

航空装备保障性评价中的信息融合技术

王 强, 刘雪峰, 端木京顺
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘 要:航空装备保障性评价是航空装备寿命周期过程中的一项重要工作,是对航空装备开展综合保障工作效果的验证,但航空装备保障性评价中往往存在信息量大、时空覆盖范围广、准确性不高的问题。因此文中首次将信息融合技术引入保障性评价工作,分析了信息融合技术在保障性评价中的适用性,探索了信息融合技术在保障性评价中的准则及融合模型,提出了全新的保障性信息融合策略模型,对提高航空装备保障性评价结果的准确性和推动保障性评价技术的发展具有较大的实际应用价值。

关键词:信息融合;保障性评价;综合保障

中图分类号:TB114.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)02-0071-04

航空装备综合保障工程是解决航空装备设计中有关的保障问题,并提供与装备匹配的保障资源和建立保障系统以满足平时战备完好性和战时使用要求。综合保障工程的效果只能用其规定的定性和定量要求达到的程度来衡量,需要通过综合保障评价来加以考核。在航空装备的研制中开展综合保障工作,进行保障性评价,将大大提高航空装备的效能,并使其寿命周期费用达到最低^[1]。但航空装备是相当复杂的大系统,开展综合保障工程的时间、空间覆盖范围都很广:其时间覆盖航空装备的立项论证阶段、方案阶段、工程研制阶段、生产阶段、初始部署与使用阶段,时间跨度可从几年到几十年;空间上包括在不同地点的设计、生产、试飞、部署等。因此,航空装备保障性评价所用的数据和信息不仅数量大,而且具有相当广的时间和空间覆盖范围。

1 信息融合技术在保障性评价中的适用性

1) 信息融合可以扩大系统处理信息的空间覆盖范围^[2]。因为多个信息源可以从不同来源、不同环境、不同层次及不同的分辨率来观察同一个对象,得到的关于对象的信息更加充分,这一特性对于获得准确详实的保障性数据,开展保障性评价是非常有意义的。在航空装备的寿命周期过程中,保障性数据非常零散,且系统的保障性试验数据极少,在这种情况下要进行综合保障工作,必须收集各保障要素的数据、相关(相似)系统保障性数据、专家综合保障意见和不同环境下的保障性数据等信息,使用信息融合技术所提供的定性一定量融合方法(如模糊集理论、专家系统理论)得出保障性评价结论。由于有效综合多源信息,保障性评价的结果比单纯折合各保障要素评价结果的方法可信得多。

2) 信息融合技术还有强大的时间覆盖能力,亦即利用不同时间点的信息进行优化处理^[2]。融合评价可以利用同一航空装备寿命周期中立项论证、方案、工程研制、生产、部署与使用维护等各阶段的保障性信息。这些信息包括:方案阶段的保障性目标值;研制阶段的可靠性、维修性、保障性方案评审报告;生产阶段的可靠性、维修性、保障性验收试验、制造、装备、检验记录等;使用中的故障数据、维护修理记录及退役报废记录等^[3]。融合评估系统可以以时间为定标尺度,配准历史数据与当时试验数据,使用合理的融合结构和算法,达到去除冗余、克服歧义的目的。

综上所述,基于信息融合的保障性评估,就是充分利用各种时空条件下多种信息源的信息,进行关联、处

收稿日期:2000-05-25

作者简介:王 强(1976-),男,江苏南通人,硕士,主要从事装备综合保障研究。

理和综合,以获得关于系统保障性的更完整、更准确的判断信息,实现保障性评价的目的。

2 基于信息融合的保障性评价准则

保障性信息融合的基本实现途径就是融合同一时刻不同来源信息、同一装备不同时期信息以及两种信息的综合处理。要得到正确可靠的评价结果,必须在以上思想的指导下,确立融合准则。针对保障性评价的特殊要求、不同的融合对象和评价环境,借鉴可靠性评估的信息融合准则,可以确立不同环境下的融合准则,用以指导相应方法的使用和融合模型的建立。主要融合准则有:

2.1 广义熵准则

广义熵准则基于熵理论,并在此基础上进行扩展,例如联合熵、模糊熵、分维熵等,对信息汇集中的各种信息进行信息度量,以提供信息融合理论研究的基础手段^[4]。基于该准则的融合算法的设计思路是:进行多源信息的融合,得出融合评价结果,在融合算法的分析设计阶段,这个过程包含了对通过各种融合方案所得到的融合结果的获得及其熵度量,从而可以唯一地确定一个信息融合算法。其实质是从所有满足约束条件的融合算法方案中,选取具有最大熵减的方案,以此作为该准则所指导的融合算法。

2.2 Bayes 准则

Bayes 准则是充分利用可靠性评估的 Bayes 方法,引入多源信息处理接口,以最小化代价函数为目标,进行可靠性、维修性、保障性信息的充分组合。

设系统有 i 个备选,假设 $H_i, i=1, \dots, n$ 。 $P_i = P(H_i) > 0$, 它表示各个假设出现的先验概率,又设它们各自的分布密度为 $f_i(x)$ 。显然有 $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ 。由于一个判别规则实际就是对多维样本空间的一个划分,因此我们一个判断规则简记为 $R = (R_1, \dots, R_m)$ 。设按照这个规则把备选假设 H_i 错判为 H_j 所造成的损失为 $C(j|i)$, 显然 $C(i|i) = 0, C(j|j) > 0$ 。如果原来属于假设 H_i 的个体,其值正好吻合判断规则 R_j , 我们就会误码将其判定为假设 H_j , 由上的各种假设可知,发生这种情况的概率为

$$P(j|i, R) = \int_{R_j} f_i(x) dx, i, j = 1, \dots, m, i \neq j$$

由于这种错误判断造成的损失为 $C(j|i)$, 且 $C(i|i) = 0$, 故在规则 R 之下, 将本来属于假设 H_i 错判为其它假设所造成的平均损失为

$$r(i, R) = \sum_{j=1}^n C(j|i) P(j|i, R)$$

则应用规则 R 进行判别所付出的总代价为

$$L(R) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot r(i, R) = \sum_{i=1}^n P_i \sum_{j=1}^n C(j|i) P(j|i, R)$$

Bayes 判别准则就是要选以规则 $R = (R_1, \dots, R_m)$, 使总体代价 $L(R)$ 最小。

2.3 模糊积分准则

对于模糊知识(如专家经验、不确定观测值、人的保障性描述等),使用该准则进行量化分析,使融合后的模糊积分值最大,以实现真实数据支持目标出现的可能性与经验期望之间吻合程度最好。

3 保障性信息融合模型

保障性信息融合模型的建立是在确定保障性信息融合准则后对算法研究的进一步扩展,主要根据系统保障性评估要求和系统保障性模型的特点^[4]。保障性信息融合模型可以划分为互相协调的三个部分。

3.1 信息源模型

信息源模型解决对航空装备系统各个对象的各种数据信息进行模型化表达。该模型研究保障性数据建模和不同环境下保障性信息及模型的转换,为保障性数据信息进行预处理及一致性检验。

根据信息融合系统的特点,在建立信息源模型时,首先应保证原始数据的准确性,减小信息失真。其次在保证数据准确可靠的前提下,要尽可能保证数据的充分性。只有收集到充分的数据信息,才能保证融合结果的可靠、可信。最后,要保证数据表达的规范性和一致性,以利于数据的预处理和满足随后的信息融合要

求。以上只是建立信息源模型的几个基本原则,具体模型要根据不同数据、信息的类型、特点以及信息融合的抽象程度而决定。

3.2 融合中心数学模型

信息融合中心的作用是根据所确定的保障性融合准则,确定具体融合算法^[5],将其以数学模型形式表达,以描述各个融合节点的工作特性和运行机制。依照对数据及信息的加工深度,可分为原始数据融合(保障性试验数据、直接观测到的故障数据等)、保障性参数融合(各保障要素的保障性指标、试验得到的保障性指标值、相关装备的保障性数据等)、评价决策融合(专家评审、已有的保障性评价决策等)三个层次。在实际研究中,可借鉴信息融合在检测、模式识别等领域成功应用的经验,从模型和算法入手,确定评价航空装备保障性适合的信息融合算法。

3.3 融合系统的结构模型

确定模型的目的是从系统工程的角度对融合系统进行合理的结构划分、层次划分、功能划分,并建立既可信,又适用,且高效的保障性融合系统。一般而言,这种合理结构和我军航空装备系统保障性模型和“金字塔”式评估模型相协调。

4 保障性信息融合基本策略

对保障性信息融合采用“融合 + 综合”相结合的方法是一条有效的途径。其基本思想是,先采用数据统计、数据综合和各种信息融合技术对各综合保障要素进行保障性评价,然后进行多要素综合,对整个航空装备的保障性进行综合评价(如图 1)。综合保障要素级的融合包括对经验数据、保障性实验数据、后勤保障参数、保障性设计参数及相关同类航空装备数据的融合,融合的结果与专家经验在系统综合保障级进行融合,这样得到的保障性评价结果的准确性会大大提高。

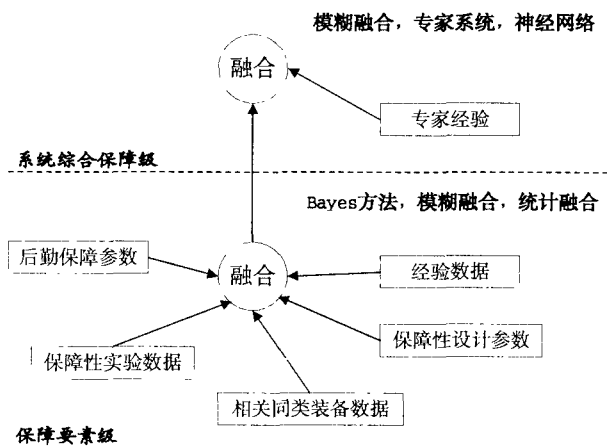


图 1 融合系统的实现结构

正如上文所提到,在航空装备保障性评价中应用的信息融合系统结构模型要和“金字塔”式评估模型相协调。一般而言,对于这种“金字塔”的保障性评估系统,越是底层的各级单元,其数据/信息越丰富和具体,而越接近顶层的单元,其保障性数据/信息越缺乏和模糊。所以对于这种系统没有必要对各级单元都采用信息融合技术,只需对接近高层的单元应用信息融合技术以弥补其不足。可见,保障性信息融合是一个由要素级到系统级对多源保障性数据、信息逐级进行综合和抽象的信息处理过程。

5 结束语

目前,信息融合技术广泛应用于大型复杂系统的数据处理中,对于合理协调多源数据,充分利用有用信息,提高在多变环境中正确决策的能力具有十分重要的意义^[6]。但信息融合技术在航空装备保障性评价中的应用是一项新技术,研究工作还需要继续进行。通过本文的研究,得出的结论是:信息融合技术对提高航

空装备保障性评价的准确性,促进保障性评价技术的发展将起到巨大的推动作用。

参考文献:

- [1] GJB 1371-92, 装备保障性分析[S].
- [2] Antony Richard T. Principles of Data Fusion Automation Boston·Artech House, 1995.
- [3] Clarke L Neal. Structured Analysis of the Logistics Support and ILS Element. Defense Systems Management College, 1977.
- [4] 庄钊文, 郁文贤. 信息融合技术在可靠性评估中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(3): 75-80.
- [5] 刘勇, 沈毅. 精确制导武器及其支持系统中的信息融合技术[J]. 系统工程与电子技术, 1999, 21(4): 1-5.
- [6] 李洪志. 信息融合技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.

Information Fusion in Supportability Assessment of Aeronautic Equipment

WANG Qiang, LIU Xue-feng, DUANMU Jing-shun

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

Abstract: Supportability assessment is an important job in the Aeronautic Equipment's entire life cycle and it is a certification of the working effect of Integrated Logistics Support of aeronautic equipment. But in the supportability assessment of the aeronautic equipment, there are such problems as the redundancy of information, an unnecessarily wide range of time and space scope, and a lack of accuracy. With the first ever introduction of information fusion in supportability assessment and the analysis of the suitability of information fusion in supportability assessment, this paper researches into the rules and fusion models of information fusion in supportability assessment and puts forward a brand-new strategy model of supportability information fusion. So, this paper has practical value in improving the accuracy of aeronautic equipment supportability assessment results and in pushing on the development of supportability assessment.

Key words: information fusion; supportability assessment; integrated logistics support