

基于 ANP+VIKOR 算法的建设项目采购 供应商选择

曾明

(四川华能太平驿水电有限责任公司, 四川 汶川 623003)

摘要: 在建设项目中, 采购供应商不仅影响项目的质量和进度, 还直接关系到项目的成本, 如何从众多供应商中筛选出符合项目需求的优质供应商, 成为一个亟待解决的问题, 基于此, 提出基于 ANP+VIKOR 算法的建设项目采购供应商选择研究。综合考虑多个方面的因素, 构建多个维度的供应商选择指标体系, 并对指标数据进行标准化处理, 利用网络分析法(ANP)明确各指标之间的关系, 计算指标的权重, 采用多准则妥协解排序法(VIKOR)计算每个供应商的群体效用值和个体遗憾值, 进而得出每个供应商的折中值, 并对供应商进行排序。案例分析表明, 所研究的方法能够稳定地选出最优供应商, 并对决策机制系数的变化表现出相对的不敏感性, 证明了其在实际应用中的可靠性和实用性。

关键词: ANP; VIKOR; 建设项目; 采购供应商; 供应商选择

中图分类号: TU201.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)14-0205-05

在建设项目中, 采购供应商不仅影响项目的质量和进度, 还直接关系到项目的成本, 然而在建设项目物资采购过程中, 由于缺乏有效的采购供应商评价方法, 难以客观地选出真正优秀的供应商, 因此, 如何从众多供应商中筛选出符合项目需求的优质供应商, 成为一个亟待解决的问题^[1]。周南希^[2]提出供应商选择机制与成本优化模型研究, 通过建立全面的供应商综合评价指标体系, 综合考虑供应商的业绩、设备管理、人力资源开发、质量控制、成本控制、技术开发、用户满意度、交货协议等方面的内容, 选择合适的供应商。庞佳佳^[3]提出物资集中采购供应商的综合评价, 通过建立一套全面、客观、科学的供应商综合评价体系, 以指导企业在物资集中采购过程中正确选择供应商, 提高采购效率和质量, 降低采购成本, 增强企业的市场竞争力。但是现有的供应商选择方法往往侧重于单一维度的评估, 如价格、质量或交货期等, 而忽略了供应商之间的复杂关系和相互影响。

在实际项目中, 供应商的选择是一个多指标、多层次的决策问题, 需要考虑众多相互关联的指标。网络分析法(analytic network process, ANP)在这一领域展现了独特的优势, 它能够分析各指标之间的相互关系, 从而更全面地理解各指标之间的

内在联系, 为权重的确定提供更为准确和合理的方法。多准则妥协解排序法(VlseKriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje, VIKOR)能够综合考虑供应商在多个评价指标上的表现, 计算出每个供应商的折中值, 进而对供应商进行排序和选择。为了更全面地评估供应商的综合实力, 为建设项目采购供应商的选择提供更加科学、合理的决策依据, 本文提出一种基于 ANP 和 VIKOR 算法的建设项目采购供应商选择方法。这一方法结合了 ANP 算法在指标间复杂关系上的优势和 VIKOR 算法在综合评价上的准确性, 可以为建设项目采购供应商的选择提供更加准确、可靠的决策支持。通过本文的研究, 期望能够为建设项目采购供应商的选择提供更加准确和可靠的决策依据, 推动建设项目的顺利实施和可持续发展。

1 基于 ANP+VIKOR 算法的建设项目采购 供应商选择方法设计

1.1 构建建设项目采购供应商选择指标体系

在构建建设项目采购供应商指标集的时候, 需要考虑多个方面的因素, 包括供应商的制造技术水平, 生产管理能力和供应商的优势以及价格等多方面选取采购供应商指标, 因此, 综合考量多个维度, 建立建设项目采购供应商选择指标体系, 如表 1 所示。

收稿日期: 2025-01-09

作者简介: 曾明(1973—), 女, 四川汶川人, 工程师, 研究方向为采购管理。

表 1 建设项目采购供应商选择指标体系

一级指标	二级指标
制造技术水平	技术水平
	设备状况
	作业流程
	作业标准
品质管理	品质体系
	管理规范
商业优势	资质水平
	合作历史
	企业信誉
生产管理	现金流
	生产计划体系
	交期控制能力
	速度控制能力
	异常应对能力
价格评估	原料价格
	加工费用
	资产周转率

如表 1 所示,在构建完成建设项目采购供应商选择的指标体系后,为了确保不同建设项目采购供应商指标之间的数据能够进行有效的比较和分析,需要对这些指标数据进行标准化处理,标准化处理是一种常用的数据预处理技术,旨在消除不同指标数据之间差异所带来的影响,可以消除指标数据之间的差异,便于比较和解释,从而更好地进行综合评价、排名,进而选择出最符合本项目需求的采购供应商^[4]。为了使得这些数据在统一的尺度下具有可比性,对指标数据标准化进行计算。

$$\begin{cases} R_1 = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \\ R_2 = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \end{cases} \quad (1)$$

式中: R_1 为正向采购供应商选择指标; x_{ij} 为指标值; x_{\min} 为指标最小值; x_{\max} 为指标最大值; R_2 为负向采购供应商选择指标。

通过构建建设项目采购供应商选择指标体系,并对其中的指标数据进行标准化处理,可为后续的建设项采购供应商选择提供有力的支持。

1.2 基于 ANP 算法计算选择指标权重

建设项目采购供应商的选择是一个复杂的多指标决策问题,为了筛选最合适的采购供应商,本文采用了 ANP 算法对采购供应商的选择指标进行深入的分析。ANP 算法主要由控制层和网络层^[5]两个核心部分组成。控制层负责定义建设项目采购供应商选择的总体目标和关键决策准则,它提供了一个清晰的决策框架,明确在选择采购供应商时需要关注的重点方向;网络层则揭示了各采购供应

商选择指标之间的相互关系,从而更全面地理解各指标之间的内在联系。基于 ANP 算法构建的建设项采购供应商选择结构如图 1 所示。

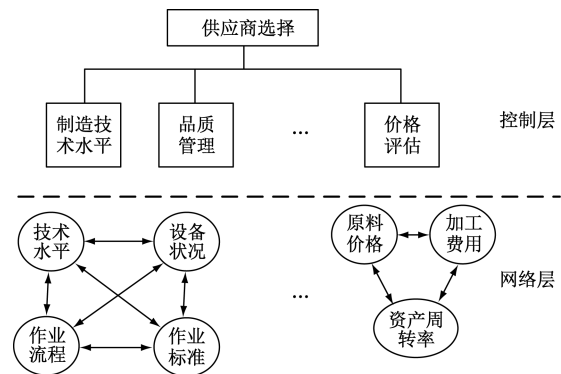


图 1 建设项目采购供应商选择结构

如图 1 所示,首先,构建采购供应商选择矩阵,建设项目采购供应商通常有多个备选,基于确立的指标体系对每个采购供应商进行评分,建立判断矩阵,从而得到归一化特征的向量^[6],对各个要素之间的内外部的相关性和反馈关系,从而获得初始矩阵。

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中: W 为未加权矩阵; w_{m} 为归一化特征向量; n 为采购供应商指标的总数。

接下来,以控制层为主准则,以网络层为次准则,进行两两比较后构建采购供应商选择判断矩阵,从而获得标准化特征向量,进而得到采购供应商的加权矩阵。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中: A 为采购供应商的加权矩阵; a_{m} 为标准化特征向量。

由于 ANP 算法可以处理指标之间的依赖关系和反馈关系,因此,指标的优先权确定过程相对复杂。采用超矩阵对其进行迭代计算,通过迭代过程,可以计算出各指标之间的相互影响,计算公式为

$$W_A = \lim_{k \rightarrow \infty} A^k W \quad (4)$$

式中: W_A 为极限超矩阵。

在计算各指标间的权重时,使用相对比率标度两两相互比较提高准确度,不同比率标度的选择会

直接影响采购供应商判断矩阵的结果,为保证采购供应商判断矩阵结果更加准确,采用 1~9 比率尺度理论对采购供应商的选择进行量化,如表 2 所示。

表 2 1~9 比率标度法

重要性标度	含义
1	两个采购供应商选择指标对建设项目采购供应商选择具有同样的重要性
3	两个采购供应商选择指标,A 比 B 对建设项目采购供应商选择略重要
5	两个采购供应商选择指标,A 比 B 对建设项目采购供应商选择重要很多
7	两个采购供应商选择指标,A 比 B 对建设项目采购供应商选择更加重要
9	两个采购供应商选择指标,A 比 B 对建设项目采购供应商选择极端重要
2,4,6,8	上面各重要性之间的中值

如表 2 所示,按照 1~9 比率标度法,对各采购供应商选择指标之间的关系进行两对对比,求出矩阵的最大特征值,再求出其对应的特征向量,接着再进行归一化处理,即可得到各个指标的重要程度。

$$W_A^0 = \lambda_{\max} \omega \quad (5)$$

式中: ω 为特征向量; λ_{\max} 为最大特征值。

1.3 基于 VIKOR 算法计算采购供应商选择折中值

在建设项目采购供应商的选择过程中,依据 ANP 算法计算选择指标权重,并基于 VIKOR 算法,可以计算每个采购供应商的群体效用值以及个体遗憾值^[7]。群体效用值反映了供应商在各评价指标上的综合表现,个体遗憾值反映供应商在各评价指标上与理想方案的差距。这两个数值是可以深入的比较各供应商综合实力,在 VIKOR 算法中,正理想解和负理想解主要用于计算各采购供应商的群体效用值和个体遗憾值^[8]。计算公式为

$$\begin{cases} r^+ = (r_1^+, r_2^+, \dots, r_n^+) \\ r^- = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-) \end{cases} \quad (6)$$

式中: r^+ 为所有评价准则中均达到最优的解; r^- 为所有评价准则中均达到最差的解。

群体效用值反映所有备选供应商相对于正理想解的群体接近程度,计算公式为

$$S_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \frac{r_j^+ - r_{ij}}{r_j^+ - r_j^-} \quad (7)$$

式中: S_i 为采购供应商群体效益值; ω_j 为综合权重。

采购供应商个体遗憾值反映每个备选供应商未能达到最优解的程度,体现了决策者对于未能实现最优解的遗憾感受,计算公式为

$$R_i = \max \omega_j \frac{r_j^+ - r_{ij}}{r_j^+ - r_j^-} \quad (8)$$

式中: R_i 为采购供应商的个体遗憾值。

折中值是一个综合度量值,用于衡量每个采购供应商选择方案的综合表现,它考虑了群体效用值和个体遗憾值,并通过一个决策机制系数 v 来平衡两者之间的权重,计算公式为

$$Q_i = \omega_j \frac{S_i - S^+}{S^- - S^+} + (1 - v) \frac{R_i - R^+}{R^- - R^+} \quad (9)$$

式中: Q_i 为选择折中值; S^+ 为最大供应商群体效益值; S^- 为最小供应商群体效益值; v 为决策机制系数; R^+ 为最大供应商个体遗憾值; R^- 为最小供应商个体遗憾值。

在得到所有备选方案的折中值后,可以对它们进行排序。

1.4 确定建设项目采购供应商排序和选择

根据计算得出的采购供应商选择折衷值,将建设项目采购供应商从小到大进行排序,确定各建设项目采购供应商的排名^[9]。首先,验证排名第一的采购供应商是否满足可接受的优势条件,计算公式为

$$Q(2)_i - Q(1)_i \geq \frac{1}{m-1} \quad (10)$$

式中: $Q(1)_i$ 为选择折中值排名第一的供应商; $Q(2)_i$ 为选择折中值排名第二的供应商; m 为总的采购供应商可选择数量。

如果被选择的排名第一的供应商满足式(10)的条件,则继续验证 $Q(1)_i$ 所对应的采购供应商在群体效用值,以及个体遗憾值中是否也是最优选择,若该供应商在这两个维度上表现出色,则其所对应的采购供应商为最优选择,若该供应商在任一维度上未能满足最优条件,则将其视为折中解^[10],即虽然不是最佳选择,但在综合评价中仍具有相当的竞争力。

如果被选择的排名第一的供应商不满足式(10)的条件,即其优势不够显著,则需要从剩余的供应商中选取,选取条件如式(11)所示。

$$Q_i - Q(1)_i \leq \frac{1}{m-1} \quad (11)$$

选择满足式(11)的最大 i 值的采购供应商,可以确保所选供应商在采购供应商选择折中值上与第一选择保持接近,此时,采购供应商选择折中值最接近 $Q(1)_i$ 的若干个供应商选择方案均被视为折中解。

通过这一系列的排序、验证和选择,可以确保所选供应商在多个评价维度上表现出色,同时满足可接受的优势和稳定性条件。

2 案例分析

2.1 项目背景

为了验证本文所研究的建设项目采购商选择方法的实用性,以 2024—2026 年压力容器更新改造设备项目为例进行分析研究。压力容器更新改造设备项目是一项综合性改造项目,采购范围为调速器压力油罐,机组进水阀门压力油罐,低压储气罐,中压储气罐等设备。项目内容包括新压力容器的设计、制造、试验(出厂试验及交接试验)、协助注册登记(特种设备报废、登记及变更)运输及安装调试指导。为了确保项目的顺利推进,需要从众多供应商中筛选出符合研究项目需求的优质供应商。压力容器的选材符合标准 TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》中金属材料技术要求。

用于制造设备的所有材料应根据条件考虑强度、刚度、弹性变形、耐用性和其他化学、物理性能,选用最适用的、新的、优质的、无损伤和缺陷的材料,其性能及参数不低于 Q345R 钢体材质。通过招标公告、行业推荐等方式征集潜在供应商,对提交的资质文件进行资格预审。组织专业团队对潜在供应商的生产现场进行实地考察,与其进行技术交流,了解产品的性能、质量和技术支持情况。收集潜在供应商的报价,结合技术、质量、交货时间和服务等因素进行综合评价,选出最优供应商。与选定供应商签订采购合同,明确双方的责任和义务,确保合同的顺利执行。通过本方法的实施,研究项目将成功选择到符合项目需求的优质供应商,确保压力容器更新改造设备的选择能够符合后期运营中的高质量、高效率和高环保性要求。同时,建立的供应商绩效管理体系将为项目的长期运营提供有力保障。

2.2 供应商数据

通过分析供应商的历史数据,共选取 5 名供应商,这些供应商的报价数据如表 3 所示。

表 3 展示了 5 名供应商在投标报价方面由低到高排序为供应商 C、供应商 D、供应商 B、供应商 E、供应商 A。以此为基础,对不同供应商的其他方面进行衡量。

表 3 五名供应商报价

供应商编号	投标供应商报价/元
秦皇岛市山锅压力容器制造有限公司(A)	3 985 842
丹阳同泰化工机械有限公司(B)	3 982 120
山东彼得成套设备公司(C)	3 023 400
江阴市华夏化工机械有限公司(D)	3 772 550
郑州锅容压力容器有限公司(E)	3 984 120

2.3 结论分析

根据上述建设项目概况以及备选供应商,得出供应商的排名如表 4 所示。

表 4 供应商排名

供应商	S_i	排名	R_i	排名	Q_i	排名
A	0.483	5	0.069	5	0.699	4
B	0.412	3	0.049	2	0.731	5
C	0.356	1	0.041	1	0.238	1
D	0.391	2	0.063	4	0.496	2
E	0.431	4	0.051	3	0.519	3

如表 4 所示,通过上述文章的排序方法,可以确定供应商 C 为本次案例分析中最佳选择,所列举出的 5 家供应商的排序为供应商 C、供应商 D、供应商 B、供应商 E、供应商 A,因此,选择供应商 C 作为研究项目的供应商。

为了验证选择结果的可靠性,将决策机制系数 v 按比例等间隔取 5 个值,得到决策机制系数对建设项目采购供应商排序的影响,影响的排序如图 2 所示。

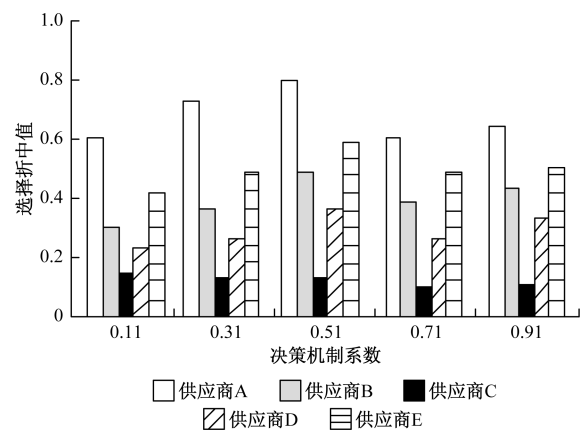


图 2 供应商排序

根据图 2 可以看出,当决策机制系数取不同值时,供应商 C 始终排名第一,供应商 D 排名第二,排名最后的供应商依旧为供应商 A,因此可以得出,本文采用的 ANP+VIKOR 算法展现出对决策机制系数的相对不敏感,这意味着即使决策机制系数在一定范围内变动,该方法的决策结果仍能保持稳定性和一致性。

对建设项目采购供应商的排序结果进行敏感性分析,所得结果如图 3 所示。

根据图 3 可以看出,本文研究的方法在建设项目供应商的选择上面具有一定的合理性,且可以分析出各供应商的不足之处,更全面地了解各供应商的优劣势,从而做出更明智的决策。

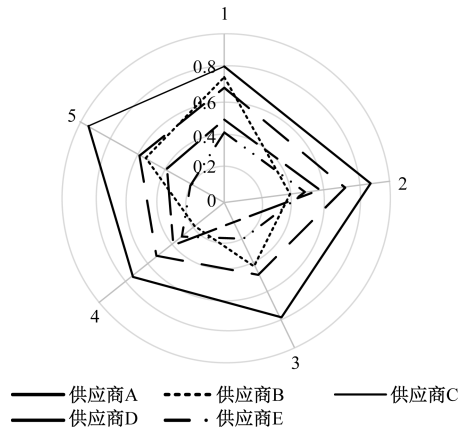


图3 敏感性分析结果

3 结论

本文通过结合 ANP 和 VIKOR 算法,为建设项目采购供应商的选择提供一种全面、客观和科学的评估方法。该方法不仅考虑多个评价指标之间的复杂关系,还通过计算群体效用值和个体遗憾值,深入比较各供应商的综合实力。通过案例分析,证明其在实际项目中的可靠性和实用性。未来,可以进一步拓展该方法的应用范围,将其应用于其他领域的多指标决策问题,为决策者提供更加准确和可靠的决策依据。同时,也可以继续完善和优化该方法,以提高其评估效率和准确性,推动建设项目的顺利实施和可持续发展。

参考文献

- [1] 张焯蕾, 陈李红. 基于网络层次分析法的纺织非遗产业竞争力评价模型[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2024, 44(3): 103-110.
- [2] 周南希. 供应商选择机制与成本优化模型研究[J]. 中国物流与采购, 2024(18): 118-120.
- [3] 庞佳佳. 物资集中采购供应商的综合评价[J]. 中国军转民, 2024(17): 30-31.
- [4] 陈洋林, 吴正平, 张长全, 等. 供应商选择与企业绿色创新[J]. 经济问题, 2024(9): 87-94.
- [5] 卢婕, 毕晓莉. 基于网络层次分析法的甘肃省绿色建筑评价指标体系研究[J]. 城市建筑, 2024, 21(14): 196-200.
- [6] 屈有利, 王小艳, 苏杜彪. 数字化背景下企业主材供应商选择研究——基于指标综合值评估法[J]. 大陆桥视野, 2024(7): 66-67.
- [7] 邹筱, 刘鹏德, 庞天赐, 等. 绿色发展视角下钢铁产业物资供应商评价与选择[J]. 物流科技, 2024, 47(11): 43-47.
- [8] 张立新, 刘欣悦. 基于 IFAHP-熵权法和 GRAP-VIKOR 的预制构件供应商选择模型[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2024, 44(2): 128-132.
- [9] 朱松涛. 网络层次分析法在西安市水生态文明城市建设评价中的应用[J]. 陕西水利, 2024(4): 16-19.
- [10] 王语嫣, 吴耀辉, 邵鹏飞. 基于多准则直觉模糊的服装企业绿色供应商选择[J]. 科技和产业, 2024, 24(9): 17-24.

Supplier Selection for Construction Project Procurement Based on ANP+VIKOR Algorithm

ZENG Ming

(Sichuan Huaneng Taipingyi Hydropower Co. Ltd., Wenchuan 623003, Sichuan, China)

Abstract: In construction projects, procurement suppliers not only affect the quality and progress of the project, but also directly affect the cost of the project. How to select high-quality suppliers that meet project requirements from numerous suppliers has become an urgent problem to be solved. Based on this, a research on the selection of construction project procurement suppliers based on ANP+VIKOR algorithm was proposed. Taking into account multiple factors, a multi-dimensional supplier selection indicator system was constructed, and the indicator data was standardized. The ANP algorithm was used to clarify the relationship between each indicator and the weights of the indicators were calculated. The VIKOR algorithm was used to calculate the group utility value and individual regret value of each supplier, and the compromise value of each supplier was obtained, and the suppliers were ranked. Case analysis shows that the studied method can stably select the optimal supplier and exhibits relative insensitivity to changes in decision mechanism coefficients, demonstrating its reliability and practicality in practical applications.

Keywords: ANP; VIKOR; construction project; procurement suppliers; supplier selection