

基于组合赋权——TOPSIS-GRA的新能源汽车产品更新方案决策方法

姜培钊

上海理工大学7M专业教育中心, 上海

收稿日期: 2025年3月19日; 录用日期: 2025年5月28日; 发布日期: 2025年6月4日

摘要

为了实现新能源汽车产品更新方案的评价与决策, 依据评价指标体系的构建原则, 构建了新能源汽车产品更新方案评价指标体系。同时, 基于组合专家打分法、熵权法、TOPSIS法和GRA法提出组合赋权——TOPSIS-GRA的新能源汽车产品更新方案决策方法。采用专家打分法进行主观权重计算, 熵权法进行客观权重计算, 并进行非线性乘法结合完成最终权重分配, 将TOPSIS法中的正理想解作为目标序列引入GRA法, 将更新方案的多项指标综合成单一指标, 从而实现更新方案的排序和优选。最后, 针对过程中决策者偏好问题和评价指标权重问题进行敏感性分析, 验证了方法的稳定性和可靠性。

关键词

新能源汽车, 产品更新, 多属性决策

A Decision-Making Method for New Energy Vehicle Product Renewal Program Based on Portfolio Assignment—TOPSIS-GRA

Peizhao Jiang

7M Professional Teaching Center, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Mar. 19th, 2025; accepted: May 28th, 2025; published: Jun. 4th, 2025

Abstract

In order to realize the evaluation and decision-making of new energy vehicle product renewal program, based on the construction principle of evaluation index system, the evaluation index system

文章引用: 姜培钊. 基于组合赋权——TOPSIS-GRA 的新能源汽车产品更新方案决策方法[J]. 运筹与模糊学, 2025, 15(3): 10-20. DOI: 10.12677/orf.2025.153135

of new energy vehicle product renewal program is constructed. Meanwhile, the decision-making method of new energy automobile product renewal program of combination empowerment—TOPSIS-GRA is proposed based on combination expert scoring method, entropy weight method, TOPSIS method and GRA method. The expert scoring method is used for subjective weight calculation, the entropy weight method is used for objective weight calculation, and the nonlinear multiplication method is combined to complete the final weight allocation, and the positive ideal solution in the TOPSIS method is introduced into the GRA method as the target sequence, so as to synthesize the multiple indexes of the updating scheme into a single one, thus realizing the sorting and preference of the updating scheme. Finally, a sensitivity analysis is carried out for the problem of decision-maker preference and the problem of evaluation index weights in the process to verify the stability and reliability of the method.

Keywords

New Energy Vehicles, Product Renewal, Multi-Attribute Decision Making

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

在全球市场竞争加剧与技术迭代加速的双重驱动下，企业产品方案决策正面临从单一价值维度向复杂系统评估的范式转变。产品生命周期中的技术可行性、成本效益、市场需求匹配度、供应链韧性及可持续发展要求等多重属性交织，迫使企业急需突破传统经验式决策的局限性。

如林浩屹[1]等人通过对周期阶段和认知主体的双维度分析，结合 A-Kano 模型和 G2 序关系，使用 VIKOR 方法帮助企业完成产品方案的妥协优选。孔琳等人[2]通过构建基于 FBS-MP 的设计方案多层次表达模型，结合回溯算法和多属性决策方法，实现了绿色设计方案的优选。尤天慧等[3]提出了一种基于情感分析和证据理论的多属性在线评论决策方法，根据所爬取的汽车之家用户在线评论，从消费者的角度为消费者做出汽车购买策略。Yu 等[4]根据新能源汽车星级评定与文字评论，将消费者分类，采用多属性决策方法对车辆进行排序并与不同种类的消费者进行匹配。聂雷等人[5]提出了一种基于多属性决策和 k-means 聚类的车载安全消息中继选择方法。陈智雯等人[6]针对多车辆自主泊车问题，将多属性决策用于全局规划方法，有效降低了泊车成本并提高了效率。由此可见，多属性决策研究近年来在理论深化与应用拓展上取得显著进展。在理论层面，学者们针对复杂信息处理提出创新方法。在实际应用层面，研究已渗透至电力需求响应、工程管理、智能制造等领域。

综上所述，本研究将组合赋权——TOPSIS-GRA 的多属性方法应用于新能源汽车改进方案选择领域，并结合算例加以验证，希望能为新能源汽车企业在进行产品改进时提供理论依据和指导。

2. 指标体系构建

2.1. 指标体系构建原则

为了构建一套科学的评价指标体系，在指标体系的设计与构建过程中应该遵循一些原则。杜栋和庞庆华[7]认为评价指标应宜少不宜多、易简不易繁，具有独立性、代表性与可行性；郭亚军[8]认为评价指标体系的建立一般需要遵守系统性、科学性、可比性、可测量性和独立性五个原则；Peter F. Drucker [9]

提出在评价指标的设定过程中应遵守 SMART 原则,即确定性(Specific)、可衡量性(Measurable)、可实现性(Attainable)、现实性(Realistic)与时效性(Timebound)五个原则。在综合考虑这些研究的基础上,本研究认为评价指标体系的设计和构建过程中,一般应重点遵循目的性、完备性、可操作性、独立性四个原则。

2.2. 新能源汽车产品更新方案指标

在满足上述指标体系构建原则的前提下,本研究基于市场调研以及专家探讨,结合文献[10][11],建立了汽车产品更新方案评价指标体系见图 1。

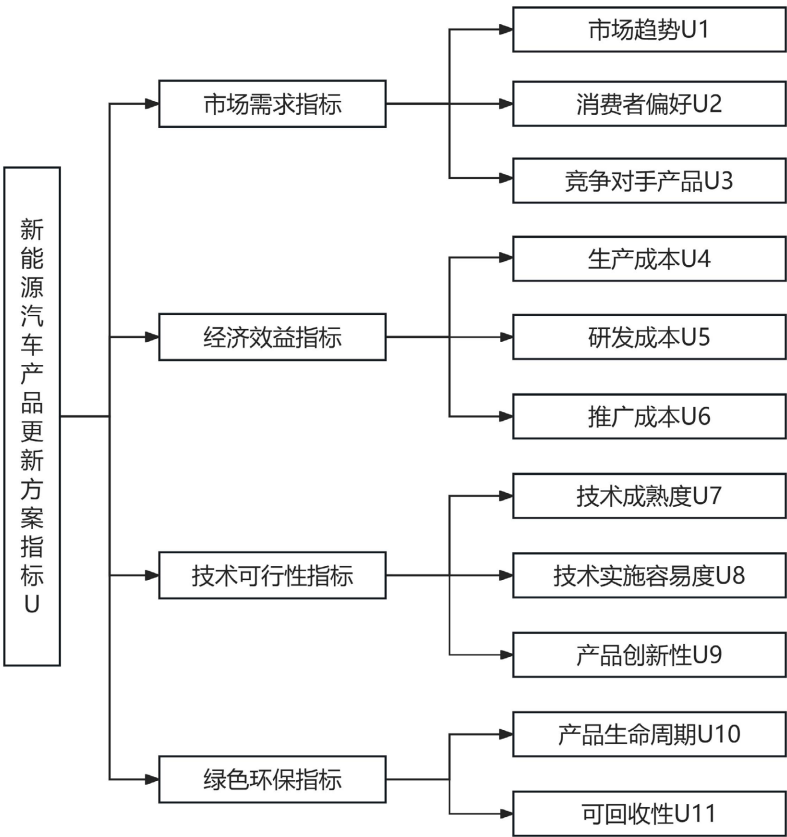


Figure 1. New energy vehicle product renewal program indicators
图 1. 新能源汽车产品更新方案指标

本研究共构建了一级指标 4 个,包括了市场需求指标、经济效益指标、技术可行性指标和绿色环保指标。二级指标 11 个,其中市场趋势 U1、消费者偏好 U2、技术成熟度 U7、技术实施容易度 U8、产品创新性 U9、产品生命周期 U10、可回收性 U11 为效益型指标,竞争对手产品 U3、生产成本 U4、研发成本 U5、推广成本 U6 为成本型指标。

3. 方法设计

3.1. 基本思路

本文以层次分析法(AHP 法)为基础,将层次分析法与熵权法相结合,从而完成对于汽车产品更新方案评价指标的权重赋权。之后通过将优劣解距离法(TOPSIS 法)和灰色关联分析(GRA 分析)结合,将新能源汽车产品更新方案的多项指标综合量化成单一指标,从而完成对于新能源汽车产品更新方案的评价。

3.2. 方法流程

该方法流程包括：组合赋权，TOPSIS 评价，GRA 评价，综合评价等四个步骤。

3.2.1. 组合赋权

乘法加成方法作为常见的非线性组合权重配置方式，其基本思想是将各个指标的权重进行综合，以乘积的方式得出最终权重，这样做可以在削弱单一权重源的支配性的同时，放大短板指标的影响。乘法加成主要适用于评价体系复杂，评价指标繁多的情况，如产品方案设计、安全风险评估等等。因此使用乘法加成方法进行组合赋权，可以在保证专家经验判断的同时又依据了熵权法所带来的客观数据分析，从而提高赋权结果的可靠性和有效性。基本流程见图 2 所示。

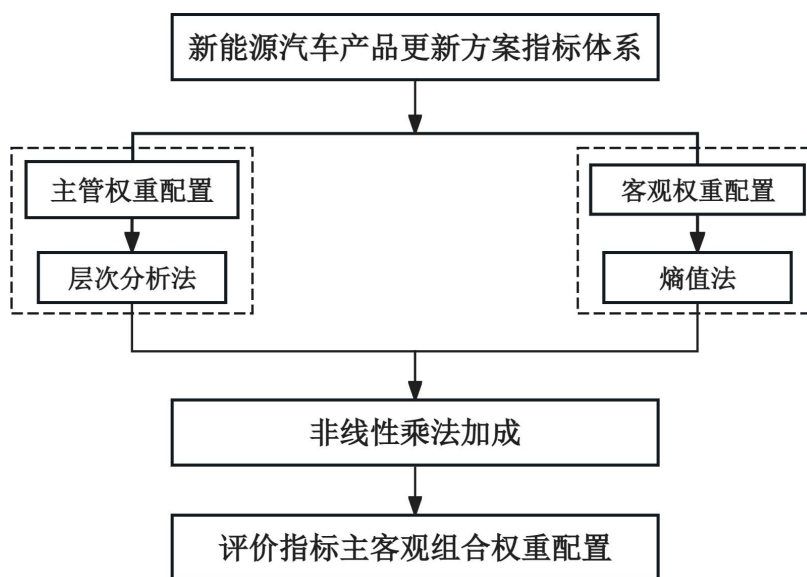


Figure 2. Flowchart of portfolio empowerment

图 2. 组合赋权流程图

(1) 主观权重配置。设评价指标数量为 m ，待评估更新方案数量为 n ，利用 1-9 标度法及模糊隶理论隶属度方法分别得到判断矩阵 $A = (a_{ij})_{nm}$ 及决策矩阵 $X = (x_{ij})_{nm}$ 。

评价指标的主观权重可以表示为：

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij}}$$

(2) 客观权重配置。首先，使用向量归一法对决策矩阵中的各项元素进行归一化处理，以得到归一化决策矩阵 $b = (b_{ij})_{nm}$ 。接着，结合熵权的基本定义，计算评价指标中每项指标的熵值，其中第 j 项的熵值可以表示为 $e_j = -k \sum_{i=1}^m x_{ij} \ln(x_{ij})$ 。式中 k 为评价指标数量的倒数。最后通过公式 $\beta_j = \frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^m (1-e_j)}$ 计算各指标的客观权重。

的客观权重。

将层次分析法的主观权重表示为 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m)$ ，熵权法的客观权重表示为 $\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_m)$ ，则基于非线性乘法加成的第 j 个指标组合权重可以表示为：

$$w_j = \frac{\alpha_j \cdot \beta_j}{\sum_{j=1}^m (\alpha_j \cdot \beta_j)}$$

至此，完成对新能源汽车更新方案指标的组合赋权。

3.2.2. TOPSIS 评价

假设一个多属性决策问题，其中 $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$ 为该问题的备选方案集， $B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$ 是该问题的属性集，属性权重为 $w_i = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}^T$ ， $w_j \in [0, 1]$ 且 $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ ，决策矩阵为 $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ ， x_{ij} 表示方案 A_i 在属性上的值，其中 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。则经典 TOPSIS 法的步骤如下：

步骤 1：根据决策者对方案 A_i 在属性 B_j 上的评价获取决策矩阵 $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ ：

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

步骤 2：标准化处理。需要对评价数据进行标准化处理，以此来消除不同类型属性的度量单位的影响。常用的方法是向量归一化方法：

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}}$$

从而得到标准化决策矩阵 $P = [p_{ij}]_{m \times n}$ 。

步骤 3：计算加权决策矩阵 $Z = [z_{ij}]_{m \times n}$ ：

$$z_{ij} = w p_{ij}$$

其中： $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。

步骤 4：确定正、负理想解。设正、负理想点分别为 $p_j(a^+)$ 、 $p_j(a^-)$ ；则正负理想解情况如下，以效益型正、负理想解为例：

$$\text{效益型正、负理想解为} \begin{cases} p_j(a^+) = \max_{i=1}^m x_{ij} \\ p_j(a^-) = \min_{i=1}^m x_{ij} \end{cases}$$

步骤 5：计算各备选方案到正、负理想解间的距离，以正理想解距离为例：

$$\text{方案 } A_i \text{ 到正理想解的距离： } d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j |p_j(a^+) - p_j(a_i)|}$$

其中： w_j 表示第 j 个属性的权重。

步骤 6：计算备选方案与正理想解的相对贴近度：

$$RC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

步骤 7：按照所求相对贴近度大小对方案进行排序，相对贴近度越大则方案排序越靠前，代表该方案越理想。

3.2.3. GRA 评价

灰色关联法的核心思想是挖掘数据内部规律，得到两个或多个序列之间的关联情况，两序列的变化

趋势越相近，其同步变化程度越高，可以认为两者关联程度越大。

步骤 1: 确定参考序列和比较序列。选取相关数据进行分类，将最具代表性的数据作为参考数据，其他的数据作为比较数据。

设定参考序列为: $X_0 = \{X_0(k), k=1, 2, 3, \dots, n\}$

设定比较序列为: $X_i = \{X_i(k), k=1, 2, 3, \dots, n; i=1, 2, 3, \dots, m\}$

步骤 2: 无量纲化处理。为使数据不受量纲影响，对选取数据进行无量纲化处理。

步骤 3: 计算绝对值 Δ_i 、最大差 $\max_i \max_k \Delta_i(k)$ 、最小差 $\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 。

其中, $\Delta_i = |X_0'(k) - X_i'(k)|, k=1, 2, 3, \dots, n$

步骤 4: 计算关联系数 $\zeta_i(k)$

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \beta \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \beta \max_i \max_k \Delta_i(k)}$$

式中 β 为分辨系数, $\beta \in [0, 1]$, 一般情况下取 $\beta = 0.5$ 。

关联系数越大, 则表示两个序列关联越紧密, 即越符合最佳方案。

3.2.4. 综合评价

相比于单一的 TOPSIS 法只考虑与最优方案的距离接近度, 可能会忽略指标间的非线性关联, GRA 法只考虑与最优方案的形状相似程度。将 TOPSIS-GRA 结合在一起使用可以良好的弥补其单一使用的不足, 同时可以降低数据分布不均或存在噪声时单纯使用 TOPSIS 法所放大的误差, 提升了鲁棒性。TOPSIS-GRA 法通过将距离度量和关联分析融合在一起, 可以实现空间维度、权重维度、风险维度、时间维度上的均衡, 在复杂的决策环境中比单一方法有更好的表现。具体步骤如下:

(1) 在经典 TOPSIS 法完成对方案的评价后, 记结果为 s_1 。

(2) 将正理想解 A^+ 作为灰色关联度计算过程中的目标序列, 通过公式计算各备选方案 i 中各元素 j 到目标序列的灰色关联度, 记为 r_{ij} 。

(3) 计算加权灰色关联度, 得出最后结果 s_2 , 加权灰色关联度计算公式为:

$$s_2 = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}$$

(4) 引入决策者偏好系数 θ_1, θ_2 , 用于表示决策者对 TOPSIS 法和灰色关联度法的喜好, 完成综合评价。

$$s_{\text{终}} = \theta_1 s_1 + \theta_2 s_2$$

式中 $\theta_1 + \theta_2 = 1$ 。

$s_{\text{终}}$ 表示了该新能源汽车设计方案与最理想设计方案的距离接近度与形状相似度, $s_{\text{终}}$ 越大说明方案综合评价越高, 即方案越优; $s_{\text{终}}$ 越小说明方案越劣。

4. 算例分析

4.1. 方案设计

设某公司针对用户需求设计了以下 5 套产品更新方案:

方案一, 续航 610 公里(NEDC 标准), 电池容量 70 kWh, 最大功率 318 千瓦, 0~100 km/h 加速用时 4.7 秒, 具备换电技术、豪华内饰、语音助手、高级驾驶辅助系统。

方案二，续航 706 公里(NEDC 标准)，电池容量 80.9 kWh，最大功率 316 千瓦，0~100 km/h 加速用时 4.3 秒，具备简约内饰、驾驶辅助系统、支持系统升级。

方案三，续航 605 公里(NEDC 标准)，电池容量 75 kWh，最大功率 200 千瓦，0~100 km/h 加速用时 3.9 秒，具备豪华内饰、多种辅助驾驶系统、更加关注安全性和舒适性。

方案四，续航 614 公里(WLTP 标准)，电池容量 70 kWh，最大功率 210 千瓦，0~100 km/h 加速用时 5.6 秒，具备极简内饰设计、配备有自动驾驶功能。

方案五，续航 480 公里(EPA 标准)，电池容量 75.7 kWh，最大功率 198 千瓦，0~100 km/h 加速用时 5.1 秒，具备现代内饰设计、更加注重经典驾驶体验。

4.2. 新能源汽车产品更新方案各指标组合权重分配

在专家初步打分后，得到判断矩阵 A 见表 1，初步决策矩阵见表 2：

Table 1. Preliminary judgment matrix
表 1. 初步判断矩阵

	市场 需求	消费者 偏好	竞品 情况	生产 成本	研发 成本	推广 成本	技术 成熟度	技术实 施难度	创新性	生命 周期	可回 收性
市场需求	1	1	5	3	3	5	3	3	5	5	5
消费者偏好	1	1	5	3	3	5	3	3	5	5	5
竞品情况	1/7	1/7	1	5	5	5	3	1	1	2	6
生产成本	1/3	1/3	1/5	1	1	5	1	3	3	5	5
研发成本	1/3	1/3	1/5	1	1	5	1	3	1	3	7
推广成本	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	7	7	2	5	5
技术成熟度	1/3	1/3	1/3	1	1	1/7	1	1	5	2	7
技术实施难度	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/7	1	1	6	7	1
创新性	1/5	1/5	1	1/3	1	1/2	1/5	1/6	1	3	5
生命周期	1/5	1/5	1/2	1/5	1/3	1/5	1/2	1/7	1/3	1	1/2
可回收性	1/5	1/5	1/6	1/5	1/7	1/5	1/7	1	1/5	2	1

Table 2. Preliminary decision matrix
表 2. 初步决策矩阵

	市场 需求	消费者 偏好	竞品 情况	生产 成本	研发 成本	推广 成本	技术 成熟度	技术实 施难度	创新性	生命 周期	可回 收性
方案一	好	好	中等偏好	中等偏高	中等	中等	中等	中等偏高	好	长	中等偏好
方案二	好	好	中等偏好	高	中等偏高	高	中等	高	中等	长	中等偏好
方案三	中等偏好	好	好	中等	中等	高	中等偏好	中等	好	中等偏长	中等
方案四	中等	中等	中等偏差	中等偏低	中等偏低	低	中等偏高	好	差	中等偏短	差
方案五	中等	中等偏好	中等	极低	极低	中等偏低	中等偏高	低	差	中等偏短	差

通过对初步判断矩阵按照步骤进行处理，最终计算得出新能源汽车产品更新方案各指标组合权重，见表 3：

Table 3. Combined weights of indicators of new energy vehicle product renewal program**表 3.** 新能源汽车产品更新方案各指标组合权重

	主观权重	客观权重	组合赋权下最终权重
市场需求	0.16	0.12	0.20
消费者偏好	0.16	0.11	0.19
竞品情况	0.12	0.1	0.13
生产成本	0.10	0.07	0.08
研发成本	0.09	0.09	0.09
推广成本	0.12	0.06	0.07
技术成熟度	0.08	0.13	0.11
技术实施难度	0.08	0.09	0.07
创新性	0.05	0.04	0.02
生命周期	0.02	0.1	0.02
可回收性	0.02	0.09	0.02

4.3. TOPSIS-GRA 法计算结果

使用 TOPSIS-GRA 法对初步决策矩阵进行计算处理, 得出计算结果见表 4, 计算过程中取。由计算结果可得, 该公司应该选取方案三作为下一代新能源汽车产品的更新方案。

Table 4. Calculation results of TOPSIS-GRA method**表 4.** TOPSIS-GRA 法计算结果

	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五
市场需求	0.222	0.222	0.259	0.310	0.310
消费者偏好	0.327	0.252	0.327	0.507	0.398
竞品情况	0.551	0.551	0.787	0.345	0.424
生产成本	0.754	0.626	0.949	0.822	0.513
研发成本	0.811	0.945	0.811	0.656	0.432
推广成本	0.725	0.888	0.888	0.531	0.531
技术成熟度	0.372	0.372	0.326	0.326	0.326
技术实施难度	0.632	0.551	0.741	0.551	0.896
创新性	0.811	0.987	0.893	0.872	0.872
生命周期	0.769	0.769	0.810	0.909	0.909
可回收性	0.783	0.783	0.835	0.962	0.962
灰色关联度	0.495	0.491	0.566	0.494	0.463
TOPSIS	0.527	0.496	0.635	0.526	0.464
综合评价	0.511	0.494	0.600	0.510	0.463
排序	2	4	1	3	5

4.4. 敏感性分析

4.4.1. 对于决策者偏好系数的敏感性分析

由于在使用 TOPSIS-GRA 方法进行方案决策的过程中, 引入了决策者偏好系数 θ_1 , θ_2 , 对于不同的 θ_1 , θ_2 的取值在一定程度上可能会影响最终的方案决策, 为了尽量减少不同取值给最终决策所带来的影

响,对 $\theta_1 \in [0,1]$ 范围内的变化所导致的最终方案决策排序进行了分析。将 θ_1 从 0 开始,每次取值增加 0.1,最终增加到 1 为止,共进行 11 次方案决策,得到最终结果见表 5:

Table 5. Sensitivity analysis on the preference coefficient of decision makers
表 5. 关于决策者偏好系数的敏感性分析

	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	a	b
综合评价	0.527	0.496	0.635	0.526	0.464	0	1
	0.524	0.495	0.628	0.523	0.463	0.1	0.9
	0.521	0.495	0.621	0.520	0.463	0.2	0.8
	0.518	0.495	0.614	0.517	0.463	0.3	0.7
	0.514	0.494	0.607	0.514	0.463	0.4	0.6
	0.511	0.494	0.600	0.510	0.463	0.5	0.5
	0.508	0.493	0.593	0.507	0.463	0.6	0.4
	0.505	0.493	0.586	0.504	0.463	0.7	0.3
	0.501	0.492	0.580	0.501	0.463	0.8	0.2
	0.498	0.492	0.573	0.497	0.463	0.9	0.1
	0.495	0.491	0.566	0.494	0.463	1	0

对其进行可视化处理,见图 3。

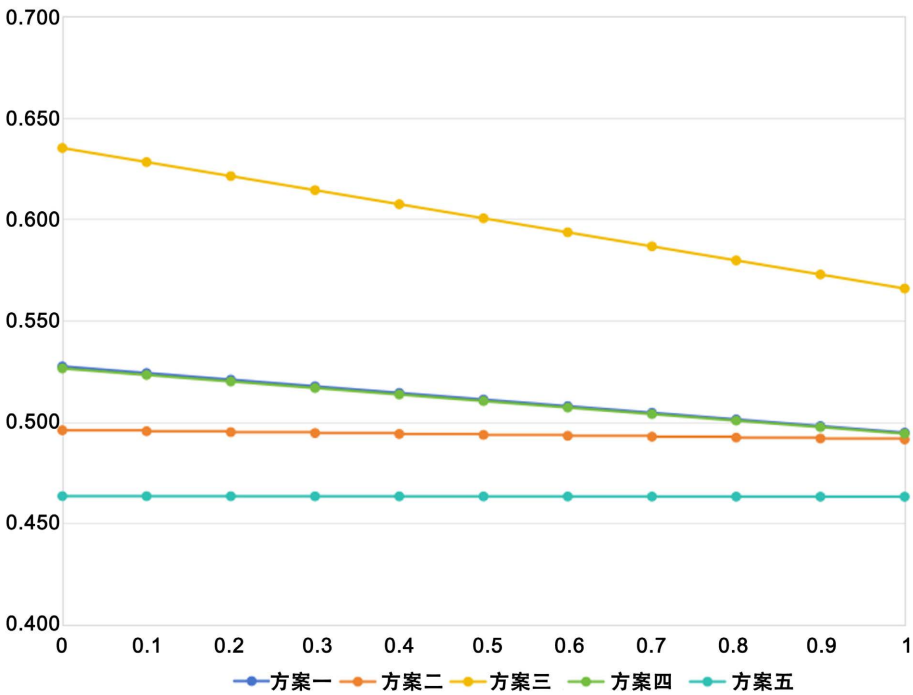


Figure 3. Sensitivity analysis of decision maker's preference coefficient
图 3. 决策者偏好系数的敏感性分析

由图分析可得,随着决策者偏好越来越趋近灰色关联度法,虽然方案三的综合评分在逐渐下降,但是始终是最优方案。而综合评分之所以下降,是因为灰色关联度的最终结果相比于 TOPSIS 法的结果较低,导致在进行加权综合评价时综合评分降低。总体来看,在绝大多数情况下,决策者偏好的变化对于

能否选择最优方案并无明显影响。说明 TOPSIS-GRA 的组合决策方法具有一定的稳定性。

4.4.2. 对于组合赋权的敏感性分析

新能源汽车产品更新方案评价指标权重作为新能源汽车产品更新方案决策的基础，与最终的产品更新方案决策有着直接关联。为了验证组合赋权方法的可行性，通过直接设置各项指标的权重来进行敏感性分析。主要进行两类实验，在第一类实验中，以此将 11 项指标的权重设置为 0.5，剩下 10 项指标的权重设置为 0.05，在第二类实验中，每项指标平均分配权重，设置为 0.091，总计进行 12 次实验，得到实验结果汇总见表 6。

Table 6. Sensitivity analysis on combination weighting
表 6. 组合赋权的敏感性分析

	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五	排序
初始结果	0.511	0.494	0.600	0.510	0.463	3 > 1 > 4 > 2 > 5
实验一	0.361	0.400	0.519	0.619	0.602	5 > 4 > 3 > 2 > 1
实验二	0.522	0.394	0.544	0.743	0.645	4 > 5 > 3 > 2 > 1
实验三	0.655	0.666	0.839	0.393	0.496	3 > 2 > 1 > 5 > 4
实验四	0.792	0.812	0.787	0.663	0.408	2 > 1 > 3 > 4 > 5
实验五	0.774	0.881	0.794	0.650	0.392	2 > 3 > 1 > 4 > 5
实验六	0.609	0.847	0.863	0.401	0.399	3 > 2 > 1 > 4 > 5
试验七	0.691	0.864	0.829	0.526	0.395	2 > 3 > 1 > 4 > 5
实验八	0.470	0.408	0.622	0.405	0.827	5 > 3 > 1 > 2 > 4
实验九	0.394	0.780	0.545	0.810	0.801	4 > 5 > 2 > 3 > 1
实验十	0.432	0.594	0.584	0.607	0.814	5 > 4 > 2 > 3 > 1
实验十一	0.413	0.687	0.564	0.708	0.807	5 > 4 > 2 > 3 > 1
实验十二	0.485	0.567	0.598	0.549	0.524	3 > 2 > 4 > 5 > 1

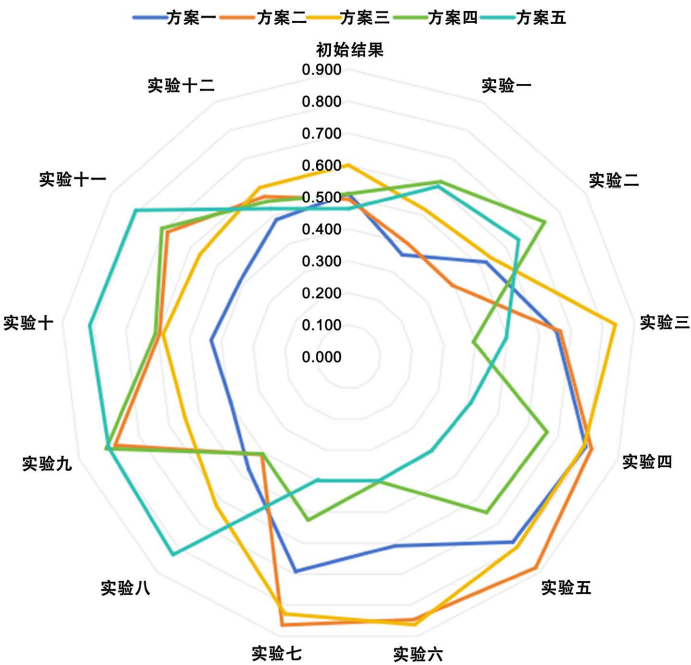


Figure 4. Sensitivity analysis of portfolio empowerment
图 4. 组合赋权的敏感性分析

对其进行可视化处理,得到图 4。

由图可得在各种不同组合权重的情况下,方案三所构成的环形基本上处于外环的位置,说明方案三相比于另外四个方案具有一定的优越性。结合实验条件分析,方案三在不同的权重组合下均能取得不错的分数。由此可见,通过组合赋权法来对评价指标体系进行权重分配具有一定的稳定性。

5. 结语

本研究在相关研究的标准上提出了针对新能源汽车产品改进方案的评价指标体系,并提出了基于组合赋权——TOPSIS-GRA 法的新能源汽车产品改进方案的决策方法。

根据算例研究和敏感性分析可以得出,本研究方法依据信息熵进行客观赋权,相对减少了单纯使用专家打分法所带来的主观因素的影响;基于 TOPSIS 和 GRA 进行新能源汽车产品更新方案决策,较有效地将多项指标综合成单一评分,便于对多个待选方案进行择优与排序。

需要注意的是,本研究只使用了单一专家作为打分依据,未来可以同时邀请多名专家,将其转换成多属性群决策问题,进一步减少单一专家打分所带来的主观性影响。

参考文献

- [1] 林浩屹,李奋强,周爱民. 产品生命周期下企业多认知主体的多属性决策[J]. 机械设计, 2024, 41(2): 162-169.
- [2] 孔琳,王黎明,吕晓腾,等. 基于多层级约束满足问题的产品全生命周期设计方案决策研究[J]. 机械工程学报, 2023, 59(11): 276-289.
- [3] 尤天慧,张瑾,樊治平. 基于情感分析和证据理论的多属性在线评论决策方法[J]. 系统管理学报, 2019, 28(3): 536-544.
- [4] Yu, S., Zhang, X., Du, Z. and Chen, Y. (2023) A New Multi-Attribute Decision Making Method for Overvalued Star Ratings Adjustment and Its Application in New Energy Vehicle Selection. *Mathematics*, **11**, Article 2037. <https://doi.org/10.3390/math11092037>
- [5] 聂雷,杨拓,张俊杰,等. 基于多属性决策和 k-means 聚类的车载安全消息中继选择方法[J]. 武汉大学学报(理学版), 2023, 69(5): 609-616.
- [6] 陈智雯,李拙人,吴俊贤,等. 基于多属性决策的多车自主泊车路径全局规划方法[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2022, 50(S1): 135-139.
- [7] 庞庆华,杜栋. 基于 AHP 方法的企业生产系统柔性评价[J]. 科技管理研究, 2005(9): 195-196+200.
- [8] 郭亚军,易平涛,李玲玉. 基于随机模拟的综合评价方法及应用[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2010, 31(10): 1499-1503.
- [9] Drucker, P.F. (2002) The Discipline of Innovation. *Harvard Business Review*, **80**, 1-9.
- [10] 郑祖芳,张潇文,汪曦. 残膜回收机设计方案的评价与决策研究[J/OL]. 机械设计与制造, 1-4. <https://doi.org/10.19356/j.cnki.1001-3997.20241227.055>, 2025-05-30.
- [11] 李雪瑞,侯幸刚,杨梅,等. 基于多层次灰色综合评价法的工业设计方案优选决策模型及其应用[J]. 图学学报, 2021, 42(4): 670-679.