

WILEY

计算机应用与可靠性工程中的 概率统计

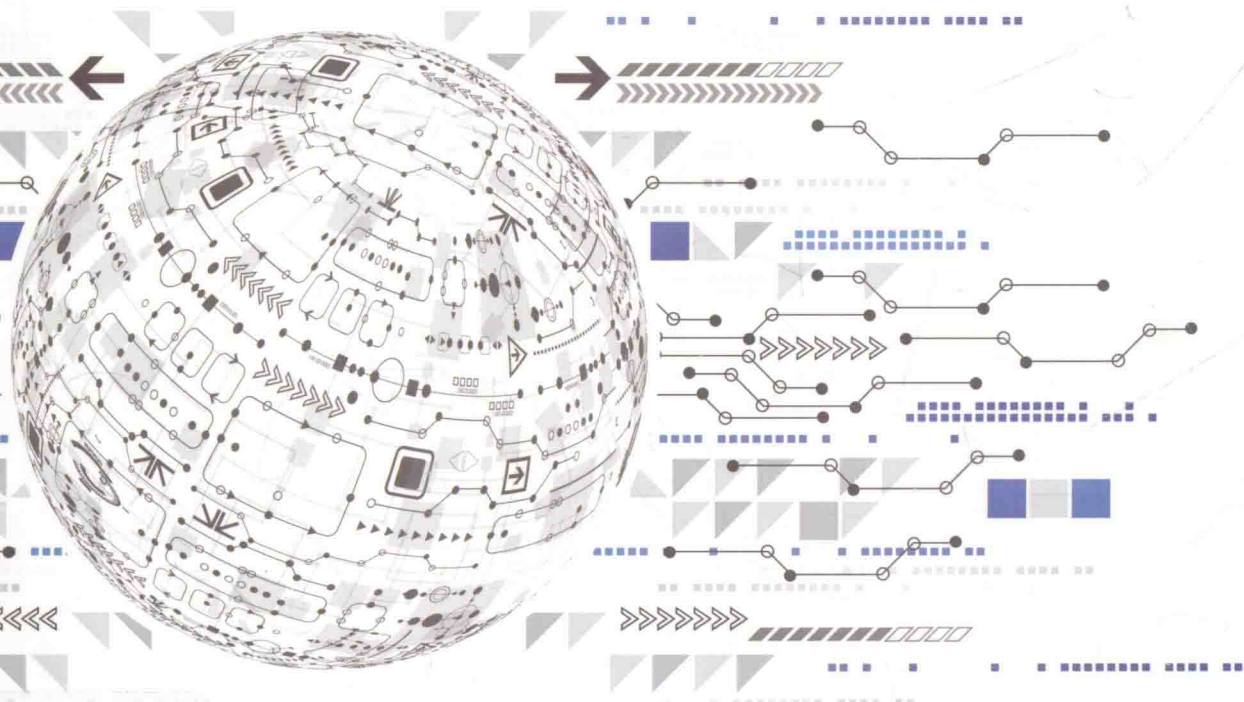
(中文版·原书第2版)

Probability and Statistics with Reliability, Queuing,
and Computer Science Applications, **Second Edition**

[美] Kishor S. Trivedi 著

伍志韬 张 越 译

黄 宁 审



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

计算机应用与可靠性工程中的 概率统计

(中文版·原书第2版)

Probability and Statistics with Reliability, Queuing, and Computer
Science Applications, Second Edition

[美] Kishor S.Trivedi 著

伍志韬 张 越 译
黄 宁 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为美国杜克大学计算机科学与工程学院的 Kishor S. Trivedi 教授根据其在计算机系统可靠性分析研究领域 30 多年的实践经验,专门针对计算机网络系统,采用概率论、随机过程和统计分析方法的可靠性分析方法与技术专著。本书为原书第 2 版,在第 1 版对概率论、随机过程、统计方法等知识系统阐述的基础上,新增加了随机 Petri 网、系统可用性、软件可靠性以及数值分析等理论,并且提供了近 300 个样例和自学例题,极大地丰富了本书内容。全书可以分为三个部分:1~5 章介绍了概率基础理论,包括概率基础、离散和连续随机变量及其数字特征;6~9 章介绍介绍了随机过程在系统建模中的应用,主要包括随机过程相关定义、离散时间马尔可夫链、连续时间马尔可夫链以及排队网络等;最后两章分别介绍了统计推断及回归和方差分析。本书的知识结构完备,为网络系统可靠性研究提供了良好的基础知识。

本书主要面向计算机科学、网络工程、可靠性工程和应用数学专业的高年级本科生或硕、博士研究生,也可作为相关从业人员的参考资料。

Probability and Statistics with Reliability, Queuing, and Computer Science Applications, Second Edition

ISBN:978-0-471-33341-8, Kishor S. Trivedi

Copyright © 2002 by John Wiley & Sons, Inc., New York.

All rights reserved. This translation published under license.

No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of

John Wiley & Sons, Inc.

本书中文简体中文字版专有翻译出版权由美国 John Wiley & Sons, Inc. 公司授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字:01-2013-7212

图书在版编目(CIP)数据

计算机应用与可靠性工程中的概率统计:第 2 版/(美)特里维迪(Trivedi, K.S.)著;伍志韬,张越译. —北京:电子工业出版社,2015.7

书名原文:Probability and Statistics with Reliability, Queuing, and Computer Science Applications, Second Edition

ISBN 978-7-121-26404-7

I. ①计… II. ①特… ②伍… ③张… III. ①计算机应用—概率统计—研究 ②可靠性工程—概率统计—研究 IV. ①O211 ②TB114.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 138354 号

策划编辑:齐 岳

责任编辑:徐 静 齐 岳 特约编辑:刘 双

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:42.5 字数:1034 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

定 价:98.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

作者简介



Kishor Shridharbhai Trivedi

Trivedi 教授自 1975 年起在美国杜克大学任教至今,是杜克大学计算机科学与工程学院 Hudson 讲座教授,同时也是北卡罗来纳州立大学和杜克大学的 NSF 合作研究中心 Duke 大学站主任,曾担任北约、美国航空航天局等多个国际重要组织机构和跨国公司的首席研究员以及 IEEE 计算机汇刊编辑、IEEE 可靠性和系统安全汇刊编委。目前,Trivedi 教授主要从事软件可靠性研究,(计算机)系统建模方法研究,系统性能、可靠性、可用性模型应用研究以及相应支持软件工具开发设计等工作。Trivedi 教授至今已发表学术论文 200 余篇,出版专著 5 部,其所在小组研发的分析工具——SHARPE、SPNP 和 SREPT,已成功应用于 500 多所大学和企业的实验室,其中包括波音、通用电气、SUN、思科、IBM、惠普等世界五百强企业。

第 1 版序言

本书旨在向计算机科学、电子/计算机工程、可靠性工程和应用数学专业的学生介绍概率论、随机过程和统计方面的相关内容。阅读本书之前需要学习两个学期的微积分、计算机编程的课程，最好还学习过计算机组成原理的课程。

书中的内容可在 2 个学期或 3 个季度课程内完成。同时，一些较短时间的课程也可以选择本书部分内容进行授课。我给本科高年级学生和研究生一年级学生教授过书中的内容，当然，本书也可以给低年级的学生自学相关内容时提供参考。

我尝试提供一些实例和问题，以便学生能够用这些例子和问题理解概率的概念。大多数应用问题来自计算机系统的可靠性分析和性能分析及概率分析算法。尽管在这些应用领域中有很多好的内容，但我觉得需要一本以平衡的方式介绍这些内容的书。

本书 1~5 章介绍了概率论理论，这五个章节为应用概率课程提供了第一学期的核心内容；6~9 章介绍了随机过程及其应用，这四个章节的内容构成了第二学期课程的核心内容，此课程名称可拟定为“系统建模”。这部分还包括一整章的排队网络内容（第 9 章）。最后两章分别介绍了统计推断和回归。我在第 3 章加了一些用来处理连续型随机变量的抽样分布方面的内容。统计的部分章节可以在第一学期讲授，其他章节可以放在第二学期讲授。

除了 200 多个案例外，大多数的章节最末都有一定量的问题及复习题。有难度的练习题均用星号标示。教师可从出版商处获得答案手册。

我要感谢 Duke 大学的计算机科学系和 Merrell Patrick 对本书给予的鼓励和支持。Patricia Land 高效的打字技巧使这本书的书写工作更加容易。

我的很多朋友、同事和学生仔细阅读了本书的几份草稿后提出了许多建议，提高了书本的可读性和准确性。非常感谢 Robert Geist, Narayan Bhat, Satish Tripathi, John Meyer, Frank Harrell, Veena Adlakha 以及 Jack Stiffler 的建议。感谢 Joey de la Cruz 和 Nelson Strothers 自编写初期以来在编辑和录入方面提供的帮助。同时也感谢 Prentice-Hall 的工作人员在准备这本书时提供的帮助。

我要感谢我的妻子 Kalpana 和我的女儿 Kavita 和 Smita 支持我专注于这项工作。谨以此书献给我的父母。

Kishor S. Trivedi

第2版序言

自这本书第1版出版以来，已经过去近20年了。印度版本的第1版现在还在印刷而且发行得很好。在第2版中，我已经彻底修订了所有的章节，更新了许多案例和问题，并且添加了新的案例和问题。在系统可用性建模、无线系统性能和可用性建模、软件可靠性建模和系统可运行性建模方面新增了相当多的案例，并增加了一些故障树、随机Petri网和马尔可夫链数值解析技巧方面的新内容。同时增加了马尔可夫排队网的响应时间分布计算的内容。第8章的连续时间马尔可夫链的变化是最大的。在过去的25年里（在撰写本书时），这些章节中的很多方法在实际研究和应用中已经过时了，因此对其进行了更新。我希望本书可用作课堂教材，以及工程实践参考。研究人员也可以在这里找到有价值的资料。我尽量避免增加过多的非常先进的素材。因此，本书省略了一些内容，如马尔可夫再生过程的讨论、流体随机Petri网和二元决策图等。其他省略的内容包括自相似性理论、大偏差理论、扩散近似理论等。本书非常简要地介绍了分层和定点迭代模型的内容，而建模软件与各种相关容错方面的内容并没有做介绍。

我要感谢我现在的学生——Yonghuan Cao, Dong Chen, Dongyan Chen, Christophe Harel, Lei Li, Yun Liu, Rajiv Poonamalli, Srinivasan Ramani, Kalyan Vaidyanathan, Wei Xie 和Liang Yin; 现在的博士后同事——Dr. Katerina Goseva-Popstojanova, Dr. Yiguang Hong, Dr. Xiaomin Ma, 和Dr. Dharmaraja Selvamuthu; 已经毕业的学生——Dr. Hoon Choi, Dr. Gianfranco Ciardo, Dr. Ricardo Fricks, Dr. Sachin Garg, Dr. Swapna Gokhale, Wei Li, Xuemei (Judith) Lou, Dr. Tong Luo, Dr. Yue Ma, Dr. Varsha Mainkar, Dr. Manish Malhotra, Anu Mohan, Dr. Jogesh Muppala, Hu Pan, Dr. Anapathur Ramesh, Dr. Robin Sahner, Kartik Sudeep, Dr. Steve Woolet和Dr. Xinyu (Henry) Zang; 以前的博士后同事——Dr. Hairong Sun, Dr. Bruno Tuffin; 和其他的朋友——Prof. Tadashi Dohi, Dr. Zahava Koren, Prof. Igor Kovalenko, Prof. Kang Lee, Dr. Bharat Madan和Prof. Alex Thomnasian。

Kishor S. Trivedi

2001年8月

译者序

随着科技的不断进步，计算机所带来的智能化和网络技术正不断融入到越来越多的系统中，无论是2005年美国针对保持和提高国家技术竞争力所提出的信息物理系统（Cyber Physical Systems, CPS）研究计划，还是2013年德国针对以“智能制造”为主导的第四次工业革命所提出的工业4.0，抑或中国针对智能制造所提出的“中国制造2025”都以智能化网络系统作为基础，因此对这类系统的可靠性分析十分重要，但工程应用领域一直缺乏专门针对此类系统的可靠性分析方法专著。

本书为美国杜克大学计算机科学与工程学院的Kishor Shridharbhai Trivedi教授根据其在计算机系统可靠性分析研究领域30多年的实践经验，专门针对计算机系统，采用概率论、随机过程和统计分析方法的可靠性分析方法与技术专著。本书为原书第2版，在第1版对概率论、随机过程、统计方法等知识系统阐述的基础上，新增加了随机Petri网、系统可用性、软件可靠性以及数值分析等理论，并且提供了200多个样例和自学例题，极大地丰富了本书内容。本书被指定为杜克大学计算机科学与工程学院开设的秋季课程“系统分析中的数学方法”和春季课程“计算机网络的性能和可靠性分析”的教材，同时在Amazon.com上也得到了很高的评价。本书的知识结构完备，读者仅需要掌握一定的微积分知识即可。Trivedi教授是国际上著名的计算机工程与系统可靠性工程的专家，曾担任北约、美国航空航天局等多个国际重要组织机构和跨国公司的首席研究员以及IEEE计算机汇刊编辑、IEEE可靠性和系统安全汇刊编委。

北京航空航天大学可靠性与系统工程学院网络可靠性研究组 (<http://netrel.buaa.edu.cn/>) 多年来致力于网络系统可靠性技术的研究，鉴于本书对网络系统可靠性研究提供了良好的基础，特组织翻译了本书，可作为计算机科学、网络工程、可靠性工程和应用数学专业的高年级本科生或硕、博士研究生的学习材料，也可供相关从业人员作参考。

本书主要由伍志韬、张越进行翻译，参加初译工作的还有张楠（第1章及附录）、李心坤（第2章）、刘小西（第3章）、杨洪旗（第4、5章）、张越（第6章）、郑晓燕（第7章）、伍志韬（第8章及第9章部分章节）、蒋鑫（第9章部分章节）、周剑（第10章）、辛建雯（第11章），全书由伍志韬进行统稿。在本书的翻译出版过程中，得到了电子工业出版社工业技术分社徐静社长、齐岳编辑的悉心指导和帮助，在此向他们表示衷心的感谢。

鉴于译者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。



2015年5月

缩略语索引

APS	Automatic Protection Switching	自动保护转接
ARQ	Automatic Repeat Request	自动重传请求
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
BCC	Blocked Calls Cleared	分区呼叫清除
BDD	Binary Decision Diagram	二元决策图
BER	Bit Error Rate	误码率
BR	Base Radio	基站电台
BTS	Base-Transceiver System	基站收发系统
CDF	Cumulative Distribution Function	累积分布函数
CFR	Constant Failure Rate	常数失效率
CME	Conditional Mean Exceedance	条件平均超标值
CPU	Central Processing Unit	中央处理单元
CRTD	Conditional Response Time Distribution	条件响应时间分布
CSM	Central Server Model	中央服务器模型
CTMC	Continuous-Time Markov Chain	连续时间马尔可夫链
DCL	Upper Confidence Limit	置信上限
DFR	Decreasing Failure Rate	递减失效率
DTMC	Discrete-Time Markov Chain	离散时间马尔可夫链
ESS	Electronic Switching System	电子开关系统
FCFS	First Come, First Served	先到先服务
FIFO	First In, First Out	先进先出
FIT	Failure In Time	失效时间
GBN	Go Back N	后退N步协议
GMR	General (Ized) Multiplication Rule	广义乘法法则
GSPN	Generalized Stochastic Petri Net	广义随机Petri网
IBP	Interrupted Bernoulli Process	Bernoulli中断过程
IFR	Increasing Failure Rate	递增失效率
I/O	Input/Output	输入/输出
IRM	Independent Reference Model	独立引用模型
IS	Infinite Server	无穷多个服务器
ISP	Internet Service Provider	互联网服务提供商
LAN	Local Area Network	局域网
LCFS	Last Come, First Served	后到先服务

LCFS-PR	LCFS-Preemptive Resume	抢占式后到先服务
LCL	Lower Confidence Limit	置信下限
LLC	Logical Link Control	逻辑链路控制
LRU	Least Recently Used	最近最少使用
LST	Laplace-Stieltjes Transform	Laplace-Stieltjes变换
LT	Laplace Transform	拉普拉斯变换
MAC	Medi (um) (a) Access Control	介质访问控制子层
MAP	Markovian Arrival Process	马尔可夫到达过程
METF	Mean Effort To (Security) Failure	平均(安全)失效的尝试次数
MGF	Moment Generating Function	矩母函数
MLE	Maximum-Likelihood Estimator	极大似然估计
MMBP	Markov Modulated Bernoulli Process	马尔可夫调制Bernoulli过程
MMPP	Markov Modulated Poisson Process	马尔可夫调制Poisson过程
MRM	Markov Reward Model	马尔可夫奖励模型
MTBF	Mean Time Between Failures	平均失效间隔时间
MTTF	Mean Time To Failure	平均失效时间
MTTR	Mean Time To Repair	平均维修时间
MVA	Mean-Value Analysis	中值分析
NHCTMC	Nonhomogeneous CTMC	非时齐连续时间马尔可夫链
NHPP	Nonhomogeneous Poisson Process	非齐次Poisson过程
ODE	Ordinary Differential Equation	常微分方程
PASTA	Poisson Arrivals See Time Averages	泊松到达平均经历时间
PDF	Probability Density Function	概率密度函数
PMF	Probability Mass Function	概率质量函数
PRS	Preemptive Resume	优先恢复
PRT	Preemptive Repeat	优先重复
PS	Processor Sharing	处理器共享
QoS	Quality of Service	服务质量
RBD	Reliability Block Diagram	可靠性框图
RG	Reliability Graph	可靠性图
RR	Round Robin	轮询调度
SDP	Sum of Disjoint Products	不交积和
SEN	Shuffle Exchange Network	混洗交换网路
SHARPE	Symbolic Hierarchical Automated Reliability and Performance Evaluator	符号层次化的可靠性和性能自动评估软件包

SLTF	Shortest Latency Time First	最短执行时间优先
SMP	Semi-Markov Process	半马尔可夫过程
SOR	Successive Over Relaxation	逐次超松弛
SPNP	Stochastic Petri Net Package	随机Petri网软件包
SREPT	Software Reliability Estimation And Prediction Tool	软件可靠性评估和预测工具
SRN	Stochastic Reward Net	随机奖励网
SRPTF	Shortest Remaining Processing Time First	最短剩余处理时间优先
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
TLP	Total Loss Probability	全丢失概率
TMR	Triple Modular Redundancy	三模冗余
UBT	Upside-Down Bathtub	倒置浴盆
URTD	Unconditional Response Time Distribution	无条件的响应时间分布
VLSI	Very Large Scale Integrated (Circuits)	超大规模集成电路
WFS	Workstation-File Server (System)	工作站文件服务器 (系统)

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 动机	1
1.2 概率模型	2
1.3 样本空间	3
1.4 事件	5
1.5 事件的代数运算	6
1.6 事件图示法	9
1.7 概率公理	11
1.8 组合问题	15
1.8.1 可放回的大小为 k 的有序样本空间	17
1.8.2 不可放回的大小为 k 的有序样本空间	17
1.8.3 不可放回的大小为 k 的无序样本空间	18
1.9 条件概率	20
1.10 事件的独立性	21
1.11 Bayes 法则	32
1.12 Bernoulli 试验	38
复习题	49
参考文献	51
第 2 章 离散型随机变量	53
2.1 引言	53
2.2 随机变量及其事件空间	54
2.3 概率质量函数	55
2.4 分布函数	57
2.5 常见的离散分布	59
2.5.1 Bernoulli 分布	59
2.5.2 二项分布	60

2.5.3	几何分布	67
2.5.4	负二项分布	69
2.5.5	Poisson 分布	70
2.5.6	超几何分布	73
2.5.7	离散均匀分布	75
2.5.8	常值分布	76
2.5.9	示性随机变量	77
2.6	MAX 算法分析	78
2.7	概率生成函数	81
2.8	离散型随机向量	84
2.9	随机变量的独立性	89
	复习题	96
	参考文献	97
第 3 章	连续型随机变量	98
3.1	引言	98
3.2	指数分布	102
3.3	可靠度和失效率	106
3.4	一些重要的分布	110
3.4.1	亚指数分布	110
3.4.2	Erlang 和 Gamma 分布	112
3.4.3	超指数分布	114
3.4.4	Weibull 分布	115
3.4.5	Log-Logistic 分布	116
3.4.6	正态分布	117
3.4.7	均匀分布	122
3.4.8	Pareto 分布	123
3.4.9	缺损分布	125
3.5	随机变量函数	126
3.6	联合分布随机变量	131
3.7	次序统计量	134
3.8	和分布	142
3.9	正态随机变量函数	153
	复习题	159
	参考文献	160
第 4 章	期望	162
4.1	引言	162
4.2	矩	166

4.3 多元随机变量函数的期望	168
4.4 变换方法	174
4.5 常用分布的矩和变换	182
4.5.1 离散均匀分布	182
4.5.2 Bernoulli 分布	183
4.5.3 二项分布	183
4.5.4 几何分布	184
4.5.5 Poisson 分布	185
4.5.6 连续均匀分布	186
4.5.7 指数分布	186
4.5.8 Gamma 分布	187
4.5.9 亚指数分布	188
4.5.10 超指数分布	188
4.5.11 Weibull 分布	189
4.5.12 Log-Logistic 分布	190
4.5.13 Pareto 分布	191
4.5.14 正态分布	191
4.6 平均失效时间的计算	192
4.6.1 串联系统	193
4.6.2 并联系统	194
4.6.3 备用冗余系统	195
4.6.4 TMR 和 TMR/单模系统	195
4.6.5 $k n$ 表决系统	196
4.6.6 混合 $k n$ 表决系统	196
4.7 不等式和极限定理	199
复习题	204
参考文献	205
第 5 章 条件分布和期望	207
5.1 引言	207
5.2 混合分布	214
5.3 条件期望	220
5.4 不完全覆盖故障及可靠性	226
5.5 随机和	234
参考文献	241
第 6 章 随机过程	243
6.1 引言	243
6.2 随机过程的分类	247

6.3 Bernoulli 过程	252
6.4 Poisson 过程	255
6.5 更新过程	262
6.6 可用性分析	266
6.7 随机插入	274
6.8 程序行为的更新模型	277
参考文献	279
第 7 章 离散时间马尔可夫链	280
7.1 引言	280
7.2 n 步转移概率的计算	283
7.3 状态分类及极限概率	288
7.4 状态转移间隔时间分布	296
7.5 马尔可夫调制 Bernoulli 过程	298
7.6 有限不可约的非周期链	300
7.6.1 多处理器系统的内存干扰	300
7.6.2 程序内存引用行为模型	303
7.6.3 时隙 Aloha 模型	309
7.6.4 ATM 多路复用器的性能分析	311
7.7 $M/G/1$ 排队系统	313
7.8 离散时间的生灭过程	319
7.9 具有吸收态的有限马尔可夫链	326
复习题	334
参考文献	335
第 8 章 连续时间马尔可夫链	337
8.1 引言	337
8.2 生灭过程	342
8.2.1 $M/M/1$ 队列	345
8.2.2 $M/M/m$ 队列	350
8.2.3 有限状态空间	355
8.3 生灭过程的其他特殊情况	371
8.3.1 纯新生过程	371
8.3.2 纯死亡过程	374
8.4 非生灭过程	377
8.4.1 可用性模型	378
8.4.2 性能模型	395
8.4.3 性能和可用性联合分析	400
8.5 具有吸收态的 Markov 链	414

8.6 求解技巧	430
8.6.1 稳态分析方法	430
8.6.2 瞬态分析方法	434
8.7 自动生成	438
8.7.1 Petri 网	438
8.7.2 随机 Petri 网	440
8.7.3 广义随机 Petri 网	442
8.7.4 随机奖励网	445
参考文献	451
第 9 章 排队网络	458
9.1 引言	458
9.2 开环排队网络	462
9.3 闭环排队网络	468
9.4 一般服务分布和多任务类型	490
9.5 非乘积形式解的网络	497
9.6 响应时间分布的计算	507
9.6.1 开环排队网络的响应时间分布	507
9.6.2 闭环排队网络的响应时间分布	513
9.7 总结	516
参考文献	518
第 10 章 统计推断	522
10.1 引言	522
10.2 参数估计	523
10.2.1 矩估计法	529
10.2.2 极大似然估计法	531
10.2.3 置信区间	538
10.2.4 与 Markov 链相关的估计	554
10.2.5 非独立样本的估计	564
10.3 假设检验	567
10.3.1 总体均值的检验	568
10.3.2 关于两个均值的假设	578
10.3.3 关于方差的假设	583
10.3.4 拟合优度检验	584
参考文献	593
第 11 章 回归和方差分析	595
11.1 引言	595
11.2 最小二乘曲线拟合	599

11.3	决定系数	601
11.4	线性回归的置信区间	603
11.5	趋势检测和斜率估计	606
11.5.1	Mann-Kendall 检验	607
11.5.2	Sen 斜率估计法	608
11.6	相关性分析	608
11.7	简单的非线性回归	611
11.8	高维最小二乘拟合	612
11.9	方差分析	614
	参考文献	623
附录 A	参考文献	625
A.1	理论部分	625
A.1.1	概率论	625
A.1.2	随机过程	626
A.1.3	排队论	626
A.1.4	可靠性理论	627
A.1.5	统计学	628
A.2	应用	629
A.2.1	计算机性能评价	629
A.2.2	通信	630
A.2.3	算法分析	631
A.2.4	仿真	631
A.2.5	计算机-通信网络	631
A.2.6	运筹学	632
A.2.7	容错计算	633
A.2.8	软件可靠性	633
A.2.9	数值求解	634
附录 B	常用分布表	635
附录 C	统计数值表	637
附录 D	Laplace 变换	659
附录 E	程序性能分析	664

第1章

绪论

1.1 动机

计算机工程师需要有效的技术来分析计算机系统。同样，网络工程师也需要适当的方法来分析网络协议、路由算法和拥塞现象。计算机系统和网络都有可能发生故障，因此有必要分析它们的可靠性和可用性。用于分析的理论基础就是概率论。例如，在分析算法运行时间时，通常要对其在最差和一般情况下的运行情况加以区别。这是因为对于某些问题，在最差情况下运行时间可能要很长，而在一般情况下的运行时间则相对短一些。由于我们面对更多的是一般情况，算法的概率（或一般情况）分析可能会更有用。以上分析是以“算法的性能依赖于输入项的分布”为前提的。因此，在分析之前，必须指定其有关的概率分布。以分析排序算法为例，通常的假设是每一个输入序列的排列顺序是等可能发生的。

类似地，如果存储空间是动态分配的，那么对存储空间需求的概率分析要比对最坏情况的分析更为合适。同样地，在数值算法分析中，在最坏情况下对舍入误差累积分析往往会得出悲观的结果。而概率分析，虽然困难，但更有效。

当我们分析一个为许多用户提供服务的 Web 服务器时，需要解释几种随机现象。首先，由于不同的庞大的用户群体，其访问请求到达模式是随机的。其次，请求的资源需求可能会在请求之间以及单个请求执行过程中出现波动。最后，由于环境条件和老化现象，Web 服务器的资源可能随时失效。随机过程理论的各种度量指标（如吞吐量、响应时间、可靠性和可用性）在评估系统的有效性中是非常有用的。

在分析一个算法（或协议）或系统之前，需要确定各种概率分布。那么怎么确定这些