

【航空电子电气工程】

基于 AHP 与 TOPSIS 的维修方案 有效性评估体系

郑晓铭¹, 黄河¹, 黄秋生¹, 张硕¹, 戴运天², 吴成祥², 肖刚²

(1. 上海吉祥航空股份有限公司, 上海 200120; 2. 上海交通大学 航空航天学院, 上海 200240)

摘要:民用飞机维修方案的有效性是指维修方案能够满足飞机的使用需求和维修目标, 保证飞机的正常运行能力和持久性能, 同时降低维修成本和提高维修效率。基于层次分析法和优劣解距离法, 建立了包含安全性、经济性、可靠性、维修性 4 个指标的评价体系, 对某型号民用飞机引气系统的 3 种不同维修方案进行了有效性评估, 得到 3 种方案优选顺序为 $A > C > B$ 。两种方法在维修方案的优选顺序上达成了一致, 但在优选概率或综合评价值的分布上存在显著差异, 层次分析法方法得到的优选概率或综合评价值较为集中, 倾向于提供一个平均化的结果; 优劣解距离方法得到的优选概率或综合评价值较为分散, 倾向于提供一个差异化的结果。

关键词:民用飞机维修方案; 有效性评估; 多属性决策; 层次分析法; 优劣解距离法

中图分类号: V 267 **文献标识码:** A **DOI:** 10.13486/j.issn.2097-4973.2024.03.002

民用飞机的维修关系与其系统和部件的运行状态、寿命、成本等密切相关^[1], 因此, 如何对维修方案进行有效性评估是当前研究热点和难点之一。维修方案有效性评估是一项涉及多个属性和指标的复杂决策问题, 需要采用合适的方法进行分析和评价。目前, 有许多不同类型的多属性决策方法被应用于方案有效性评估中, 如层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)^[2-3]、优劣解距离法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)^[4-5]、灰色关联分析法^[6]、模糊综合评价法^[7]等。褚双磊等^[2]通过结合层次分析法和熵权法, 建立了一个模糊综合评价模型来评估民用飞机的运行需求, 这种方法首先利用 AHP 确定评价指标的相对重要性, 然后通过熵权法调整权重, 以减少主观判断的影响, 提高评价的客观性。该研究的局限性在于, 评价结果可能受到主观判断的影响, 且模糊综合评价的精确性有待提高。贾宝惠等^[3]结合了层次分析法 (AHP) 和集对分析法 (SPA), 综合考虑了技术、经济和商业指标, 建立了一个综合分析模型, 用于确定民机修理级别, 但没有提供足够的案例来展示其在实际操作中的效果, 模型可能需要进一步的实证研究来验证其在更广泛应用中的有效性和可靠性。卢翔等^[4]利用熵权法来确定类似机型设计参数的权重, 并采用 TOPSIS 计算机型的相似度, 从而建立了一个新的民机维修成本分配模型。该模型比传统的功能分解法和函数逼近法更为精确, 但模型的实际应用效果和操作流程可能需要进一步的描述和优化。PINAR^[5]探索了如何结合人工智能和 q-Rung Orthopair 模糊 TOPSIS 来选择飞

收稿日期: 2024-03-29

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61973212)

第一作者简介: 郑晓铭 (1976—), 男, 辽宁本溪人, 工程师, 硕士, 从事民航飞机优化维修方案、航空公司机队运行的安全性和可靠性研究。E-mail: zhengxiaoming@juneyaoair.com

通信作者简介: 戴运天 (2001—), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 从事民用飞机故障诊断研究。

E-mail: 2609206319@qq.com

机维修策略,其研究表明了 TOPSIS 在结合新技术方面的潜力,以及人工智能在提高决策质量方面的应用前景。褚双磊等^[6]利用灰色关联分析法对民用飞机机性进行选型评估,以支持性能选型的决策过程。周长春等^[7]应用了 AHP 和熵权法对航空维修安全进行模糊综合评价,研究旨在通过结合两种方法,提高评价的客观性和准确性,但其文章的局限性可能在于模糊综合评价的精确性和主观判断的影响。这些方法虽然有效,但也存在一定的局限性,如可能受到主观判断的影响,或在精确性和客观性上有待提高。

为了进一步完善民用飞机维修方案的选择,本文采用层次分析法和优劣解距离法进行评估,通过构建一个涵盖安全性、经济性、可靠性、维修性 4 个指标的评价体系,对某型号民用飞机的引气系统的 3 种不同维修方案进行了深入的有效性评估。结果显示,两种方法在评估维修方案有效性时具有不同的敏感度和区分度,且由于评价标准的差异,评估结果不能直接比较。因此,评估结果应根据各自的评价标准进行解释和应用,以确保决策的准确性和合理性。

1 层次分析法

层次分析法^[8]是一种结合定性和定量分析的方法,它通过构建多层次结构模型,有效整合数据、专家意见和主观评估。这种方法因其简洁性、逻辑性和灵活性而被广泛应用。

1.1 评价指标体系

为了全面地评价民用飞机维修方案的有效性,本文选取安全性、经济性、可靠性和维修性 4 个指标构建评价指标体系^[9]。

安全性是民用飞机维修方案最重要的评价指标之一,它反映了维修方案对飞机运行安全和人员安全的影响。经济性是民用飞机维修方案另一个重要的评价指标,它反映了维修方案对飞机运营成本和效益的影响。可靠性是民用飞机维修方案第 3 个重要的评价指标,它反映了维修方案对飞机正常运行能力和持久性能的影响。维修性是民用飞机维修方案第 4 个重要的评价指标,它反映了维修方案对飞机运行环境和需求变化的适应能力。

1.2 权重确定

为了确定评价指标体系中各个指标的权重,层次分析法的具体步骤如下。

(1) 构建层次结构模型。根据评价指标体系,将问题分解为目标层、准则层和方案层 3 个层次。

(2) 构建成对比较矩阵。利用专家打分法,对每一层中的各个元素进行两两比较,根据其相对重要性给出判断矩阵。矩阵中的元素是专家给出的 1~9 的判断值,数字大小代表该选项的相对重要性,例如 1 表示两个选项同等重要,3 表示一个选项比另一个选项稍微重要,5 表示一个选项比另一个选项明显重要,9 表示一个选项比另一个选项非常重要,1/9 表示一个选项远不如另一个选项重要,如表 1 所示。

表 1 判断矩阵

	安全性	经济性	可靠性	维修性		安全性	经济性	可靠性	维修性
安全性	1	3	5	2	可靠性	1/5	1/3	1	1/4
经济性	1/3	1	3	1/2	维修性	1/2	2	4	1

(3) 计算权重向量。利用特征值法,求解判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量,将特征向量归一化后得到权重向量,进行评估时,各指标的权重分配如下:安全性占 25%,经济性占 20%,可靠性 30%,维修性占 25%。

(4) 检验一致性。利用一致性指标(Consistency Index, CI)和平均随机一致性指标(Average Random Consistency Index, RI)计算一致性比例(Consistency Ratio, CR),判断成对比较矩阵的一致性水平。一致性

指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 。式中, λ_{\max} 为最大特征值, n 为矩阵阶数。

1.3 有效性评估

在确定了评价指标体系和权重后,就可以对不同的维修方案进行有效性评估。假设有 m 个维修方案需要评估,每个维修方案在 n 个评价指标下的得分为 a_{ij} ,每个评价指标的权重为 w_j ,则每个维修方案的有效性得分

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

有效性得分越高,表示维修方案的有效性越好。通过对有效性得分进行排序或归一化处理,可以得到维修方案的优劣排名或优选概率。

2 优劣解距离法

优劣解距离法^[10]是一种多属性决策分析方法,通过比较方案与理想最优和最差结果的距离来选择最佳方案。

2.1 权重确定

为了确定评价指标体系中各个指标的权重,本文采用了熵值法(Entropy Method),它是一种客观赋权的方法,可以根据各个指标的信息量来确定其权重。熵值法的具体步骤如下。

(1) 构建决策矩阵。假设有 m 个维修方案需要评估,每个维修方案在 n 个评价指标下的得分为 a_{ij} ,则可以构建一个 $m \times n$ 的决策矩阵

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

(2) 标准化决策矩阵。由于不同指标的量纲和取值范围可能不同,需要对决策矩阵进行标准化处理,使其各个元素的值在 $0 \sim 1$ 。根据指标的属性,可以分为效益型指标和成本型指标,采用不同的标准化公式分别为

$$rb_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

$$rc_{ij} = \frac{1}{a_{ij} + \sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

式中: rb_{ij} 和 rc_{ij} 表示标准化后的决策矩阵 R 中的元素,效益型指标越大越好,成本型指标越小越好。

(3) 计算信息熵和信息冗余。信息熵是一种衡量信息量的指标,它反映了指标的差异性和重要性。信息熵越小,表示指标的差异性越大,信息量越多,权重越高;反之亦然。信息冗余是信息熵的补数,它反映了指标的一致性和可靠性。信息冗余越大,表示指标的一致性越高,信息量越少,权重越低;反之亦然。信息熵和信息冗余的计算公式分别为

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}, j = 1, 2, \dots, n; \quad (5)$$

$$d_j = 1 - e_j, j = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

式中: e_j 表示第 j 个指标的信息熵, d_j 表示第 j 个指标的信息冗余, r_{ij} 表示效益型指标和成本型指标, m 是维修方案数量。

(4) 确定权重向量。根据信息冗余的大小,可以确定各个指标的权重向量 w :

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, j=1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

式中: w_j 表示第 j 个指标的权重。

2.2 有效性评估

在确定了评价指标体系和权重后, 就可以使用 TOPSIS 对不同的维修方案进行有效性评估。TOPSIS 的具体步骤如下。

(1) 构建加权决策矩阵。根据各个指标的权重向量 w , 对标准化后的决策矩阵 R 进行加权处理, 得到加权决策矩阵

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

式中: $v_{ij} = w_j r_{ij}$ 表示加权决策矩阵 V 中的元素。

(2) 确定理想解和负理想解。理想解是指每个指标取最优值的方案, 负理想解是指每个指标取最劣值的方案。根据指标的属性, 分别采用最大值和最小值来确定理想解和负理想解:

$$V^* = [v_1^* \quad v_2^* \quad \cdots \quad v_n^*], V^- = [v_1^- \quad v_2^- \quad \cdots \quad v_n^-].$$

式中: $v_j^* = \max_{i=1}^m v_{ij}$ 表示效益型指标的最大值, $v_j^- = \min_{i=1}^m v_{ij}$ 表示成本型指标的最小值。

(3) 计算每个方案与理想解和负理想解的距离。距离是指每个方案与理想解或负理想解在各个指标上的差异程度, 可以采用欧氏距离来计算:

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, i=1, 2, \dots, m, \quad (9)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i=1, 2, \dots, m. \quad (10)$$

式中: d_i^* 表示第 i 个方案与理想解的距离, d_i^- 表示第 i 个方案与负理想解的距离。

(4) 计算每个方案的综合评价值和优选顺序。综合评价值是指每个方案与理想解的相对接近度, 它反映了每个方案的有效性水平, 计算公式如下:

$$s_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i=1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

式中: s_i 表示第 i 个方案的综合评价值, 满足 $0 \leq s_i \leq 1$ 。综合评价值越接近 1, 表示方案越接近理想解, 有效性越高; 反之亦然。通过对综合评价值进行排序或归一化处理, 可得每个方案的优选顺序或优选概率。

3 实例分析

为验证基于 AHP 和 TOPSIS 的民用飞机维修方案有效性评估体系的合理性和可行性, 选取某型号民用飞机的引气系统作为实例进行分析, 机龄 5~10 年。假设该系统有 3 种不同的维修方案需要评估。

方案 A: 采用定期检查和更换部件的方式进行预防性维修, 保证飞机的正常运行, 但维修成本较高, 维修周期较长。

方案 B: 采用按需检查和修复部件的方式进行校正性维修, 降低维修成本, 缩短维修周期, 但飞机的可靠性和安全性可能降低。

方案 C: 采用混合检查和更换或修复部件的方式进行混合维修, 平衡维修成本、维修周期、可靠性和安全性等多个因素, 实现综合优化。

为了对这 3 种维修方案进行有效性评估,需要根据前文建立的评价指标体系和权重向量,计算每个维修方案在每个评价指标下的得分。依据某航司维修方案评分标准给出每个维修方案在每个评价指标下的得分,方案 A 在安全性、经济性、可靠性和维修性上的得分分别为 0.8、0.7、0.9 和 0.6,方案 B 的得分分别为 0.6、0.9、0.7 和 0.8,方案 C 的得分分别为 0.7、0.8、0.8 和 0.7。

3.1 层次分析法

根据公式(1),可以计算每个维修方案的有效性得分如下:

$$\begin{aligned} S_A &= 0.25 \times 0.8 + 0.2 \times 0.7 + 0.3 \times 0.9 + 0.25 \times 0.6 = 0.76, \\ S_B &= 0.25 \times 0.6 + 0.2 \times 0.9 + 0.3 \times 0.7 + 0.25 \times 0.8 = 0.74, \\ S_C &= 0.25 \times 0.7 + 0.2 \times 0.8 + 0.3 \times 0.8 + 0.25 \times 0.7 = 0.75. \end{aligned}$$

对有效性得分进行归一化处理,得到维修方案的优选概率如下:

$$p_A = \frac{S_A}{S_A + S_B + S_C} \approx 0.3378, p_B = \frac{S_B}{S_A + S_B + S_C} \approx 0.3289, p_C = \frac{S_C}{S_A + S_B + S_C} \approx 0.3333.$$

由此可见,维修方案 A 的优选概率最高,表示维修方案 A 是最佳的选择。

3.2 优劣解距离法

(1) 构建加权决策矩阵。根据公式(2),可以构建一个 3×4 的决策矩阵

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.7 & 0.9 & 0.6 \\ 0.6 & 0.9 & 0.7 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.7 \end{bmatrix}.$$

安全性和可靠性是效益型指标,经济性和维修性是成本型指标。根据公式(3)和公式(4),可以对决策矩阵 \mathbf{A} 进行标准化处理,得到标准化决策矩阵

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0.66 & 0.48 & 0.65 & 0.55 \\ 0.50 & 0.44 & 0.50 & 0.50 \\ 0.57 & 0.46 & 0.58 & 0.52 \end{bmatrix}.$$

根据公式(5)和公式(6),可以计算各个指标的信息熵和信息冗余,安全性的信息熵为 0.86,信息冗余为 0.14;经济性的信息熵为 0.97,信息冗余为 0.03;可靠性的信息熵为 0.94,信息冗余为 0.06;维修性的信息熵为 0.92,信息冗余为 0.08。根据公式(7),可以确定各个指标的权重向量 \mathbf{w} ,安全性占 45%,经济性占 10%,可靠性占 20%,维修性占 25%。根据公式(8),可以对标准化决策矩阵 \mathbf{R} 进行加权处理,得到加权决策矩阵

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} 0.300 & 0.048 & 0.130 & 0.138 \\ 0.225 & 0.044 & 0.100 & 0.125 \\ 0.257 & 0.046 & 0.114 & 0.130 \end{bmatrix}.$$

(2) 确定理想解和负理想解。理想解是指每个指标取最优值的方案,负理想解是指每个指标取最劣值的方案。根据指标的属性,可以分别采用最大值和最小值来确定理想解和负理想解:

$$\mathbf{V}^* = [0.300 \quad 0.048 \quad 0.130 \quad 0.138], \mathbf{V}^- = [0.225 \quad 0.044 \quad 0.100 \quad 0.125].$$

(3) 计算每个方案与理想解和负理想解的距离。根据公式(9)和公式(10),可以计算每个维修方案与理想解和负理想解的距离如下:

$$\begin{aligned} d_1^* &= \sqrt{(0.3 - 0.3)^2 + (0.048 - 0.048)^2 + (0.13 - 0.13)^2 + (0.138 - 0.138)^2} = 0, \\ d_1^- &= \sqrt{(0.3 - 0.225)^2 + (0.048 - 0.044)^2 + (0.13 - 0.1)^2 + (0.138 - 0.125)^2} \approx 0.82, \\ d_2^* &= \sqrt{(0.225 - 0.3)^2 + (0.044 - 0.048)^2 + (0.1 - 0.13)^2 + (0.125 - 0.138)^2} \approx 0.82, \\ d_2^- &= \sqrt{(0.225 - 0.225)^2 + (0.044 - 0.044)^2 + (0.1 - 0.1)^2 + (0.125 - 0.125)^2} = 0, \end{aligned}$$

$$d_3^* = \sqrt{(0.257-0.3)^2 + (0.046-0.048)^2 + (0.114-0.13)^2 + (0.13-0.138)^2} \approx 0.047,$$

$$d_3^- = \sqrt{(0.257-0.227)^2 + (0.046-0.044)^2 + (0.114-0.1)^2 + (0.13-0.125)^2} \approx 0.035.$$

(4) 根据公式(11)计算了每个维修方案的综合评价值和优选顺序, 维修方案 A 的综合评价值最高, 为 1, 表示维修方案 A 与理想解最接近, 有效性最高。维修方案 C 和 B 的综合评价值分别为 0.427 0 和 0, 表示维修方案 C 和 B 与理想解的接近程度较低, 有效性较差。因此, 根据 TOPSIS, 可以得到维修方案的优选顺序为 $A > C > B$ 。

对综合评价值归一化得到优选概率:

$$p_A = \frac{S_A}{S_A + S_B + S_C} \approx 0.7008, p_B = \frac{S_B}{S_A + S_B + S_C} = 0, p_C = \frac{S_C}{S_A + S_B + S_C} \approx 0.2992.$$

3.3 对比与总结

将 AHP 与 TOPSIS 对比结果进行总结。方案 A: AHP 的评价值为 0.3378, TOPSIS 为 0.7008。方案 B: AHP 的评价值为 0.3289, TOPSIS 为 0。方案 C: AHP 和 TOPSIS 的评价值分别为 0.3333 和 0.2992。综上, 两种方法得到的维修方案的优选顺序是一致的, 都是 $A > C > B$, 这说明两种方法在评估民用飞机维修方案有效性方面具有一定的一致性。

两种方法对维修方案的优选概率或综合评价值有不同的分布。AHP 得到的优选概率或综合评价值较为集中, 方案 A、B、C 之间的差距不大, 分别为 0.3378、0.3289、0.3333。而 TOPSIS 得到的优选概率或综合评价值较为分散, 方案 A、B、C 之间的差距较大, 分别为 0.7008、0、0.2992。这说明两种方法对维修方案有效性水平的判断有不同的敏感度和区分度。AHP 更倾向于给出一个平均化或折中化的结果, 而 TOPSIS 更倾向于给出一个极化或差异化的结果。

两种方法对维修方案有效性水平的评价有不同的标准。AHP 得到的优选概率或综合评价值是相对于所有方案而言的, 它反映了每个方案在所有指标上的加权平均得分。而 TOPSIS 得到的优选概率或综合评价值是相对于理想解和负理想解而言的, 它反映了每个方案与理想解和负理想解之间的距离比例。因此, 两种方法得到的结果不能直接进行比较或相互转换, 需要根据各自的评价标准进行解释和应用。

4 结论

本文采用了两种不同的多属性决策方法, 分别是层次分析法和优劣解距离法方法, 对某型号民用飞机的引气系统的 3 种不同的维修方案进行有效性评估, 并对比和分析了两种方法的结果和差异。本文主要得到了以下结论:

(1) 建立了一个包含 4 个指标(安全性、经济性、可靠性、维修性)的评价指标体系, 并使用信息熵法确定了各个指标的权重, 为评估民用飞机维修方案有效性提供了一个科学的依据和参考。

(2) 使用了 AHP 和 TOPSIS 对 3 种维修方案(方案 A、B、C)进行有效性评估, 得到了一致的优选顺序, 但两种方法对维修方案水平的判断敏感度和区分度有所不同。这说明两种方法在评估民用飞机维修方案有效性方面有不同的优劣和适用性, 需要根据实际情况和决策目标进行选择和应用。

(3) 对比和讨论了两种方法的结果和差异, 并分析了其原因和影响。这有助于理解和评价两种方法的特点和局限性, 以及其在不同情境下的适用性和可靠性, 为未来的研究和决策提供了一些启示和建议。

参考文献:

- [1] 吴静敏. 民用飞机全寿命维修成本控制与分析关键问题研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2006.
- [2] 褚双磊, 魏志强, 任强, 等. 基于 AHP 熵权法的民用飞机运行需求模糊综合评价[J]. 上海工程技术大学学报, 2021, 35(4): 362-369.
- [3] 贾宝惠, 于灵杰, 蔺越国, 等. 基于 AHP-SPA 方法的民机修理级别确定综合分析模型[J]. 航空学报,

2017,38(11):178-186.

- [4] 卢翔,赵森,贾宝惠.基于熵权-TOPSIS方法的民机直接维修成本分配模型[J].工业工程,2019,22(4):12-17.
- [5] PINAR A. Artificial intelligence supported aircraft maintenance strategy selection with q-Rung orthopair fuzzy TOPSIS method[J]. Journal of aviation,2022,6(3):260-265.
- [6] 褚双磊,魏志强,任强,等.民用飞机性能选型评估研究[J].民用飞机设计与研究,2023(1):22-30.
- [7] 周长春,蒋澜,赵新宇.基于AHP和熵权法的航空维修安全模糊综合评价[J].科技创新与应用,2018(23):1-3.
- [8] 张小虎.基于AHP的飞机机身定检维修供应商的评价与选择[J].航空维修与工程,2022(7):67-69.
- [9] WANG Z. Current status and prospects of reliability systems engineering in China[J]. Frontiers of engineering management,2021,8:492-502.
- [10] 张文军.基于加权模糊TOPSIS方法的系统失效风险分析研究[D].南京:南京航空航天大学,2016.

Evaluation System of Maintenance Scheme Effectiveness Based on AHP and TOPSIS Method

ZHENG Xiaoming¹, HUANG He¹, HUANG Qiusheng¹,
ZHANG Shuo¹, DAI Yuntian², WU Chengxiang², XIAO Gang²

(1. Juneyao Airlines Co. Ltd., Shanghai 200120, China;

2. School of Aeronautics and Astronautics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The effectiveness of a civil aircraft maintenance plan refers to the plan's ability to meet the aircraft's operational requirements and maintenance objectives, ensuring the aircraft's normal operational capability and long-term performance, while reducing maintenance costs and improving maintenance efficiency. Based on the analytic hierarchy process (AHP) and the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), we establish an evaluation system comprising four indicators: safety, economy, reliability, and maintainability. It conducts an effectiveness assessment of three different maintenance plans for a certain model of civil aircraft's air supply system, yielding various results and preferred sequences. Both methods agree on the preferred sequence of maintenance plans, but there are significant differences in the distribution of preferred probabilities or comprehensive evaluation values. The AHP method results in a more concentrated preferred probability or comprehensive evaluation value, tending to provide an averaged result; the TOPSIS method results in a more dispersed preferred probability or comprehensive evaluation value, tending to provide a differentiated result.

Keywords: civil aircraft maintenance scheme; effectiveness evaluation; multi-attribute decision-making; analytic hierarchy process; TOPSIS method

(责任编辑:唐立平)

引用格式 郑晓铭,黄河,黄秋生,等.基于AHP与TOPSIS方法的维修方案有效性评估体系[J].山东航空学院学报,2024,41(3):14-20. ZHENG X M, HUANG H, HUANG Q S, et al. Evaluation system of maintenance scheme effectiveness based on AHP and TOPSIS method[J]. Journal of Shandong University Aeronautics, 2024, 41(3): 14-20.