

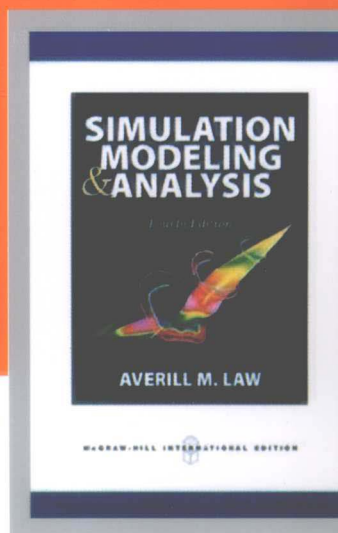
信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

Mc
Graw
Hill Education

Simulation Modeling and Analysis
(Fourth Edition)

仿真建模与分析(第4版)

Averill M. Law 著
肖田元 范文慧 等译



清华大学出版社



Mc
Graw
Hill Education

信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

Simulation Modeling and Analysis
(Fourth Edition)

仿真建模与分析(第4版)

Averill M. Law 著

肖田元 范文慧 等译

清华大学出版社
北京

Averill M. Law

Simulation Modeling and Analysis, Fourth Edition

ISBN: 0-07-298843-6

Copyright © 2007 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw Hill Education (Asia) and Tsinghua University Press Limited. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Tsinghua University Press Limited.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和清华大学出版社有限公司合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区)销售。

版权© 2012 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与清华大学出版社有限公司所有。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2010-7578

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

仿真建模与分析(第4版)/(美)劳(Law, A. M.)著;肖田元,范文慧等译. —北京:清华大学出版社, 2012.12

书名原文: Simulation Modeling and Analysis, Fourth Edition

(信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列)

ISBN 978 7 302 30043-4

I. ①仿… II. ①劳… ②肖… ③范… III. ①离散系统(自动化)—系统仿真—教材 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 212350 号

责任编辑:王一玲

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁毅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100081

社总机:010 62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010 62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:37.5 字 数:936千字

版 次:2012年12月第1版 印 次:2012年12月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:69.00元

产品编号:034477 01

译者序

仿真科学与技术极大地扩展了人类认知世界的能力。它可以不受时空的限制,观察和研究已发生或尚未发生的现象以及在各种假想条件下的现象发生和发展的过程,它还可以深入到一般科学及人类生理活动难以到达的宏观或微观世界去进行研究和探索,从而为人类认识世界和改造世界提供了全新的方法和手段。

凡是从事离散事件系统仿真的人对 Averill M. Law 的著作《Simulation Modeling and Analysis》(仿真建模与分析)应该不会陌生。该书从 1982 年的第 1 版问世以来,不断修订发行,继 1991 年第 2 版、2000 年第 3 版正式发行后,该书于 2007 年以 McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science 的形式发行第 4 版。

该书的每一版都是在前一版基础上结合建模与仿真技术的发展不断地进行扩充与完善,因而始终吸引着该领域的读者,是许多美国大学相关课程教学的主要参考书之一,也是进入该领域的研究人员的自学教材之一。其中第 3 版作为《信息技术与电气工程学科国际知名大学原版教材》中的一本于 2000 年由清华大学出版社引进,在国内正式发行。

清华大学出版社根据该书在国内外的影响,决定将第 4 版进行翻译,并委托我们完成此书的翻译工作。

本书讨论的是离散事件系统(Discrete Event Systems, DEVS)的建模与仿真技术,有些文献也将这类系统称为离散事件动态系统(Discrete Event Dynamic Systems, DEDS),甚至简称为离散系统(Discrete Systems)。典型的例子有:交通系统(空中、地面)、计算机系统、通信网络系统、制造系统、军事上的 C³I 系统,以及在供应链、仓储等领域中广泛存在的各种各样的系统。

正如作者在其序言中所言,第 4 版的目标和前三版保持一致:提供离散事件系统仿真研究的所有重要方面综合的与最新的讨论,包括建模、仿真软件、模型校验和确认、输入建模、随机数发生器、随机变量和过程的产生、统计设计和仿真实验的分析,以及像制造这样的最重要的应用领域。该书力图促进直观理解仿真与建模,并以技术上正确但更清晰的方式来阐述它们。

该书的主要特点是:

(1) 通用性强:该书着眼于离散事件系统建模与仿真的原理、方法学的阐述,而不依赖于某一种商业化软件,因此适于作为专业课程的教材使用。

(2) 内容丰富:从数学基础、建模方法、实验设计、仿真运行、输出分析、优化技术以及实际应用等方面,全面而系统地进行了讨论。

(3) 知识组织合理:该书从概念出发,由浅入深,结合实际例子加以阐述与讨论,逐渐展开,符合认识规律。

(4) 内容详略适宜:对基本概念、原理、方法、技术的讨论力求准确、完整与深入,对新的进展,则着眼于方向性说明。

(5) 适于教学与自学:对用本书作为教材的教师来说,可以从网址 www.mhhe.com/

law 下载各种技术支持资料,包括习题答案的全集、讲演的 PowerPoint 片子,以及仿真模型和随机数发生器的计算机代码。对自学者来说,本书提供了作者许多实践和咨询项目的实际例子的详细讨论,并提供了与各主题相关的研究文献。

本书从原理到应用,从理论到方法,对离散事件系统建模与仿真进行了比较系统而深入的讨论,无论作为仿真工具书,还是作为教材辅导书,都有其独到之处。对致力于研究、实践离散事件系统建模与仿真的读者来说,相信此书的出版无疑是他们的一个期盼。

参与本书翻译的人员是国家 CIMS 工程研究中心与清华大学自动化系系统集成研究所仿真与虚拟制造研究室的部分教师与研究生,他们是肖田元、范文慧、徐炜达、郜震霄、马成、李犁、孙宏波、刘雁兵等,全书由肖田元、范文慧校核,最后由肖田元审定。由于目前国内还缺乏有关仿真技术术语的权威词典,尽管译者做出了巨大努力,但书中的某些术语的翻译难免会与某些刊物不尽一致,限于译者的水平,书中的文字表达可能有不尽完善和不当之处,敬请读者批评指正。

译 者

2012 年 7 月 15 日于北京

前 言

《仿真建模与分析》第4版的目标和前三版保持一致:提供仿真研究的所有重要方面综合的与最新的讨论,包括建模、仿真软件、模型校验和确认、输入建模、随机数发生器、随机变量和过程的产生、统计设计和仿真实验的分析以及像制造这样的最重要的应用领域。本书力图促进直观理解仿真与建模,并以技术上正确但更清晰的方式来阐述它们。全书有许多例子和习题,并有广泛的仿真参考文献和著作以用于进一步研究。

本书可作为各种课程的基本内容,例如:

1. 工程、制造、商业或计算机科学专业的大学三年级、高年级,或新入学的研究生水平的第一门课(第1到第4章以及第5到第9章的一部分)。在结束该课程时,学生要准备进行完整而有效的仿真学习,并进行高级仿真课程的学习。

2. 上述任意学科的研究生的第二门仿真课程(第5到第12章的大部分)。完成该课程后,学生应该熟悉仿真学习中更高级的方法学问题,还应该准备理解并进行仿真研究。

3. 仿真导论作为运筹学和管理科学中通用课程的一部分(第1、第3、第5、第6及第9章的一部分)。

对用本书作为教材的教师来说,可以从网址 www.mhhe.com/law 下载各种技术支持资料。这些资料包括习题答案的全集、讲演的 PowerPoint 片子,以及第1、第2和第7章中的全部仿真模型和随机数发生器的计算机代码。采用此书的教师应该与本地的 McGraw-Hill 代表联系获得登录标识和密码,以便能访问该网址的资料。拨打电话 1-800-338-3987 或用 www.mhhe.com 上代表地址簿可找到本地的代表。

本书还可以作为仿真业者和研究人员的权威参考书。为此目的,本书对许多来自本人的实践和咨询项目的实际例子进行了详细讨论。本人还做出了巨大努力将主题与相关的研究文献联系起来,既有文字的,也有网上的,并保持这些材料实时更新。

理解本书的前提是基本的基于计算的概率与统计学知识(虽然在第4章复习这些主题),以及用计算机做一些实验。对第1和第2章,读者还应该熟悉通用编程语言,例如C语言。偶尔也会用到少量的线性代数或矩阵理论。较深或有技术难度的内容放在标有星号的节中或在各章的附录中。在每章的开头,给出了首先阅读该章节的建议。

对第3版的内容进行了大量的改变、添加(或删除)以达到这第4版,但结构保持相同,从而基本轮廓和章节的编号相同。按照目前编程语言的实际,删除了第1章的 FORTRAN,现在是C(但是,从 www.mhhe.com/law 下载的 FORTRAN 代码仍然可用)。第2章关于复杂系统建模没有变化。第3章重写了以反映仿真软件的最新情况。因为第4章是概率与统计学的基础知识,它基本上没变。模型确认的实践明显地得以改进,因而第5章重写并进行了更新以反映这些改进。对关于输入建模的第6章,大大地扩展了在缺乏相应数据的情况下如何对系统随机性的源进行建模的讨论,并且还讨论了关于许多其他主题的当前的研究情况。新的且大大改进了的随机数发生器在第7章进行了讨论,并给出了代码(还可以从网上下载),还给出了随机数检验的更综合的讨论。更新了第8章关于变

量和过程产生的内容,介绍了通用的均匀比法,用于从连续和离散分布中产生随机值。扩展并大范围地更新了第9~第12章的统计设计与分析方法,以反映当前的实际和近期的研究。特别是,第9章综合讨论了用于估计被仿真系统的稳态均值的最新方法,以及关于构造概率和百分比的置信区间的新内容。更新了第10章中排序与选择程序的讨论以反映其较新的方法,该方法容许将公共随机数(CRN)用于跨不同系统配置。第11章给出了如何在实际中实现方差减少技术的一种更详细而实际的讨论。在第12章,给出了广泛得多且独立的经典实验设计与响应面方法学的讨论,还特别讨论了在仿真建模的上下文中如何实现这些技术,给出了几个基于仿真的优化的应用例子。第13章中用最新的仿真软件包更新了制造系统仿真的讨论。含有 ExpertFit 分布拟合软件的学生版本的 CD 放在本书中。所有章节的参考文献集中在一起位于本书的末尾,使得这些资料更集中且对读者更方便;还列出了每个参考文献在书中的页号,以帮助读者了解本书的不同部分中的主题间可能有用的联系(且减少了对每个作者索引的需求)。一个大而完整的主题索引增强了本书作为参考文献的价值。

首先应该感谢本人以前的合作者 David Kelton,他对本书的前三版做出了巨大贡献,他渊博的仿真知识和出色的写作能力对本书的质量产生了意义深远的影响。第4版的评审人员给予了极大的帮助并对本人的计划和初稿给出了深入的反馈意见,这些在内容和表达两个方面都得到了极大的加强。这些评审人员有:Christos Alexopoulos(佐治亚理工学院), Russell Barton(宾西法尼亚州立大学), Benita Beamon(华盛顿大学), Chun-Hung Chen(乔治梅森大学), Russell Cheng(南安普敦大学), Joan Donohue(南卡罗来纳大学), Sarah Douglas(俄勒冈大学), Adel Elmaghraby(路易斯维尔大学), Shane Henderson(康奈尔大学), Seong-Hee Kim(佐治亚理工学院), Turgay Korkmaz(德克萨斯大学圣安东尼奥分校), Pierre L'Ecuyer(蒙特利尔大学), Robert Pavur(北德克萨斯大学), Francisco Ramis(Universidad del Bio-Bio), Stephen Robinson(威斯康星大学麦迪逊分校), Ihsan Sabuncuoglu(比尔肯特大学), Paul Savory(内布拉斯加大学林肯分校), Jeffrey Smith(奥本大学)和 Omer Tsimhoni(美国密歇根大学)。不言而喻,本书一定会有不少因疏忽而产生的令人遗憾的错误,虽然如此,本人应该感谢以各种方式给予帮助的以下人员: Chris Alspaugh, Sigrun Andradóttir, Jay April, Jerry Banks, A. J. Bobo, John Carson, Stephen Chick, George Fishman, Richard Fujimoto, James Gentle, Charles Harrell, James Henriksen, Wolfgang Hormann, Sheldon Jacobson, James Kelly, Jack Kleijnen, David Krahl, Eamonn Lavery, Steffi Law, Larry Leemis, Josef Leydold, Anna Marjanski, Michael McComas(已故), Charles McLean, William Nordgren, Rochelle Price, Stuart Robinson, Paul Sanchez, Susan Sanchez, Robert Sargent, Lee Schruben, Andrew Seila, Douglas Soultz, Natalie Steiger, David Sturrock, Andrew Waller, Preston White, Frederick Wieland, Thomas Willemain, James Wilson, and Ronald Wolff。

艾佛利尔 M. 劳

于亚利桑那图森

作者介绍

艾佛利尔·M. 劳是 Averill M. Law & Associates 公司(亚利桑那图森)总裁,该公司专门从事仿真培训、咨询和软件。他以前是亚利桑那大学决策科学教授和威斯康辛·麦迪辛大学工业工程副教授。他在加州大学伯克利分校获得工业工程与运筹学硕士和博士学位,在加州大学长滩分校获得数学文学硕士,以及在宾西法尼亚州立大学获得数学学士。

劳博士一直是许多机构的仿真顾问,例如埃森哲(Accenture)、阿柯(ARCO)、波音、博思艾伦(Booz Allen & Hamilton)、国防建模与仿真办公室、惠普(Hewlett-Packard)、凯撒铝业(Kaiser Aluminum)、金伯利·克拉克(Kimberly-Clark)、M&M/Mars、海军建模与仿真办公室、科学应用国际公司(SAIC)、桑迪亚国家实验室(Sandia National Labs)、瑞典国防材料管理部(Swedish Defense Materiel Administration)、3M、Tropicana、美国空军、美国陆军、邮政局、退伍军人管理局(Veteran's Administration),以及施乐(Xerox)。他在 17 个国家讲授短期仿真课程 400 次以上,包括许多内部讲座,如美铝(ALCOA)、AT&T、波音、卡特彼勒、可口可乐、CSX、通用电气、通用汽车、IBM、Intel、洛克西德·马丁、洛斯·阿尔莫斯国家实验室、导弹防御局、摩托罗拉、NASA、国家安全局、北电网络(Nortel)、诺斯罗普·格鲁门(Northrop Grumman)、3M、时代华纳、UPS、美国空军、美国陆军、美国海军、惠而浦(Whirlpool),以及施乐。

他是 ExpertFit 分布拟合软件的开发者,该软件自动进行仿真输入概率分布选择。ExpertFit 在全世界多于 2000 个单位得到使用。他还开发了**制造系统仿真与怎样进行成功的仿真研究**的录像带。

劳博士是三本书和大量文章的作者(或合作者),领域包括仿真、运筹学、统计学、制造、和通信网络。他的文章“仿真输出数据的统计分析(Statistical Analysis of Simulation Output Data)”曾经是第一篇仿真领域的特邀文章,并出现在大量的研究杂志中。他的制造系统仿真的系列论文获得 1988 年工业工程最佳发行奖。在其学术生涯期间,海军研究办公室支持其仿真研究连续达 8 年之久。他曾任 INFORMS 仿真学院院长。在 1990 年和 1991 年期间,他为工业工程撰写过关于仿真的专栏。他在国际仿真会议上做过大会主题发言。

符 号 表

符号或缩写	定义的页号	符号或缩写	定义的页号
A_i	6	$E()$	
AR, ARMA		EAR	277
ARTA	278	$M/G/1$	60
ASAP	401	$M/M/1$	20
ASAP3	402	$M/M/2$	190
AV	451	$M/M/s$	60
A^T		MLE	212
Δb	268	MRG	301
Bernoulli(p)	229	Erlang	77
beta(α_1, α_2)	215	expo(β)	214
bin(t, p)	231	FIFO	9
$B(\alpha_1, \alpha_2)$		$f(x)$	216
$B(t)$	11	$F(x)$	20
C_{ij}	168	$f(x, y)$	166
C_j	171	F^{-1}	243
CCD	492	gamma(α, β)	215
CNI	500	geom(p)	365
Cor	169	GFSR	305
Cov	168	$GI/G/s$	59
CPU	84	$h(x)$	241
CRN	420	H_0	178
cv	240	HLA	47
CV	455	IID	9
d	11	JSB(α_1, α_2, a, b)	225
D&D	428	JSU($\alpha_1, \alpha_2, \gamma, \beta$)	227
$d(n)$	9	$l(\theta)$	
$\hat{d}(n)$	461	L	
df	176	$L(\theta)$	247
D_i	6	L&C	400
DU(i, j)	230	LCG	297

符号或缩写	定义的页号	符号或缩写	定义的页号
LFC	430	RTI	47
LFSR	304	(s, S)	62
LIFO	59	S_i	6
$LL(\alpha, \beta)$	224	$S^2(n)$	172
$LN(\mu, \sigma^2)$	219	SME	49
$L(t)$	461	t_i	6
m	113	$t_{n-1, 1-a/2}$	176
MC	500	$T(n)$	
MCB	425	10TES	277
$M/E_2/1$	189	TGFSR	306
Weibull(α, β)	216	triang(a, b, m)	228
w. p.	35	$u(n)$	11
w	386	$\hat{u}(n)$	
$w(n)$	29	U	20
$\hat{w}(n)$	461	$U(a, b)$	
$\bar{w}(n)$	461	$U(0, 1)$	278
$N(\mu, \sigma^2)$	218	Var()	
$N(0, 1)$	357	VARTA	277
$N_a(\mu, \Sigma)$	275	VRT	438
N&M	428	W_i	29
NC	499	x_q	243
negbin(s, p)	233	$x_{0.5}$	167
NORTA	355	$\mathbf{x}, \mathbf{X}, \mathbf{X}_k$	
PMMLCG	300	$X_{(i)}$	236
$p(x)$	162	$\bar{X}(n)$	172
$p(x, y)$	165	$\bar{Y}_i(w)$	385
$P(\cdot)$		$z_{1-a/2}$	
Pareto(c, α_2)	290	$\Gamma(\alpha)$	215
Poisson(λ)	235	ζ	204
PT5(α, β)	222	$\Delta(t)$	284
PT6($\alpha_1, \alpha_2, \beta$)		λ	58
Q		$\lambda(t)$	284
$q(n)$	10	μ	
$\hat{q}(n)$		$\mu, \hat{\mu}$	
$Q(t)$	10	v	

符号或缩写	定义的页号	符号或缩写	定义的页号
ρ	59	\wedge	
ρ_{ij}	169	\approx	176
ρ_j	171	\in	12
σ		\sim	
σ^2	167	$\xrightarrow{\mathcal{D}}$	
Σ	274	$\begin{pmatrix} t \\ x \end{pmatrix}$	
$\hat{\Sigma}$		$\lfloor x \rfloor$	230
$\Phi(z)$	175	$\lceil x \rceil$	319
$\chi^2_{k-1, 1-\alpha}$		$\{ \}$	
$\Psi(\hat{a})$			
ω	58		

目 录

目录中某些章节标题后括号中的数字代表本章节部分内容中涉及的章节序号

译者序

前言

作者介绍

符号表

第 1 章 仿真建模入门	1
1.1 仿真的本质	1
1.2 系统、模型及仿真.....	2
1.3 离散事件仿真	4
1.3.1 时间推进机制.....	5
1.3.2 离散事件仿真模型的成分与组织.....	6
1.4 单服务台排队系统的仿真	8
1.4.1 问题描述.....	8
1.4.2 直观解释	12
1.4.3 程序组织与逻辑	19
1.4.4 C 程序	22
1.4.5 仿真输出与讨论	28
1.4.6 其他终止规则	30
1.4.7 事件和变量的确定	33
1.5 库存系统的仿真.....	35
1.5.1 问题描述	35
1.5.2 程序组织和逻辑	36
1.5.3 C 程序	39
1.5.4 仿真输出和讨论	44
1.6 并行/分布式仿真和高层体系结构	45
1.6.1 并行仿真	45
1.6.2 分布式仿真和高层体系结构	47
1.7 一个有效的仿真研究的步骤.....	49
1.8 其他类型的仿真.....	51
1.8.1 连续仿真	51
1.8.2 离散-连续组合仿真	52
1.8.3 蒙特卡罗仿真	53
1.8.4 电子表格仿真	54

1.9 仿真的优点、缺点和缺陷	56
附录 1A 固定增量时间推进	57
附录 1B 排队系统初步	58
1B.1 排队系统的组成	58
1B.2 排队系统的表示符号	59
1B.3 对排队系统性能的评价	59
习题	61
第 2 章 复杂系统建模	67
2.1 引言	67
2.2 仿真中的表处理	67
2.2.1 计算机中存储表的方法	68
2.2.2 链式存储分配	68
2.3 简单仿真语言: simlib	71
2.4 单服务台排队系统的 simlib 仿真	79
2.4.1 问题描述	79
2.4.2 simlib 程序	79
2.4.3 仿真输出与讨论	83
2.5 分时计算机模型	84
2.5.1 问题描述	84
2.5.2 simlib 程序	85
2.5.3 仿真输出与讨论	92
2.6 可换队的多出纳台银行	93
2.6.1 问题描述	93
2.6.2 simlib 程序	94
2.6.3 仿真输出与讨论	103
2.7 加工车间模型	104
2.7.1 问题描述	104
2.7.2 simlib 程序	105
2.7.3 仿真输出与讨论	114
2.8 高效的事件表处理	115
附录 2A Simlib 的 C 代码	116
习题	127
第 3 章 仿真软件	141
3.1 引言	141
3.2 仿真软件包与编程语言	141
3.3 仿真软件分类	142
3.3.1 通用与面向应用的仿真软件包的比较	142

3.3.2	建模方法	143
3.3.3	通用建模元素	144
3.4	期望的仿真软件特点	145
3.4.1	通用能力	145
3.4.2	软硬件需求	147
3.4.3	动画和动态图形	147
3.4.4	统计能力	148
3.4.5	客户支持和文档	149
3.4.6	输出报告和图表	150
3.5	通用仿真软件包	150
3.5.1	Arena	150
3.5.2	Extend	154
3.5.3	其他通用仿真软件包	159
3.6	面向对象的仿真	159
3.7	面向应用的仿真软件包举例	160
第4章	基础概率与统计回顾	161
4.1	引言	161
4.2	随机变量和它们的性能	161
4.3	仿真输出数据和随机过程	170
4.4	均值、方差和相关系数的估计	172
4.5	均值的置信区间和假设检验	175
4.6	强大数定律	179
4.7	用均值来替代概率分布的危险性	180
附录 4A	协方差平稳过程的说明	180
习题		180
第5章	建立有效、可信、适度详细的仿真模型	184
5.1	引言及定义	184
5.2	确定模型详细程度的准则	186
5.3	仿真计算机程序校验	188
5.4	提高模型有效性和可信性的技术	191
5.4.1	收集系统高质量的信息和数据	191
5.4.2	与管理者定期沟通	192
5.4.3	维持一份书面的假设文档,并执行一次结构化走查	193
5.4.4	采用定量技术确认模型组件	194
5.4.5	确认整个仿真模型的输出	195
5.4.6	动画	199
5.5	管理者在仿真过程中的作用	200

5.6	比较实际观测值和仿真输出数据的统计程序	200
5.6.1	检测法	200
5.6.2	基于独立数据的置信区间法	203
5.6.3	时间序列方法	205
5.6.4	其他方法	206
	习题	206
第6章	输入概率分布选择	208
6.1	引言	208
6.2	常用的概率分布	212
6.2.1	连续分布的参数化	212
6.2.2	连续分布	212
6.2.3	离散分布	228
6.2.4	实验分布	236
6.3	评估样本独立性的方法	237
6.4	活动 I: 假设分布类别	239
6.4.1	求和统计	240
6.4.2	直方图	241
6.4.3	分位数求和与盒形图	243
6.5	活动 II: 参数估计	246
6.6	活动 III: 判断拟合分布的代表性	250
6.6.1	启发式方法	250
6.6.2	拟合优良度检验	256
6.7	ExpertFit 软件与扩展的例子	266
6.8	分布平移与截断	271
6.9	贝塞尔分布	272
6.10	确定多元分布、相关性及随机过程	273
6.10.1	确定多元分布	274
6.10.2	确定任意边际分布与相关性	276
6.10.3	确定随机过程	277
6.11	缺少数据时分布的选择	278
6.12	到达过程模型	282
6.12.1	泊松过程	283
6.12.2	非平稳泊松过程	284
6.12.3	批到达	286
6.13	不同数据集的同质性评测	286
附录 6A	伽玛和贝塔分布的 MLE 表	287
	习题	290

第 7 章 随机数发生器	294
7.1 引言	294
7.2 线性同余发生器	297
7.2.1 混合发生器.....	299
7.2.2 乘法发生器.....	299
7.3 其他类型的发生器	301
7.3.1 更一般的同余.....	301
7.3.2 组合发生器.....	301
7.3.3 反馈移位寄存器发生器.....	303
7.4 随机数发生器的检验	307
7.4.1 实验检验.....	307
7.4.2 理论检验.....	311
7.4.3 关于检验的某些一般看法.....	314
附录 7A PMMLCG 的可移植 C 源码	314
附录 7B 组合 MRG 的可移植 C 源码	316
习题.....	318
第 8 章 随机变数的产生	321
8.1 引言	321
8.2 产生随机变数的通用方法	322
8.2.1 反变换法.....	322
8.2.2 组合法.....	329
8.2.3 卷积法.....	331
8.2.4 舍选法.....	332
8.2.5 均匀比法.....	335
8.2.6 特性法.....	337
8.3 连续随机变数的产生	338
8.3.1 均匀分布.....	339
8.3.2 指数分布.....	339
8.3.3 m -阶厄兰分布	339
8.3.4 伽玛分布.....	340
8.3.5 韦伯分布.....	342
8.3.6 正态分布.....	342
8.3.7 对数正态分布.....	343
8.3.8 β 分布	344
8.3.9 皮尔森 V 型分布.....	344
8.3.10 皮尔森 VI 型分布	345
8.3.11 对数逻辑斯谛克分布	345

8.3.12	有界江森分布	345
8.3.13	无界江森分布	345
8.3.14	贝赛尔(Bezier)分布	346
8.3.15	三角分布	346
8.3.16	实验分布	346
8.4	离散随机变数的产生	347
8.4.1	伯努利分布	348
8.4.2	离散均匀分布	348
8.4.3	任意离散分布	348
8.4.4	二项分布	351
8.4.5	几何分布	352
8.4.6	负二项分布	352
8.4.7	泊松分布	352
8.5	随机矢量、相关随机变数与随机过程的产生	353
8.5.1	利用条件分布	353
8.5.2	多变量正态分布与多变量对数正态分布	353
8.5.3	相关伽玛随机变数	354
8.5.4	由多变量族中产生	355
8.5.5	具有任意规定的边际分布和相关性的随机矢量的产生	355
8.5.6	随机过程的产生	356
8.6	到达过程的产生	357
8.6.1	泊松过程	357
8.6.2	非平稳泊松分布	357
8.6.3	批到达	360
附录 8A	舍选法的正确性	360
附录 8B	别名法的准备	361
	习题	362
第 9 章	单系统输出数据分析	366
9.1	引言	366
9.2	随机过程的瞬态和稳态行为特性	368
9.3	关于输出分析的仿真类型	370
9.4	终止型仿真的输出分析	373
9.4.1	均值估计	373
9.4.2	其他性能度量的估计	380
9.4.3	初始条件选择	383
9.5	稳态参数的统计分析	383
9.5.1	初始瞬态问题	384
9.5.2	均值的重复运行/删除法	390