈姣,王晓曦. 基于不确定语言信息的物流供应商选择[J]. 工业工程, 2012, 15(3): 46.
TAN Dixi, CHEN Jiao, WANG Xiaodun. Supplier selection based on uncertain linguistic information[J]. Industrial Engineering Journal, 2012, 15(3): 46.
- [13] 阮连法,陈佳玲. 基于模糊 VIKOR 方法的绿色建筑供应商选择[J]. 统计与决策, 2011(21): 62.
RUAN Lianfa, CHEN Jialing. Green building supplier selection based on fuzzy VIKOR method[J]. Statistics and Decision, 2011(21): 62.
- [14] GRISI R M, GUERRA L, NAVIGLIO G. Supplier performance evaluation for green supply chain management[C]// Business Performance Measurement and Management. Berlin: Springer, 2010: 149-163.
- [15] CHIOU C Y, HSU C W, HWANG W Y. Comparative investigation on green supplier selection of the American, Japanese and Taiwanese electronics industry in China[C]// IEEE International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management. Singapore: IEEE, 2008: 1909-1914.
- [16] LEE A H I, KANG H Y, HSU C F, et al. A green supplier selection model for high-tech industry[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36: 7917.
- [17] GOVINDAN K, RAJENDRAN S, SARKIS J, et al. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 98: 66.
- [18] UYGUN Ö, KAÇAMAK H, KAHRAMAN Ü A. An integrated DEMATEL and fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company[J]. Computers & Industrial Engineering, 2015, 86: 137.
- [19] WAN S P, WANG F, LIN L L, et al. An intuitionistic fuzzy linear programming method for logistics outsourcing provider selection[J]. Knowledge-based Systems, 2015, 82: 80.
- [20] SINK H L, LANGLEY C. A managerial framework for the acquisition of third-party logistics services[J]. Journal of

- Business Logistics, 1997, 18: 163.
- [21] 雷星晖, 尤筱玥. 基于层次分析法支持决策的外包服务供应商绩效评价[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2014, 42(11): 1770.
- LEI Xinghui, YOU Xiaoyue. Evaluation of outsourcing service providers' performance on analytic hierarchy process to support decision-making [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2014, 42(11): 1770.
- [22] KAHRAMAN C, ÖZTAY I B, ONAR S C. Intuitionistic fuzzy multicriteria evaluation of outsource manufacturers [J]. IFAC—PapersOnLine, 2016, 49(12): 1844.
- [23] LIOU J J H, CHUANG Y T. Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(5): 3755.
- [24] DENG X, HU Y, DENG Y, *et al.* Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(1): 156.
- [25] OPRICOVIC S, TZENG G H. Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 156(2): 445.
- [26] AWASTHI A, KANNAN G. Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 91: 100.
- [27] 宋海草, 易树平. VIKOR 算法在 VMI 备件供应商选择的评价研究[J]. 世界科技研究与发展, 2014, 36(5): 548.
- SONG Haicao, YI Shuping. Application of VIKOR algorithm in choice of spare parts suppliers in VMI [J]. World Sci-Tech R&D, 2014, 36(5): 548.
- [28] 钟瑞琼. 基于模糊 VIKOR 和熵权方法的外包供应商选择模型构建及应用研究[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2012, 34(6): 89.
- ZHONG Ruiqiong. Outsourcing supplier selection model construction and application research based on fuzzy VIKOR and entropy weighting method[J]. Ji'nan Journal (Philosophy and Social Science), 2012, 34(6): 89.
- [29] LIU H C, LIU L, WU J. Material selection using an interval 2-tuple linguistic VIKOR method considering subjective and objective weights[J]. Materials and Design, 2013, 52: 158.
- [30] WU Y, CHEN K, ZENG B, *et al.* Supplier selection in nuclear power industry with extended VIKOR method under linguistic information[J]. Applied Soft Computing, 2016, 48: 444.
- [31] YOU X Y, YOU J X, LIU H C, *et al.* Group multi-criteria supplier selection using an extended VIKOR method with interval 2-tuple linguistic information[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(4): 1906.
- [32] HERRERA F, MARTÍNEZ L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746.
- [33] SHIH H S, SHYUR H J, LEE E S. An extension of TOPSIS for group decision making [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2007, 45(7-8): 801.
- [34] CHEN C T, LIN C T, HUANG S F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management [J]. International Journal of Production Economics, 2006, 102(2): 289.
- [35] VAHDANI B, JABBARI A H K, ROSHANAEE V, *et al.* Extension of the ELECTRE method for decision-making problems with interval weights and data[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, 50(5-8): 793.
- [36] DENG Y, CHAN F T S. A new fuzzy Dempster MCDM method and its application in supplier selection [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(8): 9854.