



国防科技图书出版基金



仿真科学与技术及其军事应用丛书

Quantification and Analysis
of Operational Simulation Data

作战仿真数据的 量化与分析

赵倩 董冬梅 姜桂河 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press





国防科技图书出版基金

仿真科学与技术及其军事应用丛书

作战仿真数据的量化与分析

Quantification and Analysis of Operational Simulation Data

赵倩 董冬梅 姜桂河 编著
邓红艳 唐京军 张圣华

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

作战仿真数据的量化与分析/赵倩等编著. —北京:国防工业出版社,2015.1

(仿真科学与技术及其军事应用丛书)

ISBN 978-7-118-09399-5

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第240907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710×1000 1/16 印张15¼ 字数281千字

2015年1月第1版第1次印刷 印数1—2500册 定价60.00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

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员	王 峰			
副主任委员	吴有生	蔡 镭	杨崇新	
秘 书 长	杨崇新			
副 秘 书 长	邢海鹰	贺 明		
委 员	才鸿年	马伟明	王小谟	王群书
(按姓氏笔画排序)	甘茂治	甘晓华	卢秉恒	巩水利
	刘泽金	孙秀冬	芮筱亭	李言荣
	李德仁	李德毅	杨 伟	肖志力
	吴宏鑫	张文栋	张信威	陆 军
	陈良惠	房建成	赵万生	赵凤起
	郭云飞	唐志共	陶西平	韩祖南
	傅惠民	魏炳波		

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				

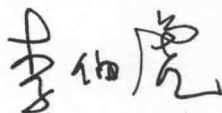
总序

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



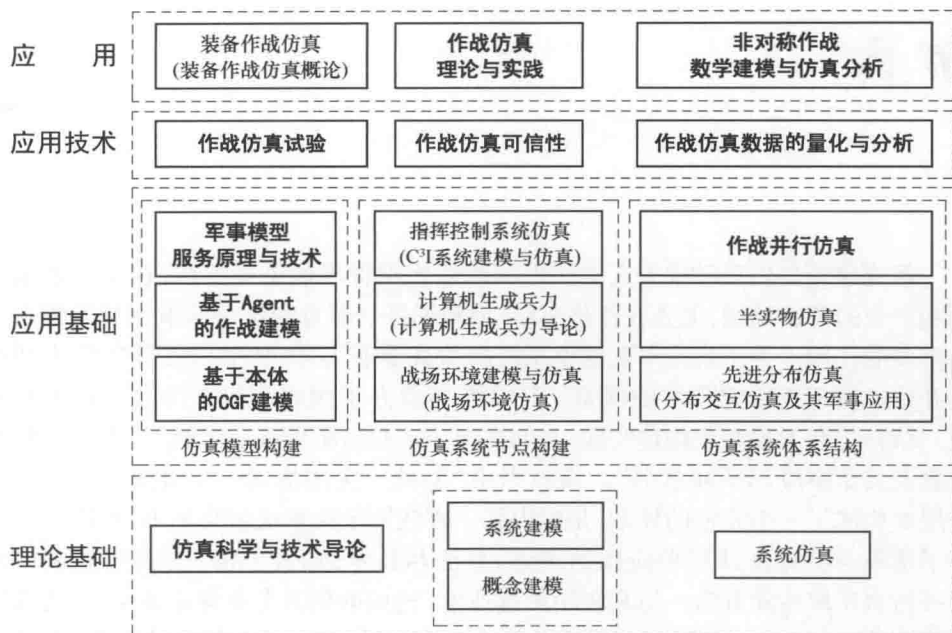
2011年10月

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—应用技术—应用”4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、应用技术和应用4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

随着军队信息化建设进程的快速发展,作战仿真方法在军事领域中的应用正逐步扩大和深化,军队对作战仿真系统的需求迅速增大,作战训练和作战实验对仿真系统的需求更为迫切。军事训练领域信息化基础条件建设的深入,特别是物联网技术在作战中的应用和作战实验的开展,使得获取数据的渠道越来越丰富,数据的种类越来越多,数据的规模越来越大,如何科学有效地管理作战仿真中的数据,发挥数据的作用,成为当前作战仿真领域研究的热点与难点问题。

从作战仿真系统的角度看,模型是实现仿真模拟的核心,数据是实现仿真模拟的基础。数据收集、表达、分析、统计的科学性直接影响模型运算的结果,在一个侧面决定着作战仿真的可信性。不准确的数据所带来的仿真结果偏差,不仅会导致决策结果的错误,甚至可能会造成不可挽回的损失。从学科角度看,军事运筹学以定量分析及决策优化理论与方法对军事问题进行研究,其中定量分析以数量或数量对比来反映客观实际问题,是学科的基础。现代运筹学的一些理论和方法,仅仅是进行定量分析的工具,只有对要分析研究的问题加以“量化”,即用数量(值)进行表示之后,理论与方法才变得具有实际应用价值,在作战仿真中更是如此。无论是建立哪一种作战仿真系统,也无论是用什么方法建立的各种作战模型,系统的最终运行都是不断地调用和处理数据的过程。数据是作战仿真系统的主要组成部分,也是作战仿真活动中不可或缺的重要内容。从数据的收集、转换和创建,到这些数据被仿真模型和仿真系统用于仿真模拟或仿真实验活动,再到仿真运行数据的存储、处理并得到结果,最后再将仿真结果反馈回去,校验、修正原来的数据或模型。在这一循环往复不断深化的过程中,数据连接了其中的各项活动。即仿真依托数据开始,依托数据运行,依托数据进行表达。数据工作始终贯穿于作战仿真或作战模拟的全过程。同时,由于作战仿真数据来源的广泛性和多样性,以及信息技术对数据概念的拓展,数据早已突破了“数据=数值”,“数据=数字”的概念。作战仿真中的数据,既有数值型数据,也有非数值型数据;既有结构化数据,也有非结构化数据;既有可度量数据,也有不可直接度量的数据。因此,为满足作战仿真系统模型计算的需求,需要对非数值型数据、不可直接度量的数据、非结构化的数据进行量化处理工作,通过建立科学合理的作战仿真数据模型和数据组织与管理机制,分析与挖掘数据所表现出的规律,充分发挥数据在作战仿真中的作用。

本书以作战仿真中的数据应用为牵引,内容组织上采用理论与实践应用相结合的方法,从数据工程化应用的角度探讨作战仿真中的数据问题。其中,理论方面

将重点以定量分析中的“量化”工作为切入点,梳理与整合相关的数据量化分析方法和数据处理技术;实践应用方面将以作战仿真中的军事想定为背景,探讨作战要素在作战仿真系统中的表现形式及其构造方法。主要目的是在总结军事运筹或作战仿真中的数据特点及其规律基础上,提供量化分析的方法与实现策略。

全书共分为11章。第1章是绪论,对书中所涉及到的主要概念进行论述与界定;第2章是面向作战仿真的作战要素分析,讨论作战仿真系统中数据的本源,即作战要素;第3章和第4章围绕数据建模展开,其中,第3章重点论述常用的数据建模方法,第4章探讨作战仿真中的数据体系结构;第5章和第6章围绕数据获取与量化进行论述,其中,第5章重点论述数据建模获取的方法、量化原则与方法以及经典量化方法,第6章重点阐述基于专家知识的几种不同的数据量化方法;第7章结合作战仿真系统应用实践,论述了作战仿真数据管理系统设计的相关问题;第8章和第9章是有关数据规律辨识及其分析的相关论述,其中,第8章是基于规律辨识模型的数据分析,第9章是基于神经网络的数据分析;第10章从工程化的角度论述作战仿真数据的建设问题;第11章围绕大数据和数据服务问题对作战仿真数据的影响进行论述。

本书第1章、第5章、第8章和第11章由赵倩负责编写,刘静参加了第8章的编写,第6章、第7章和第10章由董冬梅负责编写,马力参加了第6章的编写,第2章和第4章由姜桂河和张圣华负责编写,第3章和第9章由邓红艳和唐京军负责编写。在编写的过程中,我们查阅了大量资料,并参考和引用了许多国内外相关书刊和文献,包括许多来自网络的信息,在此衷心感谢所有参考文献的作者和未在参考文献中一一列出的作者。成书过程中,得到了国防工业出版社白天明编辑的大力支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,加之信息技术发展日新月异,数据量化与分析的理论和方法不断发展和完善,书中难免有错误、疏漏与不妥之处,殷切期望有关专家和广大读者批评指正。

作者

2014年3月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 作战仿真的概念与特征	1
1.1.1 仿真与仿真方法	1
1.1.2 计算机仿真与仿真系统	5
1.1.3 作战仿真及其系统	7
1.2 作战仿真数据及其作用	10
1.2.1 数据及其特性	10
1.2.2 作战仿真数据及其特点	14
1.2.3 数据在作战仿真中的地位与作用	16
1.3 本书研究的主要内容	17
第2章 面向作战仿真的作战要素分析	19
2.1 作战要素的概念	19
2.1.1 概念	19
2.1.2 作战要素在作战仿真中的表现	20
2.2 作战要素的分类与组成	21
2.2.1 作战要素分类	21
2.2.2 作战要素组成	21
2.3 基本条件要素的构成	22
2.3.1 作战力量要素	23
2.3.2 时间要素	23
2.3.3 空间要素	24
2.4 基本行动要素的构成	26
2.4.1 作战打击要素	26
2.4.2 作战防护要素	26
2.4.3 作战机动要素	27
2.5 其他作战要素的构成	28
2.5.1 指挥要素	29

2.5.2	精神要素	29
2.5.3	保障要素	29
2.6	作战要素向作战仿真数据的初步转变	30
第3章 数据建模方法		31
3.1	数据建模的基本概念	31
3.1.1	数据模型与数据建模	31
3.1.2	数据建模的一般过程	33
3.2	基于实体关系的数据建模	35
3.2.1	基本概念	35
3.2.2	关系模型	37
3.2.3	E-R 模型向关系模型的转化	38
3.3	基于 UML 的数据建模	38
3.3.1	面向对象模型	39
3.3.2	UML 方法	41
3.4	基于 XML 的数据建模	44
3.4.1	XML 语言基本概念	44
3.4.2	XML 文件的格式和内容	44
3.4.3	XML 的语法	45
3.5	不同数据模型之间的映射	46
3.5.1	UML 到关系数据库的映射	46
3.5.2	XML 到关系数据库的映射	49
3.6	元数据模型	52
3.6.1	元数据的概念	53
3.6.2	元数据的使用方法	54
第4章 作战仿真数据的体系结构		57
4.1	作战仿真数据的形式化描述	57
4.1.1	作战仿真数据的应用层次	57
4.1.2	作战仿真数据源多样性分析	58
4.1.3	常用的形式化描述方法	59
4.2	作战仿真数据的分类	60
4.2.1	数据分类的原则	60
4.2.2	基于数据性质的分类	60
4.2.3	基于数据作用的分类	61

4.3	作战仿真数据的体系结构设计	62
4.3.1	数据体系的顶层结构	63
4.3.2	作战仿真的基础数据	64
4.3.3	方案想定数据	68
4.3.4	执行期间数据	72
4.3.5	管理与配置数据	73
4.3.6	评估分析数据	73
第5章	作战仿真数据的获取与量化	75
5.1	作战仿真数据的获取	75
5.1.1	数据来源分析	75
5.1.2	基于规范化模板的数据获取	77
5.1.3	利用整合方法的数据获取	81
5.1.4	数据获取中的质量控制	84
5.2	作战仿真数据的量化	86
5.2.1	作战仿真数据量化的概念	86
5.2.2	作战仿真数据量化的原则	88
5.3	作战仿真经典数据的量化方法	90
5.3.1	量化构模与量化方法	90
5.3.2	战斗效能的量化	91
5.3.3	基于指数法的战斗能力量化	94
第6章	基于专家知识的量化方法	96
6.1	专家知识的获取和表示	96
6.1.1	专家知识获取	96
6.1.2	知识的表示	98
6.2	德尔菲法	99
6.2.1	德尔菲法的基本步骤	100
6.2.2	德尔菲法的应用特点	102
6.2.3	专家应答数据的处理	103
6.2.4	应用实例	105
6.3	层次分析法	107
6.3.1	层次分析法的基本原理	107
6.3.2	层次分析法的基本步骤	108
6.3.3	层次分析法应用实例分析	113