

国防信息类专业规划教材



作战模拟系统概论

Introduction to Combat Simulation System

■ 张宏军 等 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

国防信息类专业规划教材

作战模拟系统概论

张宏军 郝文宁 陈刚
赵水宁 靳大尉 刘斌 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书全面介绍了作战模拟系统分析、设计与实现的相关理论、方法和技术。全书共分为八章,围绕作战模拟系统这一核心概念,系统地介绍了作战模拟系统的相关概念、分类体系、应用模式及其体系结构,重点阐述了作战模拟数据、作战模拟模型、战场环境仿真、运行支持系统、人机交互等方面的基础知识,以及作战模拟系统开发相关的方法和技术。

本书内容注重突出军事理论与工程技术、定量分析与定性研究相结合,内容新颖,适应性强。可作为军事仿真工程、指挥信息工程等相关专业的高年级本科生教材,也可作为军队指挥学等学科的研究生教材,还可供从事系统仿真和作战模拟的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

作战模拟系统概论/张宏军等编著. —北京:国防工业出版社,2012.9

国防信息类专业规划教材

ISBN 978-7-118-08212-8

I. ①作... II. ①张... III. ①作战模拟—模拟系统—教材 IV. ①E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 165022 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19¼ 字数 436 千字

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

国防信息类专业规划教材 编审委员会

主 任 戴 浩

委 员 (按姓氏笔画排序)

刁兴春 王智学 刘晓明 张东戈

张邦宁 张宏军 曹 雷 郝文宁

贺毅辉 董 强 鲍广宇 裘杭萍

序

信息化战争使信息成为影响和支配战争胜负的重要因素,催化着战争形态和作战方式的演变。近20年来在世界范围内爆发的几场局部战争,已充分显现出信息化战争的巨大威力,并引发了以信息化建设为核心的新军事变革浪潮。为顺应时代潮流,迎接未来挑战,中央军委审时度势,提出了“建设信息化军队、打赢信息化战争”的战略目标,并着重强调提高基于信息系统的体系作战能力。为此,我们除了要装备一大批先进的信息化主战武器,还需要研制相应的指挥信息系统。

指挥信息系统又称综合电子信息系统、指挥自动化系统,即外军的C⁴ISR系统,其核心是指挥控制系统,或C²系统、指挥所信息系统。我军指挥信息系统建设已有30多年的历史,其间积累了宝贵的经验教训,梳理深化对指挥信息系统建设规律的认识,有助于我们在新的起点上继续前进。

早在上世纪90年代中后期,我军有关部门就曾分别组织编写过指挥自动化系列丛书、军队指挥自动化专业统编系列教材,本世纪初又有人编写过指挥与控制技术丛书,至于近十多年来,有关指挥信息系统方面的专著、译著,更是络绎不绝,异彩纷呈。鉴于信息技术的发展日新月异,系统工程建设水平的日益提高,虽然系统工程的基础理论、基本原理没有根本的变化,但其实现技术、工程方法却不断有新的内容补充进来。所以众多论著的出版,既是信息系统自身演进特点的使然,也是加强我军信息化人才队伍建设实际需求的反映。

近日解放军理工大学组织一批专家学者,编写了一套国防信息类专业规划教材,包括《指挥信息系统》、《指挥信息系统需求工程方法》、《战场信息管理》、《指挥所系统》、《军事运筹学》、《作战模拟基础》、《作战仿真数据工程》和《作战模拟系统概论》共八本。与已有出版物相比,我深感这套丛书有如下特点:

一是覆盖面广、内容丰富。该系列教材中,既有对指挥信息系统的全面介绍,如《指挥信息系统》、《指挥信息系统需求工程方法》、《战场信息管理》,也有针对指挥控制系统的专门论著,如《指挥所系统》、《军事运筹学》、《作战模拟基础》,它们涵盖了基本概念、基础理论、系统建设、军事应用等方面的内容,涉及到军事需求工程、系统设计原理、系统集成开发方法、数据工程及信息管理、作战模拟等热门课题。教材取材合理、相互配合,涵盖了作战和训练领域的主要内容,构成了指挥信息系统的基础知识体系。

二是军事特色鲜明,紧贴军队信息化建设的需要。教材的编著者多年来一直承担全军作战和训练领域重大科研任务,长期奋战在军队信息化建设第一线,是军队指挥信息系

统建设的参与者和见证人。他们利用其在信息技术领域的优势,将工程建设的实践总结提炼成书本知识。因此,该套教材能紧密结合我军指挥信息系统建设的实际,是对我军已有理论研究成果的继承、总结和提升。

三是注重教材的基础性和科学性。作者在教材的编著过程中,强调运用科学方法分析指挥信息系统原理,在一定程度上避免了以往同类教材过于注重应用而缺乏基础性、原理性、科学性的问题。除大量引用了军内外系统工程的建设案例外,教材还瞄准国际前沿,参考了外军最新理论研究成果,增强了该套教材的前瞻性和先进性。

总之,本套规划教材内容丰富、体系结构严谨、概念清晰、军事特色鲜明、理论与实践结合紧密,符合读者的认知规律,既适合国防信息类专业的课堂教学,也可用作全军广大在职干部提升信息化素养的自学读物。

希望今后有更多、更好的有关指挥信息系统的教材、专著面世,也预祝《国防信息类专业规划教材》出版发行成功。

中国工程院院士 戴 洪

2012 年 1 月

前 言

近几年来的一场战争表明,战争形式已经从机械化战争跃升到了信息化战争,对军队战斗力提出了新的质量要求。建设信息化军队,打赢信息化战争,成为当今各国军队战斗力建设的重点和军事变革的主旋律,发展和应用作战模拟技术,提供贴近实战的军事训练环境和科学高效的新战法研究验证平台,是适应这一发展趋势的必然选择。目前,基于现代军事科学理论、军事运筹学方法、军事系统工程和现代信息技术发展起来的作战模拟系统已经成为军事训练、作战研究、武器装备研制全过程的有力工具,是部队训练和武器装备形成有效战斗力及保障能力的重要支撑手段。

以信息革命为核心的新军事变革的快速到来,引发了战争形态的迅速变化,作战模拟在面临巨大机遇的同时,也正在经受前所未有的挑战,这些挑战来自于思想观念、技术手段和方法论各个方面。因此,作战模拟系统的相关技术和应用必须创新发展,才能适应信息化条件下部队战斗力实现跨越式发展的新要求。

从20世纪90年代中期开始,我们就致力于作战模拟的系统研发、理论研究和人才培养工作,并承担全军“2110工程”军用仿真工程重点建设学科专业领域的建设任务,取得了一系列的成果。本书编写工作是在汇集与精炼国内外大量最新研究成果的基础上,结合近年来的工作实践总结和理论研究成果完成的,全书内容包括作战模拟系统中的体系结构、作战模拟数据、作战模拟模型、战场环境仿真、人机交互、运行支持系统和系统开发等方面理论、方法和技术,编写过程中,注重突出军事理论与工程技术、定量分析与定性研究相结合,内容新颖,适应性强。

本书内容共八章,各章的简要内容如下。

第1章是全书的绪论。围绕作战模拟系统的相关概念,首先,介绍了模拟的定义、方法等内容,以及模拟与仿真在概念上的区别和联系,接着讨论了作战模拟的定义、类型和发展,在此基础上,提出了作战模拟系统的定义,简要介绍了三种类型的作战模拟系统;然后,详细讨论了作战模拟系统的组成、功能以及主要研究内容,本书的后续章节将围绕这些研究内容展开;最后,介绍了作战模拟系统的主要应用领域和典型的应用模式。

第2章主要介绍作战模拟系统中的系统体系架构的相关内容。首先,介绍了软件体系结构相关的模块、组件、控件、模式、层、体系结构及其模式、体系结构框架等基本概念;描述了软件全生命周期过程中体系结构的研究内容,随后针对设计阶段的体系结构设计的关键技术问题,详细讨论了设计阶段软件体系结构的模型表示、分析设计方法,以及在软件工程实践中体系结构设计的五个步骤;分析了软件复用的重要性、复用层次及范围,

详细介绍了经典的软件体系结构模式,在此基础上,以美军作战模拟为例,详细介绍了分布式仿真体系结构的演进过程,介绍了可扩展建模与仿真框架(XMSF)和基于网格服务的分布式仿真(GSDIS)的特点及研究内容,以及可组合分布式交互仿真技术及其两个层次的可组合性实现方法。然后,详细讨论了基于 SOA 的建模仿真体系框架中三种主要技术体系: SORTI、DDSOS 和 SOABAF。

第 3 章主要介绍作战模拟系统中的模型建模和模型系统的相关内容。首先简要介绍了作战模拟系统中模型的分类、建模过程和建模方法,接着依据建模过程,详细介绍了军事概念建模中的基于过程、实体和 CMMS 的三种建模方法及其建模工具,数学建模与仿真中的连续、离散和复杂三大类系统的建模仿真方法,计算机仿真模型的实现技术。在此基础上,讨论了模型库系统中模型表示、存储、管理及操作等方法和技术。本章最后介绍了模型系统的分类,以及组合运行机制,重点讨论了基于数据交互、COM 技术、RTI 技术和 Web 服务的模型系统。

第 4 章主要介绍作战模拟系统中的数据和数据库的相关技术。首先,分析了作战模拟数据的相关概念和分类体系,简要阐述了数据对象的七种主要关系以及作战模拟数据的生命周期。然后,介绍了美军数据建设发展的三个阶段,为作战模拟数据的建设提供了有益的参考。根据作战模拟数据库系统的特点,分别从数据库系统设计的原则、方法和步骤三个方面讨论了数据库系统的设计问题,同时介绍了数据库技术的最新发展情况,其中重点介绍了面向对象数据库技术和时空数据管理技术。最后,讨论了作战模拟数据库系统的相关支持技术,包括数据采集技术、数据集成技术、数据应用技术,以及分布式数据库安全技术等,重点论述这些技术的基本概念和关键技术点,为拓展数据建设相关技术的学习提供了有益的参考。

第 5 章主要介绍战场环境仿真系统。首先,介绍了战场关键仿真的相关概念,逐一探讨了地理、电磁、核化、气象、网络等五类战场环境的仿真内容,以及各类战场环境仿真中数据描述方法。然后,介绍了基于 HLA 的战场环境的仿真步骤、系统结构,以及主要的仿真功能。最后,讨论了虚拟战场环境的基本构成和关键技术。

第 6 章主要介绍作战模拟系统中的人机交互技术。首先,介绍了人机交互技术概述,包括人机交互技术的发展、信息处理模型、基本原理与活动、设计目标等基础知识,并总结了柔性显示屏、触摸操作等九种新兴人机交互技术。然后,从用户分析和用户界面设计两个方面阐述了作战模拟系统人机交互设计。最后,本章给出了两个作战模拟的人机交互设计案例,一个是某导弹模拟训练仓的“硬界面”设计,一个是训练演习导演控制系统的“软界面”设计。

第 7 章重点讨论基于 HLA/RTI 的作战模拟运行支持系统的相关技术,介绍了 HLA/RTI 的关键概念,并与同为分布式对象互操作环境的 CORBA 技术进行了比较分析;介绍了联邦成员接口规范中的六大类管理服务;在此基础上详细讨论了基于 RTI 的系统设计流程,包括 FEDEP 模型、联邦目标的定义、联邦概念模型的开发,以及联邦的设计、开发、

集成、测试和运行等内容。

第8章主要介绍作战模拟系统研发中的相关理论、方法和技术。首先分析作战模拟软件系统的特点及其复杂性,针对目前系统开发中所面临的主要挑战,探讨了大型软件开发中常用的方法、工具和过程相关内容,重点介绍了传统软件方法学和面向对象方法学、通用软件开发工具和作战模拟专用软件支持工具以及常见的软件过程模型,为复杂的作战模拟系统开发提供软件工程指导;在此基础上,讨论了作战模拟系统需求工程技术的相关内容,包括系统需求的分类与内容、管理和开发等技术,以及需求分析建模的方法,着重讨论了基于能力的需求建模方法。介绍了作战模拟系统的军事总体和技术方案分析与设计技术,其中详细讨论了军事总体分析设计中的军事框架、作战分析设计、仿真想定分析设计,以及作战实体和作战过程描述等内容,并简要介绍了技术方案分析设计中的主要工作内容和面向对象分析设计工作流程。围绕作战模拟系统编程实现技术,介绍了作战模拟软件系统开发中的面向对象编程实现工作流程、可重用软件组件及中间件技术,以及与作战模拟系统开发密切相关的分布式技术,为构建较高可移植性和可伸缩性的分布式作战模拟系统奠定技术基础;最后,研究了建模与仿真的 VV&A 及可信度评估方法,为作战模拟软件及其模型的正确性校核、有效性验证和可接受性确认工作奠定理论基础。

本书由张宏军教授担任主编,全面筹划、设计、统稿。郝文宁、陈刚、赵水宁、靳大尉、刘斌、胡琨等同志参与了编写工作。在本书的编写和出版过程中,得到了总参军训部训练保障局首长和同志们的细心指导和大力支持,戴浩院士亲自审查本书并作序,我们为此表示衷心感谢!书中内容参考了本领域部分专家的重要著作,在此表示真诚的谢意,感谢你们为作战模拟创新发展做出的开创性工作。

由于水平有限,疏漏不足乃至错误在所难免,敬请批评指正。

编著者
2012年2月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 模拟和作战模拟	1
1.1.1 模拟	1
1.1.2 作战模拟	3
1.2 作战模拟系统	7
1.2.1 作战模拟系统的定义与分类	7
1.2.2 作战模拟系统的组成及功能	9
1.2.3 作战模拟系统的主要研究内容	10
1.3 作战模拟系统的应用	13
1.3.1 应用领域	13
1.3.2 典型的应用模式	16
1.4 小结	21
思考题	22
第2章 作战模拟系统体系结构	23
2.1 基本概念	23
2.1.1 模块	23
2.1.2 组件	23
2.1.3 控件	24
2.1.4 模式	24
2.1.5 体系结构	25
2.1.6 体系结构模式和体系结构风格	26
2.1.7 体系结构框架	26
2.2 体系结构的设计	27
2.2.1 软件生命周期中的体系结构	27
2.2.2 体系结构描述语言	29
2.2.3 体系结构模型	30
2.2.4 体系结构的设计方法	32
2.3 体系结构模式及重用	33
2.3.1 管道和过滤器	33
2.3.2 数据抽象和面向对象组织	34
2.3.3 基于事件的隐式调用	34
2.3.4 分层系统	35

2.3.5	客户/服务器模式	36
2.3.6	公共对象请求代理体系结构	37
2.3.7	模型—视图—控制器模式	38
2.4	作战模拟系统体系结构	39
2.4.1	分布交互式仿真的演进过程	40
2.4.2	分布式交互仿真	42
2.4.3	聚合层仿真协议	46
2.4.4	高层体系结构	48
2.4.5	可扩展建模与仿真框架	53
2.4.6	基于网格服务的分布式仿真	53
2.4.7	可组合的分布式交互式仿真	54
2.4.8	基于 SOA 的建模仿真体系框架	56
2.5	小结	60
	思考题	60
第3章	模型建模与模型库系统	62
3.1	模型概述	62
3.1.1	模型定义	62
3.1.2	模型分类	62
3.1.3	建模过程	64
3.1.4	建模方法	69
3.2	军事概念建模	71
3.2.1	军事概念模型建模方法	71
3.2.2	CMMS 建模方法	72
3.2.3	军事概念模型建模工具	75
3.3	数学建模与仿真	79
3.3.1	连续系统模拟	79
3.3.2	离散事件系统模拟	81
3.3.3	复杂系统模拟	90
3.3.4	仿真工具 Matlab	91
3.4	计算机仿真模型	92
3.4.1	计算机仿真模型的实现技术	92
3.4.2	基于概念模型的计算机仿真模型生成	94
3.5	模型库系统	95
3.5.1	概念模型的管理内容	95
3.5.2	计算机仿真模型的管理内容	96
3.5.3	模型的管理和使用	97
3.6	模型系统	100
3.6.1	模型系统中模型分类	100
3.6.2	模型系统的运行机制	101

3.6.3 模型的聚合与解聚	106
3.7 小结	107
思考题	108
第4章 数据与数据库系统	109
4.1 作战模拟数据	109
4.1.1 作战模拟数据	109
4.1.2 作战模拟数据建设的现状与发展	115
4.2 作战模拟数据库系统	117
4.2.1 概述	117
4.2.2 数据库系统设计	118
4.2.3 数据库技术的最新发展	121
4.3 作战模拟数据库系统支持技术	128
4.3.1 数据采集技术	128
4.3.2 数据集成技术	131
4.3.3 数据应用技术	132
4.3.4 分布式数据库安全管理技术	142
4.4 小结	145
思考题	145
第5章 战场环境仿真系统	146
5.1 战场环境概论	146
5.1.1 战场环境	146
5.1.2 战场环境仿真	148
5.1.3 战场环境仿真系统	151
5.2 战场环境仿真内容	155
5.2.1 战场地理环境仿真内容	155
5.2.2 战场气象环境仿真内容	160
5.2.3 战场电磁环境仿真内容	162
5.2.4 战场核化环境仿真内容	166
5.2.5 战场网络环境仿真内容	167
5.3 战场环境数据描述	170
5.3.1 战场环境数据库	170
5.3.2 战场地理环境数据描述	176
5.3.3 战场气象环境数据描述	182
5.3.4 战场电磁环境数据描述	182
5.3.5 战场核化环境数据描述	185
5.3.6 战场网络环境数据描述	185
5.3.7 战场环境数据库发展趋势	186
5.4 战场环境仿真系统	187
5.4.1 基于 HLA 的战场环境仿真系统	187

5.4.2	战场环境仿真的功能	191
5.4.3	虚拟战场环境	196
5.5	小结	201
	思考题	201
第6章	人机交互系统	202
6.1	人机交互技术	202
6.1.1	人机交互概述	202
6.1.2	人机交互新兴技术	206
6.2	了解作战模拟系统中的用户	208
6.2.1	用户分析	208
6.2.2	用户类型	208
6.3	作战模拟系统的用户界面设计	210
6.3.1	用户界面的概念	210
6.3.2	用户界面设计规则	210
6.4	作战模拟中人机交互设计案例	212
6.4.1	案例一 某导弹模拟训练仓	212
6.4.2	案例二 训练演习导演控制系统	214
6.5	小结	217
	思考题	218
第7章	运行支持系统	219
7.1	基本概念	219
7.1.1	几个关键概念	219
7.1.2	RTI 体系结构	219
7.1.3	RTI 软件及其主要部件	221
7.1.4	RTI 中的数据描述方法	222
7.1.5	HLA 与 CORBA 的对比	224
7.2	接口服务	225
7.2.1	联邦管理	225
7.2.2	时间管理	226
7.2.3	声明管理	230
7.2.4	对象管理	231
7.2.5	所有权管理	232
7.2.6	数据分发管理	233
7.3	复杂网络环境下的 RTI 实现	235
7.3.1	引言	235
7.3.2	基于分布式对象的 RTI 系统框架设计	235
7.3.3	RTI 的扩展性研究	238
7.4	系统设计流程	240
7.4.1	FEDEP 模型概述	240

7.4.2	定义联邦目标	241
7.4.3	开发联邦概念模型	242
7.4.4	设计联邦	243
7.4.5	开发联邦	243
7.4.6	集成和测试联邦	245
7.4.7	运行联邦并准备结果	246
7.5	小结	247
	思考题	247
第8章	作战模拟系统开发的方法和技术	248
8.1	概述	248
8.2	作战模拟系统开发方法、工具和过程	250
8.2.1	软件开发方法	250
8.2.2	软件开发工具	252
8.2.3	软件开发过程	258
8.3	作战模拟系统需求工程技术	259
8.3.1	相关概念	259
8.3.2	作战模拟系统需求的分类与内容	260
8.3.3	作战模拟系统需求的开发与管理	262
8.3.4	作战模拟系统需求分析与建模方法	264
8.4	作战模拟系统分析设计技术	266
8.4.1	军事总体分析与设计	267
8.4.2	技术方案的分析与设计	271
8.5	作战模拟系统编程实现技术	275
8.5.1	面向对象编程实现工作流程	275
8.5.2	可重用组件技术	276
8.5.3	中间件技术	277
8.5.4	分布式计算技术	279
8.6	作战模拟系统 VV&A 及可信度评估技术	284
8.6.1	基本概念	284
8.6.2	VV&A 及可信度评估的目标和策略	285
8.6.3	VV&A 的过程模型	286
8.6.4	校核和验证技术	286
8.6.5	软件系统验证与测试	289
8.7	小结	291
	思考题	291
	参考文献	292

词解释,模拟与仿真的相关定义如下:

(1) 模拟(Simulation)就是选取一个物理的或抽象的系统的某些行为特征,用另一个系统来表示它们的过程。

(2) 仿真(Emulation)是用另一个数据处理系统,主要是用硬件来全部或部分地模仿某一数据处理系统,以至于模仿的系统能像被模仿的系统一样接受同样的数据,执行同样的程序,获得同样的结果。

一般说来,早期称模拟的多,近期称仿真的多;俄译称模拟的多,英译称仿真的多;在我国,军界称模拟的多,民用称仿真的多;侧重技能训练的称模拟,侧重系统环境的称仿真。可见,“仿真”与“模拟”在词义上只有细微差别,目前已将上述“模拟”与“仿真”统归于“仿真”范畴,且都用 Simulation 一词来代表。

在军事领域中,战场系统或作战行动可以用模型来模仿,习惯上称为作战模拟,而不用“仿真”一词。在本书中基本上用“模拟”,有时也混用。

1.1.1.2 模拟的方法

模拟方法的分类很多,根据模拟过程中所依赖的模型特性,模拟的方法通常分为物理模拟、数学模拟和混合模拟三类。

1. 物理模拟

对实际系统及其过程用功能相似的实物系统去模仿,称为物理模拟。军事演习、实验室(如风洞中飞机模型和部件、船艇实验池、靶场,等)、沙盘作业这些都属物理模拟。物理模拟通常花费较大、周期较长,且在物理模型上改变系统结构和系数都较困难。在现实中,许多系统无法进行物理模拟,如社会经济系统、生态系统等。

2. 数学模拟

利用数学解析公式、统计试验法或其他数学方法来反映作战过程,研究定量关系的一种方法称为数学模拟。数学模拟通过反复大量的计算,获得统计规律,用以寻求最优决策。模拟所涉及的数学方法有以下几种:

(1) 解析模拟法。用公式、方程反映作战过程。兰切斯特方程是典型的解析模型,这是一组描述战场作战系统状态的微分方程

(2) 经验模拟法。影响作战效能的诸因素中,有不易量化的一些因素,如训练水平、士气、战斗人员素质、指挥员性格等。为了对不易量化的因素进行量化处理,出现了经验的指数方法,美国杜派上校创立的定量判断模型就是一个典型。

(3) 统计试验法。在众多的模拟方法中,统计试验法有较为普遍适用的意义,统计试验法也称为蒙特卡罗方法。它把战术现象分解为一系列的基本活动和事件,用随机方法模拟这些事件和活动,最后再按逻辑关系将它们组合,研究模拟后果,进行统计。

(4) 系统动力学方法。系统动力学(System Dynamics,SD)是由美国 Jay W. Forrester 教授始创的一种科学方法,适合于研究高维、多重反馈的系统。SD 方法引入因果、反馈关系及流图等概念,是一种迭代求解的数学模型,并有一套专用的计算机语言,有其独特的优越性。

3. 混合模拟

利用少量试验(如试射、试飞)与演习配合起来往往可以获得较好的效果,先进行数学模拟获得初步分析结果,然后通过专门的实验演习(即物理模拟)来检验数学模拟的结

果,获得有关的模型变量值,最后再进行比较准确的数学模拟和分析。

基于模型的作战模拟方法、技术和工具将在第3章详细讨论。

1.1.1.3 模拟的核心思想

模拟的核心思想是相似性。在现实生活中,事物的相似性是一种非常普通的现象,例如,有的小孩很像他的父母;一些玩具就是实物外观的缩小或某种功能的相似;制造一个大的机器部件有时先制作一个模型,甚至做成与实物同样大。一般地,相似性表现为两类:

(1) 几何相似性:两个三角形相似是指它们的三边对应成比例(此时三角相等),地球仪与地球相似(也可以把地形反映出来),也就是在形状上和线度上成比例。

(2) 数学相似性:一个弹簧下挂重物的振动系统和一个带有电容、电阻、电感元件的振荡电路就是数学相似的。相似现象是模拟的理论基础,也是启迪人类思维与创造性的一种基本因素。

事实上,相似性是一个含义比较广的概念,既有几何形状的相似、结构的相似、功能的相似,还有机理和联想的相似性,特别后者是创造性的源泉。

1.1.1.4 模拟的必要性

对于许多现实问题,需要用模拟进行研究,其原因如下:

(1) 实际事物太大,需要缩小(如地球仪、地形图),反之亦然(如原子、中子的变化规律);

(2) 实际事物太复杂,需要简化;

(3) 实际事物太贵重,需要省钱(如飞机模拟器);

(4) 建立实际事物太难、太费时,为了方便和节时;

(5) 对实际事物无法观察和感受(如原子模型、太空试验、深海试验);

(6) 实际事物危害大、危险性大(如战争、核爆炸、弹药);

(7) 实际事物的不可重复性(如战争、各种随机事件);

(8) 在实际系统上训练操作会干扰系统正常工作(如指挥自动化系统)。

1.1.2 作战模拟

1.1.2.1 作战模拟的定义

《中国人民解放军军语》(军事科学出版社,1997年版)对作战模拟的定义:“按照已知的或假设的情况和数据对作战过程的仿效。主要包括实兵演习、沙盘作业或图上作业、兵棋博弈、计算机作战模拟等。通常用以研究、检验作战计划,评价武器装备效能,研究新的作战理论等。”对计算机作战模拟的定义:“将一定的作战模型编成计算机程序并通过计算机为主体的现代技术设备进行的作战模拟。”

由于作战过程与作战实体、行动和环境等因素密不可分,因此,作战模拟也可定义为:运用计算机技术和模拟方法,对作战实体、作战行动、作战环境和作战过程等进行推演、预测、再现和仿真,用于研究作战过程和战术战法、分析军事局势和策略、论证武器装备效能及应用等军事目的的技术、方法和活动。它是现代军事科学理论、军事运筹学方法、军事系统工程和现代信息技术相结合的产物。其中,现代军事科学理论为作战模拟提供军事需求、作战理论等领域知识支撑,军事运筹学为作战模拟提供定量分析、决策优化等基础

理论,军事系统工程为作战模拟提供面向军事领域的系统分析、建模、模拟、仿真、集成等应用理论,以及现代信息技术网络通信、数据处理、图形图像、虚拟现实等技术基础。需要指出的是,上述作战的概念是对战争、战役和战斗行动的统称。

从狭义上来理解,作战模拟包括军事领域中的作战分析模拟、指挥训练模拟、武器装备模拟等内容;从广义上来理解,作战模拟则包括与作战相关的军事、政治、经济、外交等多个领域的模拟内容。随着作战模拟研究的发展,先后出现了“兵棋推演”、“军事仿真”、“战争模拟”等与作战模拟含义相近的概念,为避免概念混淆,有必要对这些概念之间的区别进行简要说明。相比于上述的作战模拟概念的定义,“兵棋推演”侧重于作战分析模拟,其含义主要指的是作战分析决策、作战方案研究等方面的模拟,不包含与作战训练模拟、武器装备模拟等相关内容;“军事仿真”起源于系统仿真领域,更多的是从技术角度强调系统仿真在军事方面的应用,侧重于作战兵力、武器装备、作战行动和战场环境的仿真,强调“仿得像”;“战争模拟”实际上就是从广义上的作战模拟逐渐演化出一个新的概念,注重从战争的角度来研究作战模拟。为便于描述和理解,本书仍采用传统上的作战模拟概念。

1.1.2.2 作战模拟的类型

作战模拟分类方法很多,依据模拟过程的真实或虚拟的程度,作战模拟可分为真实模拟(Live Simulation)、构造模拟(Constructive Simulation)和虚拟模拟(Virtual Simulation)三大类。

真实模拟是一种全人工或实物模拟方法,通常采用军事演习、装备试验、沙盘作业、图上作业等形式进行实况模拟;构造模拟是一种计算机模拟方法,通常按照给定的作战方案利用计算机生成兵力(CGF)进行自动化或半自动化的推演模拟;虚拟模拟是一种混合型的模拟方法,通常是指在模拟的过程中,真实人员与计算机生成兵力、真实装备与模拟器材、真实战场环境与虚拟战场环境、真实对抗与虚拟交火等多种因素“虚实结合”而进行的作战模拟方法。

依据作战模拟活动的研究对象和目的不同,作战模拟系统可分为指挥训练模拟、作战分析模拟和武器装备模拟三大类。

指挥训练模拟侧重于通过构造各类计算机生成兵力、作战行动模型和虚拟战场环境,以及功能丰富、贴近实战的人机交互接口,来训练参与系统交互的决策、指挥和战斗人员,使其能够在安全可控的状态下体验和适应各种作战环境,在可重复推演的条件下学习和体会不同作战背景中的决策、指挥、作战或行动技能。其目的是提高各类参训人员的指挥训练水平。

作战分析模拟侧重于通过建立各类作战活动分析模型、作战方案或计划,以及模拟仿真环境,为作战分析研究部门的军事专家或作战分析人员提供各类作战方案和计划的优劣评估工具,使其能够基于反复推演的方式,研究分析各种军事理论、作战决策、作战方案或作战条令条例等。其目的是通过模拟、分析、验证提高作战理论的合理有效性,比较决策或方案在各种作战背景或战场环境中的可能性,以及各类作战条令在不同作战背景下的适用性。

武器装备模拟,也称武器装备仿真,侧重于通过构建武器装备、武器平台和武器系统或体系的物理性能模型、几何模型、动力学模型、环境模型、作战模型以及系统模型等,基