



仿真科学与技术及其军事应用丛书

Simulation of Command
and Control System

指挥控制 系统仿真

杨瑞平 张兆峰 编著



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

指挥控制系统仿真

杨瑞平 张兆峰 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

指挥控制系统仿真是装备作战仿真的重要组成部分,在装备作战仿真系统中加入指挥控制系统的元素或体现指挥控制系统的作用,对于提高装备作战仿真过程和结果的可信度具有重要积极作用。

全书共分为9章,第1章介绍了指挥控制系统的基本概念、组成、功能和分类,在此基础上,对指挥控制系统建模与仿真的方法、意义和应用进行了简要描述。第2章介绍了四个具有代表性的指挥控制概念模型,从不同角度探讨指挥控制过程,进一步加深对指挥控制系统的理解。第3章分别从系统的功能组成、层次结构、运行结构和模型体系共四个方面对指挥控制系统的体系结构进行分析。第4章到第9章从指挥控制系统的功能出发,分别深入探讨了侦察探测系统仿真、通信系统仿真、信息融合处理仿真、二维态势系统构建、指挥决策仿真和指挥实体组组结构仿真等共六个方面的内容。

本书可作为高等院校有关专业高年级学生和研究生作为教材使用,也可作为从事指挥控制系统建模与仿真、装备作战仿真等领域相关的科技工作者作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

指挥控制系统仿真/杨瑞平编著. —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 978-7-118-08293-7

I. ①指... II. ①杨... III. ①指挥控制系统—系统仿真 IV. ①E072-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 297245 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 12½ 字数 199 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
黄玺瑛	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				

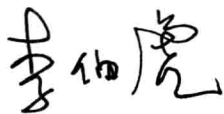
总序

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

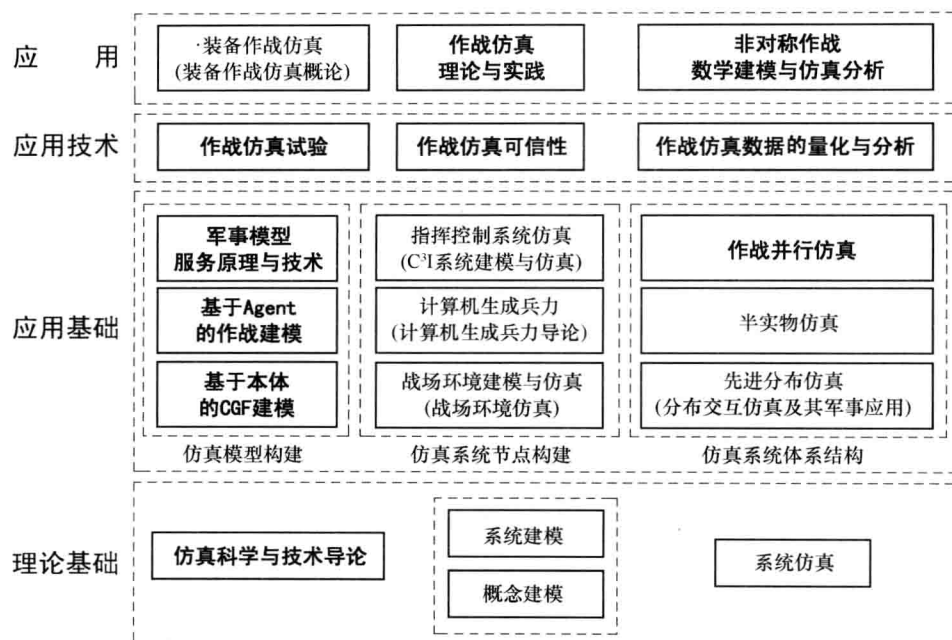
序 言

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理论为基础,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的最新研究进展,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

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

指挥控制系统是现代武器装备体系的“神经系统”,是武器装备体系中各个节点有机联系的纽带。指挥控制系统仿真是装备作战仿真的重要组成部分,在装备作战仿真中加入指挥控制系统仿真的元素或体现指挥控制系统的要素,对于提高装备作战仿真过程和结果的可信度具有重要积极作用。

在信息化战争条件下,战争的胜负在很大程度上依赖指挥控制系统信息感知、信息处理、信息共享和辅助决策的质量。装备作战仿真必须抓住现代战争的这一特点,将以“平台为中心”的装备作战仿真和指挥控制系统仿真有机而紧密地结合起来,向以“体系为中心”的装备作战仿真转变,在仿真过程中较好地体现信息、通信和指挥控制对武器装备作战效能的黏合作用,大力开展基于信息系统的体系作战能力研究。

作者以对现代战争的粗浅认识为知识背景,以对指挥控制系统的多年研究成果为理论基础,结合自己开展作战仿真工作的多年经验编写了该书。本书从指挥控制系统基本概念、基本原理出发,以指挥控制系统功能建模与仿真为主,突出指挥控制系统和武器装备在建模与仿真过程中的结合、强调指挥控制系统在作战中的应用。力图全面、系统地阐述指挥控制系统建模与仿真的方方面面。

全书共分为9章,第1章介绍了指挥控制系统的概念、组成、功能和分类,在此基础上,就指挥控制系统建模与仿真的方法、意义和应用进行了简要描述。第2章介绍了四个具有代表性的指挥控制概念模型,从不同角度探讨指挥控制过程,进一步剖析指挥控制系统的基本含义。第3章提出了指挥控制仿真系统的基本情况,分别从系统的功能组成、运行体系结构、逻辑体系结构和模型体系结构等四个方面加以描述。第4章~第9章从指挥控制系统的功能出发,分别深入探讨了侦察探测系统仿真、通信系统仿真、信息融合仿真、二维态势系统构建、指挥决策仿真和指挥控制组织仿真等共六个方面的内容。

全书各章既相互独立,又相互关联。第1章~第3章从概念层次为指挥控制系统仿真打下基础,力图使读者对指挥控制系统仿真有一个全面清晰的认知。第4章~第9章的每一章既是独立介绍指挥控制系统中某一个子系统的

建模与仿真,也可以有机串联起来构成一个完整的指挥控制仿真系统,与前3章的内容相呼应。这样使得全书内容全面、层次清晰、结构完整。

本书可作为高等院校有关专业高年级学生和研究生作为教材使用,也可作为从事指挥控制系统建模与仿真、装备作战仿真等领域相关的科技工作者的参考。

本书的编写得到了中国工程院院士、航天科工集团二院李伯虎研究员和总装备部装甲兵工程学院郭齐胜教授的悉心指导,在此一并表示深深的谢意!

海军装备研究院某部工程师闫海港参与了本书部分插图的绘制和公式的录入工作,本书还参考或直接引用了国内外一些作者的相关论文和著作,在此也一并表示衷心的感谢。

编著者
2012年6月

目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 指挥控制系统简介	001
1.1.1 基本概念	002
1.1.2 系统组成	003
1.1.3 系统功能	004
1.1.4 系统分类	005
1.2 指挥控制系统仿真方法	005
1.2.1 作战模拟	006
1.2.2 系统试验床	007
1.2.3 分布交互仿真	008
1.3 指挥控制系统仿真的意义	008
1.3.1 提高系统开发效率	008
1.3.2 提高系统仿真水平	008
1.4 指挥控制系统仿真的特点	009
1.4.1 指挥控制系统是面向信息流的建模与仿真	009
1.4.2 指挥控制系统是系统科学工程	009
1.4.3 指挥控制系统是分布式系统	009
1.5 指挥控制系统仿真的应用	010
1.5.1 装备论证	010
1.5.2 装备运用	010
1.5.3 效能评估	010
1.5.4 模拟训练	011
参考文献	011
第 2 章 指挥控制概念模型	012
2.1 引言	012

2.2 认知过程模型	013
2.3 能力层级模型	014
2.4 OODA 环模型	015
2.5 NATO SAS-050 指挥控制概念模型	016
2.6 面向网络中心战的概念模型	018
参考文献	019

第3章 指挥控制仿真系统 021

3.1 引言	021
3.2 功能组成	021
3.2.1 情报侦察仿真	022
3.2.2 通信传输仿真	023
3.2.3 信息处理仿真	023
3.2.4 指挥决策仿真	023
3.2.5 装备作战仿真	024
3.2.6 仿真运行管理	024
3.2.7 战场态势显示	024
3.3 层次结构	025
3.3.1 支撑层	026
3.3.2 资源层	026
3.3.3 应用层	026
3.4 运行结构	026
3.4.1 运行过程	026
3.4.2 信息流程	027
3.5 模型体系	028
3.5.1 指挥决策模型	029
3.5.2 指挥控制关系模型	030
3.5.3 侦察探测模型	030
3.5.4 通信传输模型	031
3.5.5 信息融合模型	032
3.5.6 仿真实体模型	032
3.5.7 兵力编成模型	033

3.5.8	交战模型	033
3.5.9	战场环境模型	034
	参考文献	035
第4章	侦察探测系统仿真	036
4.1	引言	036
4.2	典型侦察探测装备	037
4.2.1	雷达	037
4.2.2	红外传感器	037
4.2.3	光电传感器	038
4.2.4	敌我识别传感器	038
4.2.5	电子支援措施	038
4.2.6	声音传感器	038
4.3	雷达探测仿真	039
4.3.1	视距判断模块	040
4.3.2	接收机噪声计算模块	041
4.3.3	目标回波功率计算模块	041
4.3.4	有源干扰功率计算模块	041
4.3.5	发现目标判断模块	042
4.3.6	确认发现目标	042
4.4	红外探测仿真	043
4.4.1	基本原理	043
4.4.2	辐射度计算	044
4.4.3	目标成像尺寸	046
4.4.4	图像转换	047
4.5	照相侦察仿真	047
4.5.1	基本原理	047
4.5.2	目标参数	048
4.5.3	大气衰减	049
4.5.4	电视摄像机性能	050
4.5.5	电视成像作用距离方程	051
4.6	声纳仿真	051
4.6.1	声波传播距离模型	052

4.6.2 声纳发现概率模型	054
参考文献	054

第5章 通信系统仿真 055

5.1 引言	055
5.2 通信系统组成	056
5.3 通信网络结构优化仿真	057
5.3.1 网络分类	057
5.3.2 结构优化模型	058
5.3.3 模型仿真算法	061
5.4 通信距离模型	063
5.4.1 短波通信距离模型	063
5.4.2 超短波通信距离模型	064
5.5 通信网络连通性仿真	065
5.5.1 网络连通性分析	065
5.5.2 仿真算法	066
5.5.3 算法改进	067
5.6 信息业务传输仿真	069
5.6.1 通信网络描述	069
5.6.2 通信业务模型	070
5.6.3 仿真实现	072
5.7 通信侦察仿真	073
5.7.1 侦察过程描述	074
5.7.2 侦察过程仿真	075
5.8 通信干扰仿真	076
5.8.1 通信干扰形式	076
5.8.2 干扰过程描述	077
5.8.3 干扰过程仿真	077
参考文献	078

第6章 信息融合仿真 079

6.1 引言	079
6.2 基本功能	079

6.2.1	融合跟踪处理	080
6.2.2	数据库	081
6.2.3	目标识别	081
6.2.4	态势估计	081
6.3	态势评估	082
6.3.1	态势评估参数	083
6.3.2	当前态势评估	083
6.3.3	未来态势预测	084
6.3.4	态势评估方法	084
6.4	威胁估计	085
6.4.1	目标威胁构成	086
6.4.2	模型构建	087
6.4.3	仿真案例	088
参考文献		089
第7章 二维态势系统		091
7.1	引言	091
7.2	系统功能	092
7.2.1	地理信息管理	093
7.2.2	军标(军队标号)管理	094
7.2.3	数据采集	096
7.3	符号标绘	097
7.3.1	军标标号标绘	098
7.3.2	箭头符号标绘	099
7.4	关键技术	102
7.4.1	坐标转换	103
7.4.2	面向角色的态势显示	107
参考文献		110
第8章 指挥决策仿真		111
8.1	引言	111
8.2	指挥决策含义	111
8.2.1	任务规划	111

8.2.2	火力分配	115
8.2.3	行动协同	116
8.3	指挥决策知识表示	117
8.3.1	产生式表示法	118
8.3.2	语义网络表示法	122
8.3.3	框架表示法	123
8.3.4	案例表示法	126
8.3.5	面向对象的知识表示方法	127
8.3.6	神经网络表示法	129
8.4	典型指挥决策仿真方法	130
8.4.1	军事专家系统	130
8.4.2	专家系统与神经网络相结合	134
8.4.3	案例推理	135
8.4.4	有限状态机	137
8.5	任务规划	139
8.5.1	过程分析	139
8.5.2	模型构建	140
8.5.3	方法应用	142
8.6	火力分配	144
8.6.1	问题描述	144
8.6.2	模型构建	145
8.7	作战行动协同	147
8.7.1	协同方式	148
8.7.2	计划协同	149
8.7.3	指挥协同	150
	参考文献	153

第9章 指挥控制组织仿真 154

9.1	引言	154
9.2	指挥实体的含义	155
9.3	指挥实体内部组织结构仿真	156
9.3.1	形式逻辑描述	157
9.3.2	图形化表示	158