

 理性派

身边的数学译丛

# 程序员的数学： 线性代数和概率统计

[美]欧内斯特·戴维斯 ( Ernest Davis )◎著  
侯亚君 王宏栋 许可 马建军 高峰◎主译



 CRC Press  
Taylor & Francis Group



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

身边的数学译丛

# 程序员的数学： 线性代数和概率统计

[美] 欧内斯特·戴维斯 (Ernest Davis) 著  
侯亚君 王宏栋 许可 马建军 高峰 主译



机械工业出版社

本书以计算机科学的视角,介绍了线性代数和概率论,并包括一些基本的统计知识。书中有很多应用实例,它们来自广泛的计算机科学领域,包括计算机图形学、计算机视觉、机器人、自然语言处理、搜索引擎、机器学习、统计分析、博弈论、图论、科学计算、决策论、编码学、密码学、网络分析、数据压缩和信号处理。本书还对 MATLAB 进行了深入的讨论,包括大量的 MATLAB 练习和程序设计作业。

本书既适合作为计算机相关专业的数学基础课教材,又可作为程序员、数学教师和感兴趣读者的参考书。

Linear Algebra and Probability for Computer Science Applications/by Ernest Davis/ISBN: 9781466501553

Copyright © 2012 by Taylor & Francis Group, LLC

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved;

本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版,并经其授权翻译出版,版权所有,侵权必究。

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese Simplified edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书简体中文翻译版,由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售,未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面原贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权登记 图字 01-2012-8711。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

程序员的数学:线性代数和概率统计/(美)欧内斯特·戴维斯(Ernest Davis)著;侯亚君等译. —北京:机械工业出版社,2018.2

(身边的数学译丛)

书名原文:Linear Algebra and Probability for Computer Science Applications

ISBN 978-7-111-58668-5

I. ①程… II. ①欧… ②侯… III. ①线性代数②概率统计 IV. ①O151.2  
②O211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 302070 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:韩效杰 责任编辑:韩效杰 李乐

责任校对:刘岚 封面设计:路恩中

责任印制:张博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22 印张·546 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-58668-5

定价:79.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

# 前 言

自从 50 年前计算机科学(CS)首次成为一门学科以来,始终存在一个核心的问题:“一名计算机科研人员需要了解哪些大学水平的数学知识以及到什么程度呢?”正如所有的学科一样,正确的回答是对所有的相关知识应该无所不知。然而实际的情况是,如果与计算机专业的教授们共进午餐时提出这个问题,很快就会听到他们熟悉的抱怨:如今的学生不知道笛沙格定理以及从未听说过  $p$  进制数。鉴于学位课的学时有限,对 CS 专业的学生来说,每增加一门数学课程,实质上就要减少一门 CS 课程。传统上是安排两门数学必修课,第一学期的微积分,另外一个学期的本专业必备的“离散数学”课程——由逻辑、集合论和组合数学构成的、令人愉快的大杂烩。在这两门数学课程之外,更多的数学课成了选修课。

我无意背离传统。我认为离散数学课程的确为数据库、编译器、操作系统、架构,以及网络等“核心”领域中工作的人提供了足够的数学背景。在这些领域,许多职业生涯非常成功的人对数学知之不多,他们经常会遇到数学问题,但都是次要的非系统性问题,而当这些问题出现时,他们可以补上所需要的数学知识。

然而,CS 的其他领域,包括人工智能、图形学、机器学习、优化、数据挖掘、计算金融、计算生物学、生物信息学、计算机视觉、信息检索、网络搜索等,需要不同的数学背景。在过去 20 年里,这些领域在 CS 中越来越重要。这些领域及其子领域在数学方面到底需要哪些知识,以及需要到什么深度,有着很大的差异。线性代数、概率论和多变量微积分这三个数学科目脱颖而出,它们在上述全部或绝大部分领域中显得尤为重要。

计算机科学专业的本科生要学习大约 32 门学位课程,要求他们学习由数学系讲授的线性代数、多变量微积分和概率论课程是合理的。然而,对于只有 10 或 12 门的硕士课程,同样的要求是行不通的。许多的硕士生数学背景较弱,他们又急于开始学习具有大量数学背景的计算机课程,要求他们先学习 3 到 4 门的数学课程后再学习计算机课程是不可能的。另外他们学习本科的数学课程也拿不到研究生的学分,即使数学系能够提供研究生的课程,但对于他们来说无疑是非常困难的。

为了填补这一空缺,我为纽约大学(NYU)的硕士生开设了一门新课程,权且称为“数学技术在计算机科学中的应用”,该课程特别针对数学背景薄弱的学生,集中介绍了线性代数和概率论。从 2009 年开始,本课程每年在秋季学期开设一次,这本教材即为本课程所写。

在纽约大学计算机科学系的硕士课程里,本课程一个学期上 14 次,每周上一次,每次两个小时。在 2010 年我的课程里,第 1 章和第 2 章合在一起讲一次课,第 6 章和第 9 章每章各需要两次课,第 3、4、5、7、8、10、11、12、13 章每章各一次课,第 14 章省略掉了。课上到一半时,我决定每周必须增加一小时的复习课,当然我推荐这种做法。

多变量微积分仍然是一个空白,我还没有找到任何切实可行的办法。显然,不可能将

## 程序员的数学：线性代数和概率统计

所有三个科目都挤到一个学期，但建议硕士生上两个学期的“数学技术”课也许是可行的。

我教的课程广泛涉及 MATLAB 编程。这本书里有专门一章介绍了 MATLAB，其他每一章都讨论了相关的 MATLAB 功能和特性，并包括许多 MATLAB 程序设计作业。

图 1 说明了各章之间的相互关系(相互关系较弱的，例如后一章中的某一节和此前某章中的内容有联系的没有列出)。

现在已经有很多概率论和线性代数教材，那为什么我还要写一本新教材？首先，我想把这两个科目编写在同一本书里，我看过的唯一一本这样做的书是 Stuart Hoggart 所著的《数字图像中的数学》(2006)。其次，也更为重要的是，这本书是写给计算机科研人员的，而不是数学家、物理学家或工程师。这一点会影响到预设的背景、主题的选择、举例以及表述。

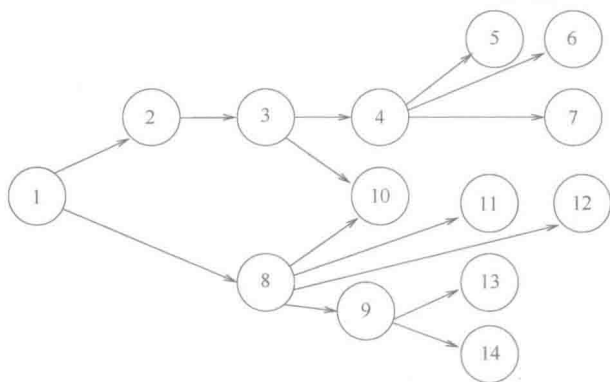


图 1 各章之间的关系

### 背景

在教材里，我设法采用尽可能少的数学背景。这本书的大部分内容只采用了高中数学，并且没有使用复数。线性代数部分除了对雅可比行列式进行了可以选学的简短讨论，其他地方完全避免了使用微积分。然而对于概率论，这种做法行不通。但我极大程度上将那些需要使用微积分的部分独立出来。对积分的基本了解是学习连续型随机变量概率密度的不可或缺的先决条件，了解多重积分是学习多维连续型随机变量联合分布的先决条件。

在这种课程中，数学证明是一个难点。本书绝大部分定理给出了证明，其中几个证明有点冗长。我把第 4 章向量空间分成了两部分：第一部分包含后续章节所需的最少内容，几乎没有证明；第二部分给出更多抽象的材料和证明。我的教学实践是在课堂上只讲一些有启发性的证明。我努力记住一点，无论教师对证明做何想象，而即使是对喜欢数学的学生来说，证明不同于解释，对讨厌数学的学生而言，证明和解释根本毫无关联。本书包括许多需要学生证明的习题。不过在教学中，我不布置需要证明的习题。我的经验是，由数学背景薄弱的学生给出的“证明”往往是随机排列的句子，只有部分是正确的。除非老师愿意投入大量精力讲授什么是有效的证明和什么是无效的证明，以及如何做出一个有效的证明，否则布置证明作业或考试时出证明题，无论对学生还是评阅者，都是令人沮丧和乏味的。

我假设学生熟悉 CS 的基本概念并且乐于写计算机程序，因此我讨论了计算复杂度、舍入误差和编程语言设计(与 MATLAB 有关)等问题。

### 主题的选择

本书的选题主要来自于对计算机科学最重要的领域。这些选题与目标受众是数学及其他理科专业学生的选题有所不同，关于这一点，我一直被我个人的印象和与同事的讨论所引导。

在线性代数部分，只限于在实数域讨论有限维向量和矩阵。行列式只是作为几何变换中体积变化和坐标系旋向变化的一种测量而简要提及。我几乎完全省略了特征值和特征向量的讨论，这有两个原因：一是因为它们物理和工程中的应用似乎比在 CS 中的应用更重要，二是不使用复特征值的话，特征值的理论实际上不能合理地表述。反之，我讨论了奇异值分解，它在 CS 中具有更多的应用，而且只涉及实数。与许多标准的线性代数教材相比，我更为广泛地讨论了几何应用及浮点运算问题。

在概率论部分，讨论了最少的组合数学，例如计数组合与排列，略去了一些众所周知的分布，如泊松分布，加入了“Zipf”逆幂律分布，它经常出现在 CS 应用里，但在概率论教材中很少被提及。我阐述了对概率论中的可能性与样本空间的理解、信息理论的基本要素，并初步介绍了统计的基本技术。

### 举例和表述

举例和程序设计作业集中在 CS 应用上，它们来自于广泛的领域，包括计算机图形学、计算机视觉、机器人、自然语言处理、搜索引擎、机器学习、统计分析、博弈论、图论、科学计算、决策论、编码学、密码学、网络分析、数据压缩和信号处理。

我对人工智能，尤其是自然语言处理和几何问题无疑是偏爱的，一方面出于我自己的兴趣，另一方面是在这些领域里，很容易用简单的程序来做一些有趣的事情。同样，表述也是面向编程和 CS 中出现的问题的。

在大多数章的结尾还提供了三种类型的作业。练习题涉及单一的计算，其中一些可以手工完成，一些则需要用 MATLAB。大多数练习题很短，但有一些要求较高，如练习 10.2，要求学生计算马尔可夫模型和垄断游戏的平稳分布。程序设计作业要求学生写一个带参数的 MATLAB 函数，这些函数难度相差很大，一些短的函数只需一行，而另一些则需要数百行。这里不包括那些获得学期项目资格的程序设计作业。除此之外还有思考题，它们通常是“思维训练问题”，尤其是证明题。

### 课程网站

课程材料的网站是

<http://www.cs.nyu.edu/faculty/davise/MathTechniques/>

特别注意，文中讨论的 MATLAB 代码都可以在这里找到。

指出错误、提出疑问及改进建议，可以给我发送邮件到 [davise@cs.nyu.edu](mailto:davise@cs.nyu.edu)。

### 致谢

我非常感谢我的同事们对本课程及本教材所给予的鼓励和建议。特别感谢 Michael Overton，他深度参与了线性代数部分的设计，阅读了两个草稿，提出了许多建议，极大地丰富了该部分内容。我也从 Marsha Berger, Zvi Kedem, Gregory Lawler, Dennis Shasha,

## 程序员的数学：线性代数和概率统计

Alan Siegel, 以及 Olga Sorkine 那里获得了有价值的建议和信息。

我要特别感谢那些学习“数学技术在计算机科学中的应用”课程的学生们, 他们经历了本书的早期草稿以及许多作业, 并提供了宝贵的反馈。我要感谢 Klaus Peters, Charlotte Henderson, Sarah Chow, 以及 Sandy Rush 在准备这本书出版时所做的细致而耐心的工作。

在编写这本书的时候, 我获得了美国国家科学基金会对项目的拨款, 项目编号# IIS-0534809。

我自己的线性代数和概率论知识来自 1974 年春天 Bruno Harris 的课程, 以及 1975 年秋天 Gian-Carlo Rota 的课程, 本书归功于他们的教学。最后, 一如往常, 感谢 Bianca 所做的一切。

# 目 录

## 前 言

第 1 章 MATLAB .....	1
1.1 桌面计算器操作 .....	1
1.2 布尔运算 .....	2
1.3 非标准数 .....	3
1.4 循环与条件 .....	4

1.5 脚本文件 .....	6
1.6 函数 .....	7
1.7 变量作用域与参数传递 .....	8
思考题 .....	10
程序设计作业 .....	11

## 第 1 篇 线性代数

第 2 章 向量 .....	14
2.1 向量的定义 .....	14
2.2 向量的应用 .....	14
2.2.1 关于应用的几点说明 .....	16
2.3 向量的基本运算 .....	17
2.3.1 向量运算的代数性质 .....	18
2.3.2 基本运算的应用 .....	18
2.4 点积 .....	19
2.4.1 点积的代数性质 .....	19
2.4.2 点积的应用: 加权和 .....	19
2.4.3 点积的几何性质 .....	20
2.4.4 元评论: 如何阅读公式推导 .....	22
2.4.5 点积的应用: 两个向量的相似性 .....	23
2.4.6 点积和线性变换 .....	25
2.5 MATLAB 中向量的基本运算 .....	26
2.5.1 生成一个向量及索引 .....	26
2.5.2 生成一个以等差数列为元素的向量 .....	26
2.5.3 基本运算 .....	28
2.5.4 元素对元素的运算 .....	28
2.5.5 有用的向量函数 .....	29
2.5.6 随机向量 .....	30
2.5.7 字符串: 字符数组 .....	31
2.5.8 稀疏向量 .....	31
2.6 在 MATLAB 中绘制向量 .....	32

2.7 编程语言中的向量 .....	35
练习题 .....	36
思考题 .....	36
程序设计作业 .....	36
第 3 章 矩阵 .....	40
3.1 矩阵的定义 .....	40
3.2 矩阵的应用 .....	40
3.3 矩阵的简单运算 .....	42
3.4 矩阵和向量的乘积 .....	42
3.4.1 矩阵和向量乘积的应用 .....	43
3.5 线性变换 .....	47
3.6 线性方程组 .....	48
3.6.1 线性方程组的应用 .....	49
3.7 矩阵乘法 .....	53
3.8 把向量视为矩阵 .....	56
3.9 矩阵乘法的代数性质 .....	57
3.9.1 矩阵的幂 .....	58
3.10 MATLAB 中的矩阵 .....	59
3.10.1 矩阵的输入 .....	59
3.10.2 提取子矩阵 .....	60
3.10.3 矩阵的运算 .....	61
3.10.4 稀疏矩阵 .....	63
3.10.5 元胞数组 .....	65
练习题 .....	66
思考题 .....	67
程序设计作业 .....	67



# 程序员的数学：线性代数和概率统计

第4章 向量空间	71	程序设计作业	120
4.1 向量空间的基本理论	71	第6章 几何	123
4.1.1 子空间	71	6.1 矢量	123
4.1.2 坐标、基、线性无关	73	6.2 坐标系	124
4.1.3 正交基和标准正交基	76	6.3 简单几何运算	126
4.1.4 向量空间的运算	77	6.3.1 距离与角度	126
4.1.5 零核空间、像空间和秩	78	6.3.2 单位矢量	126
4.1.6 线性方程组	80	6.3.3 二维空间的直线	127
4.1.7 线性变换的逆变换和矩阵的逆	81	6.3.4 三维空间的直线与面	129
4.1.8 MATLAB 中的零核空间及秩	82	6.3.5 同一性, 关联, 平行与相交	131
4.2 证明及其他抽象数学 (选学)	82	6.3.6 射影	132
4.2.1 向量空间	83	6.4 几何变换	133
4.2.2 线性无关和基	83	6.4.1 平移	134
4.2.3 线性空间的和	86	6.4.2 绕原点旋转	135
4.2.4 正交	87	6.4.3 刚体运动和齐次坐标表示	138
4.2.5 函数	89	6.4.4 相似变换	142
4.2.6 线性变换	92	6.4.5 仿射变换	143
4.2.7 线性变换和矩阵的逆	93	6.4.6 物体的像	145
4.2.8 线性方程组	93	6.4.7 行列式	146
4.3 一般的向量空间 (选学)	95	6.4.8 图像矩阵上的坐标变换	148
4.3.1 向量空间的一般定义	95	练习题	149
练习题	97	思考题	150
思考题	98	程序设计作业	150
程序设计作业	98	第7章 基变换, DFT 和 SVD	154
第5章 算法	100	7.1 坐标系变换	154
5.1 高斯消去法: 例子	100	7.1.1 仿射坐标系	155
5.2 高斯消去法: 讨论	101	7.1.2 几何变换和坐标变换的关系及 坐标系的旋向	156
5.2.1 矩阵上的高斯消去法	105	7.1.3 应用: 机器臂	157
5.2.2 最大元素行交换	105	7.2 基变换	161
5.2.3 零检测	106	7.3 概念混淆及如何避免	162
5.3 计算矩阵的逆	107	7.4 非几何的基变换	162
5.4 MATLAB 中的逆矩阵和线性 方程组	110	7.5 色图	163
5.5 病态矩阵	114	7.6 离散的傅里叶变换 (选学)	163
5.6 计算复杂性	117	7.6.1 傅里叶变换的其他应用	167
5.6.1 对数值计算的理解	117	7.6.2 复傅里叶变换	168
5.6.2 运行时间	118	7.7 奇异值分解	169
练习题	119	7.7.1 矩阵分解	170
		7.7.2 定理 7.4 的证明 (选学)	172

7.8 SVD 的进一步讨论 .....	173	7.10 MATLAB .....	179
7.8.1 对称矩阵的特征值 .....	176	7.10.1 SVD 在 MATLAB 中的使用 .....	179
7.9 SVD 的应用 .....	176	7.10.2 DFT 在 MATLAB 中的应用 .....	180
7.9.1 条件数 .....	176	练习题 .....	183
7.9.2 存在舍入误差时如何计算秩 .....	177	思考题 .....	184
7.9.3 有损压缩 .....	178	程序设计作业 .....	186
<b>第 2 篇 概 率 论</b>			
<b>第 8 章 概率</b> .....	188	9.4 方差和标准差 .....	228
8.1 概率论的解释 .....	188	9.5 在整数的无穷集合上的随机 变量 .....	230
8.2 有限样本空间 .....	189	9.6 三个重要的离散分布 .....	231
8.3 基本组合公式 .....	190	9.6.1 二点分布 (伯努利分布) .....	232
8.3.1 指数 .....	190	9.6.2 二项分布 .....	232
8.3.2 $n$ 个个体的排列 .....	191	9.6.3 齐夫分布 .....	232
8.3.3 $n$ 取 $k$ 的排列 .....	191	9.7 连续型随机变量 .....	237
8.3.4 $n$ 取 $k$ 的组合 .....	192	9.8 两个重要连续分布 .....	244
8.3.5 多组组合 .....	192	9.8.1 连续均匀分布 .....	244
8.3.6 中心二项式的近似 .....	193	9.8.2 正态分布 .....	244
8.3.7 组合数学的例子 .....	193	9.9 MATLAB .....	247
8.4 概率论的公理 .....	194	练习题 .....	249
8.5 条件概率 .....	195	思考题 .....	249
8.6 可能性解释 .....	196	程序设计作业 .....	251
8.7 主观概率和样本空间概率的 关系 .....	199	<b>第 10 章 马尔可夫模型</b> .....	254
8.8 贝叶斯法则 .....	200	10.1 平稳概率分布 .....	256
8.9 独立性 .....	201	10.1.1 计算平稳分布 .....	258
8.9.1 独立的证据 .....	202	10.2 网页排序和链接分析 .....	259
8.9.2 应用: 密码学中秘密的分配 .....	205	10.2.1 马尔可夫模型 .....	261
8.10 随机变量 .....	206	10.2.2 没有导出链接的网页 .....	263
8.11 应用: 朴素贝叶斯分类 .....	208	10.2.3 非均匀变量 .....	264
练习题 .....	212	10.3 隐藏马尔可夫模型和 K-Gram 模型 .....	264
思考题 .....	214	10.3.1 概率模型 .....	265
程序设计作业 .....	214	10.3.2 隐藏的马尔可夫模型 .....	267
<b>第 9 章 数值型随机变量</b> .....	218	10.3.3 Viterbi 算法 .....	268
9.1 边缘分布 .....	219	10.3.4 词性标签 .....	269
9.2 期望值 .....	220	10.3.5 稀疏数据问题与平滑 .....	272
9.3 决策论 .....	222	练习题 .....	272
9.3.1 决策树 .....	223	思考题 .....	273
9.3.2 决策论和信息值 .....	226		

## 程序员的数学：线性代数和概率统计

程序设计作业 .....	274	13.3 条件熵与互信息 .....	307
<b>第 11 章 置信区间</b> .....	275	13.4 编码 .....	309
11.1 置信区间的基本公式 .....	275	13.4.1 Huffman 编码 .....	317
11.2 应用：一个分类的评价 .....	277	13.5 连续型随机变量的数值熵 .....	318
11.3 贝叶斯统计推断 .....	279	13.6 最大熵原理 .....	319
11.4 频率观点的置信区间 (选学) .....	281	13.6.1 最大熵原理 .....	320
11.5 假设检验和统计显著性 .....	283	13.6.2 最大熵原理的相关结论 .....	320
11.6 统计推断与超感官知觉 (ESP) .....	286	13.7 统计推断 .....	321
练习题 .....	286	练习题 .....	322
思考题 .....	287	思考题 .....	323
<b>第 12 章 蒙特卡罗方法</b> .....	288	<b>第 14 章 最大似然估计</b> .....	324
12.1 求面积 .....	288	14.1 抽样 .....	325
12.2 分布的产生 .....	290	14.2 均匀分布 .....	325
12.3 计数 .....	291	14.3 正态分布：方差已知 .....	326
12.4 析取范式的计数解法 (选学) .....	291	14.4 正态分布：方差未知 .....	327
12.5 和、期望值与积分 .....	294	14.5 最小二乘估计 .....	328
12.6 概率问题 .....	295	14.5.1 最小二乘法在 MATLAB 中的 应用 .....	330
12.7 重抽样技术 .....	296	14.6 主成分分析 .....	331
12.8 伪随机数 .....	298	14.7 主成分分析的应用 .....	333
12.9 其他概率算法 .....	298	14.7.1 可视化 .....	333
12.10 MATLAB .....	299	14.7.2 数据分析 .....	333
练习题 .....	300	14.7.3 边界框 .....	334
思考题 .....	301	14.7.4 曲面法线 .....	335
程序设计作业 .....	301	14.7.5 潜在语义分析 .....	335
<b>第 13 章 信息与熵</b> .....	305	练习题 .....	336
13.1 信息 .....	305	思考题 .....	336
13.2 熵 .....	306	程序设计作业 .....	336
		<b>参考文献</b> .....	339

# 第 1 章

## MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory 的简称), 是一种集成编程环境, 可以进行数学计算并简化数学类程序的开发过程。MATLAB 由 Cleve Moler 于 20 世纪 70 年代末开发, 目前已经在数学、科学和工程等领域广泛使用。

有很多好的 MATLAB 手册可以使用, 包括 Driscoll (2009) 和 Gilat (2008) 编写的使用手册。除此之外, MATLAB 也具有丰富的在线资源。

有一些免费的 MATLAB 克隆版本可供使用, 包括 Octave 和 Scilab。这些版本都足够实现本书中的程序。本书中所有 MATLAB 实例均采用 MATLAB 7.8.0 (R2009a) 版本实现。

MATLAB 创建了一个窗口集。这些窗口可以是停靠 (docked) 窗口, 也可以是非停靠 (undocked) 窗口。其中最重要的是命令窗口。用户类型的 MATLAB 命令在命令窗口输入。MATLAB 解释器执行命令并在命令窗口打印结果。用户可以在命令末尾键入一个分号 (;) 来抑制输出 (适用于大型对象)。在命令窗口中的用户提示符号为 >>。注释用百分号 (%) 来标记, 从 % 位置到行尾都属于注释范围。

本章介绍了 MATLAB 语言的一些基本特征。MATLAB 的其他一些更高级的功能, 包括向量和矩阵的运算, 将在有关数学章节中讨论。

### 1.1 桌面计算器操作

MATLAB 中基本算术运算采用标准格式。命令窗口可以作为一个方便的交互式计算器来使用。

```
>> format compact
>> % 注释: format compact (紧凑格式) 可以去掉多余的行距。
>> x = 2 + 7
```

## 程序员的数学：线性代数和概率统计

```
x =
    9

>> y=2 * x
y =
    18

>> x+y
ans =
    27

>> % 如果用户输入一个表达式,其值被分配给变量"ans"
>> ans^(1/3)
ans =
     3

>> sqrt(2)
ans =
    1.4142

>> format long
>> ans

ans =
    1.414213562373095

>> format short

sin(pi/3)
ans =
    0.8660

>> format rat% 显示分数格式

>> (1/7) + (1/5)
ans =
    12/35

>> sqrt(2)
ans =
    1393/985
>>
```

### 1.2 布尔运算

MATLAB 中用 1 表示真, 0 表示假。严格地说, 这与整数 1 和 0 是不同的, 而 MATLAB 自动按照需要进行转换。(我们将在 2.5 节给出一个例子)。

```
>> a=5 ==5
a =
    1
```

```

>> b=5==6
b =
    0

>> a&b
ans =
    0

>> a|b
ans =
    1

>> ~a
ans =
    0

>> a+a%将布尔型转换成整型
ans =
    2

>> (2-1)&a%将整型转换成布尔型
ans =
    1

>> a==2-1
ans =
    1

```

### 1.3 非标准数

MATLAB 符合 IEEE 规定的浮点运算的标准 (Overton, 2001), 其中规定, 浮点运算系统应支持三个非标准值  $\text{Inf}$  (正无穷),  $-\text{Inf}$  (负无穷),  $\text{NaN}$  (非数值)。这些值在 MATLAB 中都被视为数字。无穷大一般用于无限值有意义情况下的计算, 下面会给出一些例子。 $\text{NaN}$  用于完全无定义的值, 如  $0/0$  或  $0 * \text{Inf}$ 。任何涉及  $\text{NaN}$  的运算会给出  $\text{NaN}$ , 而任何涉及  $\text{NaN}$  的比较则被认为是假的。

```

>> 1/0
ans =
    Inf

>> Inf + Inf
ans =
    Inf

>> Inf * -3
ans =
   -Inf

```

```
>> Inf^2
ans =
     Inf

>> 5 < Inf
ans =
     1

>> 0/0
ans =
     NaN

>> 5 < NaN
ans =
     0

>> 5 >= NaN
ans =
     0

<< sin(Inf)
ans =
     NaN

>> atan(Inf)
ans =
     1.5708
```

### 1.4 循环与条件

MATLAB 具有与其他语言类似的条件和循环结构，可以用简单的语句去构建复杂的陈述。注意：

- 循环或条件语句以关键词 `end` 结尾。因此，这里不再需要“`begin...end`”或者“`{...}`”模块。
- 单独一条语句以换行符分隔。一旦输入复合语句，解释器连续读取输入直到复合语句结束。
- 通过在行尾键入“`...`”可以跳过换行符继续下一条语句。
- 将每条语句的执行结果打印出来。这有助于程序调试；可以通过删除结尾处的分号来追踪语句的执行。将分号放于结尾可以抑制输出。

```
>> for n=1:5
s=s+n
end%用户输入结束
s=
     1
s=
     3
```

```
s =  
6  
s =  
10  
s =  
15
```

```
>> for n=1:3  
t=a; % 标记抑制输出  
a=b  
b=t+b  
end
```

```
a =  
1  
b =  
2  
a =  
2  
b =  
3  
a =  
3  
b =  
5
```

>> %注:与很多程序设计语言不同,MATLAB 的很多语句用换行隔开

```
>> %beraks
```

```
>> x=1;
```

```
>> while x < 50
```

```
x=x+x
```

```
end
```

```
x =  
2
```

```
x =  
4
```

```
x =  
8
```

```
x =  
16
```

```
x =  
32
```

```
x =  
64
```

```
>> x=3
```

```
x =  
3
```

```
>> while (x ~= 1)
```

```
If (mod(x,2)==1)
```

```
    x=3*x+1
```

```
    else x=x/2
```

```
end
```

```
end
```



```
x =  
    10  
x =  
     5  
x =  
    16  
x =  
     8  
x =  
     4  
x =  
     2  
x =  
     1
```

### 1.5 脚本文件

脚本文件是由 MATLAB 命令构成的文本文件。该文件的扩展名为 .m。只需在命令窗口输入文件名(省略文件类型“.m”)，就可以执行工作目录中的脚本文件。工作目录可在“目录”窗口改变。下面以文件 p35.m 为例：

```
% p35.m 通过重复的平方运算后接乘法运算计算 x^35  
x2 = x * x           % x^2  
x4 = x2 * x2         % x^4  
x8 = x4 * x4         % x^8  
x16 = x8 * x8        % x^16  
x32 = x16 * x16     % x^32  
x35 = x32 * x2 * x  % x^35
```

在命令窗口的运行过程如下：

```
>> x = 2  
x =  
    2  
  
>> p35  
x2 =  
    4  
x4 =  
   16  
x8 =  
   256  
x16 =  
  65536  
x32 =  
 4294967296  
x35 =
```