

文章编号: 1674-8190(XXXX)XX-001-08

航线机务维修人员岗位胜任力评价研究

杜红兵, 张冲, 阿依波塔·赛力克, 闫震
(中国民航大学 安全科学与工程学院, 天津 300300)

摘要: 有效评价航线机务维修人员岗位胜任力, 能够拓展针对性培养计划, 提升民航机务维修队伍的综合能力。基于工作分析、行为事件访谈、问卷调查等方法对航线机务维修人员岗位胜任力评价指标进行初选、修正, 确定出 21 项评价指标, 进而构建航线机务维修人员岗位胜任力评价指标体系; 采用熵权法确定指标权重, 运用累积前景理论的直觉模糊灰色关联分析法(IF-CPT-GRA)建立航线机务维修人员岗位胜任力评价模型; 用该模型对 5 位航线机务维修人员的岗位胜任力进行评价, 评价结果与其他模型的结果进行对比, 并将其应用到实例中。结果表明: 该评价模型具有一定的实用性, 能够对航线机务维修人员岗位胜任力进行有效评价。

关键词: 航线机务维修人员; 岗位胜任力; 评价模型; 累积前景理论; 灰色关联分析

中图分类号: V267; X949

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.XXXX.XX.01

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on Post Competency Evaluation of Airline Maintenance Personnel

DU Hongbing, ZHANG Chong, AYBOTA·Sailike, YAN Zhen

(School of Safety Science and Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Effectively evaluation of the post competency of airline maintenance personnel can improve the targeted training plan and the comprehensive ability of the civil aviation maintenance team. Based on job analysis, behavioral event interviews and questionnaires, the post competency evaluation indicators of airline maintenance personnel are initially selected and revised, and 21 evaluation indicators are finally determined. The post competency index system of airline maintenance personnel constructed is constructed. The index weight is determined by the entropy weight method, and the post competency evaluation model of airline maintenance personnel is built by the intuitionistic fuzzy grey relational analysis method combined with cumulative prospect theory (IF-CPT-GRA). The post competency of 5 airline maintenance personnel is evaluated by the model, the results are compared with other decision-making models, and the model is applied into actual example. The results show that the proposed evaluation model has certain practicability, and can effectively evaluate the post competency of airline maintenance personnel.

Key words: airline maintenance personnel; post competency; evaluation model; cumulative prospect theory (CPT); grey relational analysis (GRA)

收稿日期: 2022-10-05; 修回日期: 2022-11-26

通信作者: 张冲, 1440811058@qq.com

引用格式: 杜红兵, 张冲, 阿依波塔·赛力克, 等. 航线机务维修人员岗位胜任力评价研究[J]. 航空工程进展, XXXX, XX(X): 1-8.

DU Hongbing, ZHANG Chong, AYBOTA·Sailike, et al. Research on Post Competency Evaluation of Airline Maintenance Personnel[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, XXXX, XX(X): 1-8. (in Chinese)

0 引言

航线机务维修人员是保障飞机持续适航的重要环节,是保障飞行安全的重要基石。截止 2022 年 2 月我国运输航空持续安全飞行 1 亿小时,但机务维修人员导致的安全隐患问题仍屡见不鲜^[1]。同时,随着新冠疫情的持续爆发、新技术新机型的更新换代,准确地评价航线机务维修人员的岗位胜任力,培养出优秀的维修人员至关重要。

针对机务维修人员胜任力评价的研究,国内,高鸱等^[2]编制了《航空机务人员胜任力词典》并依据问卷调查法构建空军航空机务人员胜任力模型;李晓旭^[3]通过探索性因子分析提取胜任素质要素并构建民航机务维修人员胜任素质模型;王霞^[4]基于心理测试构建民航机务人员安全胜任力评价指标体系。李勇祥等^[5]应用主成分分析法评价机务人员维修保障能力;栗潇伟^[6]基于状态的维修分析机务人员的任务和职责并构建军用飞机机务人员胜任力评价模型;张林帅^[7]等采用主成分分析法对不同商用飞机机务维修保障能力进行评估。国外对机务维修人员岗位胜任力的相关研究较少,主要侧重对其的风险管理和绩效评估,H. Asadi^[8]收集了维修人员的主观指标并进行分析和评估,以测量人体工程学风险因素,降低工伤率;Wu Hongyi^[9]以 C 航空公司的飞机维修人员为研究对象,提出一种基于模糊 MCDM 的绩效评估模型,以尽可能准确地反映维修人员的能力水平;A. K. Yilmaz^[10]通过提出的人为因素风险映射模型来减少飞机维修技术人员的故障和错误。国际民航组织为航空器维修人员编制培训手册,介绍了基于胜任能力的培训和评估的具体做法,规定了航空器维修人员的胜任力要根据其工作类型和范围、所在维修机构和类型及工作环境来定义^[11]。上述研究对象大多为机务维修人员,存在研究对象选取范围较宽泛的问题,对岗位胜任力的定义模糊不清,缺少对航线机务维修人员岗位胜任力的针对性研究。

鉴于此,本文提出一种基于累积前景理论的直觉模糊灰色关联分析(the Intuitionistic Fuzzy Grey Relational Analysis method combined with Cumulative Prospect Theory, 简称 IF-CPT-GRA)的评价模型,对选取的航线机务维修人员岗位胜任力评价指标进行评估,并结合其他模型验证其

有效性,以期为培养优秀的航线机务维修人员提供参考。

1 航线机务维修人员岗位胜任力评价指标体系构建

1.1 概念

基于文献查阅^[1-3]及调查访问界定航线机务维修人员岗位胜任力的涵义:它是用来评定航线机务维修人员的内在属性及与绩效相关的、可预测的外在行为表现,是完成其职责所必要的胜任该项工作的资格和能力。评价标准分为知识、技能和态度三大类。

1.2 指标选取

(1) 基于工作分析

航线机务维修人员的工作具有危险性高、专业性强、环境恶劣、时间压力大、责任重等特点,主要保障飞机执行航班期间的持续适航要求^[8],如图 1 所示。基于工作分析选取 14 项岗位胜任力评价指标,指标集 A 如表 1 所示。

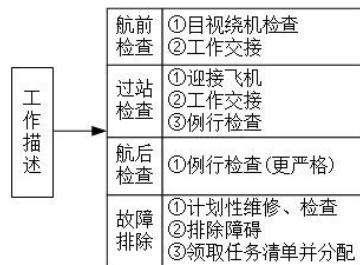


图 1 基于工作分析选取指标

Fig. 1 Selecting indicators based on job analysis

(2) 基于文献

薛梅^[1]认为工作压力过大会严重影响机务维修人员的工作绩效;李晓旭^[3]选取 18 项民航机务维修人员胜任素质要素构建指标体系;温良等^[12]认为新入职的机务人员,要养成良好的维修作风,建立高度的行业认同感。本文依据文献[1-16]及民用航空局文件《民用航空器维修人员执照管理规则》^[17]选取 22 项岗位胜任力评价指标,指标集 B 如表 1 所示。

(3) 基于访谈

依据行为事件访谈法对深圳航空公司的 5 名航线机务维修人员进行访谈,记录其工作内容、工

作环境、奖惩措施及工作心得等,选出 12 项岗位胜任力评价指标,指标集 C 如表 1 所示。

表 1 岗位胜任力评价指标
Table 1 Post competency evaluation indicators

指标集	指标名称
A	安全意识、专业知识、操作技能、抗压能力、责任感、环境适应能力、保障能力、执行力、谨慎、应变能力、吃苦意识、时间处理能力、沟通能力、创新能力
B	维修程序、维修操作能力、设备维护能力、专业基础知识、故障分析能力、英语水平、责任感、执行力、安全意识、团队合作、沟通协调、严谨细致、自律性、踏实稳重、诚实守信、情绪控制、抗干扰能力、抗压能力、认同感、自我效能感、爱岗敬业、良好作风
C	诚实、维修操作能力、沟通能力、学习能力、团队协作能力、自我防护能力、决策能力、执行能力、应变能力、风险识别能力、管理能力、成就感

删除表 1 中的重复性指标,将归纳出的 28 项评价指标制成调查问卷,发放给海航、深航等公司的 41 名航线机务维修人员,调查所选指标的认可度。统计分析 35 份有效问卷,最终选取认可度大于 65% 的 21 项作为航线机务维修人员岗位胜任力评价指标,如表 2 所示。

表 2 航线机务维修人员岗位胜任力指标
Table 2 Competency index of airline maintenance personnel

二级指标	行为描述
基础维修知识	维修理论、维修管理、安全工作等知识
英语水平	日常英语及与工作内容相关用语
成就感	对工作有强烈的满足感、自豪感
自我效能感	具有较强的责任感
安全意识	具有防疫意识及安全保护意识
维修操作能力	熟练使用维修设备,掌握设备维修技能
维修保障能力	保障设备设施具有良好的安全工作状态
故障分析能力	有问题分析能力,可及时找到故障原因并解决
自我控制能力	进行自我行为判断后理性处理问题
身心抗压能力	面对高压的工作环境可通过自我调整来适应
沟通能力	能准确表达想法,保证工作互不影响完成交接
决策能力	用思考、智慧来判断分析并解决问题
学习能力	有自主学习的态度,对规章、规定等牢记于心
执行能力	对工作可自觉履行职责并高质量完成任务
应变能力	对计划调整、环境变化和突发情况可快速解决
创新能力	不断研究、创新,探索科学有效的解决方案
团队合作	与同事协调合作、互补互助、互相交流
敬业精神	因热爱而产生全身心投入工作的奉献精神
严谨细致	对工作认真严谨,不马虎出错
吃苦耐劳	对高强度工作环境有吃苦耐劳的精神
诚实守信	诚实履行工作责任义务,严格遵守规章制度

1.3 指标体系构建

查阅相关文献,如 3 所示,收集大量招聘信息、培训资料、考核资料、量化评估管理资料,根据航线机务维修人员岗位胜任力涵义,将评价指标划分为基础知识及认知、基本技能、心智技能、工作作风四个维度。

表 3 机务人员胜任力评价指标维度划分
Table 3 Dimensions of airline maintenance personnel competency indicators

来源	划分维度
高聘 ^[2]	通用能力、动作技能、知识技能、智慧技能、价值品质
李晓旭 ^[3]	知识技能、心理素质、工作作风、人格品质
王霞 ^[4]	人格特征、认知与操作能力、心理健康
李勇祥 ^[5]	操作技能、理论水平、思想认识、军事素质
栗潇伟 ^[6]	专业知识、工作技能、心智能力、职业素养
刘艳红 ^[9]	岗位能力、团队建设、专业知识、个性特征

结合上述分析,本文构建的航线机务维修人员岗位胜任力指标体系包含 4 个一级指标、21 个二级指标,如图 2 所示。其中,基础知识与认知是指与工作相关的知识及工作所需的基本认知意识;基本技能是指运用知识和工作经验能够胜任该工作的基本能力;心智技能是指工作中大脑的反应能力和解决问题的能力,即潜在能力;工作作风是指工作中的行为特点、一贯风格,主要体现在行为规范、安全风险、差错记录中。

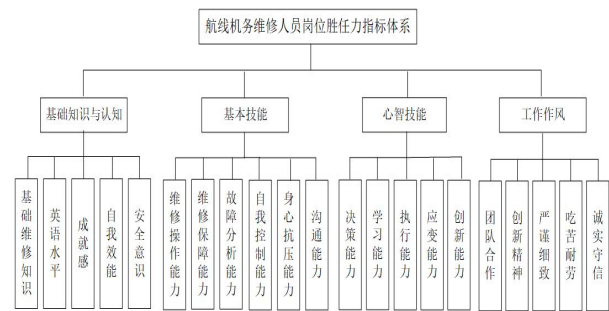


图 2 航线机务维修人员岗位胜任力指标体系
Fig. 2 Competency index system of airline maintenance personnel

2 航线机务维修人员岗位胜任力评价模型构建

为解决环境的模糊性、信息的不完全性,本文基于累积前景理论的直觉模糊灰色关联分析法(IF-CPT-GRA)构建评价模型,为减少决策者的主观偏好,采用熵权法确定属性的权重,使决策结果更具说服力^[18]。

2.1 直觉模糊集基本理论

定义1:设非空集为 $S = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,对任意一个元素 x , S 上的一个直觉模糊集合 T :

$$T = \left\{ \langle x, \varphi_T(x), \phi_T(x) \rangle \mid x \in S \right\} \quad (1)$$

式中: $\varphi_T(x)$ 为 x 对于 T 的真隶属度, $\varphi_T(x): S \rightarrow [0, 1]$, $\phi_T(x): S \rightarrow [0, 1]$; $\phi_T(x)$ 为 x 对 T 的假隶属度,对于任意的 $x \in S$, $0 \leq \varphi_T(x) + \phi_T(x) \leq 1$ 。

定义2:令 $T_1 = (\varphi_{\rho_1}, \phi_{\rho_1})$ 和 $T_2 = (\varphi_{\rho_2}, \phi_{\rho_2})$ 分别表示两个直觉模糊数,则欧氏距离 d_e :

$$d_e = \sqrt{\frac{(\varphi_{\rho_1} - \varphi_{\rho_2})^2 + (\phi_{\rho_1} - \phi_{\rho_2})^2}{2}} \quad (2)$$

定义3:令 $T_i = (\varphi_i, \phi_i)$ 为直觉模糊数的集合,设直觉模糊加权平均算子 $IFWA: Q^n \rightarrow Q$,则:

$$IFWA_\lambda(T_1, T_2, \dots, T_n) = \sum_{i=1}^n (\omega_i T_i) = \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \varphi_i)^{\omega_i}, \prod_{i=1}^n \phi_i^{\omega_i} \right) \quad (3)$$

式中: $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 为属性权重, $i = 1, 2, \dots, n$, $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$, $\omega_i > 0$ 。

2.2 评价模型

(1) 构建决策矩阵

由 t 位专家针对 m 个评价对象的 n 个指标进行评价,构建直觉模糊数决策矩阵 E^k ,再由式(3)计算直觉模糊综合决策矩阵 V 并将其标准化。

$$E^k = \begin{pmatrix} T_{11}^k & \dots & T_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{m1}^k & \dots & T_{mn}^k \end{pmatrix} = (T_{ij}^k)_{m \times n} \quad (4)$$

式中: T_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 项指标的属性值, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, t$ 。

$$V = ((\varphi_{ij}, \phi_{ij}))_{m \times n} = (IFWA_\lambda(T_{ij}^1, T_{ij}^2, \dots, T_{ij}^t))_{m \times n} \quad (5)$$

式中: (φ_i, ϕ_i) 为直觉模糊数的集合; $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_t)$ 为专家的权向量。

(2) 计算指标权重

根据标准矩阵确定正、负理想解 \tilde{v}^+ 、 \tilde{v}^- ,其中

$$\tilde{v}_j^+ = (\varphi_j^+, \phi_j^+) = \left(\max_i \varphi_{ij}, \min_i \phi_{ij} \right), \quad \tilde{v}_j^- =$$

$$(\varphi_j^-, \phi_j^-) = \left(\min_i \varphi_{ij}, \max_i \phi_{ij} \right), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j =$$

$1, 2, \dots, n$ 。

$$\tilde{v}^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (6)$$

$$\tilde{v}^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (7)$$

由式(2)计算各评价对象与所有属性下正、负理想解之间的距离集,

$$D(\tilde{v}_i, \tilde{v}^+) =$$

$$\left\{ de(\tilde{v}_{i1}, \tilde{v}_1^+), de(\tilde{v}_{i2}, \tilde{v}_2^+), \dots, de(\tilde{v}_{in}, \tilde{v}_n^+) \right\} \quad (8)$$

$$D(\tilde{v}_i, \tilde{v}^-) =$$

$$\left\{ de(\tilde{v}_{i1}, \tilde{v}_1^-), de(\tilde{v}_{i2}, \tilde{v}_2^-), \dots, de(\tilde{v}_{in}, \tilde{v}_n^-) \right\} \quad (9)$$

由指标信息熵 ED_j 计算各指标权重 ω_j 。

$$ED_j =$$

$$-\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m \left[\frac{de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)}{\sum_{i=1}^m de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)} \cdot \ln \left(\frac{de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)}{\sum_{i=1}^m de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)} \right) \right] \quad (10)$$

$$\omega_j = \frac{1 - ED_j}{\sum_{j=1}^n (1 - ED_j)} \quad (11)$$

(3) 计算综合前景值

计算评价对象 S_i 与指标 C_j 的正、负理想解的相关系数 r_{ij}^+ 、 r_{ij}^- ,其中 $\delta \in (0, 1)$, δ 一般为0.5。

$$r_{ij}^+ = \frac{\min_i \min_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) + \delta \max_i \max_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)}{de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) + \delta \max_i \max_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)} \quad (12)$$

$$r_{ij}^- = \frac{\min_i \min_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) + \delta \max_i \max_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)}{de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) + \delta \max_i \max_j de(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)} \quad (13)$$

据此计算正、负前景决策矩阵。

$$h(\tilde{v}_{ij})^+ = (1 - r_{ij}^-)^\beta \quad (14)$$

$$h(\tilde{v}_{ij})^- = -\sigma[-(r_{ij}^+ - 1)]^\alpha \quad (15)$$

式中:参数 α 和 β 分别为区域损益值幂函数的凹凸度, $\alpha = 0.88, \beta = 0.88$ 。 $\sigma = 2.25$, 进而计算正、负权重函数, 其中 $\Gamma^+ = 0.61, \Gamma^- = 0.69$ 。

$$v^+(\omega_j) = \frac{\omega_j^{\Gamma^+}}{[\omega_j^{\Gamma^+} + (1 - \omega_j)^{\Gamma^+}]^{1/\Gamma^+}} \quad (16)$$

$$v^-(\omega_j) = \frac{\omega_j^{\Gamma^-}}{[\omega_j^{\Gamma^-} + (1 - \omega_j)^{\Gamma^-}]^{1/\Gamma^-}} \quad (17)$$

最后计算评价对象的综合前景值 Ω_i 并排序, 综合前景值最大则评价对象最佳。

$$\Omega_i = \sum_{j=1}^m h(\tilde{v}_{ij})^+ v^+(\omega_j) + \sum_{j=1}^m h(\tilde{v}_{ij})^- v^-(\omega_j) \quad (18)$$

3 实证分析

选取 A 航空公司的五位航线机务维修技术人员作为评价对象, 工作经历和资格均符合 CCAR-66R3^[17] 的执照管理要求及 CCAR-147^[19] 的培训要求, 具体信息如表 4 所示。

表 4 5 位航线机务维修技术人员信息
Table 4 Details of 5 airline maintenance technician

序号	年龄	学历	工作时间/年	获取资质类型
S ₁	22	本科	1	A330 培训合格证书
S ₂	22	专科	1	B737 培训合格证书
S ₃	23	本科	1.5	B737 培训合格证书
S ₄	23	专科	1.5	A330 培训合格证书
S ₅	24	本科	2	A330 培训合格证书

3.1 计算权重

邀请五位长期从事民用航空维修工作和研究的专家组成决策小组, 他们为工作 10 年的主管、工作 7 年的高级工程师及三位人因研究学者, 按照同一评价标准化指标。

专家 E_i 对每位航线机务维修技术人员 S_i 的 4 个

一级指标进行评价, 确定指标的隶属度与非隶属度, 并依据式(4)构建直觉模糊数决策矩阵 E^k :

$$E^1 = \begin{pmatrix} (0.6, 0.3) & (0.6, 0.4) & (0.7, 0.2) & (0.6, 0.3) \\ (0.6, 0.2) & (0.6, 0.3) & (0.6, 0.2) & (0.7, 0.2) \\ (0.7, 0.2) & (0.8, 0.1) & (0.8, 0.1) & (0.7, 0.1) \\ (0.5, 0.2) & (0.6, 0.4) & (0.6, 0.3) & (0.6, 0.2) \\ (0.6, 0.1) & (0.8, 0.2) & (0.7, 0.1) & (0.7, 0.2) \end{pmatrix}$$

$$E^2 = \begin{pmatrix} (0.6, 0.3) & (0.5, 0.2) & (0.7, 0.3) & (0.6, 0.2) \\ (0.6, 0.1) & (0.6, 0.2) & (0.7, 0.2) & (0.6, 0.1) \\ (0.7, 0.3) & (0.7, 0.2) & (0.8, 0.2) & (0.7, 0.2) \\ (0.5, 0.2) & (0.5, 0.3) & (0.6, 0.2) & (0.6, 0.3) \\ (0.7, 0.1) & (0.7, 0.1) & (0.8, 0.1) & (0.8, 0.2) \end{pmatrix}$$

$$E^3 = \begin{pmatrix} (0.8, 0.1) & (0.6, 0.3) & (0.7, 0.1) & (0.7, 0.3) \\ (0.6, 0.2) & (0.6, 0.3) & (0.7, 0.2) & (0.6, 0.2) \\ (0.8, 0.1) & (0.8, 0.1) & (0.9, 0.1) & (0.8, 0.2) \\ (0.6, 0.3) & (0.7, 0.3) & (0.6, 0.2) & (0.5, 0.3) \\ (0.8, 0.2) & (0.7, 0.1) & (0.6, 0.1) & (0.7, 0.1) \end{pmatrix}$$

$$E^4 = \begin{pmatrix} (0.5, 0.3) & (0.6, 0.4) & (0.5, 0.2) & (0.6, 0.3) \\ (0.5, 0.2) & (0.5, 0.2) & (0.6, 0.3) & (0.6, 0.2) \\ (0.6, 0.1) & (0.7, 0.1) & (0.7, 0.2) & (0.8, 0.2) \\ (0.4, 0.2) & (0.5, 0.4) & (0.4, 0.3) & (0.5, 0.2) \\ (0.6, 0.3) & (0.7, 0.2) & (0.6, 0.1) & (0.7, 0.1) \end{pmatrix}$$

$$E^5 = \begin{pmatrix} (0.5, 0.4) & (0.6, 0.3) & (0.5, 0.3) & (0.6, 0.3) \\ (0.4, 0.2) & (0.5, 0.1) & (0.6, 0.2) & (0.5, 0.3) \\ (0.5, 0.2) & (0.7, 0.3) & (0.6, 0.1) & (0.7, 0.1) \\ (0.5, 0.4) & (0.5, 0.3) & (0.4, 0.1) & (0.5, 0.2) \\ (0.6, 0.1) & (0.7, 0.2) & (0.7, 0.1) & (0.8, 0.2) \end{pmatrix}$$

由式(5)计算直觉模糊综合决策矩阵 V , 设定专家的权向量 λ 均为 0.2; 由于指标均为收益型指标, 标准化的直觉模糊综合矩阵 $\tilde{V} = V$ 。

$$\tilde{V} = V = \begin{pmatrix} (0.62, 0.26) & (0.58, 0.31) & (0.63, 0.20) & (0.62, 0.28) \\ (0.55, 0.17) & (0.56, 0.18) & (0.64, 0.22) & (0.61, 0.19) \\ (0.68, 0.16) & (0.75, 0.14) & (0.78, 0.13) & (0.75, 0.15) \\ (0.50, 0.28) & (0.57, 0.34) & (0.53, 0.20) & (0.54, 0.24) \\ (0.67, 0.14) & (0.72, 0.15) & (0.69, 0.10) & (0.74, 0.15) \end{pmatrix}$$

标准矩阵 \tilde{V} 由式(6)、式(7)得到正、负理想解,由式(2)、式(8)、式(9)得到各评价对象与所有属性下的正或负理想解之间的距离集。由式(10)、式(11)得到各一级指标的信息熵 $ED_1 = (0.885, 0.807, 0.896, 0.868)$, 各一级指标的权重 $W_1 = (0.211, 0.355, 0.192, 0.242)$ 。重复上述步骤,计算各二级指标权重从而得到综合权重 W_2 。

$$W_2 = \left\{ \begin{array}{l} (0.089, 0.025, 0.030, 0.038, 0.029) \\ (0.154, 0.068, 0.028, 0.086, 0.007, 0.012) \\ (0.038, 0.035, 0.058, 0.053, 0.008) \\ (0.069, 0.033, 0.038, 0.027, 0.075) \end{array} \right\}$$

3.2 综合排序

由式(12)~式(17)分别计算各评价对象与各

二级指标的正、负理想解的相关系数,正、负前景决策矩阵,正、负权重函数。最后由式(18)计算出五位评价对象的综合前景值,依次为 1.726、0.700、1.230、1.479、1.753,根据降序原则得到 $S_5 > S_1 > S_4 > S_3 > S_2$, 即 S_5 岗位胜任能力最好, S_2 综合评价结果最差。

3.3 对比分析

为验证评价模型的有效性,用 IFWA 算子^[20]和 IF-VIKOR^[21]评价 5 位航线机务维修技术人员岗位胜任力。将 3.1 节中决策矩阵带入两种模型依次计算,得到对应的得分值、贴近度并排序,结果如表 5 所示。

表 5 三种评价模型计算结果对比
Table 5 Comparison of results of the three evaluation models

模型	计算结果					排序
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	
IFWA	得分值					$S_5 > S_1 > S_4 > S_3 > S_2$
	0.34	0.27	0.32	0.33	0.35	
IF-VIKOR	贴近度					
	0.26	0.86	0.41	0.30	0.21	
IF-CPT-GRA	综合前景值					
	1.73	0.70	1.23	1.48	1.75	

从表 5 可以看出:三种排序结果相同,证明了该模型的有效性;与另两种模型相比,基于 IF-CPT-GRA 的评价模型计算简单,充分考虑决策者的心理行为,评价结果更合理。

3.4 应用实例

为进一步验证评价模型的实用性,将其应用到 A 航空公司对航线机务维修人员岗位胜任力的绩效考核中,并对调整前后的考核方法利用层次分析法进行对比分析,从计算难易程度、客观性、全面性进行比较,结构示意图如图 3 所示。总排序权重得分越高,方法越好。

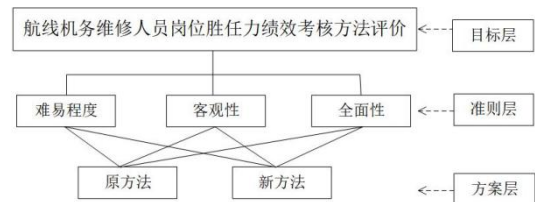


图 3 航线机务维修人员岗位胜任力绩效考核方法评价
Fig. 3 Performance evaluation method of post competency of airline maintenance personnel

请 A 航空公司的 3 名主管依据实际情况对各要素的重要性进行打分构造判断矩阵,进而计算综合排序并进行一致性检验。最终得到排序权重 $c = \{0.437, 0.563\}$, 且通过一致性检验 $CI = \{0.002, 0.03, 0.007, 0.04\}$ ($CI < 0.1$)。结果表

明,该评价方法更加客观、全面、简单。

4 结 论

(1) IF-CPT-GRA 是基于专家评价结果的计算方法,依据计算出的综合前景值大小评价航线机务维修人员岗位胜任力的优劣,使评价结果更具说服力。

(2) 通过 IFWA 算子、IF-VIKOR 与 IF-CPT-GRA 对同一评价矩阵的计算结果的对比分析及评价模型的实例应用,说明航线机务维修人员岗位胜任力评价模型的有效性、实用性。

(3) 评价指标中自我控制能力、创新能力的权重较小,说明航线机务维修人员自我调整、创新探索的工作较少;维修操作能力、沟通能力和基础维修知识的权重较大,说明人员岗位胜任力培养中,要注重基本技能的养成,学会有效沟通,从维修操作中积累经验,保证按时完成工作。

参 考 文 献

- [1] 薛梅. 民航机务维修人员工作压力与工作绩效的关系研究[J]. 劳动保障世界, 2020(21): 49-51.
XUE Mei. Research on the relationship between job stress and job performance of civil aviation maintenance personnel[J]. Labor Security World, 2020(21): 49-51. (in Chinese)
- [2] 高鹏, 邢国平, 孙军. 航空机务人员胜任力模型构建研究[J]. 飞机设计, 2015, 35(1): 66-71.
GAO Kun, XING Guoping, SUN Jun. Research on the competency modeling of aero maintenance personnel[J]. Aircraft Design, 2015, 35(1): 66-71. (in Chinese)
- [3] 李晓旭. 民航机务人员任职能力研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2016.
LI Xiaoxu. Study on the competency of civil aviation maintenance personnel[D]. Tianjin: Civil Aviation University of China, 2016. (in Chinese)
- [4] 王霞. 基于心理测评的民航机务人员安全胜任力研究[J]. 中国民航飞行学院学报, 2017, 28(2): 19-24.
WANG Xia. Study on the competency of civil aviation maintenance personnel based on psychological safety assessment[J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2017, 28(2): 19-24. (in Chinese)
- [5] 李勇祥, 曹泽阳, 杨志玮. 基于主成分分析的机务人员维修保障能力评价[J]. 现代防御技术, 2020, 48(4): 110-116.
LI Yongxiang, CAO Zeyang, YANG Zhiwei. Evaluation of maintenance support capability of aviation aircraft crew based on principal component analysis[J]. Modern Defence Technology, 2020, 48(4): 110-116. (in Chinese)
- [6] 栗潇伟. CBM 模式下胜任力在机务人员培训中的应用研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2015.
LI Xiaowei. Application of competency in maintenance personnel training based on CBM [D]. Tianjin: Civil Aviation University of China, 2015. (in Chinese)
- [7] 张林帅, 陈志雄, 潘佑, 等. 商用飞机机务维修保障能力评价方法[J]. 航空工程进展, 2018, 9(4): 544-550.
ZHANG Linshuai, CHEN Zhixiong, PAN You, et al. Evaluation method of maintenance ability of commercial aircraft maintenance[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2018, 9(4): 544-550. (in Chinese)
- [8] ASADI H, YU D, MOTT J H. Risk factors for musculoskeletal injuries in airline maintenance, repair & overhaul[J]. Inspec Journal, 2019, 70: 107-115.
- [9] WU Hungyi, CHEN Juikuei, CHEN Ishuo. Performance evaluation of aircraft maintenance staff using a fuzzy MCDM approach[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012, 8(6): 3919-3937.
- [10] YILMAZ A K. Strategic approach to managing human factors risk in aircraft maintenance organization: risk mapping[J]. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2012, 8(6): 3919-3937.
- [11] International Civil Aviation Organization. Manual on competency-based training and assessment for aircraft maintenance personnel [S]. US: International Civil Aviation Organization, 2021.
- [12] 刘艳红, 毕力格. 基于物元分析与熵权法的机务人员胜任力评价[J]. 中国民航大学学报, 2015, 33(2): 28-31, 40.
LIU Yanhong, BI Lige. Evaluation of aircraft maintenance mechanics' competency based on matter element analysis and entropy weight[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2015, 33(2): 28-31, 40. (in Chinese)
- [13] 温良, 徐江华, 邹长安. 90后民航机务人员维修作风养成研究[J]. 民航管理, 2019(2): 135-139.
WEN Liang, XU Jianghua, ZOU Chang'an. A study on the formation of maintenance style of post-90s civil aviation engineers[J]. Civil Aviation Management, 2019(2): 135-139. (in Chinese)
- [14] RYBALKINA A, ENIKKEEV R. Fatigue management methodology in aircraft maintenance as a way of reducing errors related to the human factor[C]// International Scientific and Practical Conference on Information Technologies and Management of Transport Systems. [S. l.]: EDP Sciences, 2021: 1-8.

- [15] 徐斌胡, 剑波. 离散 Hopfield 网络的航空装备机务人员能力素质模型评价[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39(10): 8-12.
XU Bin, HU Jianbo. Building and evaluating maintenance personnel competency model of the new type aviation equipment [J]. Editorial Board of Fire Control and Command Control. 2014, 39(10): 8-12. (in Chinese)
- [16] SERDAR D. Improving aircraft safety and reliability by aircraft maintenance technician training [J]. Engineering Failure Analysis, 2017, 82: 687-694.
- [17] 中国民用航空局. 民用航空器维修人员执照管理规则: CCAR-66-R2[S]. 北京: 中国民航局, 2006.
CAAC. Rules for the administration of licenses for civil aircraft maintenance personnel[S]. Beijing: CAAC, 2006. (in Chinese)
- [18] ZHANG Shanshan, GAO Hui, WEI Guiwu. Grey relational analysis method based on cumulative prospect theory for intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision making[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2021. 41(2): 3783-3795.
- [19] 中国民用航空局. 民用航空器维修单位合格审定规则: CCAR-145-R2[S]. 北京: 中国民用航空局, 2005.
CAAC. Rules for certification of civil aircraft maintenance organizations: CCAR-145-R2[S]. Beijing: CAAC, 2005. (in Chinese)
- [20] XU Z S. Intuitionistic fuzzy aggregation operators[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2007, 15(6): 1179-1187.
- [21] ZENG S, CHEN S, KUO L. Multiattribute decision making based on novel score function of intuitionistic fuzzy values and modified VIKOR method [J]. Information Sciences, 2019, 488: 76-92.

作者简介:

杜红兵(1967—),男,博士,教授。主要研究方向:民航安全管理、飞行品质监控与航空中的人为因素。

张冲(1997—),女,硕士研究生。主要研究方向:民航安全与航空人因。

阿依波塔·赛力克(1997—),女,硕士研究生。主要研究方向:民航安全与航空人因。

闫震(1997—),男,硕士研究生。主要研究方向:民航安全与应急管理。

(编辑:丛艳娟)