

【武器装备】

导弹自动测试系统性能评价指标及体系

王学浩¹, 岳瑞华¹, 徐中英¹, 杨智¹, 腾红磊²

(1. 第二炮兵工程学院, 西安 710025; 2. 青州士官学校, 山东 青州 262500)

摘要:为了能有效的评价导弹自动测试系统综合性能,探讨了指标体系的建立原则和方法,并给出了一套导弹自动测试系统评价指标体系。讨论了几种综合评价模型,为导弹自动测试系统的进一步评价提供了理论依据。

关键词:自动测试系统;性能指标;综合评价

中图分类号:E924

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)09-0037-03

我国在自动测试系统领域由于缺乏科学合理的综合性能评价体系,不能对一个自动测试系统总体性能的优劣进行客观地定量评价,使我国导弹自动测试系统的研制、生产和开发各自为政,造成了型号种类繁多,测试程序和系统构件互不兼容,测试设备的可扩展能力严重不足,导致军用自动测试系统的操作复杂,研制、维护和测试成本费用急剧上升,而通过建立导弹自动测试系统综合性能评价体系则可以对自动测试系统发展起到一个强有力的推动作用。

1 自动测试系统评价指标体系

1.1 指标体系确定的理想条件

指标体系的确定会影响性能评价结果的合理性,另外,指标体系的规模及具体指标差别还会牵扯到评价过程的复杂性,因此,科学、合理地确定指标体系在性能评价中至关重要。指标体系应满足5个性质^[1]:完整性、可运算性、可分解性、无冗余性、极小性。

1.2 确定指标体系的原则

指标体系的确定,并非评价指标越多越好,关键在于指标在评价中所起作用的大小。指标体系越全面,决策的结果就越客观、越合理,但指标太多也会增加评价的复杂程度和难度,尤其是数据的计算量将以指数形式增长^[2]。一般性能指标体系的选取遵循科学性原则、完备性原则、系统性原则、目的性原则等^[3-5],在建立自动测试系统指标体系时,采用以下原则:

1) 科学性和系统性相结合原则。指标的选择要客观真实、符合实际,有科学的规定性,而且从指标计算内容到计算方法都必须科学合理。选取指标时要从系统的高度统筹考虑,避免评价指标的重复和评价体系的繁冗。

2) 全面性和重点性相结合原则。评价指标体系要从

不同的角度来描述评价对象的性能特征,不能“扬长避短”。但是也不能不分主次地把所有指标都包含进来,要经过科学的分析,选择具有代表性的重要指标。

3) 定性与定量相结合原则。根据自动测试系统的性能特点,确定指标时要全面,既包括定量指标,也包括定性指标;不能量化的指标要定性描述。

1.3 确定指标体系的方法

评价时要综合考虑不同战场环境的作战需求,由于战场环境复杂,仅凭决策者和效能评估分析人员的工作是远远不够的,必须借助各方面专家的知识 and 经验来完成。本文采用 Delphi 咨询法。该方法针对评估者和分析者在知识和经验上的局限性,通过组织各方面的专家,使之对指标体系涉及到的问题发挥咨询作用,多次反复的信息交换,统计处理和归纳综合,合理地给出效能评估所包含的全部指标及各指标间的相互关系,从而确定指标体系的完整结构^[1]。该方法的流程如图1所示。

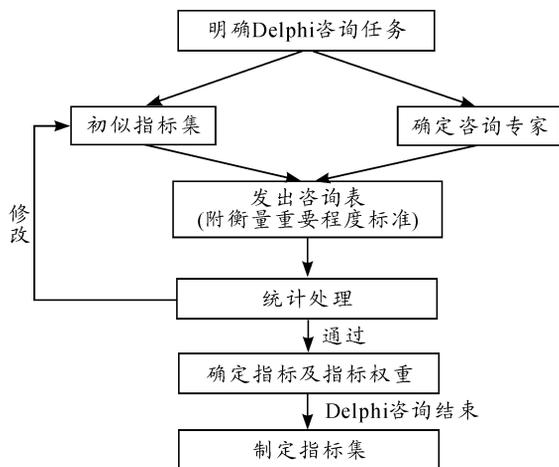


图1 Delphi 咨询流程

收稿日期:2010-06-07

作者简介:王学浩(1987—),男,硕士研究生,主要从事导弹测试与计量方面研究。

1.4 建立指标体系

按照指标选择的原则,建立指标体系的递阶层次结构图。第1层为目标层;第2层为系统功能指标,也可称为准

则层;第3层为指标层,是系统固有属性、特征的具体描述。指标体系的递阶层次结构如图2所示。

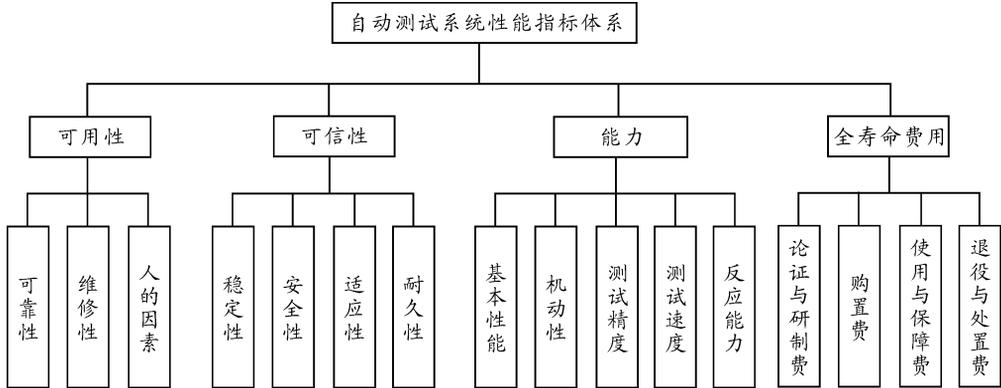


图2 自动测试系统指标体系

1) 经济性评判指标。历史经验表明,单纯地追求系统的战术技术性能而忽视费用,可能会导致研制费大大超出预算,并且在使用过程中使保障费用支出过高^[2]。系统全寿命周期费用是一种衡量系统总费用和经济性的综合参数,它考虑的是系统全过程的费用,是在总体上度量系统的经济效益的主要指标,包括装备论证与研制费、装备购置费、使用与保障费以及退役与处置费。在进行评价时,利用工作分解结构法^[8]建立系统全寿命费用类目,对不同型号的自动测试系统的费用进行统计。由于定量指标和定性指标往往具有不同的性质和不同的量纲,且数值间差异较大。为了消除它们对决策结果的影响而保留它们对综合评价的影响程度,通过隶属度函数变换并对作归一化处理。

2) 可用性评价指标。可用性是对系统在开始执行任务时系统状态的量度,一般可用可靠性、维修性等指标进行描述。可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。自动测试系统的可靠性往往制约着其整体性能,评价可靠性可以选取 $MTTF$ (平均故障前时间)、 $MTBF$ (平均故障间隔时间)和平均故障率 $(\bar{\lambda})$ 等作为指标。维修性指系统在规定的时间内和规定的人员技术水平下,用规定的程序和方法,在给定的维修级别下,进行维修时能保持或恢复到规定状态的能力。经过分析对比,可选取平均修复时间 \bar{M}_{cr} 、最大修复时间 \bar{M}_{cmax} 、平均预防维修时间 \bar{M}_{pr} 、平均维修时间 \bar{M} 等作为自动测试系统的维修性指标体系。指标量化可以通过现场数据的收集来进行,收集的主要内容可分为故障信息(包含一部分使用信息)和维修信息两类。对现场数据的分析处理可采用故障模式、影响与危害性分析(FMECA)及故障树分析(FTA)相结合的方法^[9-10],以系统发生的故障作为顶事件进行分析,找出子系统、部件及元器件的全部故障模式,建立故障树,进行定性定量分析。

3) 可信性评价指标。可信性是对系统在执行任务过程中系统状态的量度。由于导弹武器的特殊性,在洞库时,环境比较稳定,自动测试系统对其进行测试可能比较准确,然而,在作战时,其发射环境比较复杂,自动测试系统受到温度、振动、电场、磁场、辐射、湿度等的影响非常大。由于使用条件的不可预测性,要求ATS本身的环境适应性非常强。在对导弹进行测试时,由于自动测试系统在一次开机预热之后,其测试结果随温度的变化其精度变化较大,即影响测量准确度的主要因素是环境温度。所以时间因素和温度因素可以作为自动测试系统稳定性指标的评价指标。安全性主要包括系统各种软硬件的自身安全性、作战使用环节上的安全性、储运过程中的安全性等。一个系统无论其设计是多么完美,但如果不能保证安全操作与保养,那它同样是不可信的。

4) 能力评价指标。能力也是系统性能的体现,是确定系统诸性能的依据。可以定义为:当已知系统在执行任务过程中的状态这一条件下,对系统达到任务目标的能力的度量。自动测试系统的能力包括自动测试系统完成测试的基本功能以及其他一些能力。基本性能指自动测试系统在测试环境和作战条件下能够正常完成测试任务。一般任何测试系统都满足。系统主要测试项目有:直流电压、交流电压、时间、频率、电阻、动态测试以及输出各种激励信号。机动性是指自动测试系统机动运输的难易程度以及对机动运输方式的适应能力。应根据作战使用要求、可能布置的作战地区和机动范围、环境及地形条件等,确定系统的机动方式及运载工具的适应能力。机动性综合评价指标一般是运动速度。反应能力主要指系统的响应(反应)时间、任务状态转换时间、工作方式转换时间等^[8]。反应能力是系统作战使用性能的重要方面之一,与系统、操作人员以及该系统所处的作战环境和自然环境等特征之间存在着复杂的关系,是一项综合性能。

2 自动测试系统的评价过程

对任何问题的评价都涉及以下基本要素:评价对象、评价目标、评价指标和评价原则及方法。各个基本要素有机组合便构成一个完整的评价系统^[9]。对自动测试系统性能完整的综合评价可以分为如下几个阶段:建立评价指标体系、确定评价方法与模型、实施综合评价、评价结果的验证及形成研究报告(见图3)。

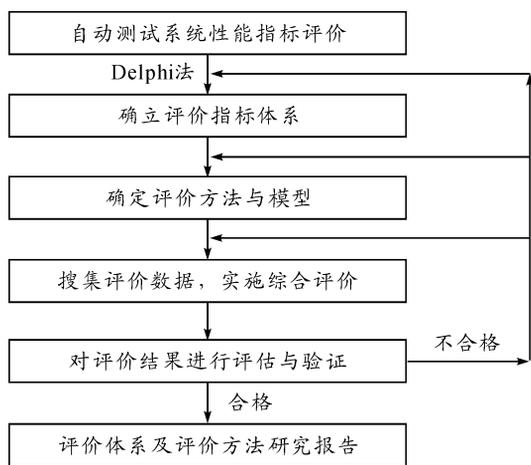


图3 多指标综合评价的物理过程

3 综合评价模型的建立

自动测试系统性能指标的评价是个非常复杂的问题,在自动测试系统性能指标体系研究的基础上,根据评价工作的科学性、合理性、系统性、动态性的原则以及指标的模糊性和灰性,运用模糊理论、灰色系统理论、人工神经网络和粗糙集等理论方法对自动测试系统进行评价分析,建立灰色模糊综合评价模型、基于模糊人工神经网络的综合评价模型、基于粗糙集的综合评价模型等^[5-7]。

3.1 灰色模糊综合评价模型的建立

自动测试系统综合性能指标的层次性和复杂性使已知的决策信息很有可能具有不精确性或模糊性。模糊综合评价是利用模糊数学中的模糊运算法则,对非线性的评价论域进行量化综合,从而得到可比的量化评价结果的过程。在综合考虑模糊性和灰色性2个方面的情况下,运用灰色理论和模糊数学理论,建立灰色模糊综合评价模型。

3.2 基于模糊人工神经网络的综合评价模型的建立

人工神经网络 ANN(Artificial Neural Network)具有自组织、自学习、自适应、非线性映射等特性,能对多指标综合评价问题给出一个客观的评价。但是用人工神经网络进行综合评价的难点在于典型训练集的选择,因此,采用模糊数学的隶属函数对评价指标进行归一化处理,由隶属

函数的端点值和中间值组成 ANN 的学习样本。

3.3 基于粗糙集的综合评价模型的建立

粗糙集理论是一种处理模糊性和不确定性的数学工具。它将权重确定问题转化为粗糙集的属性重要性评价问题,即通过知识约简得到权重。它和人工神经网络相结合,可利用粗糙集简化评价指标体系,并用简化后的评价指标体系对原问题进行评价,以得到的结果作为学习样本,ANN 通过自学习样本集,掌握评价体系各指标内在规律,达到自行评价。

4 结束语

自动测试系统性能指标体系的研究是对其进行评价的基础,因此,本文从总体的角度进行论述,提出了自动测试系统的性能指标体系,并对其各个指标进行了详细描述,最后建立了几种综合评价模型。指标体系的研究可以为自动测试系统性能进一步评价奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] 张杰,唐宏,苏凯. 效能评估方法研究[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
- [2] 李毅,周冉辉,姜春山,等. 导弹武器系统项目前评价评价体系研究[J]. 海军航空工程学院学报,2008,23(4): 411-414.
- [3] 冯巧. 区域水资源合理配置评价指标体系及评价模型研究[D]. 南京:河海大学,2006.
- [4] 李颖. 管理信息系统的质量评价指标及体系研究[J]. 河北大学学报:哲学社会科学版,2009,34(2): 66-68.
- [5] 王雪荣. 管理体系整合及综合评价方法研究[D]. 南京:南京理工大学,2005.
- [6] 王成. 多指标综合评价的一种灰色模糊决策方法[J]. 延边大学学报:自然科学版,2007,33(1): 12-15.
- [7] 李鹏,俞国燕. 多指标综合评价方法研究综述[J]. 机电产品开发与创新,2009,22(4): 24-26.
- [8] 宋贵宝,沈如松,周文松. 武器系统工程[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
- [9] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究[D]. 厦门:厦门大学,2000.
- [10] 崔国友,李孟良. 船用电子设备现场可靠性维修性数据分析的需求与方法[J]. 中国修船,2008,21(6): 46-49.