



仿真科学与技术及其军事应用丛书

Warfighting Simulation
Theories and Practices

作战仿真 理论与实践

邓红艳 邓桂龙 赵倩 编著
董冬梅 姜桂河 李永红



国防工业出版社
National Defense Industry Press



仿真科学与技术及其军事应用丛书

作战仿真理论与实践

邓红艳 邓桂龙 赵 倩
董冬梅 姜桂河 李永红

编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

作战仿真是制定作战计划、探索作战活动规律、进行作战效果评估等研究作战的基本途径和手段。不同于其他领域的建模与仿真,作战仿真面向的是作战问题,作战系统实际是一个复杂系统,无论是边界、内涵、运行机理都带有更大的不确定性和复杂性。作战仿真一直以来都是建模仿真与军事领域研究的一个热点问题,新的建模与仿真技术的发展给作战仿真带来了新活力和挑战。

本书分为8章,第1章主要介绍作战仿真的相关概念;第2章至第5章分别对作战仿真中的模型方法、态势显示技术、系统结构和VV&A的相关理论研究内容进行介绍;第6章和第7章围绕作战仿真最主要的两个实践应用领域——作战仿真训练和作战实验进行论述;第8章是对成功典型作战仿真系统的介绍。

本书可作为相关院校本科与研究生作战仿真的课程教材,也可作为相关工程实践人员学习作战仿真的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

作战仿真理论与实践/邓红艳等编著. —北京:国防工业出版社,2013.1

(仿真科学与技术及其军事应用丛书)

ISBN 978-7-118-08315-6

I. ①作... II. ①邓... III. ①作战模拟—计算机仿真—研究 IV. ①E83-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第235551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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本710×960 1/16 印张15½ 字数252千字

2013年1月第1版第1次印刷 印数1—3000册 定价45.00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

丛书编写委员会

主任委员 郭齐胜

副主任委员 徐享忠 杨瑞平

委 员 (按姓氏音序排列)

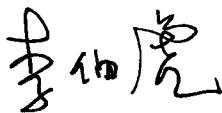
曹晓东	曹裕华	丁 艳	邓桂龙	邓红艳
董冬梅	董志明	范 锐	郭齐胜	黄俊卿
黄玺璞	黄一斌	贾庆忠	姜桂河	康祖云
李 雄	李 岩	李宏权	李巧丽	李永红
刘 欣	刘永红	罗小明	马亚龙	孟秀云
闵华侨	穆 歌	单家元	谭亚新	汤再江
王 勃	王 浩	王 娜	王 伟	王杏林
徐丙立	徐豪华	徐享忠	杨 娟	杨瑞平
杨学会	于永涛	张 伟	张立民	张小超
赵 倩				

总序

为了满足仿真工程学科建设与人才培养的需求,郭齐胜教授策划在国防工业出版社出版了国内第一套成体系的系统仿真丛书——“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”。该丛书在全国得到了广泛的应用,取得了显著的社会效益,对推动系统建模与仿真技术的发展发挥了重要作用。

系统建模与仿真技术在与系统科学、控制科学、计算机科学、管理科学等学科的交叉、综合中孕育和发展而成为仿真科学与技术学科。针对仿真科学与技术学科知识更新快的特点,郭齐胜教授组织多家高校和科研院所的专家对“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”进行扩充和修订,形成了“仿真科学与技术及其军事应用丛书”。该丛书共 19 本,分为“理论基础—应用基础—应用技术—应用”4 个层次,系统、全面地介绍了仿真科学与技术的理论、方法和应用,体系科学完整,内容新颖系统,军事特色鲜明,必将对仿真科学与技术学科的建设与发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士
中国系统仿真学会理事长



2011 年 10 月

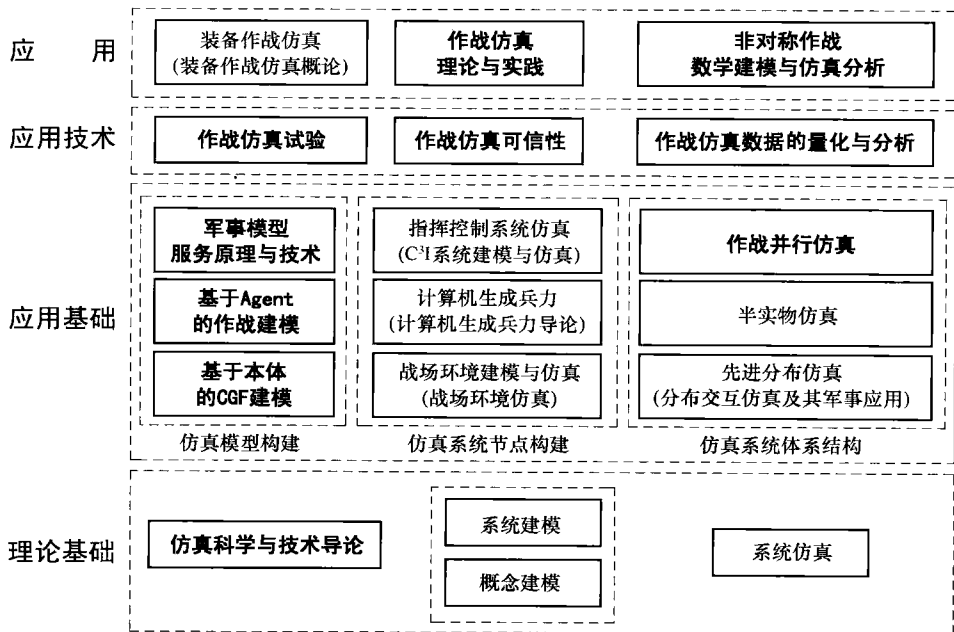
序言

系统建模与仿真已成为人类认识和改造客观世界的重要方法,在关系国家实力和安全的关键领域,尤其在作战试验、模拟训练和装备论证等军事领域发挥着日益重要的作用。为了培养军队建设急需的仿真专业人才,装甲兵工程学院从1984年开始进行理论研究和实践探索,于1995年创办了国内第一个仿真工程本科专业。结合仿真工程专业创建实践,我们在国防工业出版社策划出版了“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”。该丛书由“基础—应用基础—应用”三个层次构成了一个完整的体系,是国内第一套成体系的系统仿真丛书,首次系统阐述了建模与仿真及其军事应用的理论、方法和技术,形成了由“仿真建模基本理论—仿真系统构建方法—仿真应用关键技术”构成的仿真专业理论体系,为仿真专业开设奠定了重要的理论基础,得到了广泛的应用,产生了良好的社会影响,丛书于2009年获国家级教学成果一等奖。

仿真科学与技术学科是以建模与仿真实论为基础,以计算机系统、物理效应设备及仿真器为工具,根据研究目标建立并运行模型,对研究对象进行认识与改造的一门综合性、交叉性学科,并在各学科各行业的实际应用中不断成长,得到了长足发展。经过5年多的酝酿和论证,中国系统仿真学会2009年建议在我国高等教育学科目录中设置“仿真科学与技术”一级学科;教育部公布的2010年高考招生专业中,仿真科学与技术专业成为23个首次设立的新专业之一。

最近几年,仿真技术出现了与相关技术加速融合的趋势,并行仿真、网格仿真及云仿真等先进分布仿真成为研究热点;军事模型服务与管理、指挥控制系统仿真、作战仿真试验、装备作战仿真、非对称作战仿真以及作战仿真可信性等重要议题越来越受到关注。而“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”中出版最早的距今已有8年多时间,出版最近的距今也有5年时间,部分内容需要更新。因此,为满足仿真科学与技术学科建设和人才培养的需求,适应仿真科学与技术快速发展的形势,反映仿真科学与技术最新研究进展,我们组织国内8家高校和科研院所的专家,按照“继承和发扬原有特色和优点,转化和集成科研学术成果,规范和统一编写体例”的原则,采用“理论基础—应用基础—应

用技术—应用”的编写体系,保留了原“系列丛书”中除《装备效能评估概论》外的其余9本,对内容进行全面修订并修改了5本书的书名,另增加了10本新书,形成“仿真科学与技术及其军事应用丛书”,该丛书体系结构如下图所示(图中粗体表示新增加的图书,括号中为修改前原丛书中的书名):



中国工程院院士、中国系统仿真学会理事长李伯虎教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的出版还得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授,空军指挥学院作战模拟中心毕长剑教授,装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、装备指挥与管理系副主任王洪炜副教授和国防工业出版社相关领导的关心、支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

仿真科学与技术涉及多学科知识,而且发展非常迅速,加之作者理论基础与专业知识有限,丛书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

郭齐胜
2012年3月

总序


系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

仿真技术具有安全性、经济性和可重复性等特点,已成为继理论研究、科学实验之后第三种科学研究的有力手段。仿真科学是在现代科学技术发展的基础上形成的交叉科学。目前,国内出版的仿真技术方面的著作较多,但系统的仿真科学与技术丛书还很少。郭齐胜教授主编的“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”在这方面作了有益的尝试。

该丛书分为基础、应用基础和应用三个层次,由《概念建模》、《系统建模》、《半实物仿真》、《系统仿真》、《战场环境仿真》、《C³I 系统建模与仿真》、《计算机生成兵力导论》、《分布交互仿真及其军事应用》、《装备效能评估概论》、《装备作战仿真概论》10本组成,系统、全面地介绍了系统建模与仿真的理论、方法和应用,既有作者多年来的教学和科研成果,又反映了仿真科学与技术的前沿动态,体系完整,内容丰富,综合性强,注重实际应用。该丛书出版前已在装甲兵工程学院等高校的本科生和研究生中应用过多轮,适合作为仿真科学与技术方面的教材,也可作为广大科技和工程技术人员的参考书。

相信该丛书的出版会对仿真科学与技术学科的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士



2005年3月27日

序言

系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

仿真科学与技术具有广阔的应用前景,正在向一级学科方向发展。仿真科技人才的需求也在日益增大。目前很多高校招收仿真方向的硕士和博士研究生,军队院校中还设立了仿真工程本科专业。仿真学科的发展和仿真专业人才的培养都在呼唤成体系的仿真技术丛书的出版。目前,仿真方面的图书较多,但成体系的丛书极少。因此,我们编写了“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”,旨在满足有关专业本科生和研究生的教学需要,同时也可供仿真科学与技术工作者和有关工程技术人员参考。

本丛书是作者在装甲兵工程学院及北京理工大学多年教学和科研的基础上,系统总结而写成的,绝大部分初稿已在装甲兵工程学院和北京理工大学相关专业本科生和研究生中试用过。作者注重丛书的系统性,在保持每本书相对独立的前提下,尽可能地减少不同书中内容的重复。

本丛书部分得到了总装备部“1153”人才工程和军队“2110工程”重点建设学科专业领域经费的资助。中国工程院院士、中国系统仿真学会副理事长、《系统仿真学报》编委会副主任、总装备部仿真技术专业组特邀专家、哈尔滨工业大学王子才教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的编写和出版得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授,以及装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、学科学位处处长谢刚副教授、招生培养处处长钟孟春副教授、装备指挥与管理系主任王凯教授、政委范九廷大校和国防工业出版社的关心、支持和帮助。作者借鉴或直接引用了有关专家的论文和著作。在此一并表示衷心的感谢!

由于水平和时间所限,不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

郭齐胜

2005年10月

前言

系统仿真技术是一门多学科综合的应用技术学科,近年来发展迅速。作战仿真作为仿真技术在军事领域中的应用,已经成为制定作战计划、探索作战活动规律、进行作战效果评估等研究作战的基本途径和手段。不同于其他领域的建模与仿真,作战仿真面向的是作战问题,作战系统实际是一个复杂系统,无论是边界、内涵、运行机理都带有更大的不确定性和复杂性。

本书的作者均多年从事作战仿真的教学和科研工作,在实际教学与科研工作中,我们越来越感觉到目前关于作战仿真理论与实践方面的书籍还比较缺乏,这也是编写本书的初衷和目的。

本书分为8章:第1章主要介绍作战仿真的相关概念;第2章在阐述作战仿真模型的基本概念、特性和分类的基础上,对作战仿真模型建模的基本过程和主要方法进行介绍,并选取通视计算、航空兵超视距空战模型、兰彻斯特方程三类有代表性的模型进行示例分析;第3章主要围绕态势可视化的两个主要研究问题,即战场环境可视化和作战仿真实体信息可视化展开讨论;第4章在阐述系统体系结构概念的基础上,对目前广泛采用或正在被人们所重点研究的集中式体系结构、分布式体系结构、高层体系结构(HLA)、基于模型驱动的体系结构和基于Web的体系结构分别进行介绍;第5章主要介绍VV&A的相关概念、VV&A技术方法、VV&A全生命周期管理及VV&A相关标准和规范;第6章在阐述作战仿真训练的基本概念、作用和分类的基础上,介绍作战仿真指挥训练系统的设计、组织实施和训练评估三方面内容;第7章在对作战实验相关概念的阐述基础上,介绍作战实验的实施过程和阶段划分、作战实验系统设计、作战实验数据收集与处理及作战实验的未来研究重点和发展趋势;第8章主要选取JMASS仿真系统、JWARS仿真系统、JSIMS仿真系统、防空仿真系统EADSIM和FLAMES系统这5个不同时期研发,具有不同特点的典型作战仿真系统进行介绍。其中,第2章至第5章主要是对作战仿

真相关理论研究内容进行介绍,第6章至第8章主要是实践应用领域的介绍。

本书主要由邓红艳、邓桂龙、赵倩、董冬梅、姜桂河、李永红编写。在编写过程中,参阅了大量的文献资料,在此对作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本书必然存在不足之处,错误也在所难免。欢迎各位同行和专家批评指正。

编者
2012年6月

目 录

第 1 章 概论	001
1.1 系统仿真概述	001
1.1.1 系统仿真的基本概念	001
1.1.2 系统仿真的分类	005
1.2 作战仿真概述	007
1.2.1 作战仿真与仿真的关系	007
1.2.2 作战仿真优势分析	008
1.2.3 作战仿真的分类	009
1.3 作战仿真面临的挑战与发展趋势	010
1.3.1 面临的挑战	010
1.3.2 发展趋势	011
第 2 章 作战仿真的模型方法	014
2.1 作战仿真模型概述	014
2.1.1 模型的基本概念、特性与分类	014
2.1.2 作战仿真模型的基本概念、特性与分类	016
2.1.3 作战模型理论基础	019
2.2 作战仿真模型建模基本过程和主要方法	020
2.2.1 作战仿真模型建模的基本过程	020
2.2.2 作战仿真模型文档要求	026
2.2.3 作战模型建模的主要方法	031
2.3 典型作战仿真模型示例分析	038
2.3.1 战场环境模型示例——通视计算	038
2.3.2 作战行动模型示例——航空兵超视距空战模型	043
2.3.3 作战效能评估模型示例——兰彻斯特方程	047

第3章 作战仿真的态势可视化 052

3.1 作战仿真态势可视化研究内容	052
3.2 作战仿真战场环境可视化	053
3.2.1 典型地理信息系统软件介绍	053
3.2.2 二维战场环境显示技术	057
3.2.3 三维战场环境显示技术	057
3.2.4 战场环境可视化图面载重量处理技术	058
3.2.5 联合作战仿真对战场环境可视化提出的挑战	059
3.3 作战仿真实体信息可视化	059
3.3.1 作战仿真实体信息综合技术	059
3.3.2 三维实体信息显示技术	060

第4章 现代作战仿真系统体系结构 063

4.1 系统体系结构的概念	063
4.2 集中式体系结构	066
4.2.1 集中式系统的概念和原理	067
4.2.2 集中式系统的控制方式	067
4.2.3 集中式作战仿真系统优缺点分析	068
4.2.4 集中式作战仿真系统典型应用	069
4.3 分布式体系结构	069
4.3.1 分布式作战仿真的起源与发展	069
4.3.2 分布式仿真的概念与特点	071
4.3.3 分布式交互仿真 DIS 标准	073
4.4 高层体系结构 HLA	076
4.4.1 HLA 简介	076
4.4.2 HLA 标准规范的组成	077
4.4.3 HLA 软件体系结构特点	093
4.4.4 基于 HLA 一般开发过程	095
4.5 基于模型驱动(MDA)的体系结构	097
4.5.1 MDA 基本原理	098
4.5.2 MDA 体系结构	098
4.5.3 MDA 的核心规范	099

4.5.4	MDA 用于联合作战仿真系统的优势分析	102
4.5.5	基于 MDA 的联合作战仿真系统框架	103
4.6	基于 Web 的体系结构	109
4.6.1	XMSF 的概念	109
4.6.2	XMSF 的核心技术	110
4.6.3	XMSF 面临的挑战	114
第 5 章	作战仿真模型的 VV&A	116
5.1	VV&A 概述	116
5.1.1	VV&A 的定义	116
5.1.2	VV&A 的基本原则	118
5.1.3	VV&A 的意义	119
5.1.4	关键问题与发展趋势	121
5.2	VV&A 技术方法	121
5.2.1	动态测试技术	122
5.2.2	静态技术	126
5.2.3	正规技术	128
5.2.4	非正规技术	129
5.3	VV&A 全生命周期管理	130
5.3.1	VV&A 生命周期管理模型	130
5.3.2	VV&A 全生命周期实施过程	132
5.3.3	VV&A 的组织及文档化	135
5.4	VV&A 相关标准与规范	136
第 6 章	作战仿真训练	141
6.1	作战仿真训练概述	141
6.1.1	作战仿真训练的基本概念	141
6.1.2	作战仿真训练系统在作战训练中的作用	142
6.1.3	作战仿真训练系统的分类	143
6.2	作战仿真指挥训练系统设计	146
6.2.1	作战仿真指挥训练系统功能需求分析	146
6.2.2	基于组件的作战仿真指挥训练系统设计	147
6.2.3	作战仿真指挥训练系统模型交互信息	148

6.3	作战仿真指挥训练的组织实施	157
6.3.1	作战仿真指挥训练准备	157
6.3.2	作战仿真指挥训练组织	158
6.3.3	作战仿真指挥训练实施	159
6.4	作战仿真训练评估	163
6.4.1	作战仿真训练评估的概念	163
6.4.2	作战仿真训练评估的理论依据	167
6.4.3	作战仿真训练评估的要素构成	168
第7章	作战实验	171
7.1	作战实验概述	171
7.1.1	作战实验的基本概念	171
7.1.2	作战实验的分类	172
7.1.3	作战实验的基本特征	173
7.1.4	作战实验研究的基本问题	175
7.2	作战实验的实施	177
7.2.1	作战实验一般过程	177
7.2.2	作战实验阶段划分	179
7.3	作战实验系统设计	180
7.3.1	作战实验系统的分类	180
7.3.2	作战实验系统的功能需求分析	181
7.3.3	作战实验系统技术实现途径	182
7.4	作战实验数据收集与处理	183
7.4.1	作战实验数据采集	183
7.4.2	作战实验数据处理分析	187
7.4.3	作战实验结果的综合分析方法	191
7.5	作战实验的未来研究重点与发展趋势	195
7.5.1	研究重点	195
7.5.2	发展趋势	196
第8章	典型作战仿真系统介绍	198
8.1	JMASS 仿真系统	198
8.1.1	JMASS 系统概述	198

8.1.2	JMASS 系统的体系结构	200
8.1.3	关于 JMASS 系统的几点说明	203
8.2	JWARS 仿真系统	204
8.2.1	JWARS 系统概述	204
8.2.2	JWARS 的主要构成	204
8.2.3	JWARS 系统的问题分析	209
8.3	JSIMS 仿真系统	209
8.3.1	JSIMS 系统概述	209
8.3.2	JSIMS 的模型组成	210
8.4	防空仿真系统 EADSIM	212
8.4.1	EADSIM 系统概述	212
8.4.2	EADSIM 体系结构	213
8.4.3	EADSIM 的作战模型	213
8.5	FLAMES 系统	214
8.5.1	FLAMES 体系结构	214
8.5.2	FLAMES 中的标准化程序	215
8.5.3	FLAMES 中的装备模型	218
8.5.4	FLAMES 中的认知模型	220
参考文献		223

概 论

1.1 系统仿真概述

1.1.1 系统仿真的基本概念

系统仿真的研究可以追溯到两千多年以前人类在建筑、造船等行业中对系统比例模型的应用,但系统仿真学科真正形成却是在 20 世纪 40 年代出现电子计算机以后,在此以前仿真归属不同技术领域或学科。一直以来,仿真界专家和学者对“仿真”下过不少定义,并对其有不同的理解。但比较得到广泛认可的一个观点是,系统仿真技术实质是对系统进行研究,建立仿真模型和进行仿真实验的技术。因此,要理解系统仿真首先需要理解系统与模型。

1.1.1.1 系统

仿真技术应用的对象是系统。系统通常定义为具有一定功能,按某种规律相互联系又相互作用着的对象之间的有机组合。仿真所关注的系统是广义的,它泛指人类社会和自然界的一切存在、现象与过程。

系统可分为生命与非生命系统、工程与非工程系统等。如电气、机械、机电、水力、声学等属于工程系统;而经济、社会等属于非工程系统。

一般认为,系统是真实世界的一部分,是几个相互作用的分系统的集合。在这个描述中,隐含了递归的概念:一个系统由若干个分系统组成,而每一个分