

基于CRITIC和TOPSIS的医疗设备制造业 供应商选择

封晓丽

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年12月15日; 录用日期: 2025年1月8日; 发布日期: 2025年1月16日

摘 要

随着国内经济水平的发展, 人民生活水平的提高, 医疗行业逐步转向智能化, 医疗机器人设备作为新兴高技术, 正处在业务蓬勃发展阶段。如何有效地对该类企业进行供应商管理是企业获得竞争优势的重要因素, 也是企业获得利润增长点的重要指标。通过文献调研筛选出21个医疗设备制造供应商的评价选择指标, 应用CRITIC进行赋权, 并通过TOPSIS法对供应商进行评价, 选出贴近度最高的作为合作伙伴, 为医疗设备制造业供应商选择提供一种可行性方法。

关键词

医疗设备制造业, 供应商评价与选择, CRITIC, TOPSIS

Supplier Selection for Medical Equipment Manufacturing Industry Based on CRITIC and TOPSIS

Xiaoli Feng

School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Dec. 15th, 2024; accepted: Jan. 8th, 2025; published: Jan. 16th, 2025

Abstract

With the development of the domestic economic level, the improvement of people's living standards, the medical industry has gradually turned to intelligence, medical robot equipment as a new high-tech, is in the stage of booming business development. How to effectively manage the supplier

of such enterprises is an important factor for enterprises to gain competitive advantage and an important index for enterprises to gain profit growth point. The evaluation and selection indicators of 21 medical equipment manufacturing suppliers were selected through literature research, the CRITIC was empowered, the supplier was evaluated by TOPSIS method, and the partner with the highest degree of closeness was selected as a feasible method for the selection of medical equipment manufacturing suppliers.

Keywords

Medical Equipment Manufacturing, Supplier Evaluation and Selection, CRITIC, TOPSIS

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球化的市场竞争环境中，制造企业正面临着前所未有的多重挑战。这些挑战包括客户需求的迅速变化、产品生命周期的不断缩短，以及客户对交货速度、产品可靠性和供货稳定性的要求日益严格。面对如此严峻的市场环境，企业愈发认识到建立持续竞争优势的紧迫性。为了实现这一目标，企业不仅需要高效整合内部资源，以提升资源利用率，还必须与关键供应商建立稳固的合作伙伴关系，以获取跨越组织边界的互补性资源和能力。

随着人工智能的快速发展，技术的突破以及应用领域的广泛化，医疗行业技术发展也实现重大突破。医疗机器人作为人工智能时代在医疗领域应用的深化，能够有效地帮助医生进行一系列的医疗诊断和辅助治疗，在有效缓解医疗资源紧张的问题下推动医疗信息化的发展。医疗机器人是实现工业 4.0 战略、智能制造升级的重要一环，国家相继发布的《中国制造 2025》《国家标准化体系建设发展规划(2016~2020)》《机器人产业发展规划(2016~2020)》等政策文件中均包含支持医疗机器人产业发展相关内容。随着手术机器人的技术不断进步和完善，机器人辅助手术的需求日益高涨，市场竞争也越来越激烈，近几年我国手术机器人院端装机量持续增长，2023 年我国新装机手术机器人台数同比增长 3.6%，手术机器人保有数量持续高速增长。

朱铎辉[1]提出了一种基于层次分析法(AHP)的供应商评价指标体系和多级评价模型，并结合该模型在制药企业的应用说明了模型的有效性。Cevriye Gencer & Didem Gürpınar [2]提出了 ANP 模型，模型中的指标分为三大类，考虑了各指标间的相互影响，为一家电子公司选择合适的供应商。Sunil Luthra [3]采用模糊 TOPSIS 方法对印度汽车零配件制造企业在全球范围内选择绿色供应商进行研究。Kaya, Rukiye [4]等提出基于贝叶斯网络的 DEMATEL 方法，该方法能系统地利用专家知识，建立概率决策支持模型，并在土耳其一家大型汽车制造商的供应商选择验证了方法的有效性。刘蓉、张海涛[5]等通过建立可持续评价体系，将 FAHP 和 TOPSIS 相结合，解决铸造企业的供应商问题。

本文通过结合 CRITIC 赋权法和 TOPSIS 评价法两种方法研究医疗设备制造供应商的选择。CRITIC 法综合考虑数据波动情况和指标间的相关性，适用于指标自身带有一定波动性和相关性的数据；TOPSIS 法可以把模糊不清的思想转化为直观且具有良好结构的模型，适用于变量众多、关系复杂而结构不明确的系统分析，也可用于方案的排序。两种方法相结合，能够使医疗设备制造供应商合作伙伴选择的研究更加科学，更具可操作性。

2. 评价指标体系构建

(1) 理论文献

本文的初始指标来源于国内外学者对医疗设备、制造业、医疗行业的相关研究，国内外学者在供应商评价研究都有着较为成熟的理论，但相比来说，对医疗设备行业的供应商评价问题上的研究还有所缺乏。因此，本文结合国内外对于医疗行业、制造业供应商评价选择的研究成果上，设计指标体系。

(2) 医疗行业的相关法规标准

2015 年，为了指导医疗器械生产企业做好供应商审核工作，提高医疗器械质量安全保证水平，根据《医疗器械生产监督管理办法》和《医疗器械生产质量管理规范》，国家食品药品监督管理总局组织制定了《医疗器械生产企业供应商审核指南》[6]。

在准入审核方面，生产企业应当根据对采购物品的要求，包括采购物品类别、验收准则、规格型号、规程、图样、采购数量等，制定相应的供应商准入要求，对供应商经营状况、生产能力、质量管理体系、产品质量、供货期等相关内容进行审核并保持记录。必要时应当对供应商开展现场审核，或进行产品小试样的生产验证和评价，以确保采购物品符合要求。

Table 1. Medical equipment manufacturing supplier selection index
表 1. 医疗设备制造业供应商选择指标

一级指标	二级指标	指标特性
A 质量能力	A1 来料合格率	效益型
	A2 质量管理能力	效益型
	A3 退货率	成本型
B 价格水平	B1 价格稳定性	效益型
	B2 降价能力	效益型
	B3 付款条件	效益型
C 交付能力	C1 交货提前期	成本型
	C2 准时交付率	效益型
	C3 订单满足率	效益型
	C4 生产柔性	效益型
D 服务水平	D1 问题处理及时性	效益型
	D2 物流运输能力	效益型
	D3 售后维修服务水平	效益型
E 协同开发能力	E1 技术研发水平	效益型
	E2 技术交流频率	效益型
F 公司运营能力	F1 信息化水平	效益型
	F2 企业在同行业信誉	效益型
	F3 财务状况	效益型
G 生产能力	G1 设备及工艺管理	效益型
	G2 生产管控	效益型
H 环保能力	H1 环境管理体系认证	效益型

戴泉晨[7]等为了研究汽车零部件供应商分类问题,针对目前供应商评价管理中指标体系建立和最终采购模式难以存在必然关系的现状,结合汽车零部件供应特征,建立了兼顾质量评价、商务评价、开发和综合能力等维度、10个二级指标的定性、定量结合的汽车零部件供应商评价体系。刘中艳[8]等人指出医疗设备行业所生产的产品多为小批量多品种,产品定制化程度较高,所以对供应商的生产稳定性、技术水平及研发能力要求较高,故增加“生产及研发能力”这一指标,且医疗设备需要接触人体,补充质量因素:ISO13485认证要求等,针对医疗器械行业给出了针对性的指标体系。随后,左宏[9]针对医疗设备行业针对供应商评价补充了售前售后服务这一指标,医疗行业因涉及到人体生命安全,一旦医疗设备出现问题,必须要尽快排查问题,更换备件或者由供应商驻厂维修,所以供应商服务水平非常重要。缪家清[10]等人运用层次分析法确定供应商评价指标模型,选取供货能力、产品、票据管理、售后、信誉5个二级指标和16个三级指标,为耗材遴选准入的提供依据,提高医用耗材服务保障能力。顾玉磊[11]等人结合航空装备制造业特征,从质量因素、成本因素、运输及环保、企业状况、服务因素以及创新能力构建了航空装备的评价指标体系。宗勇[12]等人认为医用环保设备的供应商评价指标体系应包括品质、供应交付、服务能力、成本和企业经营稳定性,能够给到本文构建供应商指标起到一定的参考。邓浩[13]等人运用问卷调查和因子分析法整理出供货质量、价格、订单交付、企业发展水平、服务水平、技术研发水平、绿色环保水平,得出柴油机制造企业评价指标,为制造行业指标体系建立提供了参考。

本文结合制造业特点和医疗行业特点,归纳出频率较高的有质量管理、价格、交付能力、服务水平、开发创新能力、公司运营状况、生产能力以及绿色环保水平等指标,具体见表1。

3. 基于 CRITIC 和 TOPSIS 的医疗设备制造业供应商选择模型构建

3.1. 应用 CRITIC 计算评价指标权重

CRITIC (Criteria Importance Though Intercriteria Correlation)法是基于数据波动性的客观赋权[14],根据波动性和冲突性相结合来判断指标的重要性。本文用标准差来表示波动性的。用相关系数表示指标之间的冲突。权重的计算方法是将波动值与冲突值相乘,得到其信息度,根据每个指标的信息度确定权重。

CRITIC 法可以更准确地计算各个指标的客观权重,其计算客观权重计算步骤如下:

(1) 无量纲化处理

为消除因量纲不同对评估结果的影响,需要对各指标进行无量纲化处理,对于越大越优、越小越优型指标分别以下公式处理:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (1)$$

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

式中: x_{ij} 为第 i 个样本第 j 项评估指标的数值; $\max(x_{ij})$, $\min(x_{ij})$ 分别为第 j 项评估指标的最大值和最小值。

(2) 标准差表示如下:

$$\begin{cases} \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \\ \sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}} \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\bar{x}_j$ 表示 j 列数据的平均值, σ_j 表示第 j 个指标的标准差。

(3) 数据相关性表示如下:

$$R_j = \sum_{i=1}^p (1 - r_{ij}) \quad (4)$$

r_{ij} 表示评价指标 i 和 j 之间的皮尔逊相关系数。

(4) 数据信息量表示数据所代表的重要程度公式如下:

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^p (1 - r_{ij}) = \sigma_j \times R_j \quad (5)$$

C_j 越大, 第 j 个指标在整个评价体系中的作用越大, 要分配更多的权重
所以, 第 j 个指标的客观权重为:

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^p C_j} \quad (6)$$

3.2. 基于 CRITIC 和 TOPSIS 法的模型构建

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 又称为逼近理想解排序法, 是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法。该方法于 1981 年由 Wang.C.L 和 Yoon.K.S 首次提出。TOPSIS 方法的基本思路是对归一化后的原始数据矩阵, 确定出理想中的最佳方案和最差方案, 然后通过求出各种被评方案与最佳方案和最差方案之间的距离, 得出该方案与最佳方案的接近程度, 并以此作为评价各被评对象优劣的依据。当待评价对象距离最优解最近同时原理最劣解, 则该评价对象最优, 并引入相对贴近度的概念来量化评价结果。模型计算步骤如下:

(1) 构建原始评估矩阵

选取 n 个评价指标, m 个评估对象, 依据监测得到数据, 构建原始评估矩阵 X

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

式中, x_{ij} 为评估对象 i 中指标 j 的原始值。

(2) 构建标准化加权平均矩阵

依据评估指标类型, 对矩阵进行正向化处理, 将不同类型指标原始数据全部转化成极大型指标。构建标准化评估矩阵 X^* , 综合指标权重求取标准化加权矩阵 Z 。

$$Z = (z_{ij})_{m \times n} = (x_{ij}^* w_j)_{m \times n} \quad (8)$$

式中: x_{ij}^* 为标准化处理后的数据值, w_j 为指标 j 的权重值, z_{ij} 为标准化加权后的指标值。

(3) 计算最优最劣解

将标准化后的矩阵作为评分矩阵, 标准化之后矩阵中全部为极大型数据, 即可从中挑选每个指标的最大值与最小值, 构成最优解与最劣解向量。

$$\begin{cases} \mathbf{z}^+ = [z_1^+, z_2^+, \cdots, z_m^+] = \begin{bmatrix} \max \{z_{11}, \cdots, z_{ij}, \cdots, z_{n1}\}, \cdots, \\ \max \{z_{1m}, \cdots, z_{ij}, \cdots, z_{nm}\} \end{bmatrix} \\ \mathbf{z}^- = [z_1^-, z_2^-, \cdots, z_m^-] = \begin{bmatrix} \min \{z_{11}, \cdots, z_{ij}, \cdots, z_{n1}\}, \cdots, \\ \min \{z_{1m}, \cdots, z_{ij}, \cdots, z_{nm}\} \end{bmatrix} \end{cases} \quad (9)$$

式中： z^+ 和 z^- 分别是各指标参数的最优和最劣解向量， z_{ij} 为指标数据矩阵标准化之后的指标对应值。

(4) 计算每个方案各自与最优解和最劣解的距离

$$\begin{cases} d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j^* (z_j^+ - z_{ij})^2} \\ d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j^* (z_j^- - z_{ij})^2} \end{cases} \quad (10)$$

式中： d_i^+ 和 d_i^- 分别为各方案与最优最劣解的距离， W_j^* 为指标 j 对应的最优组合权重。

(5) 根据最优解、最劣解计算得分并排序

$$S_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (11)$$

式中： S_i 为各方案最终评分。

4. 案例分析

本文以某医疗设备制造公司为例，其新型腔镜医疗机器人的手术台车的零部件需要在企业周边选择一个零部件供应合作伙伴，纳入企业合格供方清单。腔镜医疗机器人零部件包括机加件，电子电气件，标准件等，本文以机加工厂商为例，初步筛选有 4 家供应商 S1、S2、S3、S4，需要在其中选择一家作为长期合作供应商。S1、S2、S3、S4 四家供应商基本情况介绍：

S1 公司位于上海，成立于 2011 年，公司人数在 100 人左右，主要经营范围包括设备及零部件、模具生产等业务。该企业组织架构分明，已获得 ISO9001 和 ISO13485 相关质量证书，现场管理完善，有对应的质量标准文件，问题反应能力迅速，能够在当天处理问题。

S2 公司位于浙江温州，公司人数不足 50 人，工厂规模较小，成立于 2015 年，主要经营范围包括汽车配件，机械加工等。已获得 ISO9001 证书和 IATF16949。工厂设备偏旧，仓库缺少库位管控，无医疗行业经验，量测设备不足，产品质量有风险，产线自动化不足，多人工作业。

S3 公司位于江苏苏州市，成立于 2004 年，已获得 ISO9001 和 ISO13485 质量证书。主要经营范围以机加工为主，当前客户群体多为医疗仪器设备。组织架构人员设置合理，检测能力可以满足产品需求，但是现场管理较乱，且处理问题时效一般，产品交付及配送能力平庸。

S4 公司位于上海，成立于 2008 年，企业员工不足 30 人，企业规模小。主要经营范围是金属制品的机加工。当前客户群体主要是医疗行业，对于医疗要求比较清晰。机加工能力较弱，对于高精度要求物料能力不足，人员配置不完善，没有合理的组织架构。

通过供应商提供资料或公司计算得到定量指标数据，邀请企业 5 名专家对表 1 中各定性指标打分，取平均值对每家供应商做评价，其中对于不同的指标采用不同的打分模式，对质量管理能力、价格稳定性、降价能力、付款条件、问题处理及时性、物流运输能力、技术研发水平、信息化水平、交货提前期、企业在同行业信誉、财务状况、设备及工艺管理、设备程序文件、环境管理体系认证等指标在[0, 100]之间进行打分；对来料合格率、退货率、准时交付率、订单满足率、生产柔性、售后维修服务水平、技术交流反馈率等指标在[0, 1]之间打分，进而得出各指标的赋分值，见表 2。

(1) 将各评价指标中的正向指标和逆向指标数据分别通过 CRITIC 式(1)和式(2)处理后代入 SPSS 软件中得到各指标对应的权重值，见表 3。

由表 3 可知，在运用 CRITIC 法计算各项指标权重时，价格稳定性和降价能力，技术研发水平，公司财务状况是该公司比较看重的几个方面。

Table 2. Four supplier indicators score
表 2. 四家供应商指标得分

评价指标	S1	S2	S3	S4
A1 来料合格率	0.96	0.76	0.92	0.85
A2 质量管理能力	95	65	87	75
A3 退货率	0.01	0.2	0.05	0.12
B1 价格稳定性	85	86	82	85
B2 降价能力	87	85	95	76
B3 付款条件	60	30	60	60
C1 交货提前期	30	40	30	35
C2 准时交付率	0.98	0.8	0.86	0.85
C3 订单满足率	0.95	0.85	0.92	0.87
C4 生产柔性	0.95	0.85	0.91	0.89
D1 问题处理及时性	96	83	89	85
D2 物流运输能力	90	81	90	86
D3 售后维修服务水平	0.95	0.73	0.96	0.9
E1 技术研发水平	90	86	87	90
E2 技术交流反馈率	0.94	0.8	0.85	0.82
F1 信息化水平	95	85	95	90
F2 企业在同行业信誉	95	90	95	93
F3 财务状况	95	90	92	95
G1 设备及工艺管理	95	85	95	90
G2 设备程序文件	95	85	95	90
H1 环境管理体系认证	95	90	95	90

Table 3. W_j weight table
表 3. W_j 权重表

指标	W_j 权重
A1 来料合格率	0.0252
A2 质量管理能力	0.0259
A3 退货率	0.0253
B1 价格稳定性	0.1960
B2 降价能力	0.0916
B3 付款条件	0.0484
C1 交货提前期	0.0313
C2 准时交付率	0.0352
C3 订单满足率	0.0300
C4 生产柔性	0.0249

续表

D1 问题处理及时性	0.0332
D2 物流运输能力	0.0312
D3 售后维修服务水平	0.0354
E1 技术研发水平	0.0826
E2 技术交流反馈率	0.0372
F1 信息化水平	0.0313
F2 企业在同行业信誉	0.0314
F3 财务状况	0.0686
G1 设备及工艺管理	0.0313
G2 设备程序文件	0.0313
H1 环境管理体系认证	0.0526

(2) 根据式(7)~(8)可得以下各指标的综合得分, 见表 4。

Table 4. Comprehensive score of all indicators

表 4. 各指标综合得分

指标	S1	S2	S3	S4
A1	0.025203	0.000003	0.020163	0.011343
A2	0.025903	0.000003	0.018996	0.008636
A3	0.025303	0.000003	0.019976	0.010655
B1	0.147020	0.196020	0.000020	0.147020
B2	0.053041	0.043399	0.091609	0.000009
B3	0.048405	0.000005	0.048405	0.048405
C1	0.031303	0.000003	0.031303	0.015653
C2	0.035204	0.000004	0.011737	0.009781
C3	0.030003	0.000003	0.021003	0.006003
C4	0.024902	0.000002	0.014942	0.009962
D1	0.033203	0.000003	0.015326	0.005111
D2	0.031203	0.000003	0.031203	0.017336
D3	0.033864	0.000004	0.035404	0.026169
E1	0.082608	0.000008	0.020658	0.082608
E2	0.037204	0.000004	0.013289	0.005318
F1	0.031303	0.000003	0.031303	0.015653
F2	0.031403	0.000003	0.031403	0.018843
F3	0.068607	0.000007	0.027447	0.068607
G1	0.031303	0.000003	0.031303	0.015653
G2	0.031303	0.000003	0.031303	0.015653
H1	0.052605	0.000005	0.052605	0.000005

(3) 确定正负理想解 Z^+ 、 Z^- ，见表 5。

Table 5. Each index positive and negative ideal solution
表 5. 各指标正负理想解

指标名称	正向理想解	负向理想解
A1	0.025203	0.000003
A2	0.025903	0.000003
A3	0.025303	0.000003
B1	0.19602	0.000020
B2	0.091609	0.000009
B3	0.048405	0.000005
C1	0.031303	0.000003
C2	0.035204	0.000004
C3	0.030003	0.000003
C4	0.024902	0.000002
D1	0.033203	0.000003
D2	0.031203	0.000003
D3	0.035404	0.000004
E1	0.082608	0.000008
E2	0.037204	0.000004
F1	0.031303	0.000003
F2	0.031403	0.000003
F3	0.068607	0.000007
G1	0.031303	0.000003
G2	0.031303	0.000003
H1	0.052605	0.000005

(4) 确定正、负理想解之间的欧氏距离及贴近度 d_i^+ 、 d_i^- 、 S_i ，见表 6。

Table 6. The Euclidean distance and proximity of four suppliers
表 6. 四家供应商的欧式距离和贴近度

供应商名称	正向理想解距离	负向理想解距离	相对贴近度	排序结果
S1	0.062377	0.235107	0.790318	1
S2	0.182441	0.200745	0.523884	3
S3	0.21371	0.155531	0.421219	4
S4	0.137584	0.195964	0.587512	2

由表 6 可知，S1 公司贴近度排名第一，比较满足该公司选择供应商的要求，最终选择 S1 公司作为合作伙伴。医疗设备制造业供应商应该要关注自身的财务情况，和技术的研发水平，质量能力几个方面

的全面发展。

5. 结论

本文首先运用 CRITIC 法将指标进行赋权, 基于客观数据运用科学的方法, 结合 TOPSIS 法对 4 个机加工厂商进行比选, 选出贴进度最高的供应商作为最佳供应商选择。为了能够更好地实现相互配合, 公司和供应商还需采取合理的措施做好供应商协同管理, 再根据实际情况作出调整, 以更好地巩固和维持效率更高、关系更好的合作伙伴关系。运用该医疗设备制造业公司供应商数据对模型进行实证研究, 确立了模型的可行性和实用性。结果表明, 该模型能够对供应商进行准确地定量评价, 对医疗设备制造企业的供应商评价有一定的实践应用价值。

参考文献

- [1] 朱铎辉, 吴志军, 张玉峰. 基于层次分析法的供应商评价模型的研究[J]. 计算机应用研究, 2004, 21(6): 90-91+96.
- [2] Gencer, C. and Gürpınar, D. (2007) Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in an Electronic Firm. *Applied Mathematical Modelling*, **31**, 2475-2486. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2006.10.002>
- [3] Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S.K. and Garg, C.P. (2017) An Integrated Framework for Sustainable Supplier Selection and Evaluation in Supply Chains. *Journal of Cleaner Production*, **140**, 1686-1698. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.078>
- [4] Kaya, R. and Yet, B. (2019) Building Bayesian Networks Based on DEMATEL for Multiple Criteria Decision Problems: A Supplier Selection Case Study. *Expert Systems with Applications*, **134**, 234-248. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.053>
- [5] 刘蓉, 张海涛, 周林, 等. 铸造企业可持续供应商选择研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2019, 41(4): 432-437.
- [6] 国家药品监督管理局. 国家食品药品监督管理总局关于发布医疗器械生产企业供应商审核指南的通告[EB/OL]. 2015-01-19. <https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/ggtg/ylqxgggtg/ylqxqgtggtg/20150119120001125.html>, 2024-11-11.
- [7] 戴泉晨, 朱建军. 基于典型样本集的汽车零部件供应商分类方法研究[J]. 南京理工大学学报, 2019, 43(4): 527-534.
- [8] 刘中艳, 陈娟. 基于 FAHP-TOPSIS 的医疗设备制造企业供应商选择研究[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(4): 90-95.
- [9] 左宏. 粗糙集理论结合层次分析法在医院医疗设备供应商选择方面的应用[J]. 中国卫生产业, 2017, 14(6): 46-47.
- [10] 缪家清, 王禹尧, 吴丽华. 基于层次分析法的医用耗材供应商评价体系研究[J]. 现代医院, 2020, 20(9): 1312-1315.
- [11] 顾玉磊, 马晖, 王愚勤, 等. 基于 BP-Adaboost 与 TOPSIS 的航空装备供应商评价[J]. 山东大学学报(工学版), 2024, 54(1): 63-73.
- [12] 宗勇, 闫秀霞, 王洪宇. 医用环保设备制造企业核心供应商评价研究[J]. 中国储运, 2023(12): 179.
- [13] 邓浩, 吴玉国, 徐先进. 基于 GA-BP 神经网络的船用柴油机制造企业供应商评价[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2019, 36(1): 80-87+96.
- [14] 赵洪山, 李静璇, 米增强, 等. 基于 CRITIC 和改进 Grey-TOPSIS 的电能质量分级评估方法[J]. 电力系统保护与控制, 2022, 50(3): 1-8.