

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.08.005

武器系统效能评估方法研究

谭乐祖¹, 杨明军², 向迎春², 司文健²

(1. 海军航空工程学院 指挥系, 山东 烟台 264001; 2. 海军航空工程学院 研究生管理大队, 山东 烟台 264001)

摘要: 武器系统效能评估是武器系统寿命周期管理的重要活动。在分析武器系统效能概念的基础上, 结合对目前的效能评估方法的分类, 对效能评估方法的选取进行了总结分析, 得出效能评估方法选取的一些参考原则, 为武器系统效能评估提供一定的指导依据。

关键词: 武器系统; 效能评估方法; 参考原则

中图分类号: N945.16 **文献标识码:** A

Research on Effectiveness Evaluation Method for Weapon Systems

Tan Lezu¹, Yang Mingjun², Xiang Yingchun², Si Wenjian²

(1. Dept. of Command, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China;

2. Administrant Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: Effectiveness evaluation is a very important activity through all the life of weapon systems. On the basis of analyzing the concept of effectiveness evaluation, and classifying the effectiveness evaluation methods by different standards, it summarizes on how to choose the appropriate method and gain some referenced principles. This will prepare instructive foundation for effectiveness evaluation for weapon systems.

Keywords: weapon systems; effectiveness evaluation method; referenced principles

0 引言

武器系统效能评估是军事运筹学中最具军事特色而又十分困难的问题, 是武器装备体系研究的一个重要环节。武器系统效能评估对武器系统的设计、研制、试验、采购、使用及维护都十分重要, 对武器论证更是必不可少。只有准确评估武器系统效能, 才能为武器系统的研制、采购提供客观依据。另一方面, 在比较接近实战的战场环境和对抗条件下, 评估武器系统的整体作战效能, 为武器系统的作战使用研究提供定量决策依据^[1]。故对武器系统效能评估方法进行研究。

1 武器系统效能概念分析

按照武器系统理论研究的需要, 一般可将作战效能分为3个层次, 如图1。作战行动效能是指执行作战任务所能达到预期目标的可能程度, 即执行作战任务的有效程度。它是由一定的军事力量在一定的环境条件下, 按一定行动方案进行作战任务的作战效能。作战行动效能不属于武器系统效能范畴, 但武器系统效能是作战行动效能的基础。因此, 大部分的作战行动效能评估研究都针对武器系统效能。武器系统效能是指在特定条件下, 武器系统被用来执行规定任务所能达到预期可能目标的程度,

包括单项效能、系统效能(综合效能)、兵力效能(作战使用效能)和体系效能4个方面。

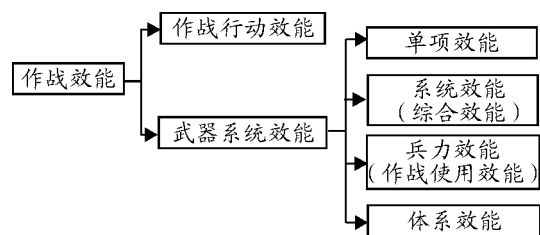


图1 作战效能的3个层次

1) 单项效能是指运用武器系统就单一使用目标所能达到的程度, 例如反舰导弹的射击效能、突防效能、生存效能等; 2) 目前, 对系统效能的定义尚无统一的标准, 最为广泛认可的是美国工业界武器效能咨询委员会(WSEIAC)的定义: “系统效能是预期一个系统能满足一组特定任务要求的程度的度量, 是系统的有效性、可信赖性和能力的函数”; 3) 兵力效能是在规定的作战环境条件下, 运用武器系统执行规定的作战任务时, 所能达到预期目标的程度。它是武器系统在特定条件下由特定的人使用时所表现出来的, 是装备、人和环境综合作用的结果。因而, 也称作作战使用效能^[2]。特别指出的是, 很多文献都将其成为作战效能, 这是不严密的, 从图1可看出它们的范畴是不一样的; 4) 体系效能是

收稿日期: 2010-02-25; 修回日期: 2010-04-23

作者简介: 谭乐祖(1965-), 男, 山东人, 副教授, 硕士生导师, 从事作战模型与软件、防空作战运筹、指挥自动化研究。

随着近年来武器系统体系的发展而提出的新概念,一般是建立体系效能的指标体系,然后评估指标值,最后综合所有指标值得到体系效能。这种效能评估的方法受主观因素影响较大,如何对对抗环境下的体系效能进行评估,目前仍处于摸索阶段^[3-4]。

2 武器系统效能评估方法分类

针对目前众多的评估方法,主要分类如下:

1) 按照评判的主客观程度分类

主观评估法:对于难以定量描述的武器系统,只能通过经验、专家等途径进行评估,如专家调查法、层次分析法;

客观评估法:适合用于定量准确描述的系统^[2],方法有主成分分析法、理想点法;

定性定量相结合评估法:结合主观与客观的优点,取长补短,是目前主要的效能评估方法,如模糊综合评判法、灰色关联分析法、试探性建模与分析方法等。

2) 按照是否考虑实际作战条件或对抗因素分类

静态评估法:静态评估描述的是系统自身的效能,是理想效能。它不考虑武器装备的实际作战条件和作战环境,也不考虑对抗情况,是理想条件下的武器系统的潜在最大效能。方法有排队论、Petri网、层次分析法等。

动态评估法:动态评估是在特定作战环境下,通过对抗计算到的系统效能^[5]。动态评估法有Lanchester法、影响图、SEA法以及作战模拟等。

3) 按照获取评估结果的途径分类

试验统计法:是指运用数理统计的相关方法,如抽样调查、参数估计、假设检验、回归分析和相关分析等,根据实战、演习、试验获取的大量统计资料来评估效能指标,应用的前提是所获取的数据资料的随机特性可以清晰地用模型来表示并加以利用^[2,6]。该方法评估结果比较准确,但是时间和经济代价比较大,无法适应未来战争的需要。

解析法:是目前效能评估研究运用最主要的方法,它根据效能指标与给定条件的函数关系建立数学模型来计算效能指标。该方法的优点是计算简单、易于理解、便于应用,但是考虑因素较少,结果很难得到认可。目前的主要方法有专家咨询法、逻辑分析方法、指数法、ADC法、系统分析(SEA)法、层次分析法、灰色理论方法、模糊数学方法、效用函数分析法、多目标决策法、网络分析方法、不确

定性规划、排队论、存储论、数据包络分析(DEA)、信息熵评估法等。

作战模拟法:是指通过计算机手段,建立模拟模型进行仿真实验,对作战进程的数据进行分析和处理得到指标估计值。该方法可以全面地描述系统之间复杂的交互作用,有效、准确地表达战场的协同与对抗行为。作战模拟法可分为数学模拟方法、半实物模拟法和实物模拟法3类。文献[7]认为Monte Carlo法、Lanchester法、系统动力学(SD)法、影响图、Petri网以及人工神经网络(ANN)都属于数学模拟方法。文献[8]中借助地面飞行模拟器,运用半实物仿真法对双机空战进行了效能评估研究,结果比较理想。

多指标综合评估法:在效能评估中,可能会遇到多指标度量效能的情况^[3,9]。多指标综合评估主要工作就在于对于多个指标的综合过程。采用的方法有概率综合法、模糊综合评估法、多属性功效函数法以及物元分析方法等。

3 武器系统效能评估方法分析

从武器系统效能评估的概念出发,根据上述对目前的效能评估方法分类,可以总结出在效能评估方法的选取中应该遵循以下几个方面:

1) 尽量避免单纯的主观评估方法

由于评估者所掌握的经验、信息与实际所需信息存在差距,部分甚至是错误的信息,这对于评估效果的影响将是致命性的。而且,武器系统的复杂性使得消除这种差距的代价十分巨大。系统分析方法在对系统与使命的建模过程中存在一定的主观性,对评估结果有很大的影响,使命描述的合理性与模型建立的准确性对评估效果产生直接的影响。

2) 注重武器系统各因素之间的非线性关系

随着武器系统变得越来越复杂,只考虑到系统各因素之间单纯的线性关系,是无法对系统效能做出准确评估的。例如,指数法是由武器指数线性相加得到的,兵力指数不能准确地反映武器系统的整体作战效能;AHP法在涉及到武器系统、作战环境以及作战想定等因素错综复杂的非线性关系时,根本无法准确地描述。武器系统各因素之间的非线性关系是确实存在的,而这种非线性的关系很难描述。在SEA方法中,系统能力、环境、使命要求是其主要的3个基本要素,其难点在于如何建立系统能力和使命要求到公共属性空间的系统映射关系,因为这种映射是错综复杂的非线性关系。由于模糊数学

理论具有非线性的特性, 将其引入到效能评估当中, 对于解决上述问题有很大的帮助, 文献[10-13]对模糊理论的应用取得了一定的效果。文献[14-16]结合模糊数学理论方法, 也取得了一定的成果。

3) 采用定性和定量相结合的方法

复杂的武器系统效能评估存在着各种不确定性因素, 效能评估中的条件、时间、需求和任务具有开放性、动态性以及不确定性等特性。因此, 武器系统效能结果是一个预测值、相对值, 具有一定的柔性。单纯依靠定量的效能评估方法得到定量的效能评估结果是不正确的。因此, 灵活地采用定性与定量相结合的方法对有效解决复杂武器系统评估问题具有重要意义。

4) 以采用动态评估方法为主

动态评估考虑了实际的作战条件以及武器系统之间的对抗因素。目前, 很多关于效能评估的方法都只考虑在理想状态下的武器系统的潜在效能, 没有考虑对抗因素, 并不符合实际。例如, 在文献[17]中, 采用基于 ADC 模型对舰舰导弹武器系统进行效能评估, 能力向量的求解无法反映动态的对抗因素对结果的影响; 文献[18]基于 AHP 法的效能评估模型也是同样的问题。文献[19]在运用排队理论建立舰空导弹反导射击效能评估模型时, 认为服务台数是确定不变的, 而实际的对抗过程是会使舰空导弹服务器减少的。因此, 它是一个“变服务台数”的随机服务系统, 按这种思路建模就可建立动态评估模型。

5) 与效能指标、系统建模分析相适应

在武器系统效能评估过程中, 关键把握以下方面的内容: 系统效能指标的选取、系统建模分析、系统效能评估方法的选取。这三者之间关系是相互联系, 相互制约的, 如图 2。

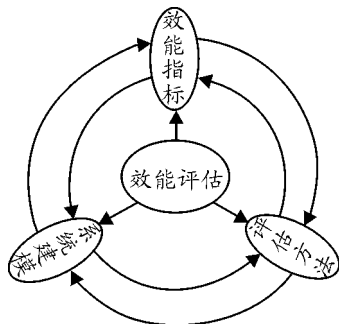


图 2 武器系统效能评估的 3 个方面

为保证效能评估的结果可信, 不同层次的效能评估应选取不同的效能指标, 其建模方法与评估方

法也各不相同。对武器系统的体系效能建模时, 传统的评估方法无法满足评估的要求, 可采用试探性建模与仿真法、探索性分析方法来尝试解决。随着系统越来越复杂, 定量地描述系统的各种关系相当困难, 结果也不准确。在系统建模分析领域, 定性建模技术已有广阔的发展前景, 通过经验、专家知识与定性的理论相结合, 才能对系统进行准确分析, 这就在效能评估方法的选取上提出更高的要求。

6) 解析法与作战模拟法相结合

解析法的特点就是对于系统自身的关系给出严谨的数学模型, 具有确定性, 但对于作战环境及对抗条件的描述还有待提高。作战模拟法能较详细地考虑影响实际作战过程的诸因素, 特别适合于武器系统或作战方案作战效能指标的预测评估。该方法需解决模拟精度不易控制、实现过程复杂等问题。作战模拟法虽然存在一定的缺陷, 但是通过与解析法相结合, 可以在一定程度上得到弥补。因此, 解析法与作战模拟法相结合的方法在评估武器系统的作战使用效能是一种理想的方法。

4 结束语

在武器系统效能评估中, 不可能存在一种完美的效能评估方法。只能根据武器系统的具体情况以及评估者所掌握的信息, 再结合评估方法选取中的参考原则, 选取相对合理有效的方法。

参考文献:

- [1] 董尤心, 张杰, 唐宏, 等. 效能评估方法研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [2] 郭齐胜, 袁益民, 邛志刚. 军事装备效能及其评估方法研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2004, 18(1): 35-40.
- [3] LIANG G S. Theory and methodology: fuzzy MCDM based on ideal and anti-ideal concepts [J]. European Journal of Operational Research, 1999, 112(4): 682-691.
- [4] 卜广志. 航母编队装备体系的效能模型研究[J]. 舰船科学技术, 2007, 29(1): 99-103.
- [5] 唐宏, 陈少卿. 指挥控制系统的效能评估[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(增): 392-394.
- [6] Bohner C M. Computer graphics for system effectiveness analysis[R]. London: AD-A173546 MF, 1985.
- [7] 陈立新. 防空导弹网络化体系效能评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [8] 万少松, 刘兴堂, 严聪, 等. 双机空战效能评估的半实物仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2000, 12(6): 625-628.
- [9] 郭齐胜, 杨瑞平, 李巧丽, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [10] 崔荣, 常显奇. 基于模糊系统的武器装备体系效能评估方法[J]. 军事运筹与系统工程, 2007, 27(1): 69-74.

(下转第 22 页)

表 3 各库所中的平均标识数

库所	平均标识个数	库所	平均标识个数
P ₁	0.011 5	s ₂	0.203 4
P ₂	0.134 8	P ₇	0.023 1
s ₁	0.581 0	P ₈	0.046 2

由表 3 看出, 库所 s₁ 中标识数较多, 易形成瓶颈, 这是由于初级目标处理子系统执行速率过慢的原因, 可以通过 2 种途径来提高初级目标处理子系统的执行速率: 一是提高子系统中关键时间变迁(对应于各类情报处理活动)的执行速率, 如将全脉冲辅助分选活动的执行速率 $\lambda_6 = 3.5$ 提高到 $\lambda_6 = 10$, 则整个系统的平均服务时间将加快 10 min; 二是改善系统结构, 增加多个子系统并行处理, 如在系统中令 3 个性能相同的初级情报处理子系统并行处理, 则整个系统的平均服务时间将加快 27 min。

5 结束语

该模型对基本 Petri 网中的托肯、库所、变迁、有向弧进行了扩展, 并引入了超变迁的概念, 大大加强了模型的描述和分析能力, 证明了 ESCPN 模型和连续时间的马尔可夫链是同构的, 从而可以利

(上接第 15 页)

[11] Przemieniecki J S. Mathematical methods in Defense Analyses[M]. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.1801 Alexander Bell Drive,Reston: VA, 2000: 20191-4344.

[12] 雷中原, 梁义芝, 王哲. 基于模糊综合评判的舰艇电子战系统作战效能评估[J]. 电子信息对抗技术, 2006, 21(4): 42-45.

[13] 苑立伟, 阳家宏, 赵保军. 基于模糊理论的防空导弹武器系统综合评估模型[J]. 装甲兵工程学院学报, 2005, 15(6): 24-29.

[14] James J Buckley, Esfandiar Eslami, Thomas Feuring. Fuzzy Mathematics in Economics and Engineering[M]. Heidelberg: Physical-Vedag, 2002.

[15] 郑昌, 董文洪, 牛庆功, 等. 基于 AHP 和模糊综合评

用基于 MC 状态方程的各种性能指标对电子对抗情报系统的性能参数进行分析, 进而找出电子对抗情报系统在工作过程中的瓶颈并提出有效的解决方案。实例中仅对时间性能参数进行了详细分析, 下一步, 将利用 MC 状态方程求解的各种性能指标对电子对抗情报系统其它多项性能参数进行分析, 如: 情报资源利用率、各子系统情报处理的吞吐量等。

参考文献:

[1] 吴哲辉. Petri 网导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[2] GiraultC, ValkR. 系统工程 Petri 网—建模、验证与应用指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[3] 林闯. 随机 Petri 网和系统性能评价[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

[4] Zuberek W K. Performance evaluation using unbound timed Petri nets[C]. Proceeding of the 3rd International Workshop on Petri Nets and Performance Models. Kyoto:[s. n.], 1989: 180-186.

[5] 王继曾, 张彦龙, 罗靖宇. 一种随机着色 Petri 网及模型的性能分析[J]. 计算机应用, 2008, 28(2): 292-293.

[6] 涂波. 基于 Petri 网的产品开发过程建模及系统性能分析[D]. 南昌: 南昌大学硕士学位论文, 2007.

[7] 尚书怀, 李敬辉, 黄高明, 等. 基于多 Agent 系统联合信息作战情报处理系统[J]. 四川兵工学报, 2009(10): 124-125.

判的无人机效能评估[J]. 舰船电子工程, 2009, 29(6): 71-75.

[16] Heilpern S. Representation and Application of Fuzzy Number[J]. Fuzzy Sets and System, 1997, 97(5): 259-268.

[17] 邓可, 戴耀. 舰舰导弹武器系统作战效能评估[J]. 火力与指挥控制, 2005, 30(3): 75-79.

[18] 吴智辉, 张多林. AHP 法评估地空导弹武器系统效能[J]. 战术导弹技术, 2003, 26(4): 8-12.

[19] 徐奕航, 原超, 王洪胜. 基于排队论的舰空导弹武器系统反导射击效能模型[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(1): 77-80.

[20] 吴豫杰, 郑国民, 陈建宏. 防空兵指挥信息系统效能评估[J]. 四川兵工学报, 2009(3): 30-32.

(上接第 17 页)

即在外界传统攻击不改变的前提下, 若装备机械系统和电子系统单独失效的概率之和等于同时失效的概率, 则两系统形成“共振”, 互相关系数取得最大值, 不利于战场生存, 设计时应避免。

4 结束语

装备战场失效模型能为相关设计人员提供参考。但应注意: 在装备设计时, 应减小 p_{00} , 可增加战场生存概率; 在外界传统攻击不变的前提下, 如

相互关系系数是最大值, 即不利于战场生存。

参考文献:

[1] MIL-HDBK-338B. Military Handbook -Electronic Reliability Design Handbook[S]. Washington, Department of Defense, 1998.

[2] GJB/Z 299B-98. 电子设备可靠性预计手册[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 1998.

[3] 曹晋华, 程侃. 可靠性数学引论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[4] Electronic Parts Reliability Data[DB]. (EPRD-97) Reliability Analysis Center (RAC), 1997.