

# 基于熵权的TOPSIS法在企业原材料选择中的评价研究

尹绍军, 杨佳怡, 毛央清  
西昌学院理学院, 四川 西昌

收稿日期: 2023年9月18日; 录用日期: 2023年11月2日; 发布日期: 2023年11月9日

## 摘要

在激烈的市场竞争环境下, 企业想要实现效益最大化, 必须从供应链管理的角度出发保障企业内部的生产制造流程, 将供应链各个流程紧密连接以提升企业市场竞争力。本文以2021年数学建模竞赛C题为例, 根据企业订购的原材料必须满足每周的生产需求, 评价和选择402家供应商, 建立供应商评价模型, 利用熵权法确定指标的权重, 并运用TOPSIS法计算各供应商的评分, 得到不同供应商对企业保障生产的重要程度, 制定出效益最大化的原材料订购方案, 实现企业效益最大化。

## 关键词

原材料订购, TOPSIS模型, 最优决策

## Research on the Assessment of TOPSIS Method Based on Entropy Weight in Enterprises' Selection of Raw Materials

Shaojun Yin, Jiayi Yang, Yangqing Mao

Faculty of Science, Xichang College, Xichang Sichuan

Received: Sep. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Nov. 2<sup>nd</sup>, 2023; published: Nov. 9<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In the environment with fierce market competition, an enterprise that wants to realize benefit

maximization has to start from the angle of supply chain management to safeguard its internal production and manufacturing processes and closely connect every process in the supply chain to enhance its market competitiveness. The author of this article takes Question C in the mathematical contest in modeling of 2021 as an example, evaluates and selects 402 suppliers on the basis that raw materials purchased by the enterprise should satisfy its weekly production requirements, builds the supplier evaluation model, utilizes the entropy weight method to determine weights of indexes, applies the TOPSIS method to calculate the score of every supplier, obtains the importance of different suppliers for safeguarding the production of the enterprise, and draws up the raw material procurement scheme for benefit maximization in order to realize benefit maximization for the enterprise.

## Keywords

Raw Material Ordering, TOPSIS Model, Optimal Decision

Copyright © 2023 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. 绪论

原材料供应商的选择是供应链中重要的一环，企业制定合理的原材料订购策略可以降低企业的生产成本，增强企业竞争力。目前，市场竞争加剧，致使原材料价格波动剧烈且难以精确预测，原材料价格的波动已经是影响企业成本的重要因素。国外文献最早从微观经济学的角度提出三重底线理论，被大部分生产企业作为评价供应商的参考[1]。

Park Sung No 运用 AHP 方法对化妆品公司原材料供应商选择因素进行了研究[2]。魏锋等采用聚类分析结合灰色关联分析法，能很好在分类中选择出最佳供应商[3]。李华用马氏距离，在引入联系向量距离后结合决策者偏好系数，合成新的相对贴近度，很好地克服了传统 TOPSIS 方法的缺陷[4]。总的来说，相关文献重点关注如何构建决策模型，聚焦于 AHP 法、TOPSIS 法、层次分析法、灰色关联分析法等分析方法，并与供应链管理等结合讨论，均能很好地解决企业的最佳供应商选择问题[5]。本文将熵权法与 TOPSIS 法结合，通过建立基于熵权的 TOPSIS 模型，可以避免数据的主观性所造成的影响，评价过程中不需要检验，就能很好的刻画多个影响指标的综合影响力度，可以为企业指定合理订购策略。

## 2. TOPSIS 评价模型理论基础

企业在制定原材料订购计划时，会首先考虑保障正常生产，且能帮助企业实现效益最大化的供应商，因此在对供应商的供货数据进行分析时，我们选取六个评价指标(供货总量、供货量方差、供货完成率、供货误差率、波动可接受性、大额订单比率)，并建立熵权 TOPSIS 模型，并对他们进行排名，确定出 50 家最重要的供应商。

基于 TOPSIS 算法建立模型，总体分为以下三个步骤：

Sep 1: 原始矩阵正向化

根据 TOPSIS 算法，对模型指标的要求见表 1。

**Table 1.** Indicator characteristics  
**表 1.** 指标特点

指标名称	含义
极大型(效益性)指标	越大(多)越好
极小型(成本型)指标	越小(少)越好
中间型指标	越接近某个值越好
区间型指标	落在某个区间最好

### Sep 2: 正向化矩阵标准化

有  $n(n=1,2,3,\dots,402)$  个要评价的对象,  $m(m=1,2,3,4,5,6)$  个评价指标(已经正向化)构成的正向化矩阵如下:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

其标准化的矩阵记为  $Z$ ,  $Z$  中的每一个元素:

$$Z = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{402} x_{ij}^2}}$$

### Sep 3: 计算得分并归一化

有  $n(n=1,2,3,\dots,402)$  个要评价的对象,  $m(m=1,2,3,4,5,6)$  个评价指标的标准化矩阵:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{最大值: } Z^+ &= (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_m^+) \\ &= (\max\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{n1}\}, \max\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{n2}\}, \dots, \max\{z_{1m}, z_{2m}, \dots, z_{nm}\}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{最小值: } Z^- &= (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_m^-) \\ &= (\min\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{n1}\}, \min\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{n2}\}, \dots, \min\{z_{1m}, z_{2m}, \dots, z_{nm}\}) \end{aligned}$$

$$\text{第 } i(i=1,2,3,\dots,n) \text{ 个评价对象与最大值的距离: } D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^+ - z_{ij})^2}$$

$$\text{第 } i(i=1,2,3,\dots,n) \text{ 个评价对象与最小值的距离: } D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^- - z_{ij})^2}$$

第  $i(i=1,2,3,\dots,n)$  个评价对象未归一化的得分:

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} (0 \leq S_i \leq 1)$$

$$\bar{S}_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \left( \sum_{i=1}^n S_i \right)$$

### 3. 企业原材料订货策略研究

#### 3.1. 问题重述

某生产企业每年按 48 周安排生产，需提前制定 24 周的原材料订货和转运计划。计划的制定需要根据产能要求确定每周的原材料供货商和相应每周的原材料订货数量，并确定第三方物流公司，委托其将原材料转运至企业仓库。该生产企业所用的原材料分为 A、B 和 C 三种类型，其采购单价不同，均为独立用于生产产品，生产一立方米产品所需消耗的量不同，三种原材料的运输和储存的单位费用则是相同的。该企业每周产能为 2.82 万立方米，且要求尽可能保持不少于满足两周生产需求的原材料库存量。供货商实际供货量可能多于或少于订货量，企业对供货商实际供货的原材料总是全部收购(供应商数据来源自 2021 高教社杯全国大学生数学建模竞赛 C 题) [5]。

#### 3.2. 模型假设

以企业订购原材料的情况为背景，在建立 TOPSIS 模型前，本文进行如下假设：

- (1) 假设该企业在最初还未订购材料时，企业仓库储存量为 0。
- (2) 假设企业在第一周订购第一、二周的原材料，第二周订购第三周的原材料。以保证该企业不少于两周生产需求，且一直持续这种规律。
- (3) 假设不影响满足企业的生产需求，企业的订货量要超出供货量的 25%。
- (4) 该生产企业的仓库有足以满足两周以最大产能生产消耗的原材料仓库。

#### 3.3. 符号假设

考虑企业订购原材料的实际情况，对于本模型所涉及数学符号做如表 2 的假设：

Table 2. Symbolic assumptions

表 2. 符号假设

符号	含义	单位	符号	含义	单位
$A_{ij}$	第 $i$ 家供应商第 $j$ 周的的供货量	$m^3$	$X_i^2$	第 $i$ 家供应商的供货量方差	\
$A_i$	第 $i$ 家供应商供货总量	$m^3$	$\Omega_i$	第 $i$ 家供应商的供货完成率	\
$D_j$	订货量与供货量之间的偏离程度	\	$\gamma_i$	第 $i$ 家供应商供货误差率	
$B_{ij}$	第 $i$ 家供货商第 $j$ 周的订货量	$m^3$	$\mu_i$	第 $i$ 家供应商波动可接受性	\
$B_i$	第 $i$ 家供货商的总预定量	$m^3$	$\theta_i$	第 $i$ 家供应商大额订单比例	\

#### 3.4. 模型建立

##### 3.4.1. 评价指标筛选

本文通过建立熵权的 TOPSIS 模型，用供货总量、供货量方差、供货完成率、供货误差率、波动可接受率、大额订单比例六个指标来评价各供货商保障企业生产的重要性，就可以得到最优解，研究此订购策略运用熵权法和 TOPSIS 法来分析问题的本质，构造出有条理的结构。根据企业最近 5 年来原材料供货商的订货量和供货量，把企业的订货量(240 周)，记其为  $A$ ，则可知第  $i$  家供货商，第  $j$  周的订货量为  $A_{ij}$ 。供应商每周的供货量(240 周)，记其为  $B$ ，则可知第  $i$  家供货商，第  $j$  周的订货量为  $B_{ij}$ 。

将订货量和供货量数据进行分析，每周 A、B、C 三种原材料都有不同的供应量，可以利用 LINGO 软件得到三种原材料每周供货与订货图。

### (1) 供货总量

为了体现供应商的实力，将第  $i$  家供应商每周的供货量累加，得到第  $i$  家供应商的总供货量。

$$\text{总供货量: } A_i = \sum_{j=1}^{240} A_{ij};$$

$$\text{总订货量: } B_i = \sum_{j=1}^{240} B_{ij};$$

将 402 家供应商供应的数据进行求和，比较 402 家供应商的总供应数量，来体现供应商的自身实力，如若供应商供应数量较少，则可能无法满足生产商的需求，从而导致生产商不能生产商品，影响企业的生产效益，利用提供数据，得到供货量合计如图 1。根据图 1 可以分析供货量合计比较，从中可在很大程度上看出供货量合计的极大值，从而进行比较，分析供货商的供货量较大值，说明该供货商具有较大的实力，在一定程度上能够提供需要的货量。

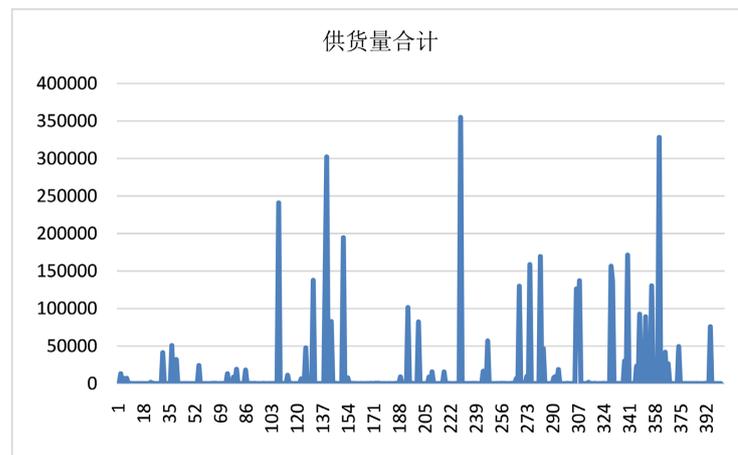


Figure 1. Total supply quantity chart

图 1. 供货量合计图

### (2) 供货量方差

由(1)可知供应商在 240 周内提供总的供货量，运用平均值函数算出每周平均的供货量，得到周平均值，然后运用方差函数，算出各个供应商的方差，402 家供应商供货量的方差： $X_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{240} (A_{ij} - \bar{A}_i)^2$ ，然后进行比较，分析供货稳定率，选择较稳定的供货商，商家供应量方差如表 3。

Table 3. Supply variance

表 3. 供货量方差

供应 商 ID	材 料	1	2	3	4	5	6	7	8	...	234	235	236	237	238	239	240	总订 单数	供货量 方差	
0	S001	B	0	0	0	0	0	0	0	...	1	0	2	0	0	0	0	49	0.53	
1	S002	A	1	0	0	1	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	273	24.76	
2	S003	C	8	1	0	0	0	1	5	58	...	20	20	8	18	10	22	11	13, 138	5798.74
3	S004	B	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	64	0.74	
4	S005	A	37	62	60	65	76	76	65	71	...	79	78	75	74	74	76	81	6912	1309.11
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Continued

397	S398	C	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	41	0.58
398	S399	B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	65	0.71
399	S400	B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	53	2.18
400	S402	B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	67	0.93
401	S402	B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	35	1.81

在表 3 为 402 家原材料供货商的订货量和供货量数据的基础上进行了一系列的加工整理，计算出总的订单数，以及供货量方差，是影响选择最优供应商的重要因素。

利用方差公式集合 Matlab 程序，计算偏离程度见图 2。

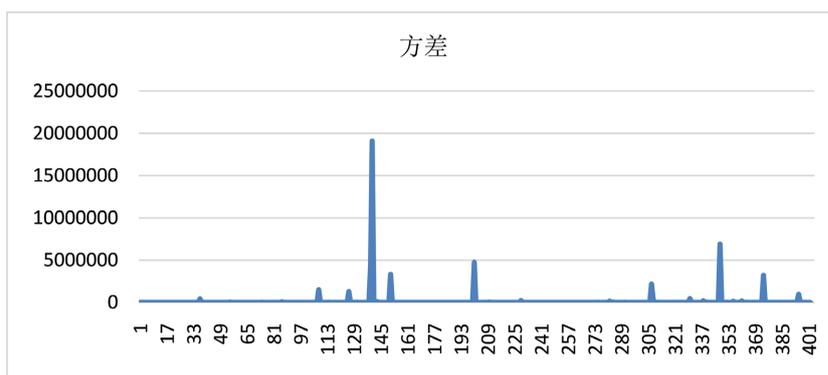


Figure 2. Supply variance  
图 2. 供货量方差

图 2 是每个样本值与全体样本值的平均数之差的平方值的平均数，即偏离程度。方差越大，则说明数据的波动越大，供货越不稳定。而根据图 2 可以分析，有些供应商的方差较大，表明供货的数量较大，供货不够稳定。

(3) 供货完成率

假设供货完成率为  $\Omega$ ，该变量  $\Omega$  表示的是，供应商的供货量大于等于 P 企业的订货量时占有所有情况的比例。

$$\text{其具体计算公式为: } \Omega_i = \frac{f_1(A_{ij} \geq B_{ij}) - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)}{240 - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)} \quad (\text{其中 } f \text{ 表示某种情况下的计数})。$$

由供应商的供货量以及订货量相关数据，可带入数据进行计算，进行求解，若供货完成率  $\Omega$  越大，则表示供应商的供货能力更可靠。

(4) 供货误差率

供货误差率  $\gamma$  为供应商的供货量与企业订货量的误差之比，计算方法是供货量与订货量之差与订货量的比值。

$$\text{当订货 } D \text{ 不等于 } 0 \text{ 时，该周的供货误差率 } \varphi_{week} \text{ 具体计算公式为: } \varphi_{week} = \frac{|B_{ij} - A_{ij}|}{A_{ij}}。$$

$$\text{总的供货误差率 } \gamma \text{ 取为有效周的平均值，具体计算公为: } \gamma_i = \frac{\sum \varphi_{week}}{240 - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)}。$$

可将数据代入公式进行计算，得到需要的数据，再进行比较分析。若供货误差率  $\gamma$  越小，则供应商的供货能力越稳定。

#### (5) 波动可接受性

对于生产企业来说，具有一定的承担风险的压力。当供应商的供应不稳定时，只要供货量在一定范围内变化，那么生产企业还是可以承担的，不会过多影响到企业的生产。所以，我们定义只要供货误差率  $\gamma$  小于 25%，就可以认为供货是较为稳定的，这个波动是可接受的。也就是说，波动可接受性就是供货误差率  $\gamma$  小于 25% 的订单数量占总订单的比例。

$$\text{其具体计算公式为: } \lambda_i = \frac{f(\varphi \leq 25\%) - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)}{240 - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)}。$$

波动可接受率可根据前面算出的供货误差率，并结合 402 家原材料供货商的订货量和供货量数据进行分析，波动可接受性  $\lambda$  越大，那么波动可以被生产企业接受的概率就越大，保障企业生产的重要性也就越高。

#### (6) 大额订单比例

若大额订单的比例  $\mu$  越高，则表示供应商的供货能力越强，后续企业产能增加时，能为其提供更多的原材料。

$$\text{计算公式: } \mu_i = \frac{f(B_{ij} \geq 500)}{240 - f_2(A_{ij} = B_{ij} = 0)}。$$

### 3.4.2. 熵权法对指标赋权

构造原始决策矩阵  $T = (t_{ij})_{402 \times 6}$

$$T = (A_i, X_i^2, \Omega_i, \gamma_i, \lambda_i, \mu_i)$$

(1) 计算第  $j$  个指标下第  $i$  个供应商的贡献度:

$$P_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^{402} t_{ij}}$$

(2) 计算所有供应商对指标  $x_j$  的贡献总量:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{402} P_{ij} \ln P_{ij} \left( k = \frac{1}{\ln 402} \right)$$

(3)  $d_j$  为第  $j$  个指标下个供应商的贡献程度:

$$d_j = 1 - E_j$$

(4) 利用下面公式进行归一化后，即可求得个属性的权重:

$$\omega_i = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^6 d_j}$$

经过计算后指标的权重见表 4。

**Table 4.** Supplier rating

**表 4.** 供应商评分

$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$	$\omega_5$	$\omega_6$
0.2204	0.1130	0.2845	0.1398	0.1940	0.0483

(1) 对决策矩阵中的供货量方差  $X_i^2$ , 供货完成率  $\Omega_i$ , 供货误差率  $\phi_i$ , 波动可接受性  $\mu_i$  大额订单比例  $\theta_i$  做正向化处理:

① 找出供货量方差, 供货完成率, 供货误差率, 波动可接受性, 大额订单比例这五个指标的最大值  $t_j^+ (j=2,3,4,5,6)$ :

② 对第 2, 3, 4, 5, 6 列做正向化处理。

$$t_{ij} = t_j^+ - t_{ij} (i=1,2,3,\dots,402; j=2,3,4,5,6)$$

(2) 对正向化矩阵标准化  $Y = (y_{ij})_{402 \times 6}$ :

$$y_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{60} a_{ij}^2}} (i=1,2,3,\dots,402; j=1,2,3,4,5,6)$$

(3) 由熵权法得到的权重确定加权决策矩阵  $C = (c_{ij})_{402 \times 6}$ :

$$c_{ij} = \omega_j \times y_{ij} (i=1,2,3,\dots,402; j=1,2,3,4,5,6)$$

(4) 确定各指标的最优决策方案和最劣策略方案:

① 找出各个评价指标最大值  $O_j^+ (j=1,2,3,4,5,6)$ ,

最优组合方案: 向量  $O_j^+ = \{o_1^+, o_2^+, o_2^+, o_3^+, o_4^+, o_5^+, o_6^+\}$ ;

② 找出各个评价指标最小值  $O_j^- (j=1,2,3,4,5,6)$ ,

最劣组合方案: 向量  $O_j^- = \{o_1^-, o_2^-, o_2^-, o_3^-, o_4^-, o_5^-, o_6^-\}$ 。

(5) 计算 402 家供应商对应的各指标与最优组合方案和最劣组合方案的距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^6 (c_j^+ - c_{ij})^2} (i=1,2,3,\dots,402)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^6 (c_j^- - c_{ij})^2} (i=1,2,3,\dots,402)$$

(6) 计算各供应商的得分:

$$g_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ - D_i^-} (i=1,2,3,\dots,402)$$

### 3.5. 模型求解

基于上述建立的模型, 利用 MATLAB 软件计算 402 家供应商的综合评分: 基于模型的评价结果, 本文筛选出了 50 家最重要的供货商如表 5, 其中得分最高三家的供货商分别为 S229, S140, S361, 这三家供货商的得分分别为 0.0173, 0.0170 和 0.0164。

Table 5. Supplier rating

表 5. 供应商评分

序号	供应商 ID	综合评分	序号	供应商 ID	综合评分
1	S229	0.017235095	26	S37	0.003577343
2	S140	0.017031381	27	S284	0.003459567
3	S361	0.016362375	28	S374	0.00342508
4	S108	0.012853264	29	S365	0.003291143
5	S151	0.011144935	30	S31	0.003277424

## Continued

6	S340	0.009044797	31	S40	0.002975574
7	S282	0.00892533	32	S364	0.002893104
8	S201	0.008670938	33	S174	0.002857754
9	S275	0.008411549	34	S76	0.002851678
10	S139	0.008358436	35	S206	0.002832495
11	S329	0.008316349	36	S175	0.002831788
12	S308	0.007990901	37	S169	0.00283054
13	S330	0.007797596	38	S178	0.002819332
14	S131	0.007427926	39	S221	0.002812092
15	S356	0.007087673	40	S367	0.002800131
16	S268	0.007036999	41	S338	0.002796252
17	S306	0.006862651	42	S213	0.00279552
18	S348	0.006065154	43	S237	0.002773518
19	S194	0.005718808	44	S50	0.002769272
20	S352	0.005165547	45	S30	0.002759933
21	S143	0.004962011	46	S53	0.002756649
22	S307	0.004800531	47	S67	0.002753882
23	S395	0.004783978	48	S342	0.00274503
24	S126	0.004264855	49	S106	0.002731955
25	S247	0.003821354	50	S253	0.002721675

#### 4. 结论

本文根据生产企业的订货量和供应商的供货量定义并计算出了供应商的供货总量, 供货量方差, 供货完成率, 供货误差率, 波动可接受性以及大额订单率等指标来体现供应商的综合实力。对供应商的供货数据进行了分析, 通过建立熵权的 TOPSISI 模型, 综合评价供应商保障企业生产的重要程度, 最后运用建立的模型对 402 家供应商进行评分, 得到排名前 50 的供应商, 本文为生产企业选择原材料供应商提供了较为可靠的技术支撑。

#### 参考文献

- [1] Elkington, J. (1994) Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. *California Management Review*, **36**, 90-100. <https://doi.org/10.2307/41165746>
- [2] No, S.P. (2015) A Study on the Selection Factors for Raw Material Suppliers of Cosmetics Companies by Using AHP Method. *The Korea Logistics Research Association*, **25**.
- [3] 魏锋, 尹丽君, 于政扬. 基于供应链的原材料供应商选择评价模型[J]. *物流技术*, 2013, 32(1): 162-165.
- [4] 李华, 何正柯, 李群, 孙秋柏. 改进的 TOPSIS 决策方法在供应商选择中的应用[J]. *数学的实践与认识*, 2016, 46(16): 93-101.
- [5] 2021 高教社杯全国大学生数学建模竞赛赛题[EB/OL]. 全国大学生数学建模竞赛. <http://www.mcm.edu.cn/>, 2021-09-09.