

# 基于模糊综合评判的航空维修差错控制能力定量评估

焦 猛

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘 要:**维修差错是影响飞行安全的重要因素之一。结合当前飞机维修工作实际,建立了基于模糊综合评判方法的航空维修差错控制能力评估模型,结合部队实际给出了综合评判的算例。结果表明本文的评估结果接近部队实际。

**关键词:**维修差错;模糊综合评判;控制

**中图分类号:** V37      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3516(2007)01-0024-03

人为差错在日常生活中、工作中普遍存在<sup>[1-10]</sup>。航空维修差错是人为差错在航空维修领域中的反映<sup>[11-13]</sup>。迄今为止,国内外已在人为差错机理、人为差错数据库的建立、人的可靠性分析方法等方面做了大量的工作<sup>[2-3,5-9]</sup>,开发的分析方法有几十种之多,但有些可供选择的方法并未得到实际应用。近年来基于模糊数学理论和灰色系统理论的人为差错评估方法在诸多领域也得到了广泛的应用尝试。航空维修差错研究一直是航空领域的热点课题之一,然而,在以往的文献中,研究方法大都偏重于理论分析和事后原因剖析。利用模糊综合评判方法,以大量航空机务维修差错统计数据资料为基础的,紧贴航空维修保障实际的维修差错定量评估模式尚未见报道<sup>[11-13]</sup>。

航空维修差错是影响飞行安全的重要因素,维修差错率是衡量部队飞机维修工作的重要指标。深入分析维修差错成因,全面剖析维修差错特点及规律,不断加强维修差错控制研究,是当前飞机维修工作的重要课题。

## 1 模糊评判模型建立的方法

根据部队机务维修实际,确定评判模型等级,模型建立步骤如下:

1) 建立评判指标集  $U_i$ 。将航空机务维修差错的致因元素分成  $S$  个子集:  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_s\}$ , 建立评判指标的评语集:  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。

2) 确定隶属度。对每一个评判指标  $U_i$ , 根据部队机务维修实际确定其单指标评判矩阵  $R_i$ 。建议采用专家评分法, 让每位专家针对评语给每项评判指标打分(范围在区间  $[0, 1]$  之内), 然后对每项指标在每项评语下的得分取平均值, 得出最终得分, 以此作为对应的隶属度。

3) 分析权重  $A_i$ 。权重  $A_i$  的确定是一个不断比较综合的过程, 评判指标的确定充满着主观因素, 根据航空机务维修差错控制的特殊性, 建议采用实际与经验相结合的方法, 由部队相关部门人员组成的专家组进行打分综合决定。

4) 得出最终评语  $B_i$ 。即:  $B_i = A_i \cdot R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im})$ 。由于影响评判结果的因素很多, 为了避免丢失有价值的信息, 做到真正的客观公正, 应综合考虑各种指标因素的影响, 因此建议采用加权平均的方法确定  $b_{ik}$ 。

5) 进行单/多因素评判。按照最大隶属度原则, 对每个系统进行总体评价。并根据评判结果, 进行不同系统间优劣的比较, 最终确定出最优的系统。

收稿日期: 2005-11-08

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 焦 猛(1980-), 男, 河南焦作人, 硕士生, 主要从事航空装备管理研究。

## 2 实例评估

根据以往的研究结果,航空维修差错产生的体系结构见图 1

### 2.1 模型建立

根据机务大队维修差错预防体系模型,建立多层指标体系结构: $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ ;  $U_1 = \{U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}\}$ ;  $U_2 = \{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}\}$ ;  $U_3 = \{U_{31}, U_{32}, U_{33}\}$ ;  $U_4 = \{U_{41}, U_{42}\}$ 。各指标集按特征给出。

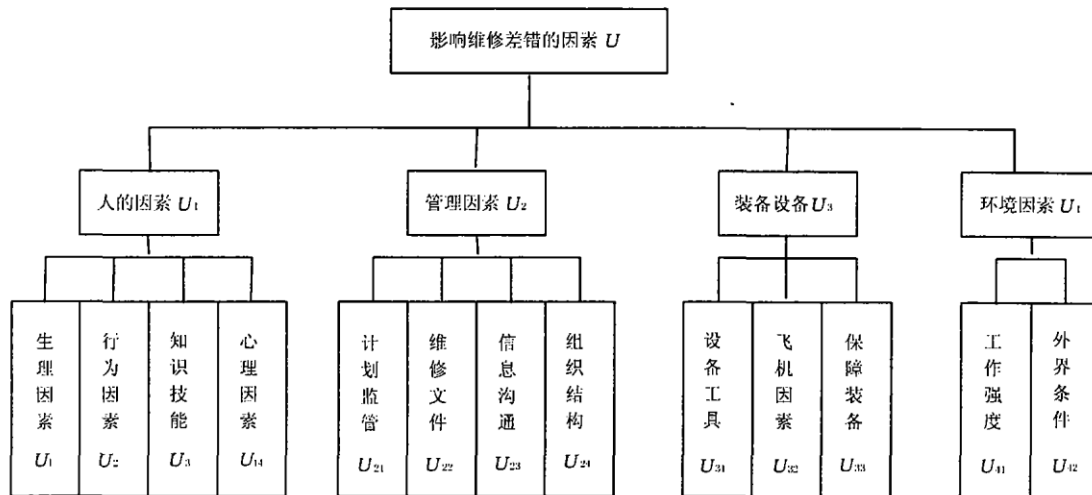


图 1 航空维修差错多层指标体系结构图

### 2.2 判断计算

1) 利用层次分析法,由专家参照历史统计数据,根据部队机务维修实际,分析得到各层指标的权重值如下: $A = \{0.70, 0.08, 0.16, 0.06\}$ ;  $A_1 = \{0.24, 0.43, 0.12, 0.21\}$ ;  $A_2 = \{0.22, 0.31, 0.18, 0.29\}$ ;  $A_3 = \{0.24, 0.43, 0.33\}$ ;  $A_4 = \{0.74, 0.26\}$ 。各集中元素个数与  $U$  集的个数相同。

2) 根据精确度要求,可以考虑采用评判集: $V = \{\text{很好, 较好, 一般, 较差, 很差}\}$ ,也可以根据情况采用更精确的评判集。用量比指标给出分数集: $C = [90, 70, 50, 30, 10]$ ;选取其中任意一个机务大队作为评价对象(设  $S = 1$ )。

3) 根据图 1 及评判集计算出评判矩阵。

根据因素  $U$  的评判优劣,可得单因素评价矩阵  $R$ 。其中:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} \quad R_{12} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{13} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.4 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix} \quad R_{14} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.4 & 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

4) 对系统进行模糊矩阵合成运算,并进行归一化。

$$B_1 = A_1 \cdot R_{11} = [0.29 \quad 0.38 \quad 0.12 \quad 0.21] \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = [0.18 \quad 0.299 \quad 0.3 \quad 0.171$$

0.05]

进行归一化处理:由于  $\sum_{j=1}^n B_j = 1$ ,故: $B_1 = B_1 / \sum_{j=1}^n B_j = B_j = [0.18 \quad 0.299 \quad 0.3 \quad 0.171 \quad 0.05]$ ;

同理可得:

$$B_2 = A_2 \cdot R_{12} = [0.225 \quad 0.25 \quad 0.262 \quad 0.262 \quad 0.049] ;$$

$$B_2 = B_2 / \sum_{j=1} B_j = B_j = [0.217 \quad 0.241 \quad 0.253 \quad 0.253 \quad 0.045] ;$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_{13} = [0.241 \quad 0.253 \quad 0.143 \quad 0.28 \quad 0.109] ;$$

$$B_3 = B_3 / \sum_{j=1} B_j = [0.235 \quad 0.247 \quad 0.139 \quad 0.273, 0.106] ;$$

$$B_4 = A_4 \cdot R_{14} = [0.252 \quad 0.248 \quad 0.374 \quad 0.126 \quad 0.026] ;$$

$$B_4 = B_4 / \sum_{j=1} B_j = [0.246 \quad 0.242 \quad 0.365 \quad 0.123, 0.024] ;$$

5) 根据实际调查与专家评价,得到某航空维修单位的分数集,计算评判结果: $D_1 = B_1 \cdot C = [0.18 \quad 0.299 \quad 0.3 \quad 0.171 \quad 0.05][90 \quad 70 \quad 50 \quad 30 \quad 10]^T = 58.76$ ;同理可得: $D_2 = 57.09, D_3 = 54.64, D_4 = 61.26$ ;  
故: $D_{S1} = A \cdot [D_1 \quad D_2 \quad D_3 \quad D_4]^T = [0.70 \quad 0.08 \quad 0.16 \quad 0.06][58.76 \quad 57.09 \quad 54.64 \quad 61.26]^T = 58.12$ 。

同理,对其它单位进行评估可得到: $D_{S2} = 63.15, D_{S3} = 64.22$ 。 $D_{S1} < D_{S2} < D_{S3}$ ,即:单位2 优于单位1,单位3 优于单位2 和单位1,单位2 的维修差错控制预防工作做得比单位1 要好。根据以往的专家定性评估以及上述3 个单位近几年发生的维修差错实例,证明本文的定量评估方法比较接近实际。

### 3 结束语

本文意在探讨一种航空维修差错研究的定量评估方法,利用模糊综合评判模型在定性与定量之间架起了一座桥梁。为决策者进行科学决策提供依据。关于权重系数的确定过程,未作详尽阐述,请参阅相关文献。

#### 参考文献:

- [1] 高 佳,黄祥瑞.人的可靠性分析:需要、状况和进展[J].中南工学院学报,1999,6:11-14.
- [2] 赵朝义,丁玉兰,杨 中.人为失误及其辨识技术的研究[J].工业安全与环保,2000,(5):40-42.
- [3] 张 锦,张 力.一种人因可靠性分析(HRA)方法[J].安全与环境学报,2003,(02)62-65.
- [4] 张 力.在更广泛基础上预防和减少事故[J].管理工程学报,1998,12:59-63.
- [5] 张 力,王以群,邓志良.复杂人机系统中的人因失误[J].中国安全科学报,1996,6(6):38-41.
- [6] 陈洪根,柴华奇.安全管理的理论与模型分析[J].人类工效学,2005,11(2):49-51.
- [7] 金 磊.人的可靠性科学及新管理方略[J].甘肃科学学报.1991,(2):57-59.
- [8] Hagen E W. Human reliability analysis[J]. Nuclear Safety,1976,17:45-52.
- [9] Adams D. Methods of predicting human reliability[J]. Human Factors, 1985,24:13-19.
- [10] 高 佳,黄祥瑞.第二代人的可靠性分析方法的新进展[J].中南工学院学报,1999,13(2):15-17.
- [11] 郭 定,张德斌.从人-机-环界面看航空维护中的人为因素[A].飞行安全与航空工程论文集[C].2003.
- [12] 王立群.人的因素在维修上的应用[J].航空标准化与质量,2001,(3):34-37.
- [13] 刘 强.基于 shel 的航空维修人为差错分析[J].西北大学学报自然科学版,2004,(s):47-49.

(编辑:姚树峰)

## A Study of Maintenance Mistakes Control Based on Fuzzy AHP

JIAO Meng

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, Shaanxi, China)

**Abstract:** The maintenance Mistake is an important factor threatening the flight safety. This article comprehensively analyzes the reasons for causing MM related to the work of airplane maintenance, and puts forward a model to prevent MM based on AHP. A computing example of comprehensive evaluation is given in the end.

**Key words:** maintenance mistake; AHP; control