

基于集成维修信息的数据融合及应用

吴松林, 韩景侗

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:回顾了集成维修信息系统的概念、框架结构及其功能,并在此基础上详细论述了各级别、层次上数据融合的任务和目的,提出了维修数据融合系统的概念和进一步的应用前景。最后,详细讨论了维修排故作业中的数据融合问题,包括动态诊断原理、组合故障集概率计算以及时间分析。

关键词:集成维修信息,信息融合,维修信息系统;动态诊断

中图分类号:V219 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)04-04-07

近十几年来,多传感器数据融合技术获得了普遍的关注和广泛的应用,如智能仪器系统;图像分析和理解;目标跟踪和战场任务分析;多元图像复合以及多介质信息的融合、集成应用系统。数据融合技术可以理解:针对一个系统中使用多种传感器或多类型信息资源这一特定问题所展开的一种信息处理研究。即,利用计算机对按时序获得的若干观测数据在一定准则下进行自动分析、综合,以完成所需的决策和任务估计而进行的信息处理过程。数据融合技术在军事领域应用广泛,如处理探测、互连、相关、估计以及组合多资源信息和数据的多层次方面的信息,以获得准确的状态、任务和完整、及时的态势与风险估计。数据融合技术应用检测、相关分析、估计以及信息重组,在多个层次上完成对多源信息的处理,其中每一个层次表示不同级别的数据抽象。因此,多源信息是信息融合的加工对象,协调优化和综合处理、应用是数据融合的核心。在维修系统中,数据融合技术有广泛的应用前景,如维修过程的监控、协调和优化,辅助决策支持,态势分析、任务评定以及性能、技术状态的评估等。

1 集成维修信息系统(IMIS)

装备维修系统中运行着许多信息系统,如机组型便携式辅助维修信息支持系统^[1];中层级别使用的维修信息管理系统;更高层侧的信息管理与辅助决策支持系统。按系统的用途可分为计算机辅助保障及重要部件管理信息系统;参数检测与处理系统;数据统计分析与质量控制系统;故障诊断及状态监控系统等^[2]。集成维修信息系统(Integrated Maintenance Information formatim System)^[3]是美空军80年代首先提出并应用于实际维修活动中的。其基本思想是试图将多种维修信息资源集成于一个单一的、统一的、容易使用的系统中;使得信息满足不同任务及不同水平的技术人员的需求;避免费时的纸张文字工作,自动化地完成任务;通过提供标准化的信息、独立的系统通用化格式,利用计算机与技术人员的交互提高维修行为的质量。近年来,结合现代维修活动的实践,作者也提出了适合国情的集成化维修信息系统的概念及框架结构^[4],并指出了相应的应用前景。

IMIS以目前现有的维修信息系统为基础,以计算机技术和网络技术为支撑手段,构成由便携式维修支持系统(Portable Maintenance Aid,简称PMA)、基地级维修信息工作站(Maintenance Information Workstations简称MIWs)和战区级维修信息处理中心(Maintenance Information Processing Center简称MIPC)为主要信息支持工具的三级结构的IMIS。集成飞机、发动机及其他机载设备的维修质量信息、历史数据(如履历)、技术规范、综合保障等相关信息,实现对装备维修状况进行实时统计分析、管理监控和辅助决策等功能。

图1为集成维修信息系统的总体结构,基层级以一线维修技术人员使用的便携式维修支持系统(PMA)

为主要信息处理工具,PMA 通过维修数据接口平台(Maintenance Data Interface Panel, MDIP)与机上数据系统(如 BIT, Build-in-Test)连接,实现数据的交换,构成以 PMA 为主要工具的外场维修支持环境。通过 PMA,维修技术人员可获得包括飞机、飞行人员、维修技术规范、技术人员及有关的数据,维修人员与 MIWs 的主界面由 PMA 提供。基地级以维修信息工作站 MIWs 为主,提供相关信息的管理及其使用功能,实现应用性的统计分析、管理监控。MIWs 与 PMA 保持无线或有线通信联系,并由此与其他地面信息系统相连接。战区级,以维修信息处理中心(MIPC)为核心,在统一的系统界面下,通过集成化的系统功能,实现维修信息的宏观管理与应用,支持计划、作战与训练,提供辅助决策功能。MIPC 与 PMA 使用专用的有线通信,实现远程网络连接。

<p>战区级</p> <p>维修信息处理中心 MIPC</p> <p>飞发管理系统、综合保障系统、后勤保障系统等</p>	<p>决策级数据融合</p>
<p>基地级</p> <p>维修信息工作站 MIWs</p> <p>状态监控系统、质量控制软件</p>	<p>特征级数据融合</p>
<p>基层级</p> <p>便携式维修支持系统 PMAs + MDIP + IETMs</p> <p>电子技术手册、飞行参数纪录、火控系统、导航系统等</p>	<p>像素级数据融合</p>

图1 IMIS 框架结构

2 维修数据融合系统及其应用

2.1 维修数据融合的层次及功能

IMIS 中,按照数据抽象以及信息处理(系统)的三个层次,数据融合可分为三个级别,即像素级数据融合、特征级数据融合和决策级数据融合,如图2所示。

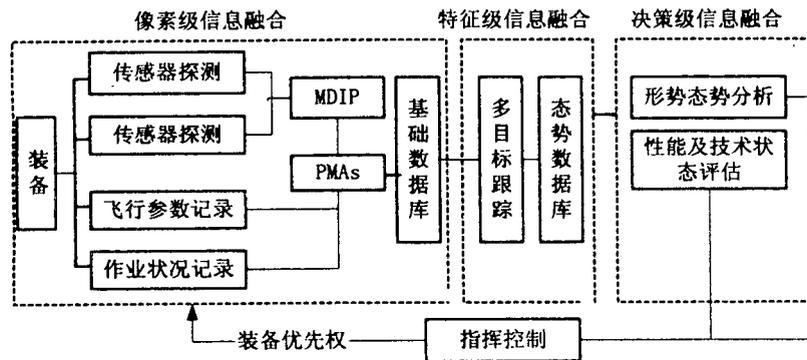


图2 装备维修数据融合系统

像素级数据融合是直接在采集到的原始维修数据层上进行的综合和分析。这是最低层次的数据融合,如故障信息的收集、整理,装备履历、飞参数据的记录、统计分析和趋势预测等;特征级数据融合属于中间层次。在原始维修信息的基础上,进行特征提取(特征可以是表征故障状态、趋势的信息,局域形势、态势信息),然后对特征信息进行综合分析和处理。一般来说,提取的特征信息是像素信息的充分表示量或统计量,然后按特征信息的应用及其关系对各种数据进行分类、汇总和综合。特征级数据融合的根本目的在于实现数据的压缩,有利于进一步的决策分析;决策级数据融合是三级融合的最终结果,直接针对具体决策目标,其结果为指挥、控制、决策提供依据。因此,决策级数据融合往往与具体问题有关,充分利用特征级数据融合所提取的各类特征信息,采用适当的方法来实现。

依据 IMIS 的结构以及数据融合的三级抽象方式,装备维修数据融合过程及其功能见图2。图2中,技术

人员通过 PMAs 完成信息的低层处理(像素级数据融合),包括收集、校准、相关分析、整理原始维修信息,利用初级融合信息进行实时的动态故障诊断(排故作业),利用局域网进行备件请求,使用电子技术手册(IETMs, Interactive Electronic Technique Manuals)等。其中,校准、相关以及整理是为进一步的识别和估计(目标跟踪)做准备的,实际融合在状态识别和任务估计中进行;高层处理,包括态势估计以及性能、技术状态评估(特征级数据融合及决策级数据融合)分别由 MIWs 以及 MIPC 实现,输出的是抽象的结果,如态势以及状态评定、动向、企图、目标、措施等。

2.2 应用

从维修数据融合系统的功能模型可以看出,融合的基本功能是相关、估计和识别,重点是估计和多目标识别,典型的应用是目标跟踪和状态识别以及 PMAs 利用初级数据融合进行的排故作业(动态诊断)支持。

动态诊断的目的是在系统中确定一个最可能产生故障的可替换单元,即在 LRUs (Line Replacement Units) 水平进行系统故障的识别和判断,以降低实际维修时间。动态诊断的原理是通过 PMA 及 MDIP,维修技术人员直接访问装备的自检测(Built-in Test)系统,同时,基于征兆/故障模型^[4]、概率统计方法及信息融合算法,应用历史数据、可靠性、维修性参数等信息建立动态诊断的基本逻辑推理过程,动态地确定最佳的故障诊断及相应排故作业步骤,建议适应的诊断步骤,评估下一步检测、调整等维修活动的信息量,并由此给出进一步的提示及建议。其过程如图 3 所示。初始化后,根据时间、信息量将相对应的诊断测试项目排序、比较。即选择在最短时间内,最可能解决问题的维修活动。具体过程如下:

1) 计算系统可能存在的单一故障概率(假设有 m 个故障、 n 个征兆), $P(F_j/S_i)$ 为 S_i 征兆条件下的 F_j 故障概率。 $S_i (i=1-n)$ 表示第 i 个征兆, $F_j (j=1-m)$ 表示第 j 个故障。

$$P(F_j) = \frac{\sum_{i=1}^n P(F_j/S_i)}{n} \quad (1)$$

2) 排列所有可能的组合故障的集合。

3) 计算合理的组合故障的概率。

$$P(FC_i) = \prod P(F_j) \quad (2)$$

其中, $P(F_j)$ 是经公式(1)计算得到的单一故障概率(假设每一故障均为独立事件), $P(FC_i)$ 为第 i 个故障集合 FC_i 的概率, $i=1-N_c$ (N_c 为故障集中可能的组合的个数)。

4) 根据概率值的大小排列故障集,剔除冗余,并形成新的组合故障集。

5) 归一化处理。

$$P(FC_i)_{ps} = \frac{P(FC_i)}{\sum_{j=1}^{N_c} P(FC_j)} \quad (3)$$

式中, $P(FC_i)_{ps}$: 故障集中的第 i 个组合的概率; $P(FC_i)$: 由公式(2)计算得到的组合故障的概率; N_c 故障集中可能的组合故障个数;

6) 计算完成修复故障集中每一个组合故障的时间。例如: $PS = \{F_1, F_2\}$ 为故障集中的一个元素, A_1 是为完成与故障 F_1 有关的维修活动的时间,同样 A_2 对应 F_2 。则

$$T(F_1) = A_1 + (1 - P(F_1))A_1 + P(F_2)A_2 \quad (4)$$

$$\bar{T}(F_2) = A_2 + (1 - P(F_2))A_2 + P(F_1)A_1 \quad (5)$$

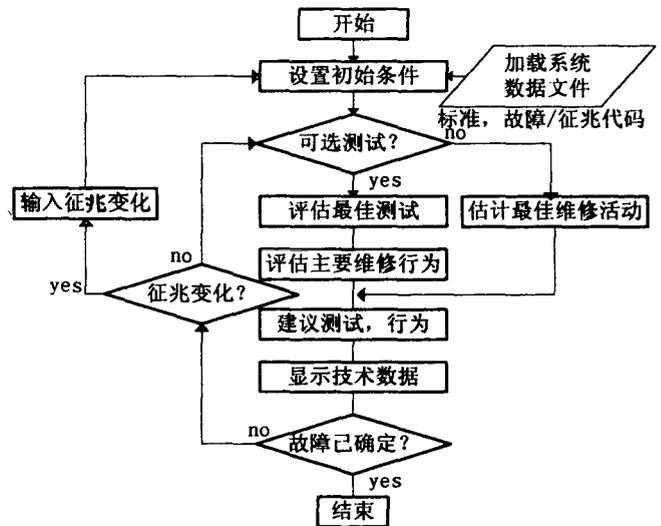


图3 动态诊断原理(排故)

最后按时间分析结果提出相应的建议。

3 结论

信息融合作为一种数据综合和处理技术,实际上是传统学科和新技术的集成和应用,其涉及了通信、模式识别、决策论、信号处理、计算机科学、人工智能和神经网络等技术;数据融合本身不是目的,是控制系统或指挥系统为实现系统功能而采取的一种可靠、高效的技术手段和基本运作过程。在装备维修信息系统中实现数据融合是装备维修与发展的必然。其信息融合技术的应用有维修过程的监控、协调和优化,辅助决策支持,态势分析、任务评定以及性能、技术状态的评定等。

按照广义信息融合系统的结构原理,基于集成维修信息系统的基本结构,在具体实践中,已开发并应用的一些信息集成算法和局部信息融合系统,如维修辅助决策支持系统、故障诊断专家系统等,只要对其进行规范化提炼,应用本文所述数据融合技术和动态诊断方法,就可以构建完备的应用系统。

参考文献:

- [1] 吴松林,汪晓程,张凤鸣. 集成维修信息系统[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000,1(1):22-24.
- [2] 吴松林,张青松. 基于瞬态参数分析的发动机状态监控[J]. 空军工程学院学报,1996,16(3):1-5.
- [3] Link W R. Integrated Maintenance Information System(IMIS) - A Maintenance Information Delivery Concept [R]. AD - A 189355.
- [4] Wu Song - lin, ZHANG Feng - ming, WANG Xiao - cheng. Integrated Maintenance Information System and its Applications [J]. International Journal of Plant Engineering and Management,2000,5(3):96 - 102.

Information Fusion Based on Integrated Maintenance Information and Its Application

WU Song-lin, HAN Jing-ti

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

Abstract: This paper reviews the concept, principle, and the architecture of Integrated Maintenance Information System. Based on the concept of IMIS, this paper discusses some promising functions making use of maintenance information fusion, presents the purposes and tasks of information fusion on different hierarchical level. Finally, a comprehensive description of equipment maintenance information fusion system and some potential applications is given. As a focus of practical application, fundamental theory and the process of dynamic diagnosis through information fusion are also presented.

Key words: integrated information; maintenance process; information fusion; dynamic diagnosis.