

TOPSIS法权重的选取：几种赋权方法的对比

张丽蓉¹, 尤七七¹, 罗灵茜¹, 张自然¹, 孙艺嘉¹, 涂现峰²

¹嘉兴南湖学院商贸管理学院, 浙江 嘉兴

²嘉兴南湖学院信息工程学院, 浙江 嘉兴

收稿日期: 2023年7月10日; 录用日期: 2023年7月31日; 发布日期: 2023年8月14日

摘要

现如今, 在多目标决策中, 如何确定最优方法是一个非常复杂的决策性难题, 现阶段普遍采用的决策方案存在主观程度高、权重分配不科学、决策结果不稳定等缺陷。在此背景下, 本文以实际调查“浙江省大学生状态转变的探究”为例, 在构建选择评价指标体系的基础上, 通过熵权法、AHP法和主客观结合的组合赋权法这三种不同的赋权方法计算出具体权重, 再分析其不同状态指数下的差异性, 对三种方法进行综合比较, 最后通过计算, 用不同赋权方法所计算出权重变化值, 验证三种方法确定权重的有效性、可行性, 以其说明运用TOPSIS法权重赋权的重要性。

关键词

TOPSIS法, AHP法, 熵权法, 组合法, 权重

Selection of TOPSIS Method Weights: Comparison of Several Weighting Methods

Lirong Zhang¹, Qiqi You¹, Lingqian Luo¹, Ziran Zhang¹, Yijia Sun¹, Xianfeng Tu²

¹School of Business Management, Jiaying Nanhu University, Jiaying Zhejiang

²School of Information Engineering, Jiaying Nanhu University, Jiaying Zhejiang

Received: Jul. 10th, 2023; accepted: Jul. 31st, 2023; published: Aug. 14th, 2023

Abstract

Nowadays, in multi-objective decision-making, how to determine the optimal method is a very complicated decision-making problem. The decision-making schemes commonly used at this stage

文章引用: 张丽蓉, 尤七七, 罗灵茜, 张自然, 孙艺嘉, 涂现峰. TOPSIS 法权重的选取: 几种赋权方法的对比[J]. 统计学与应用, 2023, 12(4): 901-909. DOI: 10.12677/sa.2023.124095

have defects such as high degree of subjectivity, unscientific weight distribution, and unstable decision-making results. In this context, this article takes the actual investigation “Exploration of the state transition of college students in Zhejiang Province” as an example. Based on the construction of the selection evaluation index system, the specific weights are calculated through three different weighting methods: the entropy weight method, the AHP method and a combination of subjective and objective weighting method. Further analyze the differences under different state indices, and comprehensively compare the three methods. Finally, through calculation, use the weight change values calculated by different weighting methods to verify the effectiveness and feasibility of the three methods in determining weights, in order to demonstrate the importance of using TOPSIS method for weight weighting.

Keywords

TOPSIS Method, AHP Method, Entropy Weight Method, Combination Method, Weight

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. 引言

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)法是 C. L. Hwang 和 K. Yoon 于 1981 年在 Multiple attributes decision making methods and applications 首次提出是一种多目标决策方法, 被称为在决策分析中一种逼近“理想解”的排序方法。该方法只要求各效用函数具有单调递增(或递减)性, 广泛应用在工程项目招投标、企业员工绩效考评、服务机构绩效考核评估、地区经济实力综合评估、物流方案选取决策等领域。然而个性化推荐是根据满足用户的个性化需求程度的一种排序方法, 与绩效考评和综合评估有诸多的共同点, 所以可以将 TOPSIS 方法应用到个性化推荐之上, 通过对用户的调查得到用户的“理想解”, 利用商品或服务与“理想解”的接近程度由大到小的顺序进行推荐。

然而, 运用 TOPSIS 法进行综合评价分析首先要确定权重, 权重的确定是多目标决策的一个重要环节, 因为多目标决策的基本思想是将多目标决策结果值纯量化, 也就是应用一定的方法、技术、规则(常用的有加法规则、距高规则等)将各目标的实际价值或效用值转换为一个综合值; 或按一定的方法、技术将多目标决策问题转化为单目标决策问题, 然后按单目标决策原理进行决策。指标权重是指标在评价过程中不同重要程度的反映, 是决策(或评估)问题中指标相对重要程度的一种主观评价和客观反映的综合度量。权重的赋值合理与否, 对评价结果的科学合理性起着至关重要的作用: 若某一因素的权重发生变化, 将会影响整个评判结果[1]。因此, 权重的赋值必须做到科学和客观, 这就要求寻求合适的权重确定方法。

2. 文献综述与研究方法

2.1. 国内外文献综述

2.1.1. 国内文献综述

TOPSIS 法是一种有效的多属性决策方法, 应用范围广泛。但随着人们遇到的多属性决策问题越来越多, 越来越复杂, 传统 TOPSIS 法已表现出某种不适应性, 如属性赋权不精确和自相矛盾问题等。

据此学者们对于 TOPSIS 法提出了各种各样的假设和探究, 其中潘妮、周术华[2]提出了引入“垂直距离”来代替欧氏距离, 用熵值法来取代一般的主观权值法, 对 TOPSIS 模型进行了改进。

夏勇其、吴祈宗[3]提出一种基于理想点的多属性决策模型，并根据其到正理想解的相对贴近度大小进行的方案的排序。

封胜杰[4]提出：关于权重的确定，主观赋权法可能有很大的主观随意性，受到决策者知识或经验缺乏的影响；客观赋权法忽略了决策者的主观信息；组合赋权法算法复杂度普遍比较高，这三类方法各有利弊。

本文则是在构建选择评价指标体系的基础上，通过熵权法、AHP法和主客观结合的组合赋权法这三种不同的赋权方法进行比较，探究TOPSIS法的权重赋权的重要性。

2.1.2. 国外文献综述

TOPSIS方法诞生之初并没有权重的概念，Huan-Jyh Shyur [5]、Hepu Deng等[6]、Zhongliang Yue [7]等学者将权重引入到TOPSIS中，目前采用TOPSIS评价模型的文献虽然权重设定方法不同，但大多数均引入了权重进行评价。

Anhua PENG和Zhiming WANG (2011) [8]提出，创建一个新的TOPSIS与GRA相结合的决策模型。GRA只考虑数据曲线的形状相似性备选方案与理想解决方案的属性，其中TOPSIS只考虑位置近似。任何一个GRA或TOPSIS不能准确体现备选方案之间关系的近似数据曲线和理想解。

Kevin W. LI (2009) [9]认为，TOPSIS法在确定有序标准的确切值时，存在更多的偏好不确定性。例如，区间可能比精确值更合理，用于表示相对于有序标准的偏好。由于TOPSIS方法没有提供任何相关的过程来处理序数标准中的不确定性，采用DEA(数据包络分析)和TOPSIS(订单技术)的混合方法性能(偏好)与理想解的相似性)来进行多准则决策应急管理分析，以便于识别关于标准权重的参数信息并量化中的定性标准顶部。

Satty (1980) [10]提出，层次分析法(AHP法)是一种定量技术，其应用存在以下局限性：1) 层次分析法主要用于近似清晰的决策应用。2) AHP方法创建并处理非常不平衡的判断尺度。3) AHP方法无法处理与将一个人的判断映射到一个数字相关的不确定性和模糊性。4) AHP方法的排序是相当不精确的。5) 主观的决策者的判断、选择和偏好对AHP结果有很大影响。

Xiangxin Li 提出[11]，在SMART原理的基础上，采用熵权法 + TOPSIS法建立了煤矿安全评价指标体系，实例研究表明，该方法简单明确，评价结果可靠，更符合实际，在煤矿安全评价中应得到广泛推广。

2.2. 研究方法

本文主要采用的研究方法是文献调查法，实例分析法。

1) 文献研究法：通过搜集相关文献，阅读国内外有关TOPSIS法相关文献，总结TOPSIS法、熵权法、AHP法计算权重的方法，为后续实际案例应用做理论铺垫。虽然说文献研究法能摆脱时空条件对文献资料搜集的束缚、可以获得稳定的信息、实施起来省时、省钱、效率高，但是还是存在一定的局限性，首先文献资料的搜索难度日益加大，随着信息技术和网络技术的不断发展和完善，信息知识呈爆炸式增长趋势，作为储存知识内容的载体，文献的数量也在迅速增多；其次，难以保证所获得文献的质量，由于文献调查法所获得的文献信息是一种“历史性”的信息，研究者难以保证文献的质量，故而也难以保证文献信息的真实性；另外，研究者对得到的文献信息缺乏体验性，文献信息具有明显的历史局限性；最后，需要研究者具有较高的文化水平，文献调查法需要人们通过阅读理解才能获取文献信息，它要求研究者有较高的文化水平，因而不适合一般文化程度的人采用。

2) 实例分析法：本文以实际调查“浙江省大学生状态转变的探究”为例，通过熵权法、AHP法和主

客观结合的组合赋权法这三种不同的赋权方法计算出具体权重，再分析其不同状态指数下的差异性，用不同赋权方法所计算出权重变化值，根据计算结果的差异性总结原因，为学术领域提供借鉴。本文使用实例分析法生动形象，有利于深化理论学习、运用方式灵活多样并且案例分析过程中的交流，有利于我们能力的培养，但是收集到典型的有针对性的案例比较困难，另外，案例对工作流程不具有广泛和普遍的指导作用，使我们难以得到较为系统的和完整的技能或知识。

3. 算法概述

3.1. TOPSIS 法

TOPSIS 是由 n 个属性评估的 m 个选项的 MADM 问题，可以看作是一个在 n 维空间中有 m 个点的几何系统。Hwang 和 Yoon(1981)根据所选方案与正理想解的距离最短、与负理想解的距离最长的概念，提出了“与理想解相似度排序偏好技术”(TOPSIS)。最近，Zeleny(1982)和 Hall(1989)也提出了这一原则，Yoon(1987)和 Hwang, Lai 和 Liu(1993)进一步丰富了这一原则。

TOPSIS 通过结合与正理想解的接近程度和与负理想解的距离，定义了一个与正理想解的相似度(或相对接近度)指标，可以判断数据中各个方案的优劣。首先确定各项指标的最优理想值(正理想值)和最劣理想值(负理想解)，所谓正理想值是一设想的最好值(方案)，它的的各个属性值都达到各候选方案中最好的值，而负理想解是另一设想的最坏的值(方案)，然后求出各个方案与正理想值和负理想值之间的加权欧氏距离，由此得出各方案与最优方案的接近程度，作为评价方案的优劣标准，最后得到各个方案的优劣值。该方法分为一系列连续的步骤[12]:

- 1) 对原始数据进行标准化处理，构建标准化矩阵 Y :

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_{j\min})}{(X_{j\max} - X_{j\min})}, \quad \text{负向指标: } Y_{ij} = \frac{(X_{j\min} - X_{ij})}{(X_{j\max} - X_{j\min})},$$

- 2) 选取指标权重 W ，形成加权规范化矩阵:

$$Z = Y \times W,$$

- 3) 确定正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^- :

$$Z^+ = \{\max Z_{ij} \mid j=1, 2, \dots, n\} = \{Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+\},$$

$$Z^- = \{\min Z_{ij} \mid j=1, 2, \dots, n\} = \{Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-\}.$$

- 4) 计算评价对象与正(负)理想解的距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^-)^2}.$$

- 5) 计算评价对象与正理想解的相对接近度 C_i :

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

3.2. 权重的两个方法: AHP 法和熵权法

3.2.1. AHP 法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种将定量研究与定性分析相结合，对复杂问题进行决策的主观赋权法，由美国运筹学家 Satty 于 20 世纪 70 年代提出，目前已广泛应用于技术评价、关联分

析、资源分配等领域。

层次分析法是一种解决多目标的复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法。该方法将定量分析与定性分析结合起来,用决策者的经验判断各衡量目标之间能否实现的标准之间的相对重要程度,并合理地给出每个决策方案的每个标准的权数,利用权数求出各方案的优劣次序,比较有效地应用于那些难以用定量方法解决的课题。该方法分为一系列连续的步骤[13]。

1) 通过两两比较,构造判断矩阵

设有 p 项评价指标,分别记为:

$$A = \begin{matrix} & I_1, I_2, \dots, I_p \\ \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{matrix} \end{matrix}$$

式中 a_{ij} 为第 i 个评价对象和第 j ($i, j = 1, 2, \dots, m$, m 为评价对象个数) 个评价对象相对重要性的比较结果。

2) 对判断矩阵进行一致性检验

判断矩阵 A 构建完成后,由于其构建在一定程度上受决策者主观判断影响,还需要进行一致性检验,一致性比率 CR 定义和一致性指标 CI 计算方法。

基本计算公式为:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

计算一致性比例 CI/RI , 当小于 1.0 则满足。其中,称为一致性指标,其计算公式为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - p}{p - 1}$$

为同阶平均随机一致性指标,它是通过数百个甚至上千个随机构造的样本矩阵计算的平均。当判断完全一致时, A 的非零特征根是唯一的,且为 p 。显然,越小,判断矩阵 A 的一致性程度越高;相应地也越小。

通过一致性检验后,计算得到判断矩阵 A 的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量。

3) 计算各指标的权重

指标权重的计算运用行向几何平均数的归一化方法。

首先,逐行计算判断矩阵 A 的行几何平均值 G_i (i 为行号, $i = 1, 2, \dots, p$), 公式为:

$$G_i = \sqrt[p]{a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{ip}} = \sqrt[p]{\prod_{j=1}^p a_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

其次,对行几何平均值进行归一化,即得各指标的权重 α_i :

$$\alpha_i = \frac{G_i}{\sum_{j=1}^p G_j} \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

3.2.2. 熵权法

使用熵权法可有效减小主观因素带来的误差,根据指标变异性大小确定客观权重,熵越小,指标的变异性越大,信息的混乱程度越低,使用价值越大,在综合评价中发挥作用越大,其权重也越大。熵权

法主要分为以下步骤:

1) 数据标准化

将各个指标的数据进行标准化处理。假设给定了 k 个指标 x_1, x_2, \dots, x_k , 其中 $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。假设对各指标数据标准化后的值为 Y_1, Y_2, \dots, Y_k , 那么 $Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}$ 。

2) 求各指标的信息熵

根据信息论中信息熵的定义, 一组数据的信息熵 $E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$ 。其中 $p_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}$, 如果 $p_{ij} = 0$,

则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

3) 确定各指标权重

根据信息熵的计算公式, 计算出各个指标的信息熵为 E_1, E_2, \dots, E_k 。通过信息熵计算各指标的权重:

$$\beta_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} (i=1, 2, \dots, k)。$$

3.3. 提出主客观结合的组合赋权

由于熵权法是根据数据自身混乱程度来比较各个指标的权重, 因此缺少主观性, 而 AHP 法的定量数据较少, 客观性不强, 具有一定的片面性。所以针对主观赋权法(AHP)和客观赋权法(熵权法)各自的优点和缺点, 将两种赋权方法的权重相结合的加权方法称为组合赋权法, 即通过给主观权重矩阵和客观权重矩阵进行加权, 得到一个新的权重矩阵, 在这个矩阵下寻求全局最优解。

该方法主要是以熵权法计算出的权重作为参考, 运用 AHP 进行修正, 希望修正后的组合权重能够兼顾主客观权重的优势[14]。步骤如下:

1) 用 AHP 法确定主客观权重

由决策专家根据经验确定指标的重要性排序, 构造判断矩阵, 计算比较矩阵的特征值, 确定各因素的权重, 记为 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 。

2) 用熵权法确定客观权重

根据客观数据, 选取多个指标进行熵值法分析, 分别计算出所有指标权重值, 记为 $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ 确定主观赋权需要的重要性依据, 使得组合权重能够体现指标的数据信息。

3) 确定主客观权重

建立目标函数, 以指标组合权重离差之和最小为目标, 寻求最优的线性组合系数, 得到指标综合权重, 记为 (w_1, w_2, \dots, w_n) 。

$$w_i = \sqrt{\alpha_i \beta_i} / \sum_{i=1}^n \sqrt{\alpha_i \beta_i} (i=1, 2, \dots, k)$$

4. 实证讨论

本部分以具体调查“浙江省大学生状态转变的探究”为例, 探讨 TOPSIS 法在三种不同的赋权方式下的结果差异, 该调查主要探究浙江省大学生遇到外界干扰下的思想状态变化情况, 从压力、状态、响应三个方面选取了 8 个指标反映大学生的思想状态变化, 指标如下: PS 为学习方面的压力、PM 是心理方面的压力、PL 是生活方面的压力; SS 是指学习状态、SM 是心理状态、SL 是生活状态; RI 是指个人响应、RS 是学校响应, 对以上指标综合评价, 最终的值称为状态指数, 以此反映大学生的状态转化。

正负指标的同向化处理：正指标为：PM、SL、RI、RS；负指标为 PS、SS、PL、SM，赋值的处理方式如表 1。

Table 1. The co-processing of positive and negative indicators

表 1. 正负指标的同向化处理

类型	指标	处理方式
正指标(+)	PM、SL、RI、RS	非常不同意-1→非常同意-5
负指标(-)	PS、SS、PL、SM	非常不同意-5→非常同意-1

4.1. AHP 法、熵权法、组合法三种权重法的计算

根据第二部分的算法，结合样本数据，分别计算三种权重方法的具体权重，计算结果如表 2，可以看出不同的赋权方法，同一样本数据得到的权重是不一样的，这对评价的结果可能会产生一定的差异。

Table 2. The weight calculation results of the three methods

表 2. 三种赋权方法的权重计算结果

权重计算方法	PS	SS	PM	SM	RS	RI	PL	SL
AHP 法	0.19	0.13	0.13	0.08	0.07	0.04	0.24	0.12
熵权法	0.14	0.12	0.10	0.11	0.11	0.14	0.16	0.10
组合法	0.17	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.21	0.11

4.2. 不同赋权方法状态指数的计算结果及差异性

4.2.1. 不同赋权方法状态指数的计算结果

根据第 2 部分 TOPSIS 的算法，分别计算三种权重下的状态指数，结果如表 3 (200 个评价对象，只列部分计算结果)，根据赋值方式，状态指数越大，则表明大学生对外界干扰的状态转换效果越好，可以看到不同的赋权方式，状态指数的值具有一定的差异性。

Table 3. The calculation results of state index under three kinds of weighting methods

表 3. 三种赋权方式下状态指数的计算结果

权重方法	状态指数
AHP 法	0.5048 0.5 0.6099 0.7868 0.5634 0.5702 0.5687 0.4593 0.6564 ...
熵权法	0.4638 0.5 0.5768 0.6802 0.5090 0.5320 0.5411 0.5228 0.5561 ...
组合法	0.5003 0.5 0.6083 0.7518 0.5518 0.5570 0.5591 0.4832 0.6291 ...
最大最小差值	0.0410 0.0 0.0330 0.1066 0.0545 0.0382 0.0275 0.0635 0.1003 ...

4.2.2. 状态指数的差异性分析

本部分运用方差分析探讨 200 个评价对象的状态指数在三种赋权方式下计算的状态指数的差异性，调用 SPSS，结算结果如表 4，可以看到检验的 p 值为 0.903，即说明三种赋权方式计算的状态指数无显

著差异, 进一步探讨, 选取 200 个样本中状态指数差异大于 0.1 的 23 个样本, 再次使用方差分析, 检验的 p 值为 0.517, 可以看到虽然总体仍无显著差异, 但 p 值已发生较大变化。

Table 4. Analysis of variance of state indices with different weighting methods

表 4. 不同赋权方式状态指数的方差分析结果

状态系数	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	0.002	2	0.001	0.102	0.903
组内	6.190	597	0.01		
总计	6.192	599			

由以上结果可知, 在三种赋权方法下, 本文选取 200 个样本时, 方差分析结果整体上是无差异的, 且多重比较无显著性差异; 在选取 23 个样本进行方差分析时, 整体仍无显著性差异, 但 p 值已发生较大变化, 即在实际的分析中应慎重选择赋权方式, 以免影响最终的结果。说明这三种方法在样本比较多时是无显著性差异的, 但是当样本量或者评价主体比较少时, 评价结果可能会发生一些变化, 由此可见赋权选择的重要性。

5. 总结

本文是通过对比几种赋权方法来说明 TOPSIS 法权重选取的重要性。首先, 根据实例选取 8 个指标, 200 个样本; 其次, 分别构造标准化矩阵, 选取 AHP 法、熵权法, 组合赋权法下计算的权重, 形成加权规范化矩阵, 计算正负理想解和状态指数; 最后运用方差分析法对三种方法的状态指数进行分析, 得到整体无显著性差异, 但是与样本较多时相比, 在样本较少时, p 值变化较大。在运用 TOPSIS 法进行实际分析中, 应慎重选择赋权。

基金项目

嘉兴南湖学院 2022 年大学生科研训练计划(SRT), 项目代码: 8517223215。

参考文献

- [1] 张璇, 吴清烈. 基于 TOPSIS 算法的个性化推荐研究[J]. 情报杂志, 2009, 28(12): 127-130.
- [2] 潘妮, 周术华. 基于熵权的改进的 TOPSIS 模型及其应用[J]. 云南水力发电, 2007(5): 8-12.
- [3] 夏勇其, 吴祈宗. 一种混合型多属性决策问题的 TOPSIS 方法[J]. 系统工程学报, 2004(6): 630-634.
- [4] 封胜杰. 多属性决策中的组合赋权及 TOPSIS 法研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏科技大学, 2016.
- [5] Shyur, H.-J. (2006) COTS Evaluation Using Modified TOPSIS and ANP. *Applied Mathematics and Computation*, **177**, 251-259. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.11.006>
- [6] Deng, H.P., Yeh, C.-H. and Willis, R.J. (2000) Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights. *Computers and Operations Research*, **27**, 963-973. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00069-6)
- [7] Yue, Z.L. (2010) An Extended TOPSIS for Determining Weights of Decision Makers with Interval Numbers. *Knowledge-Based Systems*, **24**, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2010.07.014>
- [8] Peng, A.H. and Wang, Z.M. (2011) GRA-Based TOPSIS Decision-Making Approach to Supplier Selection with Interval Number. *Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. Mianyang, 23-25 May 2011, 1769-1774. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2011.5968478>
- [9] Chen, Y., Li, K.W., Xu, H.Y. and Liu, S.-F. (2009) A DEA-TOPSIS Method for Multiple Criteria Decision Analysis in Emergency Management. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **18**, 489-507. <https://doi.org/10.1007/s11518-009-5120-3>

-
- [10] Patil, S.K. and Kant, R. (2014) A Fuzzy AHP-TOPSIS Framework for Ranking the Solutions of Knowledge Management Adoption in Supply Chain to Overcome its Barriers. *Expert Systems with Applications*, **41**, 679-693. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.093>
- [11] Li, X.X., Wang, K.S., Liu, L.W., Xin, J., Yang, H.R. and Gao, C.Y. (2011) Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in Safety Evaluation of Coal Mines. *Procedia Engineering*, **26**, 2085-2091. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2410>
- [12] 蒋兴, 李佳欣. 基于熵权 TOPSIS 模型的省域乡村产业发展水平分析[J]. 商展经济, 2023(9): 34-38. <https://doi.org/10.19995/j.cnki.CN10-1617/F7.2023.09.034>
- [13] 李妍, 刘世朗, 刘天宇. 基于 AHP 法的农产品包装设计[J]. 设计, 2023, 36(3): 74-77. <https://doi.org/10.20055/j.cnki.1003-0069.000504>
- [14] 阮霁阳. 地方政府数据开放平台服务质量评价研究——基于群 AHP-熵权法组合权重的 TOPSIS 实证分析[J]. 云南行政学院学报, 2021, 23(6): 43-52. <https://doi.org/10.16273/j.cnki.53-1134/d.2021.06.001>