

基于熵权TOPSIS法供应商评价模型研究

葛 澜¹, 何东洋²

¹上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海

²上海理工大学机械工程学院, 上海

收稿日期: 2022年7月14日; 录用日期: 2022年8月4日; 发布日期: 2022年8月15日

摘 要

如今市场的竞争越来越激烈, 生产商为了谋求企业的长远发展以及利润的最大化, 考虑到不同供应商供货量常常与订单量不匹配等因素, 通常无法选择出最优的供应商。本文通过对402家供应商的订单量、供货量数据的特征分析, 设置单位成品成本、供应商最大供应量、订单误差率、完成率、以及总供货量五个特征指标, 建立了基于熵权TOPSIS法的供应商评价模型。该模型利用熵权法对特征指标进行加权运算, 再利用TOPSIS法降序排列, 得到最优50家供应商选择方案。本模型采用熵权法基于大数据确定指标权重, 科学客观。研究结果对企业长足发展, 构建新型原材料产业购买链提供一定借鉴意义。

关键词

供应商选择, 特征指标, 熵权法, TOPSIS法

Supplier Evaluation Model Based on Entropy Weight TOPSIS Method

Lan Ge¹, Dongyang He²

¹School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

²School of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jul. 14th, 2022; accepted: Aug. 4th, 2022; published: Aug. 15th, 2022

Abstract

Nowadays, the competition in the market is becoming increasingly fierce. In order to seek the far-reaching development of enterprises and maximize profits, manufacturers usually cannot choose the best supplier considering that the supply quantity of different suppliers often does not match the order quantity. This paper establishes a supplier evaluation model based on entropy

weight TOPSIS method by analyzing the characteristics of order quantity and supply quantity data of 402 suppliers, and setting five characteristic indexes of raw material cost performance, supplier maximum supply, supplier order error rate, supplier completion rate and total supply quantity. The model uses entropy weight method to weight the characteristic indexes, and TOPSIS method is used to arrange them in descending order to obtain the optimal 50 supplier selection schemes. This model uses entropy weight method based on big data to determine index weight, scientifically and objectively. The research results can provide some reference for enterprises to develop and construct new raw material industrial purchasing chains.

Keywords

Supplier Selection, Characteristic Index, Entropy Weight Method, TOPSIS

Copyright © 2022 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

随着科技的进步,企业的信息化程度越来越高,企业间的竞争越来越激烈,精准地控制生产成本显得愈发重要,而供应商的选择是影响企业生产成本的重要因素,是保障现代企业生产活动正常进行、维持企业正常运转的关键环节。所以选择合适的供货商对企业控制生产成本有着重大的影响。

由于供应商的订单量、供货量、生产材料的价格以及信誉度等多因素影响,生产的企业往往无法精准地选择最合适的供应商,也无法制定利益最大化的订购方案[1]。在较早时期 Dickson 通过从 170 个采购经理收集到的数据总结出 23 种供应商衡量属性[2]。Weber 等人在 Dickson 研究的基础上,通过对 74 篇有关供应商选择的文献中发现:交货期限、供应商的供货能力和价格是其中最重要的衡量标准[3]。但是文章[2][3]只进行了定性分析并没有转变到定性和定量相结合的方法。在国内的研究情况来看,马士华从灰度系统理论角度确定指标权重,但计算较为复杂[4]。罗新星提出层次分析法和 TOPSIS 法相结合的方式构建供应商评价模型[5],但模型权重的确定具有较大的主观性,并且对不同类型的企业需要重新咨询专家确定权重。因此,本文提出了一种基于熵权法 TOPSIS 的供应商评价模型制定供应商选择方案,在已有的 402 家企业的供货量和订货量的数据上,通过数学建模的方法,衡量不同企业需求情况下,设置供应商的订货数量、总供货数量、供应商的信誉度、单位成品成本指标不同的权重,探究出最优的 50 家供应商选择方案。

2. 熵权法 TOPSIS 的供应商评价模型的理论研究

2.1. 实验数据

本文研究所用的实验数据包括两个:402 家原材料供应商 240 周订货量数据和供货量数据。其主要涉及的企业的生产原材料分为 A, B, C 三种类型,单一原材料生产时每立方米产品的原材料 A、B、C 消耗量分别为 0.6 立方米、0.66 立方米、0.72 立方米。A, B, C 三类原材料的采购成本比例为 1.2: 1.1: 1, 运输及储存的单位成本相同。

2.2. 利用熵权法 TOPSIS 确定评价指标的权值并选出最优的 50 家供应商

2.2.1. 供应商评价指标体系的建立

利用 TOPSIS 法评选出最优的 50 家供应商最关键的是确立的合适评价指标,本文首先对评价供应商

的五个指标给出具体的定义, 再建立起供应商评价指标体系, 解决企业对不同指标模糊不清的问题[6]。

单位成品成本 P_i : 在如今市场原材料种类极其丰富的条件下, 生产企业往往会选择采购成本最小、满足生产需求消耗产量最小的原材料来满足生产利益最大化。例如, 在材料运输和储存消耗费用相同的条件下, 分别有生产材料 A、B、C, 其中 B 类原材料的生产成本最低, 但满足同样的生产产能 B 类原材料消耗成本最多, A 与 C 单位成品所消耗的成本相同且最小, 故采用单位成品成本综合考量生产成本和满足产能的消耗量两种因素。即用每立方米产品的原材料的消耗量乘以对应原材料采购成本, 性价比高单位成品成本低者为优。

$$P_i = r_i \times c_i \quad (i = A, B, C) \quad (1)$$

供应商最大供应量 S_{\max} : 生产企业时刻面临着不固定的生产需求, 而供应商的最大生产量则决定了该生产商能否在最短的时间内完成生产目标。总的来说, 一家供应商的最大供货量即 240 周内的最大供货量能够反应出供应商的供应能力强弱与原材料资源储备情况, 其值越大越好[7]。

$$S_{\max} = \max \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}\} \quad (2)$$

其中 S_{ij} 为第 i 家供应商第 j 周供货量。

供应商订单误差率 Ag_i : 供应商的信誉度也是生产企业衡量的一个标准, 企业的需求曲线波动对应同一个供应商也应该符合在一定范围内, 如果供应商的供应量多次不满足生产企业的需求量, 并且供求之间差距过大, 那么则可以判定该商家不具有较好的信誉度。即当一家供货商的供货量由订单量决定, 供货量与订销量差距越小, 则该供货商的供货误差率越小, 越能满足生产企业的期望。

$$Ag_i = \sum_{j=1}^{240} \frac{|O_{ij} - S_{ij}|}{O_{ij}} \quad (3)$$

其中 O_{ij} 为第 i 家供应商第 j 周的订单量。

供应商订单完成率 F_i : 当生产企业给出订单量时, 若供应商能够提供足够的原材料, 并且能够满足生产企业的需求, 则订单完成率越大越好[8], 定义式如式(4)式(5)所示

$$f_{ij} = \begin{cases} 0, & O_{ij} > S_{ij} \\ 1, & O_{ij} \leq S_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

$$F_i = \frac{1}{240} \sum_{j=1}^{240} f_{ij} \quad (5)$$

其中 f_{ij} 为第 i 家供应商第 j 周完成情况, F_i 为第 i 家供应商订单完成率。

供应商总供货量 W : 广义上来讲供货总量就是一次出货的总数量, 对价格不产生影响, 是一家供应商在规定时间内提供原材料总量。供应商总供货量能够一定程度上体现一家企业的供货能力, 与供应商家的储备规模。总体来说, 此次模型背景研究 402 家供应商在 240 周内供应原材料总量。

$$W = \sum_{j=1}^{240} S_j \quad (6)$$

供应商评价指标体系有五个评价指标, 由图 1 表示。

可知, 当某选择供应商单位成品成本越低、提供的最大供货量越大、订销量与供货量的差异越小、供应商订单的完成率越大、供应商总供货量越大, 该供应商就是更优质的供应商。

2.2.2. 熵权法确定权重

根据上述供应商评价指标体系可知, 供应商的评价需考虑多重因素的影响。不同的因素对供应商的评价结果影响程度各不相同, 且各指标间关系复杂[9]。

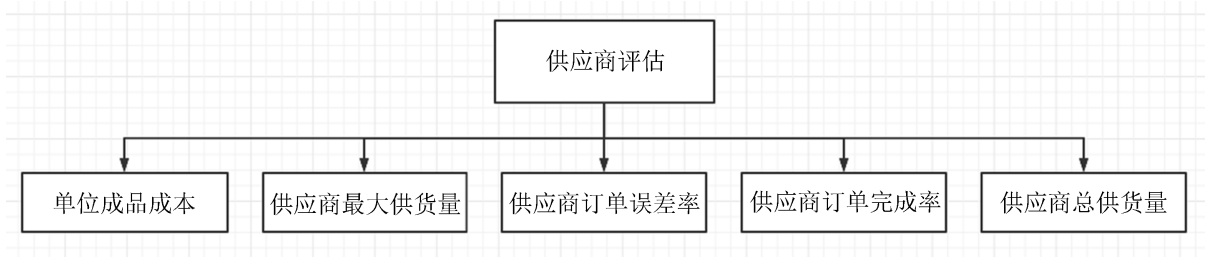


Figure 1. Supplier evaluation index system

图 1. 供应商评价指标体系

TOPSIS 方法是一种综合评价的方法, 对多对象、多指标且指标不存在统一界限的数据有很好的分析优势, 还能同时处理极大型与极小型指标。则根据这些特点和优势, 我们运用 TOPSIS 方法对供应商的订、供数据进行分析。同时, 为了客观的确定各个指标的权重, 我们采用了熵权法来确定权重配比, 根据数据本身的离散程度来确定各个指标的权重, 使得结果更加客观避免因主观因素造成对求解结果的影响, 即信息熵越小, 指标的离散程度越大, 指标权重越高[10]。具体的分析过程如下。

通过上述的五个指标可以列出决策矩阵 X , 其中矩阵 X 以特征指标为行, 供应商个体为列如式 7 所示, 用特征指标来衡量供应商求值的优劣程度。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} \end{bmatrix} \quad (7)$$

经过计算, 可得出决策矩阵, 部分决策矩阵如表 1 所示。

Table 1. Partial decision matrix

表 1. 部分决策矩阵

供应商 ID	材料分类	单位成品成本	最大供应量	订单误差率	订单完成率	总供应量
S002	A	0.72	67	19.43452381	87.08333333	273
S005	A	0.72	128	8.133316799	95.41666667	6912
S007	A	0.72	155	37.90539472	86.66666667	6948
S012	A	0.72	6	25.70833333	75.83333333	29
S014	A	0.72	3	6.458333333	95.41666667	28
S015	A	0.72	4	18.19444444	83.75	28
S016	A	0.72	7	2.895833333	97.5	37
S017	A	0.72	25	19.83382937	80.83333333	138
S021	A	0.72	5	13.57638889	90.41666667	80

对各指标及其算式确定的决策矩阵进行正向化处理。由于最大供应量、订单完成率以及总供应量是越大越好, 而单位成品成本、订单误差率应是越小越好, 因此需要将单位成品成本与订单误差率的极小型指标转换为极大型指标:

$$Aq'_i = MAX \{Aq_1, Aq_2, \dots, Aq_i\} - Aq_i \quad (8)$$

其中, Aq_i 代表 P_i, Ag_i 极小型指标。

其次, 在进行正向化后为了消去不同指标的量纲, 去除数据单位之间的不统一, 将数据统一变换为无

单位(统一单位)的数据集, 需要对已经正向化的矩阵 X 进行标准化处理如式(9)所示, 构造标准化矩阵。

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}} \quad (9)$$

计算第 j 项指标下第 i 个样本所在比重, 并将其看作相对熵计算中用到的概率。对于 402 个评价对象, 5 个评价指标, 经过了上一步骤处理得到的非负矩阵对其计算概率矩阵 P_{ij} 如式(10)所示。

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^n z_{ij}} \quad (10)$$

根据公式信息熵计算式计算每个指标的信息熵矩阵 $E = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5)$, 对于第 j 个指标而言, 其信息熵的公式如式(11)所示, 并计算各指标信息效用值 d_j 如式(12)所示, 最终归一化得到每个指标的权重如式(13)所示

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (11)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (12)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^5 d_j} \quad (13)$$

经过计算后, 得到信息熵 e_j 、信息效用值 d_j 、各指标熵权 w_j 结果, 如表 2 所示。

Table 2. The result of information entropy, information utility value and entropy weight of each index
表 2. 信息熵、信息效用值以及各指标熵权的结果

	单位成品成本	最大供应量	订单误差率	订单完成率	总供应量
信息熵	0.998157281	0.522558017	0.989525164	0.999192718	0.599921288
信息效用值	0.001842719	0.477441983	0.010474836	0.000807282	0.400078712
各指标熵权	0.002068971	0.536062851	0.011760948	0.000906401	0.44920083

其中某项指标数值越大, 信息熵越小, 则指标提供的信息量越大, 对应指标的权重越大。根据各指标熵权值得知, 最大供应量熵权 0.536062851 值最大, 总供应量熵权为 0.44920083 值位列第二, 可说明供应商最大供货量、总供应量权重较大, 即两个特征指标能够反应出供应商的供应能力强弱与原材料资源储备情况, 是企业选择供应商最重要的衡量标准。

3. TOPSIS 模型的决策分析

先确定决策矩阵的正理想解 Z^+ 即对决策矩阵 Z 求出各列向量中的最大值所构成的行向量

$$\begin{aligned} Z^+ &= \{Z1^+, Z2^+, Z3^+, Z4^+, Z5^+\} \\ &= \{MAX(Z_{11}, Z_{21}, \dots, Z_{4021}), MAX(Z_{12}, Z_{22}, \dots, Z_{4022}), MAX(Z_{13}, Z_{23}, \dots, Z_{4023}), \\ &\quad MAX(Z_{14}, Z_{24}, \dots, Z_{4024}), MAX(Z_{15}, Z_{25}, \dots, Z_{4025})\} \end{aligned}$$

确定决策矩阵的负理想解 Z^- , 即对决策矩阵 Z 求出各列向量中的最小值所构成的行向量

$$Z^- = \{Z1^-, Z2^-, Z3^-, Z4^-, Z5^-\}$$

$$= \{MIN(Z_{11}, Z_{21}, \dots, Z_{4021}), MIN(Z_{12}, Z_{22}, \dots, Z_{4022}), MIN(Z_{13}, Z_{23}, \dots, Z_{4023}),$$

$$MIN(Z_{14}, Z_{24}, \dots, Z_{4024}), MIN(Z_{15}, Z_{25}, \dots, Z_{4025})\}$$

经数据处理后, 得到结果如表 3 所示。

Table 3. Positive and negative ideal solutions of decision matrix
表 3. 决策矩阵正、负理想解

理想解	单位成品成本	最大供应量	订单误差率	订单完成率	总供应量
Z^+	0.059186675	0.546223354	0.07588983	0.057353853	0.414414969
Z^-	0.041101858	1.4774E-05	0	0.036085133	3.26967E-05

计算评价指标与正负理想解的欧式空间距离并考虑各指标权重, 即求出第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 个供应商各项指标数据与该指标最大值、最小值之差的平方再乘以相对应的指标权重后开方, 如式(14)所示。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (z_j^+ - z_{ij})^2 \times w_j}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (z_j^- - z_{ij})^2 \times w_j}$$
(14)

计算 402 家供应商每一家的相对接近度 S_i , 如式(15)所示

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$
(15)

很明显 $0 \leq S_i \leq 1$, 且 S_i 越大 D_i^+ 越小, 即越接近最大值。
将结果归一化求出最后得分, 如式(16)所示

$$\tilde{S}_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$
(16)

经过处理后, 得 $\sum_{i=1}^n \tilde{S}_i = 1$ 。

4. 算例结果

在本模型中, 最后得分越高代表供应商的最大供货量、订单完成率、总供货量越大, 单位成品成本、订单误差率越小, 则证明供货能力越稳定, 满足最佳供应商的选择。因此可以直接根据加权得分从高到低确定 50 家最重要的供应商。本文仅展示 50 家中最优供应商中的 10 家[11], 如表 4 所示。

Table 4. The results of top 10 best supplier
表 4. 评选前 10 家最优供应商结果

供应商 ID	材料分类	单位成品成本	最大供应量	订单误差率	订单完成率	总供应量	归一化得分	排名
S348	A	0.5	36972	14.513875	93.33333333	92421	0.0577257	1
S201	A	0.5	30977	9.5807749	90.41666667	81989	0.0487452	2
S140	B	0.6	21293	30.002700	89.58333333	302047	0.0422660	3

Continued

S151	C	0.72	21267	3.0884254	95.41666667	194498	0.037541	4
S374	C	0.72	23695	31.632522	99.58333333	49224	0.0373231	5
S229	A	0.5	3147	1.2235152	94.58333333	354887	0.0288431	6
S361	C	0.72	2816	1.4431190	87.91666667	328080	0.0267113	7
S126	C	0.72	15114	10.687022	93.33333333	47540	0.0242414	8
S108	B	0.6	7885	2.7367864	94.58333333	240950	0.0234809	9
S139	B	0.6	10207	27.266205	97.08333333	151862	0.0206298	10

根据表 4 可以看出最大供应量和总供应量评分较大者, 更容易评选成最优供应商。得出与表 1 相同的结论, 即最大供应量和总供应量应该是企业选择供应商生产能力最重要的衡量标准。其中订单误差率较小、订单完成率较大可以反映出商家的信誉度较高, 可以作为商家衡量供应商第二标准。根据使用材料种类不同, 在单位成品成本差距不大的情况下, 可以最后考虑此指标。

5. 结论

本文根据已有调查数据建立数学模型对 402 家不同的供应商进行评估进而选出合适的 50 家优质供应商。通过对已有数据进行处理获得 5 个重要评价指标, 即单位成品成本、供货商订单误差率、供应商订单完成率、供应商最大供货量、供应商总供货量, 建立起合适的评价指标体系。引入各评价指标对应的权重, 探究不同指标之间对于评价模型的重要程度。利用熵权法基于数据本身对各指标进行计算进而获得各指标权重的准确值, 得出最大供应量和总供应量应该是企业选择供应商生产能力最重要的衡量标准: 订单误差率、订单完成率次之, 单位成品成本影响力最小。最后通过建立 TOPSIS 优劣解距离综合评价模型, 对已有数据决策矩阵求解各供应商的欧氏空间距离并将最终评分逆序处理得出最合适的 50 家优质供应商[12]。两种模型结合的优点在于用最客观的信息量来衡量指标的价值, 指标权重可信度较高, 且评估程序简单, 计算过程简单易懂, 结果更加精准[13]。

本文所提供的模型能极大程度地减少企业因制定不恰当的供应商选取方案造成的时间和经济上的浪费, 为企业快速、健康、持续发展, 创建稳定新型供应链利润模型提供一个较为准确和简洁的思路。

参考文献

- [1] 王艳萍, 李佳雪, 陆甜甜, 等. 基于熵权 TOPSIS 法的企业生产订购与运输评价模型[J]. 宿州学院学报, 2022, 37(3): 71-73.
- [2] Baxter, L.F., Ferguson, N., Macbeth, D.K. and Neil, G.C. (1989) Getting the Message Across? Supplier Quality Improvement Programmes: Some Issues in Practice. *International Journal of Operations & Production Management*, 9, 76. <https://doi.org/10.1108/EUM000000001246>
- [3] Weber, C.A. Current, J.R. and Benton, W.C. (1991) Vendor Selection Criteria and Methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2-18. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90033-R](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90033-R)
- [4] 马士华, 王许斌. 确定供应商评价指标权重的一种方法[J]. 工业工程与管理, 2002(6): 5-8.
- [5] 罗新星, 彭素华. 绿色供应链中基于 AHP 和 TOPSIS 的供应商评价与选择研究[J]. 软科学, 2011, 25(2): 53-56.
- [6] 吴红伟, 李东辉, 张育贵, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型对不同加工方式黄芪药材质量的综合评价[J]. 中国药学杂志, 2021, 56(16): 1325-1331.
- [7] 韦伟, 戴文静. 基于改进 TOPSIS 法的健康评价模型研究[J]. 设备管理与维修, 2021(13): 17-19.
- [8] 汪子涛, 王建萍, 韩光. 基于熵权-TOPSIS 法的柴达木盆地地下水富水性评价[J]. 盐湖研究, 2022, 30(2): 42-51.
- [9] 唐银青. 基于熵权-TOPSIS 模型的城市轨道交通与常规公交换乘综合评价[J]. 西部交通科技, 2021(7): 139-142.

- [10] 庞雯文, 张嫚, 蔡明哲. 生产企业原材料的订购与运输最优方案分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(3): 40-43.
- [11] 沈菊琴, 杨佳佳, 王丽娟, 等. 基于基尼系数优化熵权-TOPSIS 法的排水权初始分配研究[J]. 水利经济, 2022, 40(2): 46-50+56.
- [12] 李佳傲. 生产企业原材料的订购与运输方案决策分析[J]. 物流时代周刊, 2022(3): 111-113.
- [13] 岳坤, 马俊杰, 庾明伟, 谢素霞. 基于线性回归的乙醇偶合制备 C4 烯烃模型研究[J]. 建模与仿真, 2022, 11(2): 358-367.