

# 导弹作战效能仿真评估系统体系结构<sup>\*</sup>

杨 峰 张学斌 王维平 沙基昌

(国防科技大学系统工程与数学系 长沙 410073)

**摘 要** 为得到可信度较高的导弹效能评估指标, 必须建立相应配套的模型体系, 利用模型进行仿真以支撑效能指标的获取。导弹效能仿真评估系统具有复杂的算法、模型、软件系统结构。体系结构技术是解决系统结构关系复杂度的技术。本文在借鉴了软件体系结构思想的基础上, 提出了适于导弹效能评估的系统体系结构框架。

**关键词** 效能评估, 体系结构, 模型集成, 仿真

**分类号** TT 76 622, TP 391 9

## The Architecture of the Simulation-Based Evaluation System for Missile Effectiveness

Yang Feng Zhang Xuebin Wang Weiping Sha Jichang

(Department of Systems Engineering and Mathematics, NUDT, Changsha 410073)

**Abstract** The acquisition of missile system MOE (measure of effectiveness) depends on its corresponding model/simulation supporting system. The simulation based missile combat effectiveness evaluation system has complex structure. Architecture theory is a useful technique to deal with the system structural complexity problem. This paper proposes an architecture for missile effectiveness evaluation system based on software architecture theory.

**Key words** effectiveness evaluation, architecture, model integration, simulation

武器系统的效能是指一个武器系统完成规定任务的全部能力。作战效能反映了武器系统最本质的特征, 是一个重要的综合性评价指标。武器系统的作战能力是通过作战效能指标来进行评估、分析和对比的。

为了得到可信度较高的效能评估指标, 必须建立相应配套的模型体系, 用模型来支撑效能指标的获取。在效能评估指标体系结构研究的基础上, 确定效能评估指标的定量模型的层次结构及其对效能评估指标的支撑关系<sup>[2]</sup>。

导弹效能评估涉及技术的跨学科性、涉及问题的跨部门性以及导弹攻防对抗仿真所采用的建模方法和编程规范的多样性, 从本质上决定了导弹效能评估中系统结构的复杂度。体系结构技术是解决系统结构关系复杂度的有效技术。本文在借鉴了软件体系结构思想的基础上, 提出了适合于导弹效能评估的体系结构框架。

## 1 系统体系结构技术

### 1.1 体系结构的概念

随着一个系统规模和复杂度的增加, 系统总体结构的设计和描述问题将突现出来。

系统级的结构问题包括: 系统部件的组织形式、全局控制结构、部件间的通讯协议、部件间的同步问题、系统功能在各部件中的分配、系统演化的时间尺度、不同方案的选择等等。这些问题就属于系统体系结构研究的问题。

根据 IEEE 的定义, 体系结构是指系统部件的结构、部件间的相互关系以及管理整个系统设计和演

\* 重大试验技术研究项目资助

1998年10月8日收稿

第一作者: 杨峰, 男, 1975年生, 博士生

化的原则和指南。简单地说,系统的体系结构就是解决系统结构复杂度的技术。它主要研究系统的部件构成、部件互联、部件互动问题,体系结构技术本质上是一种管理技术。

## 1.2 软件体系结构的有关理论

软件体系结构理论是一门初露端倪的学科<sup>[1]</sup>,已经形成了一些研究成果,形式化描述问题得到初步解决。

软件体系结构理论的主要研究成果包括:

- 1) 软件体系结构风格的分类;
- 2) 定量设计空间理论;
- 3) 软件体系结构的形式化描述;
- 4) 软件体系结构风格的形式化描述;

## 2 导弹效能仿真评估系统体系结构

导弹效能仿真评估系统属于复杂的算法、模型、软件系统。研究导弹效能仿真评估系统的体系结构问题对于效能评估系统的设计与实现是有现实指导意义的。

根据我们的研究,将导弹效能仿真评估系统划分为以下九个部件子系统,可以比较好的描述系统的体系结构:

### 1) 配置管理 (CM, Configuration Management)

配置管理子系统的主要功能是从导弹武器系统的设计部门获取待评估武器装备的各类战术技术指标,向模型管理子系统提供合理、准确的模型参数;另一方面,从想定管理获取对抗环境中敌对武器装备系统的各类特征数据,输出给模型管理子系统。配置管理可以与导弹武器系统的虚拟样机技术相结合,将导弹的工程设计模型与导弹的效能评估模型联系起来。

### 2) 想定管理 (SOM, Scenario Management)

想定管理子系统从作战使用部门获取要进行效能评估的导弹系统和敌对武器装备系统的战术使用原则,制定合理的作战想定,向模型管理子系统输出武器装备的实体模型系统,并向实验管理子系统输出实验因子信息。进行评估管理时,也需要从想定管理子系统获取进行作战效能评估的作战框架信息。

### 3) 模型管理 (MM, Model Management)

模型管理子系统从配置管理获取模型参数,从想定管理子系统中推出对抗系统模型体系,确定模型行为逻辑、模型接口、模型端口类型。模型接口负责与其他的管理子系统通讯,而模型端口则负责与模型体系中的其他模型互发消息,实现模型的协同。

### 4) 实验管理 (EM, Experiment Management)

实验管理子系统的主要功能包括实验方法管理、实验因子管理、实验次数管理和实验终结条件管理四部分。

实验方法主要包括蒙特卡洛法、均匀设计法、正交设计法等,方法的选择与分析的目的相关。实验管理应该能够根据实验分析的目的选择恰当的实验方法。导弹效能评估中的实验因子定义为与作战环境、作战态势和作战运用相关的特征变量。将这些关键特征变量提取出来,通过实验考察不同的因子对于导弹效能指标的影响,可以对导弹的作战运用原则、战术指挥策略提出建议,提供给导弹的使用部门。

### 5) 数据管理 (DM, Data Management)

数据管理特指仿真结果数据的管理。数据管理子系统的主要功能包括从模型管理子系统中模型的数据接口获取模型状态变量数据、关键点数据和仿真结果数据,并向评估管理子系统输出表征导弹系统模型作战效能的各项统计数据。同时,数据管理子系统负责向校验管理子系统反馈模型行为数据信息,用于模型的校验。

### 6) 表现管理 (PM, Presentation Management)

表现管理子系统从模型管理子系统中的仿真模型的表现接口获得表现内容，通过表现模型装配表现形式，在仿真管理子系统的驱动下产生表现结果，同时向校验管理子系统输出模型外在表现的行为逻辑，用于检验模型的正确性和适用性

7) 校验管理 (VM, Validation Management)

校验管理子系统确保导弹攻防对抗双方武器装备的模型行为符合物理规律和战术运用原则，校验的内容包括模型参数的合理性、模型算法的正确性。

8) 仿真管理 (SM, Simulation Management)

仿真管理子系统驱动模型管理子系统中的模型，向表现管理子系统输出媒体表现信息，向数据管理子系统输出模型数据信息。

9) 评估管理 (AM, Analysis Management)

评估管理是导弹效能评估系统的高层管理。评估管理的内容包括导弹武器系统作战效能评估指标体系管理、综合评估算法管理、比较分析以及参数灵敏度分析。评估管理子系统向导弹设计部门反馈导弹武器系统的作战效能指标，提出导弹设计的改进意见。

导弹效能评估系统的体系结构如图 1 所示。

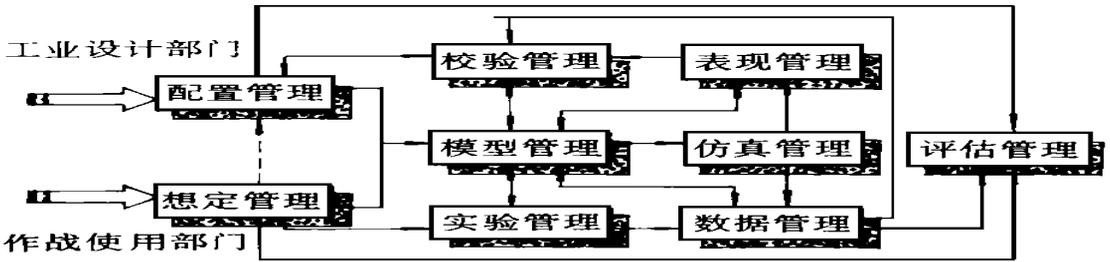


图 1 导弹效能仿真评估系统体系结构示意图

Fig. 1 architecture of Simulation based evaluation system for missile effectiveness

### 3 导弹效能评估中的模型结构

模型支撑体系是进行导弹武器系统效能评估的基础，模型管理是效能评估管理的核心，而合理的模型结构则可以优化导弹效能评估系统体系结构。下面给出一种效能仿真模型的结构模型。

效能仿真模型可以用如下九元组来表示：

$$ESM = \langle BL, SL, CI, EI, TI, DI, PI, IP, OP \rangle$$

其中

1) BL 是导弹攻防对抗仿真中武器装备模型本身的行为逻辑，它是模型的功能单元。武器装备的 BL 是其自身设计原理、作用机制和对抗使命的综合。武器装备如何动作，一方面要遵循物理规律，另一方面要符合作战想定。

2) IP 与 OP 是模型之间的协同机制。输入端口 IP 从其他模型接受消息，输出端口 OP 则向其他模型发送消息。

3) SI 是模型的想定接口。通过 SI 导弹攻防对抗双方的武器装备系统模型获取战场布局信息、环境变量信息、作战事件序列信息及战果评判准则信息。

4) CI 是模型的配置接口。通过 CI 参战的各武器装备模型（导弹、探测雷达、反导导弹、电子战装备等）获取自身的模型参数。根据模型的颗粒度、描述的详细程度，模型参数可分为三层：工艺参数、电器参数、技术综合指标、战术指标。

5) EI 是模型的实验接口。该接口负责从实验管理子系统中获取实验因子信息。

6) TI 是模型的仿真接口。仿真管理通过 TI 驱动仿真模型；仿真模型通过 TI 获取当前仿真时间，

解算模型的当前状态, 在满足条件时通过 IP 接受其他模型发来的消息, 并通过 OP 向其他模型发送消息。

7) PI是模型的表现接口。在模型运行的过程中, 模型产生表现指令输出给表现管理子系统, 由表现服务器选择相应的表现方式进行表现

8) DI是模型的数据接口。通过 DI 模型在运行中向数据管理子系统输出模型状态数据、关键点数据、实验结果数据。

效能仿真模型结构如图 2所示

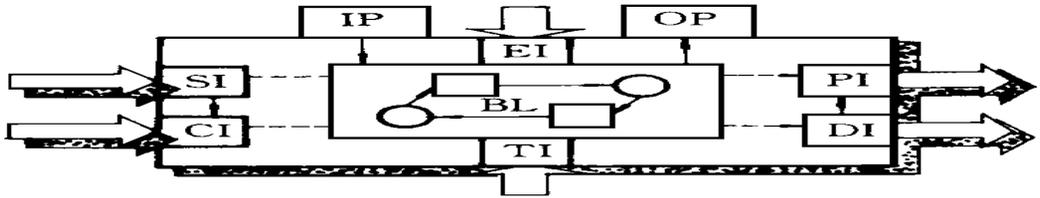


图 2 效能仿真模型体系结构

IP: 输入端口 OP: 输出端口 SI: 想定接口 CI: 配置接口 PI: 表现接口  
DI: 数据接口 EI: 实验接口 TI: 仿真接口 BL: 行为逻辑

Fig. 2 Systematic architecture of effectiveness simulation model

### 5 结束语

本文提出了导弹作战效能评估系统的体系结构, 并设计了效能仿真模型的结构, 对于利用仿真来进行导弹武器系统作战效能评估系统的设计和实现有指导意义。本文提出的体系结构已经成功地用于某型导弹作战效能评估系统 SBEAM 中, 框架的正确性、可行性得到了验证

### 参考文献

- 1 Mary Shaw, David Garlan. Software Architecture-Perspectives on an emerging discipline. Prentice Hall
- 2 沙基昌, 王维平, 朱一凡, 张学斌, 杨峰. 反舰导弹作战效能评估方法研究. 98军事运筹学会年会