

国防信息类专业规划教材



作战模拟基础

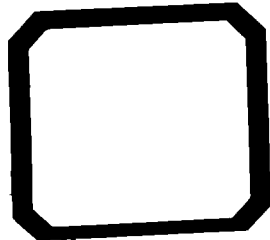
Fundamentals of Operational Simulation

■ 贺毅辉 等 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



类专业规划教材

作战模拟基础

贺毅辉 胡 斌 彭 伟 编著
陈希亮 彭 辉 刘志忠

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

作战模拟基础/贺毅辉等编著. —北京:国防工业出版社, 2012. 5

国防信息类专业规划教材

ISBN 978-7-118-07911-1

I. ①作... II. ①贺... III. ①作战模拟 - 高等学校 - 教材 IV. ①E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 022988 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)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 20 1/4 字数 461 千字

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 59.00 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、作战模拟仿真等热门课题。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。

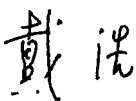
二是军事特色鲜明,紧贴军队信息化建设的需要。教材的编著者多年来一直承担全军作战和训练领域重大科研任务,长期奋战在军队信息化建设第一线,是军队指挥信息系

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 

2012年1月

前 言

20 世纪 60 年代,美国首先设计成功计算机化的作战模拟模型,成为现代作战模拟诞生的标志。随后作战模拟技术得到迅速的发展,并广泛应用于军队建设的各个领域,取得了重大的军事和经济效益。因此,世界各国特别是技术先进的国家都非常重视作战模拟技术的研究与应用。美国国防部将与作战模拟技术密切相关的建模与仿真技术列为 21 项关键技术的第 6 项,可见美军对作战模拟技术的重视程度。国内从 20 世纪 80 年代起开始研究作战模拟技术,经过 20 多年来的发展,无论是在作战模拟的理论还是应用上均取得了较大的成绩,现阶段已成为我军信息化建设的重点内容之一。

从 20 世纪 90 年代开始,国内陆续地出版了一些关于作战模拟领域的书籍,在国内现有的同类教材中,绝大部分都是面向研究生教学的,教材内容设置起点比较高,数学理论推导多,与其他学科领域知识关联性强,不能适应本科生目前的理论知识背景和学习能力要求。而且部分教材一般注重于介绍基本理论知识,缺少具体应用和军事案例,本书则丰富了应用方面的内容,力求让学生或读者能够对作战模拟及其应用有全方位的理解和认识。

本书是解放军理工大学指挥自动化学院“作战模拟”课程教学团队在作战仿真领域长达 6 年本科教学的经验积累,是在参考国内外建模与仿真领域大量相关资料、书籍的基础上编写的。全书内容以作战模拟基本理论和技术为基础,重点突出作战模拟的应用实践,注重理论、实践与军事应用相结合,具有很强的综合性。内容概括了模拟基础、基本的建模与仿真方法、兵棋及应用、作战模拟系统及应用、作战模拟新技术等多个方面,不仅能够用于军事运筹学、指挥自动化等专业的本科生教学,而且还能够作为国内军事爱好者的可选读物。

本书在编写过程中参考和引用了大量的文献资料,在此对文献的作者们表示衷心的感谢,正是因为前辈和同行们在该领域的辛勤耕耘和原创性的工作,才能让本书顺利完成。由于本书编者的水平有限,也因为作战模拟技术发展迅速,再加上编著过程中的疏漏,书中难免会存在问题,请各位同仁、读者批评指正。

编著者
2011 年 8 月

目 录

第1章 概述	1
1.1 模型与模拟	1
1.1.1 模型	1
1.1.2 模拟	3
1.1.3 作战模型与作战模拟	5
1.2 作战模拟发展简史	8
1.2.1 古代作战模拟	8
1.2.2 近代作战模拟	9
1.2.3 现代作战模拟	10
1.3 作战模拟的应用	10
1.4 作战模拟的发展现状及趋势	13
1.4.1 作战模拟的发展现状	13
1.4.2 作战模拟的发展趋势	15
第2章 计算机模拟基础	18
2.1 计算机模拟概述	18
2.1.1 计算机模拟发展	19
2.1.2 计算机模拟的基本步骤	19
2.2 离散事件系统模拟	20
2.2.1 离散事件系统模拟的基本概念	20
2.2.2 离散事件系统的模拟策略	24
2.2.3 离散事件系统模拟实例	28
2.3 连续系统模拟	32
2.3.1 连续系统模拟的基本概念	32
2.3.2 典型的连续系统模拟的基本方法	35
第3章 作战建模的基本过程	41
3.1 作战建模概述	41
3.1.1 系统建模概述	41
3.1.2 作战系统建模的一般过程	43
3.1.3 模型的校核、验证和确认	44
3.2 军事概念模型及其建立方法	45
3.2.1 军事概念模型的概述	46
3.2.2 军事概念模型的基本要素	49

3.2.3	军事概念模型的表达	50
3.2.4	常用的军事概念模型建模语言	53
3.2.5	军事概念建模方法	55
3.2.6	军事概念建模实例——弹道导弹攻防对抗仿真系统建模分析	59
3.3	数学模型及其建立方法	63
3.3.1	数学模型概述	63
3.3.2	数学建模及其过程	64
3.3.3	现代系统数学建模的发展趋势	65
3.4	软件模型建模方法	66
3.4.1	软件模型概述	66
3.4.2	软件建模的基本方法	67
第4章	战场环境建模	72
4.1	气象条件建模	72
4.1.1	气象条件的概念与特征	72
4.1.2	气象条件对作战的影响	73
4.1.3	气象条件的描述	74
4.2	地形条件建模	76
4.2.1	地形状态的描述参数	76
4.2.2	战场地形描述的量化方法	77
4.2.3	地形量化方法的使用分析	85
4.2.4	战场地形对战斗行动的影响	86
4.3	电磁环境建模	88
4.3.1	电磁环境概述	89
4.3.2	战场电磁环境特征描述	89
4.3.3	电磁环境建模	91
4.3.4	战场电磁环境模拟的实现	94
第5章	经典的作战建模方法	97
5.1	兰切斯特方程	97
5.1.1	兰切斯特第一线性律	98
5.1.2	兰切斯特第二线性律	101
5.1.3	兰切斯特平方律	103
5.1.4	梯曲曼游击战模型	111
5.1.5	兰切斯特方程的进一步推广	112
5.1.6	关于损耗系数(损耗率)的讨论	114
5.1.7	兰切斯特方程的综合分析	115
5.2	蒙特卡罗法	116
5.2.1	蒙特卡罗法概述	116
5.2.2	随机事件的模拟	119
5.2.3	效率指标和模拟精度	122

5.2.4 蒙特卡罗法模拟举例	125
5.3 指数法	131
5.3.1 战斗效能指数	131
5.3.2 指数的产生	137
5.3.3 战斗效能的定量判定	142
5.3.4 指数法的军事应用	144
第6章 典型作战行动的建模	146
6.1 作战单位机动的描述	146
6.1.1 机动模型的建模假设	146
6.1.2 作战单位的机动类型和速度	146
6.1.3 几种典型的作战单位机动计算模型	151
6.2 目标发现的描述	158
6.2.1 通视性和通视率	158
6.2.2 搜索与侦察	162
6.3 武器射击和目标毁伤描述	166
6.3.1 射击与毁伤的基本概念	166
6.3.2 几种典型兵种的杀伤计算	170
6.4 典型作战行动描述实例	181
6.4.1 炮兵分队战斗行动建模—概念模型	181
6.4.2 炮兵分队战斗行动建模—数学模型	189
6.4.3 炮兵分队战斗行动建模—仿真模型	191
第7章 兵棋模拟及其应用	195
7.1 兵棋概述	195
7.1.1 兵棋的概念	195
7.1.2 兵棋的发展和应用	198
7.1.3 几款典型的兵棋软件	199
7.2 兵棋的组成及原理	200
7.2.1 兵棋的组成	200
7.2.2 兵棋对作战环境的模拟	206
7.2.3 兵棋对作战行动的模拟	207
7.2.4 兵棋对兵力状态的模拟	213
7.2.5 兵棋对战斗损耗的模拟	216
7.3 兵棋推演的组织	217
7.3.1 兵棋推演形式	217
7.3.2 兵棋推演的裁判机构	218
7.3.3 兵棋的对阵方法	218
7.3.4 兵棋推演想定	219
7.3.5 兵棋推演过程	219
7.3.6 兵棋推演裁决	221

第 8 章 作战模拟系统及其应用	222
8.1 作战模拟系统概述	222
8.1.1 作战模拟系统的概念与分类	222
8.1.2 训练模拟系统	223
8.1.3 采办模拟系统	226
8.1.4 分析模拟系统	228
8.2 作战模拟系统的体系结构	230
8.2.1 体系结构的基本概念	230
8.2.2 作战模拟系统体系结构的发展过程	233
8.2.3 分布式交互仿真(DIS)	238
8.2.4 高层体系结构(HLA)	243
8.3 作战模拟系统的应用	250
8.3.1 作战模拟系统在演习中的作用	251
8.3.2 作战模拟对抗演习的准备	252
8.3.3 作战模拟演习的实施	258
8.3.4 作战模拟对抗演习的裁决与总结	260
8.4 国外典型的作战模拟系统	262
8.4.1 联合作战模拟系统(JWARS)	262
8.4.2 联合仿真系统(JSIMS)	269
8.4.3 联合建模与仿真系统(JMASS)	274
第 9 章 作战模拟的新技术	282
9.1 虚拟现实技术	282
9.1.1 VR 的概念、特征及其构成	283
9.1.2 VR 关键技术	285
9.1.3 VR 技术的军事应用	289
9.2 基于 Agent 的建模仿真	291
9.2.1 基本概念	291
9.2.2 基于 Agent 的建模与仿真	294
9.2.3 基于 Agent 建模仿真的应用	295
9.3 复杂系统仿真	297
9.3.1 复杂系统与复杂系统建模	297
9.3.2 战争复杂性问题	300
参考文献	310

第 1 章 概 述

战争是人类社会集团之间为了一定的政治、经济目的而进行的武装斗争,它在人类历史的发展过程中占有特殊的位置。战争的胜负,关系到国家的兴亡、民族的安危。从古至今,各个国家、各个民族都十分重视对战争的研究。战争是复杂的和不可重复的,历史上没有两次完全相同的战争,但是战争也具有一定的规律性,为了研究这种规律,作战模拟技术应运而生。从古代的棋戏到沙盘推演、兵棋推演,从古代的战阵式推演到现代的计算机模拟对抗演习,都是人类研究战争的方法,都属于作战模拟的范畴。随着科学技术的发展,新的武器装备、新的作战方法、新的作战理论不断出现,使现代战争形态发生了巨大的变化。如何使军队在和平时跟上军事技术变革的步伐,提高部队的战斗力,是摆在我们面前的一个现实问题。人类进入 21 世纪的军事实践告诉我们:除了“从战争中学习战争”,还需要“从实验室中学习战争”。从战争中学习战争是人们研究战争规律的传统方法,而现代作战模拟技术开辟了一条“从计算机(作战实验室)学习战争”的新途径。在信息化战争时代,作战模拟已经成为装备研制、军事训练、作战研究的重要手段,其应用范围还在不断地延伸和扩展。

1.1 模型与模拟

1.1.1 模型

1. 模型的概念

简单地说,模型是对现实事物的抽象和描述。麦克格劳·黑尔认为:模型是一个受某些特定条件约束,在行为上与其所模拟的物理、生物或社会系统相似,被用于理解这些系统的数学或物理系统。美国国防部对模型的定义:以物理的、数学的或其他合理的逻辑方法对系统、实体、现象或过程的再现。

模型是描述与说明研究对象的一种表达形式,是对客观事物的简化反映与抽象,是理解和反映客观事物形态、结构和属性的一种形式,是对实际系统、实体、现象或过程的一种物理的、数学的或以其他方式的逻辑表达,例如,沙盘、方程式、程序框图、态势图等都是模型。模型既是研究对象同时也是一种研究手段。用模型代替客观实体进行研究,能更准确地揭示客观事物的本质,更充分地利用人的逻辑思维作用。

虽然模型提供了一种处理或简化复杂问题的方法,但完美无缺的模型是没有的,每一个模型的合理性都是相对的,是对现实世界某一部分或侧面的客观描述,因此,人们不能期望模型能够反映客观实体的一切方面。

模型作为一种重要的科学研究手段,在近代实验科学产生与发展的过程中发挥了重要作用。20 世纪 30 年代创立的相似性理论,为模型方法奠定了科学的理论基础。20 世

纪 50 年代后,随着科技的发展和计算机的应用,各种各样的模型被广泛应用于自然科学和社会科学的各个领域,取得了显著的成果。如今,模型方法已经成为人们认识世界、改造世界,使事物形式化、定量化、科学化的一种主要工具。

2. 模型的性质

构造模型是为了利用模型对现实世界的各种系统进行研究,通常都具有以下性质。

1) 相似性

模型的最大特点是对客观实体的相似性。相似现象也是构建模型的物质基础,是启示人类思维,产生创造性的一种基本因素。模型相对于研究对象而言,既可以是几何上相似,如地球仪、建筑模型等;也可以是数学上相似,如建立微分方程来研究 LC 振荡电路;也可以是感觉上相似,如飞行驾驶模拟仓、坦克驾驶模拟器,通过这类模拟器的训练,可以节约训练时间,减小装备的损耗,提高训练的安全性等;甚至可以是逻辑思维上相似,如中国象棋、国际象棋、围棋等,在棋盘上可以描绘出两军对垒的画面。

2) 抽象性

所谓抽象,就是指抓住研究对象的本质特征,用一种结构上类似而又较简单的模型代替研究对象。所构建的模型既反映实际又高于实际,舍弃了客观实体中与研究目标无关的次要因素,突出关键因素和本质因素,成为对原型的抽象。举个例子,地球仪的研究对象是地球,而地球是非常复杂的一颗绕太阳系旋转的行星,直到现在地球上的很多现象人类还无法研究清楚,但是如果只关心地球的形状以及地球上的一些地理要素,则可以用地球仪来模拟真实的地球。

3) 简明性

构建模型的目的,就是使研究的对象简单化,模型能够使复杂、庞大的现实系统趋于简单化,使人们更加容易理解和把握。一个好的模型,必定是删繁就简、重点突出,如果模型搞得太复杂,甚至和实际系统一样,就失去了利用模型的意义。效果相同的模型,越简单越好。

4) 可重复性

可重复性是模型的一个非常重要的性质,即模型可以被研究者多次使用,对于一个研究问题只有通过多次重复性的实验才可能得出科学的结论。理想的模型在相同的条件下具有相同的表现,可以得出相同的结果,通过设置不同的模型运行条件对模型进行反复实验,可以更好地抽象出客观事物的本质特征和变化规律。

3. 模型的分类

模型的种类非常多、范畴非常广,模型按不同的建模方法、不同的应用领域可以有不同的划分,实际建立的模型很少有明确地属于某一类的,有时对某个研究对象的深入描述本身就需要几类模型。这里重点介绍按模型的表示方法来划分模型的种类。

1) 物理模型

以实物为基本背景的形象化模型,用物理量的变化来描述实际系统的模型称为物理模型。它们看起来和现实事物基本相同,如地球仪、飞机的风洞模型、教学用的原子模型、作战指挥使用的沙盘模型等。

2) 模拟模型

对于那些结构性质基本了解,但又难以直接用物理或数学模型表达的系统,往往采用

具有另外一种性质的系统去替代原系统,这种替代系统称为模拟模型。例如,在电路模拟模型中,用电压模拟机械运动中的速度、电流模拟力、电容模拟质量等。

3) 图表模型

在部分资料中将图表模型和数学模型统称为符号模型,鉴于数学模型的重要性,本书把图表模型和数学模型区分开来。图表模型是指用图形及文字表格来表示的模型,它的作用有三个方面:

(1) 将原型大的特征按比例缩小后用图形来表示,以便描述原型的各种基本特征,如各种比例尺的地质图、地形图、剖面图、立体图等。

(2) 数学模型的处理结果,常常要用图表模型来加以描述或表示。

(3) 用于描述模拟模型,如描述系统各组成部分之间内在联系的过程联系图。

4) 数学模型

把实际系统的物理真实性简化为用有意义的符号,如字母,数字(即各种变量和参数)等,来代表其全部或者大部分的基本特征,然后用数学表达式去描述或逼近这些特征间的定量关系,这种数学表达式就称为数学模型,它可以转化为用源程序表示的仿真模型。数学模型是最一般、最抽象的模型,看起来与所描述的现实似乎相距甚远,而实质上是对现实本质特征的反映。

现代作战模拟中使用最多的就是数学模型。数学模型按变量之间的关系划分为确定型模型和随机模型(概率型模型)。微积分和微分方程就是一类确定型模型,炮弹的命中概率模型就是随机模型。按照数学模型的功能来分可以将其分为数据分析模型和计算机模拟模型,如牛顿万有引力定律即是一个分析模型。计算机模拟模型是指可以在计算机上做实验的数学模型,如用蒙特卡罗法构建的概率模型。

1.1.2 模拟

1. 模拟的概念

对于模拟的概念,不同的领域有着不同的定义。

《现代汉语词典》给出的定义:模拟是按照一个模式、模型或例子,在动作、神态或行为上模仿或仿效。

《国防科技名词大典》综合卷中对模拟的解释:利用模型复现实际系统中发生的本质过程,并通过模型的实验来研究分析该系统的技术。

《系统工程名词浅析》中模拟的定义:工程技术人员为了深入考察系统的运动变化规律,以及获得解决问题的启发,在表达系统的模型建立起来之后,总是要在人为控制的条件下通过改变特定的参数选择来观察模型的响应,预测系统在真实环境条件下的品质和行为。

美国国防部对模拟的定义:运用模型描述在时间轴上的活动和交互。模拟可以是完全自动的,也可以是交互式的或者中断的。模拟是对所选现实世界或假想条件下事件和过程特征的动态描述。

总之,模拟就是利用物理的、数学的模型来类比、模仿现实系统及其演变过程,以寻求过程规律的一种方法。模拟可以理解为对所研究系统的功能、结构及行为的模仿,也可理解为在特定条件下,对客观实体的形状、工作方式或信息传递规律的一种相似性复现。

在实际工作和生活中,会经常听到“模拟”和“仿真”这两个词,而且有时会经常混用,这两个词有着比较一致或是近似的含义。按“国际标准化组织(ISO)标准”的名词解释,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。仿真(Emulation)是用一个数据处理系统,主要是用硬件来全部或部分地模仿另一个数据处理系统,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。通过分析两者的含义发现,它们都有对客观物体或实物的模仿的意思,但同时两者也有一定的区别。仿真的对象一般是实际的系统,是对实实在在的物体的仿真,如飞机、坦克等。而模拟的具体对象可以是物质实体,也可以是物质存在形态,模拟注重于对动作、形态和行为的模仿,如军队行动、作战活动、战争进程等。

虽然从严格意义上讲,模拟与仿真这两个词汇的含义有所区别,但在实际应用中已经越来越接近,常常混用。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;在我国军事领域称模拟的多,民用领域称仿真的多;侧重技能训练的称模拟,侧重系统环境的称仿真。可见,仿真相比模拟只有细微差别,目前已将上述“模拟”与“仿真”统归于“仿真”范畴。本书中主要使用“模拟”术语。

随着计算机技术的发展,目前很多模拟都是在计算机上实现的。计算机模拟是建立系统的模型,进而在计算机上对模型进行实验研究的过程。一般情况下,计算机模拟包含三个要素:系统、模型(通常是数学模型)、计算机模型(仿真模型),其逻辑关系图如图1-1所示。

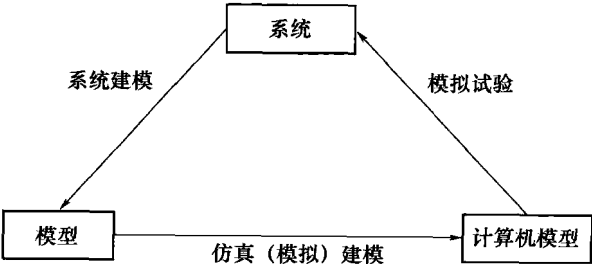


图 1-1 计算机模拟三要素示意图

2. 模拟的意义

现实世界中的系统都是十分复杂的,为了探索现实系统的本质和运动规律,深入了解其特性,必须进行一系列的实验。但由于各种因素的限制,使用实际系统进行实验往往非常困难,甚至有时是不可能的。因此,对于下列的这些现实问题,用模拟方法进行研究就非常有意义。

- (1) 实际系统太大,需要缩小,如用地球仪模拟地球,沙盘模拟战场地形。
- (2) 实际系统太复杂,需要简化,如人口模型研究人口问题。
- (3) 实际系统太贵重,需要省钱,如用飞行模拟器模拟飞行,导弹发射模拟器模拟导弹发射。
- (4) 实际系统太难、太费时,如研究恒星和行星的运动规律。
- (5) 实际系统无法观察,如使用原子模型研究原子的高速运动。
- (6) 实际系统危害大,如战争、原子弹爆炸。

- (7) 实际系统不可重复,如随机现象,服务统计等。
- (8) 在实际系统作业会干扰正常工作,如导弹、卫星发射系统。

3. 模拟的分类

按照模型的构建方法来分可以将模拟分为下面几类。

1) 物理模拟

运用功能相似的实物系统对实际系统及其过程进行模仿的一种方法。像军事演习、实验室(如风洞飞机模型和部件、船艇实验池、靶场等)、沙盘作业这些都属于物理模拟。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比较困难。现实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、统计实验法或其他数学方法来反映实际问题,研究定量关系的一种方法。许多数学模型的实现都是在计算机上进行的,因此,数学模拟是在计算机技术出现以后才得到飞速发展的。数学模拟相对于物理模拟的优点是方便、灵活、经济;缺点是由于有些复杂的问题很难建立起数学模型。

数学模拟可进行反复大量的运算和实验,可以获得统计规律,来寻求最优决策。模拟所涉及的数学方法有:解析模型、经验模型、统计模型、系统动力学模型。

3) 混合模拟

使用数学模拟与物理模拟相结合的一种方法。如利用少量实验(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(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。

按照模型状态变量变化的特征来分,可以将模拟分为离散事件系统模拟和连续系统模拟两类。

4. 模拟与模型的关系

模拟是通过模型进行实验以研究真实对象及其关系的过程,模型在模拟这一活动中占有重要的位置,二者相互依存,缺一不可。

(1) 模型是建立系统的一种表达,模拟则是运行和演练这种表达。

(2) 模型是实际事物原型的一种抽象,模拟则是一个实验过程。模型是文字、符号、方程式的静态结构,模拟则是实现模型的一种动态描述。

(3) 模型是模拟的基础,没有模型就无所谓模拟,没有模拟,模型也只能反映客观事物的表面,而不能触及本质。

(4) 模型的建立是为了反映要模拟的事物,若不进行模拟实验,则模型的正确与否就难以确定,模型的作用也发挥不了,模拟就是模型实验的方法和手段,成功的模拟是对所建立模型是否客观正确的检验,达到修正、补充、完善模型的目的。

1.1.3 作战模型与作战模拟

1. 概念

作战模拟的英文是 War Game、War Gaming 等,也有 Combat Simulation、Warfare Simulation 等译法,后者是直接采用了仿真的概念,所以作战模拟有时又被称为作战仿真。钱

学森、王寿云、柴本良等学者曾经给早期的作战模拟下过定义：在以沙盘和地图表示地形地貌、以标示器表示军队和武器配置的战场模型上，利用反映实战条件约束的若干行动规则，扮演交战双方的指挥官和参谋人员以下棋方式进行策略运筹的对抗。我军军语中，作战模拟是“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。”

作战模拟是模拟应用的一个领域，是军事与模拟相结合的产物，也是模拟技术向军事科学渗透的结果。随着军事运筹学、计算机和网络技术的发展，作战模拟的内涵得到了很大的扩展。除了包含早期的作战模拟外，还包括计算机辅助模拟仿真、对抗模拟以及综合了实验和演习、计算机和网络技术的分布交互式作战模拟。其应用范围也从对作战结果的预测与判定、作战过程的推演与评价扩展到从一个军事行为的策划到它的实施的完整过程；从一种军事系统初始概念的讨论到这种系统退役的全过程。通过作战模拟可深入研究、揭示战争的内在规律，分析、评估作战方案的优劣，训练部队以提高实际作战能力。

广义地讲，作战模拟包括实兵演习、沙盘作业、图上作业、作战分析博弈、计算机辅助模拟仿真、解析模型模拟、武器装备仿真等各个方面。

狭义地讲，作战模拟就是对军事（有时还包含政治）对抗局势的推演、对战场上作战过程的预测或再现以及对作战装备和参战人员在战斗过程中的操作和感知的仿真。通俗地讲，作战模拟就是对作战活动的一种相似性复现。

一般来说，在军事上用来研究以作战为目的的模型称为作战模型，用来研究以作战为目的的模拟称为作战模拟。因此，作战模拟通常指运用各种非实际作战方法和手段，对武器系统、作战环境、作战行动和作战过程进行模仿的技术、方法和活动。

现代作战模拟是指运用系统的观点和运筹学的方法，以计算机为工具，采用现代化的模拟技术，来研究现代战争的组织指挥、作战训练等，揭示军事活动规律的计算机作战模拟。现代作战模拟技术是建立在相似理论、计算机技术、控制理论、系统工程、运筹学等基础上的一门崭新的学科，既是许多科学技术的交叉点，又是军事、技术、系统工程的汇集点。由于计算机作战模拟是现代作战模拟的主要方式，现在提到作战模拟，往往指的就是计算机作战模拟。

2. 作战模型的分类

作战模型从结构上可分为三大类。

（1）解析模型。其特点是模型中的参数、初始条件和其他输入信息以及模拟时间和结果之间的一切关系以公式、方程式和不等式等形式来描述。

（2）仿真模型。其特点是把所关心的战术现象分解为一系列基本活动和事件，通过对这些活动和事件的模拟以及它们之间按逻辑关系的相互组合，来达到表述战术现象的目的。

（3）作战对抗模型。是一种把定下决心的人的思维和战斗行动的模型化描述结合起来的模型。其结构类似于仿真模型，但在模型中，指挥行动（决策过程）由演习人员作出，基本活动和事件用定量模型（如兰切斯特模型或火力指数模型）描述。

除此之外，还可以按照作战模型的数学特征来分，如：解析模型、统计模型、图上作业演练模型、经验模型、系统动力学模型等。