

防空 C³I 系统的建模与仿真方法论

周林, 娄寿春, 赵杰, 曾建军
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:防空 C³I 系统是一复杂大系统,借助建模和仿真手段对其进行研究是唯一的途径。根据研究的目的不同对防空 C³I 系统模型进行了分类,详细介绍了面向过程的模型,以及现有的各种建模和仿真方法。对防空 C³I 系统的研制、评价提供了有效的方法和途径。

关键词:防空 C³I 系统;建模与仿真;方法论

中图分类号:TP391.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2000)04-0035-04

空袭与反空袭作战是未来战争的主要样式,防空作战能力的高低决定着战争的成败,防空 C³I 系统是“兵力倍增器”,是提高防空作战能力的重要手段。因此,世界各国都在进行防空 C³I 系统的研制和装备使用。为了全面地评估防空 C³I 系统的作战效能,并为防空 C³I 系统的发展方向、总体方案设计以及优化设计提供依据和参考,必须建立防空 C³I 系统的模型,并进行仿真研究。

1 防空 C³I 系统的理论与防空 C³I 系统的模型

防空 C³I 系统的理论是在 1979 年由美国麻省理工学院(MIT)和海军研究办公室(ONR)联合举办的 C³I 系统专题讨论会上正式提出的。防空 C³I 系统理论和理论体系包括概念、多种技术因素和不确定性,借助模型和仿真手段研究防空 C³I 系统可以说是唯一的途径。只有根据模型才能更好地理解防空 C³I 系统,才能考查系统的静态和动态特性,才能评价和优化系统。防空 C³I 系统的模型可用于系统的全生命周期中:系统分析、可行性研究、系统设计、系统开发、系统测试运行和系统完善各阶段,还可用于防空 C³I 系统作战条令的制定。

2 防空 C³I 系统的建模目的和防空 C³I 系统模型分类

根据研究的目的、角度、使用者,以及表示方法的不同,所建立的模型形式和内容也不同。

防空 C³I 系统建模的目的主要有三个方面:一是分析防空 C³I 系统本身,即进行系统的性能和部分效能的评价;二是评定防空 C³I 系统的效能和其对作战的影响;三是制定防空 C³I 系统的作战条令。

根据这三方面的目的,可将防空 C³I 系统模型分为面向对象的模型、面向过程的模型和面向实现的模型。

2.1 面向实现的模型

对系统不进行任何抽象,注重对实际系统的真实描述和再现,用来表示实际系统的设备、组织、运转及协调工作,主要用来制定防空 C³I 系统的作战使用条令。

2.2 面向对象的模型

是按照美军联合领导试验(JDL)C³技术专业组(TPC³)下属的基础研究小组(BGR)提交的 C² 参考模型(C²RM)协调草案的规定,所建立的一种标准的、面向对象的开放系统体系结构和开放系统互连的框架。其从供应、设备、工具、对象、信息、知识、经验七个基础层和表示、操作、过程、网络、链路、资源六个应用层,通过通信、识别、攻击和运输四个交互端口与环境进行物质和信息上的交互。能有效地描述战场环境,因此,主要

用来评定防空 C³I 系统的作战效能和对作战的影响。

2.3 面向过程的模型

可以看成是由施控子系统和受控对象两部分组成,施控子系统即防空 C³I 系统,而受控对象是防空 C³I 系统所作用的武器系统或兵力,二者构成一个闭合反馈回路,如图 1 所示。

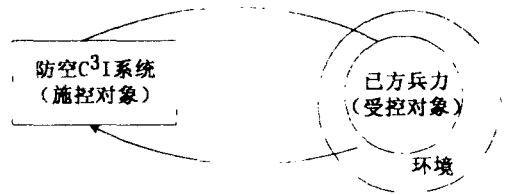


图 1 防空 C³I 系统面向过程模型的基本结构

根据研究的目的不同面向过程的模型可分为:面向作战的防空 C³I 系统过程模型和面向系统研究的防空 C³I 系统过程模型。

(1)面向作战的防空 C³I 系统过程模型,其侧重于防空 C³I 系统对火力毁伤过程影响的功能描述,特别是对指挥、控制功能的描述。

(2)面向系统研究的防空 C³I 系统过程模型,其侧重于防空 C³I 系统本身各子系统功能之间相互关系的描述。

由此可知,面向过程的模型既可用于防空 C³I 系统作战效能研究,又可用于防空 C³I 系统性能研究,是研究防空 C³I 系统效能的重要模型。

3 防空 C³I 系统面向过程的模型

面向过程的模型主要有 ACC 模型、Lawson 模型、SHOR 模型和规范模型等。

3.1 ACC 模型

ACC (Adaptive Coping Cycle)模型是由美国行为和科学研究所的 J. A. Olmstead 首先提出的面向功能过程的防空 C³I 系统模型,其基本模型由检测、输入、更改、稳定、输出反馈等六个功能环节构成。

3.2 Lawson 模型

Lawson 模型是对防空 C³I 系统过程的一个最高层次的描述,它把防空 C³I 系统看成是控制环境的大系统。整个过程分为探测、处理、比较、决定和行动五项功能,其结构如图 2 所示。

3.3 SHOR 模型

SHOR 模型是力图按决策者的决策过程描述防空 C³I 系统,根据激励——假设——选择——响应 (SHOR)规范形式描述战术决策过程的动态特征。其结构如图 3 所示。

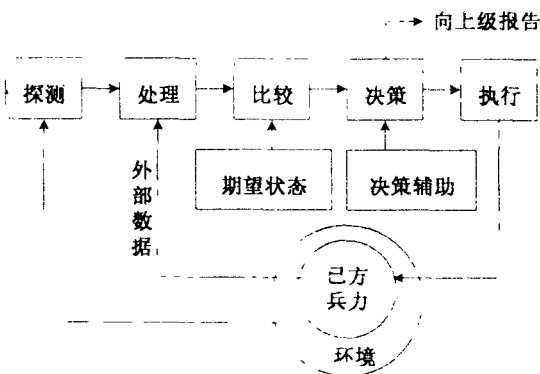


图 2 Lawson 模型的基本结构

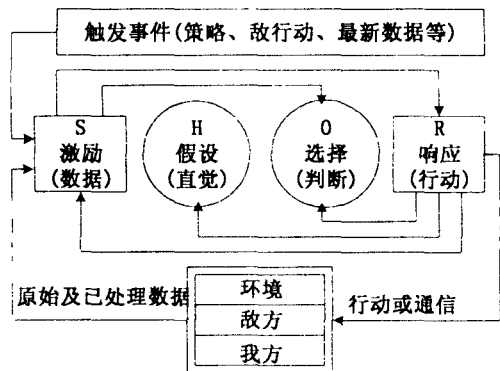


图 3 SHOR 模型基本结构

3.4 规范模型

规范模型是把防空 C³I 系统的功能看作是一个多维变换算子,它把输入的激励集转化为结果的军事效应。变换算子还提供从行动结果产生的反馈,以及由算子的学习功能提供的激励选择(探测装置管理)和控制反馈。变换运算由任务目标经变换逻辑初始化,激励链和效果链分别表示探测装置——融合和指挥控制——武器两个子系统,它们把变换运算连接到激励和效果状态向量。其结构如图 4 所示。

4 防空 C³I 系统建模方法

目前,用于防空 C³I 系统建模的方法主要有以下几种:

4.1 基于统计理论的 Monte Carlo 方法

该方法采用枚举法描述防空 C³I 系统中信息的活动,列出所有可能的信息活动及其发生概率,从而能有效地将信息对决策的作用、决策对战果的影响表示出来。但其对防空 C³I 系统所注重的语义信息与语用信息不能很好地描述。

4.2 基于面向对象技术建模方法

美国 George Mason University C³I 中心的研究人员,将面向对象技术应用到 C³I 系统建模中,面向对象的技术和 Petri 网结合方法的引入,使基于离散事件的建模方法可以很好的支持自底向上(Bottom—Top)和自顶向下(Top—Down)的建模。但语义信息与语用信息的描述仍未得到很好解决。

4.3 基于非线性变换形式的改进 Lanchester 方程建模方法

美国海军研究生院 Paul N. Moose,其用点目标毁伤和面目标毁伤的比例大小,来反映防空 C³I 系统对防空作战的影响。

4.4 基于突变理论的改进 Lanchester 方程建模方法

A. E. R. Woodcock 和 J. K. Dockey 等人,利用突变理论对 Lanchester 方程进行改进。从而可用较少的控制参量(独立变量)和行为变量(因变量)来表示作战和指挥系统的行为,帮助指挥员跟踪战斗期间发生的事件、决策、态势评估,以及适时地分析各因素对战斗结果的影响。

4.5 基于热力学方程的建模方法

由于防空 C³I 系统通过各个功能的实现来控制一定的防空武器系统,从而影响周围环境的状况。因此,可以把指挥控制过程想象为在己方兵力的范围内进行的类似热力学过程,利用与理想气体状态类似的变量描述防空 C³I 系统的状态和性质,用理想气体定律描述状态变量间的关系。其能有效地把防空 C³I 系统的性能和作战结果联系起来。

4.6 基于系统论的建模方法

防空 C³I 系统是一个复杂的大系统,存在信息输入的不确定性和行动结果的不确定性,而混沌理论能有效地表示规则过程中不确定性的影响,混沌行为的应急度能反映用于系统控制的失效程度。该类模型能很好地预测军事行为的新类型。

4.7 基于控制论的建模方法

英国的 D. K. Hitchins 从指挥控制过程出发,将防空 C³I 系统的各个环节用一传递函数来表示。但由于实际环节的传递函数很难得到,因此这类模型只有理论上的价值。

4.8 基于微分方程的建模方法——影响图方法

该方法通过对防空 C³I 系统的分析,找出表征系统运行过程所必须的系统参量,通过分析系统各参量之间的相互影响关系,画出系统的有向图,根据有向图与建模参数的实际物理意义,应用一定的建模算法,最后得到系统的状态方程。所建的模型能够较真实地反映原始系统的特性,而且建模过程可通过人机对话的形式由计算机完成。

5 防空 C³I 系统的仿真方法

Charles. K. W 讨论仿真技术在美国国防部测试、评价中应用时提出了三种模式:即计算机仿真、系统试验床和系统原形。而对于防空 C³I 系统的仿真方法主要有:解析模型、计算机仿真、试验床和军事演习。

5.1 解析模型

用紧凑的闭合形式方程对防空 C³I 系统的复杂过程进行高度抽象描述,从而解出所需的各个变量值。该

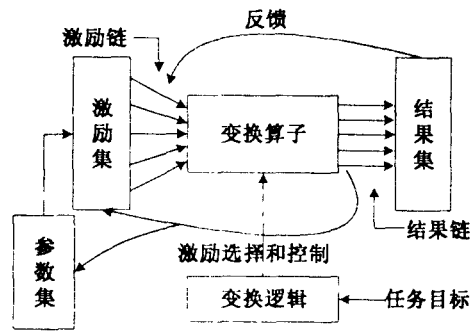


图 4 规范模型的基本结构

方法当模型的详细程度增加时,方程组可能变得太大而无法求解。

5.2 计算机仿真

计算机仿真的特点是不使用实际系统的任何部件,是一个纯软件系统。其将防空 C³I 系统按功能划分成多个子系统,各个子系统的功能全部由计算机程序实现,通过程序的相互调用完成防空 C³I 系统的作战过程仿真。目前最常用的计算机仿真模型是各类排队模型和面向对象模型。该方法是防空 C³I 系统仿真分析和作战效能评估的重要方法。

5.3 试验床

试验床是数字仿真与人和防空 C³I 系统硬、软件结合进行的半“实物”实时仿真系统。有人试验床,人作为仿真的一个环节接收仿真过程中的显示信息,并向仿真模型发出指令,其能显著提高仿真的逼真度。当试验床包括防空 C³I 系统硬件时,可对其在生产或使用前进行评价。通过对战场环境的想定,试验床能够进行防空作战的实时仿真。

5.4 军事演习

该方法主要用在防空 C³I 系统研制阶段结束后进行实际的作战环境下的运行评价。其是最费钱的模拟研究方法。

防空 C³I 系统或其子系统在整个研制过程中,一般在预研阶段进行解析研究和计算机仿真研究,在工程研制和论证证实阶段进行试验床研究,工程完成后进行评价研究。

6 小结

防空 C³I 系统的模型种类很多,建立防空 C³I 系统模型的方法也多种多样。但防空 C³I 系统的模型必须使系统的管理者、研究者、开发者、使用和维护者等多种领域的人员共同接收和理解。模型必须能真实反映防空 C³I 系统的工作机理,满足各项研究工作的需要。此外,模型和仿真不仅应反映防空 C³I 系统的静态特性,而且应能反映防空 C³I 系统的动态行为,从而为防空 C³I 系统的性能评价、作战效能的评估、系统研制开发和系统装备使用提供有效的技术手段。

参考文献:

- [1] 张最良. 军事运筹学[M]. 北京:军事科学出版社,1999.
- [2] 于云程. C³I 系统分析与设计[M]. 湖南:国防科技大学出版社,1996.
- [3] 黄柯棣. 系统仿真技术[M]. 湖南:国防科技大学出版社,1998.
- [4] 杨 静. 战场数据融合技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1994.

Methodology for Modeling and Simulation of Antiaircraft C³I System

ZHOU-Lin, LOU Shou-chun, ZHAO Jie, ZENG Jian-jun
(The Missile Institute, AFEU., Sanyuan 710038, China)

Abstract: Antiaircraft C³I system is a complicate large system. Using models and simulation is the only way to study it. In this paper, the models of antiaircraft C³I system are classified according to different purposes of study. Process-oriented models are introduced. And several kinds of methods of modeling and simulation are presented. This is an effective method and pathway for developing and evaluation of antiaircraft C³I system.

Key words: antiaircraft C³I system; modeling and simulation; methodology