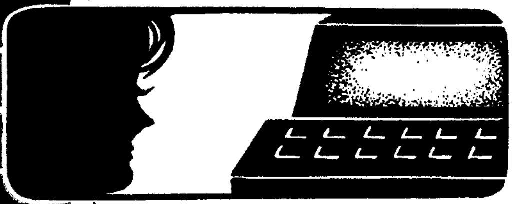

董云庭 胡胜鹏 编著

管理数值分析

電子工業出版社

内 容 提 要

本书着重介绍企业管理中各种信息(统计资料和实验数据等离散量)的计算机处理方法。书中各章节均从企业生产的计划、组织和经营的实例出发来建立数学模型，进而给出求解方法，并编制出计算机运算程序。注重实际应用及融管理数学理论同计算机理论为一体是本书的两大特点。

本书内容精炼，文字叙述通俗易懂，便于自学。既可供高等院校有关专业的本科生、研究生作教材或教学参考书，亦可供从事管理、科研、生产的干部和技术人员在实际工作中作工具性的参考书。

管理数值分析

董云庭　胡胜鹏

责任编辑　张文生　王京波

●

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32　印张：12.375　字数：332千字

1987年5月第1版　1987年5月第1次印刷

印数：1—5000册　定价：2.85元

统一书号：4290·448

前　言

企业管理现代化是开创社会主义四化建设新局面的一项紧迫任务，是改善企业素质、提高经济效益的重要途径。电子计算机的应用是管理现代化水平的主要标志之一，而以计算机算法为主要内容的数值分析与管理科学的关系日臻密切。为了进一步探讨数值分析的常用算法在管理科学中的应用，把计算机科学和管理科学结合起来，进一步推广计算机辅助企业管理，我们撰写了《管理数值分析》一书。

本书着重介绍企业管理中的统计资料、实验数据等各种信息的计算机处理方法，论述数值分析和管理数学模型之间的关系。全书共八章，前三章主要讨论离散数据的常用处理方法和基本算法，后五章则研究如何用数值方法来求解企业管理中有关的数学模型。后述章节多与前面各章内容相关。在书中，我们力求从企业生产的计划、组织和经营的实例出发来建立数学模型，然后给出求解方法，编制计算机算法程序。各程序已均在IBM-PC 机上运行通过。管理科学中一些常用的定量技术都附有已在试行推广的应用实例，书中同时介绍了近几年来有关管理科学的部分理论成果和应用成果。

《管理数值分析》一书可供高等院校的管理工程、计算机应用、管理信息系统、运筹学、计划统计等专业的本科生作教材，讲课时数约为72学时左右；也可给上述专业的研究生以及计算数学、应用数学等专业的本科生作为参考用书。此外，由于该书注重实用性，对数据处理方法、模型求解、计算机程序和应用实例作配套介绍，便于自学，因此还可供从事管理、科研、生产的干部和技术人员在企业管理中套用。

本书是在蒋葆增教授主持下撰写的，并始终得到他的热情指导和无私帮助，正因为如此，才使我们能在短短的一年时间里得以完成书稿，我们在此致以由衷的谢意。

本书由杭州大学数学系王兴华教授和杭州电子工业学院管理工程系周行权高级工程师主审，他们曾对本书提出了不少修改意见和有益的建议，作者表示深切的感谢。

限于作者水平，书中不当或紕漏之处在所难免，请各方面的读者不吝批评指正。

作者　　一九八六年五月

序

“两个文明建设一起抓”这个提法的含义是很深刻的。我想，科学和艺术的成就无疑是人类精神文明的主要内容，而这些成就一旦和物质生产相结合，必将推动整个人类文明的巨大进步。

数学科学的最大成就莫过于微积分技术的发明和计算机械化的构想与实现。微积分技术的发明为人类提供了处理连续过程的有力手段，从而改观了整个自然科学的面貌，巩固和发展了第一次工业革命的成果，使人类文明进入到近代的水平。计算机械化的构想本来是为了提高处理离散过程的能力，当这种构想在电子技术的配合下以电子计算机的形式得以实现时，其后果远远超越原来的构想。我们正在看到，电子计算机在生产、管理以及人类生活各个方面的运用，正是另一次生产力革命的主要内容。这场革命的成果，必将极大地推动着人类文明的现代化进程。

企业管理的现代化，自然离不开电子计算机的普遍运用。世事洞明皆数学，人情炼达是运筹，然则在企业管理中需要哪些数学，在使用电子计算机时如何运筹，本书作者尝试着以不太大的篇幅和读者一起切磋一份初步的答卷。文字顺俗易读，内容侧重应用，着力介绍运用数值分析中的常用算法于求解企业管理中的数学模型，把计算机科学和企业管理结合起来。我想，作者的努力，对有志于企业管理现代化的读者一定会有帮助的。

王兴华

一九八六年四月于杭州

目　　录

引　论…………………………………………………………… 1

一、管理数值分析的研究对象和内容……………………… 1

二、常用符号…………………………………………………… 2

三、数值分析术语……………………………………………… 4

第一章　常用的离散数据处理方法………………………… 7

第一节　差分和差分方程……………………………………… 7

一、差分差商及其基本性质………………………………… 7

二、线性差分方程……………………………………………13

第二节　代数多项式插值……………………………………15

一、拉格朗日插值……………………………………………15

二、牛顿插值…………………………………………………19

三、等距节点的牛顿插值公式………………………………20

第三节　数值微分和数值积分………………………………22

一、数值微分…………………………………………………23

二、数值积分的基本思想……………………………………25

三、数值积分的一般方法……………………………………27

四、数值积分的外推算法……………………………………33

五、奇异积分的数值方法……………………………………37

第二章　线性代数方程组的数值解法………………………40

第一节　必要的矩阵知识……………………………………40

一、向量和矩阵的范数………………………………………40

二、特殊矩阵…………………………………………………41

三、非奇异矩阵………………………………………………43

四、矩阵的谱性质……………………………………………45

五、矩阵序列…………………………………………………46

第二节　解线性代数方程组的直接方法……………………48

一、高斯消去法……………………………………………………49
二、直接三角分解法………………………………………………54
三、误差分析………………………………………………………63
第三节　一阶定常迭代法…………………………………………64
一、简单迭代法……………………………………………………65
二、高斯-赛德尔迭代法 ……………………… …………………66
三、逐次超松弛方法………………………………………………67
四、迭代法的收敛性………………………………………………70
第四节　算法的计算机程序………………………………………71
一、高斯消去法程序………………………………………………71
二、直接三角分解法程序…………………………………………73
三、追赶法解三对角线性代数方程组的程序……………………74
四、逐次超松弛方法程序…………………………………………76
第三章　非线性方程求根………………………………………… 79
第一节　区间迭代法………………………………………………80
一、基本思想………………………………………………………80
二、逐步搜索法……………………………………………………80
三、二分法…………………………………………………………82
第二节　函数迭代法………………………………………………83
一、基本思想………………………………………………………83
二、简单迭代法……………………………………………………84
三、牛顿迭代法……………………………………………………89
第三节　插值迭代法………………………………………………95
一、基本思想………………………………………………………95
二、弦截法…………………………………………………………95
三、抛物线法………………………………………………………97
第四节　应用举例…………………………………………………98
一、M/M/1/N/∞/GD 排队系统的优化决策………………………99
二、服从β分布的工时均值公式…………………………………101
第五节　算法的计算机程序……………………………………… 105
一、二分法程序…………………………………………………… 105
二、牛顿迭代法程序……………………………………………… 107

三、弦截法程序…………………………………………………… 108
第四章　线性规划……………………………………………………110
第一节　线性规划的数学模型……………………………………… 112
一、实例分析………………………………………………………… 112
二、线性规划的标准形式…………………………………………… 120
三、线性规划的解…………………………………………………… 122
第二节　线性规划的几何解释……………………………………… 123
一、图解法…………………………………………………………… 123
二、基本概念………………………………………………………… 126
三、基本定理………………………………………………………… 129
第三节　单纯形方法………………………………………………… 133
一、方法举例………………………………………………………… 133
二、单纯形表………………………………………………………… 138
三、计算步骤………………………………………………………… 141
四、辅助规划方法…………………………………………………… 144
五、改进单纯形方法………………………………………………… 147
第四节　线性规划的对偶性质……………………………………… 155
一、对偶问题的提出………………………………………………… 156
二、对偶问题的经济解释…………………………………………… 157
三、对偶问题的标准形式…………………………………………… 158
四、对偶问题的基本性质…………………………………………… 161
五、对偶单纯形方法………………………………………………… 164
第五节　灵敏度分析………………………………………………… 169
一、问题的提出……………………………………………………… 169
二、最优性分析……………………………………………………… 170
三、最优基保持不变的参数变化范围……………………………… 171
四、增加一个约束条件时的灵敏度分析…………………………… 175
五、增加一个变量时的灵敏度分析………………………………… 178
六、近似最优性分析………………………………………………… 179
第六节　应用实例——工厂年度生产计划的编制………………… 179
第七节　单纯形方法的计算机程序………………………………… 182
第五章　特殊形式的线性规划………………………………………189

第一节　运输问题的数学模型……………………………… 189
一、运输问题的一般提法……………………………… 189
二、运输模型的特点……………………………………… 192
第二节　运输问题的表上作业法…………………………… 194
一、初始调运方案的编制……………………………… 195
二、检验数的求法……………………………………… 199
三、方案的调整………………………………………… 204
第三节　运输问题的进一步讨论…………………………… 207
一、供应量不等于需求量的情形……………………… 207
二、无运输路线的情形………………………………… 209
三、目标函数极大化…………………………………… 211
四、转运问题…………………………………………… 213
第四节　分配问题…………………………………………… 217
一、问题的提出………………………………………… 217
二、分配问题的匈牙利法……………………………… 219
三、分配问题的其它情形……………………………… 222
第五节　应用实例——常德地区磷肥调运的优化方案………… 224
第六节　算法的计算机程序………………………………… 227

第六章　库存管理 ……………………………………… 238

第一节　引言……………………………………………… 238
一、库存问题的提出…………………………………… 238
二、库存管理的基本概念……………………………… 239
三、库存模型的分类…………………………………… 240
第二节　确定型库存模型…………………………………… 242
一、单品种静态模型(Ⅰ)……………………………… 242
二、单品种静态模型(Ⅱ)……………………………… 245
三、单品种静态模型(Ⅲ)……………………………… 248
四、单品种静态模型(Ⅳ)……………………………… 251
五、多品种静态模型…………………………………… 253
六、单品种动态模型…………………………………… 255
七、单品种多周期模型………………………………… 257

第三节 随机型库存模型…………………………………… 258
一、单周期离散随机库存模型…………………………… 258
二、需求离散随机的多周期模型及(L,S)策略……………… 263
三、多周期离散双随机库存模型………………………… 267
第四节 库存控制的其它策略……………………………… 275
一、ABC分类库存策略………………………………… 275
二、齐套管理………………………………………………… 277
第五节 算法的计算机程序………………………………… 278
一、单品种动态库存模型求解程序……………………… 279
二、多周期离散双随机库存模型求解程序……………… 282
第七章 回归分析 ……………………………………… 284
第一节 引言……………………………………………… 284
第二节 曲线拟合和最小二乘法………………………… 287
一、问题的提出…………………………………………… 287
二、曲线拟合……………………………………………… 289
三、曲线拟合的参数估计………………………………… 290
第三节 一元线性回归…………………………………… 296
一、数学模型和参数估计………………………………… 297
二、回归方程的显著性检验……………………………… 302
三、预报和控制…………………………………………… 308
第四节 多元线性回归…………………………………… 314
一、数学模型和参数估计………………………………… 315
二、显著性检验…………………………………………… 321
三、预报和控制…………………………………………… 325
第五节 应用实例——我国电视机销售量预测…………… 326
第六节 多元线性回归的算法程序……………………… 329
第八章 投入产出技术 ………………………………… 334
第一节 概述……………………………………………… 334
一、发展概况……………………………………………… 334
二、投入产出的原理和方法……………………………… 336
三、投入产出模型的分类………………………………… 337
四、投入产出技术的应用………………………………… 337

第二节　全国投入产出模型…………………………………… 339
一、投入产出表………………………………………………… 339
二、主要数量关系……………………………………………… 343
三、系数稳定性………………………………………………… 348
第三节　投入产出模型的应用……………………………… 350
一、编制计划…………………………………………………… 350
二、经济分析…………………………………………………… 353
三、价格和成本………………………………………………… 354
第四节　企业投入产出模型………………………………… 359
一、企业投入产出表…………………………………………… 360
二、基本数量关系……………………………………………… 360
三、数值例子…………………………………………………… 367
四、企业投入产出模型的应用………………………………… 370
五、企业投入产出模型的优化………………………………… 374
附　录　常用分布表 ……………………………………… 37
一、χ^2分布表……………………………………………… 377
二、t 分布表 ………………………………………………… 378
三、F 分布表………………………………………………… 379
四、相关系数检验表…………………………………………… 382
参考文献……………………………………………………… 383

引　论

一、管理数值分析的研究对象和内容

管理科学是在马克思主义经济理论指导下，在对经济活动进行系统分析的基础上，通过对各种信息、数据和统计资料的收集分类，运用定量化技术来研究、认识并适应经济规律的一门学科。管理科学的理论和应用在最近几十年里得到了迅速的发展，这一方面固然是经济发展的客观需要，另一方面也是与计算方法和计算工具的不断改进息息相关。管理科学主要讨论数学模型的建立及其优化，这就需要有相应的计算方法。例如，线性规划、回归分析和投入产出技术大都要依赖于求解线性代数方程组；排队模型、库存模型的优化常常要借助于差分方程、数值微分和方程求根等技巧；质量控制则要应用统计理论和数值积分方法。这样，深入探讨数值分析的常用算法在管理科学中的应用就成为一类重要的课题，而数值分析各个分支的发展也不断扩充和丰富了管理科学的内容。随着生产力的发展和社会的进步，各种经济活动中需要处理的信息和数据越来越多，数学模型的规模也越来越大，变量或方程的个数可能成百上千，倘使没有现代化的计算工具就会束手无策。正是由于电子计算机的应运而生和不断更新换代推动了管理科学的发展，而电子计算机的应用也已成为管理现代化水平的重要标志之一。现在，管理科学、数值分析和电子计算机之间的关系日益密切，构成了实现管理现代化的三个要素，管理数值分析的研究对象就是探讨这三个要素的内在联系，把计算机科学和管理科学结合起来。

应用管理科学定量化技术的一般过程为：

确定目标 → 收集数据 → 建立模型 → 给出算法 → 输出结果 → 作可行性分析

而管理数值分析则主要研究数据处理方法，模型的合理建立，求解模型的计算机算法和结果的可行性分析。在给出求解模型的算法时，我们同时要讨论与算法相关的技巧和理论问题，主要包括程序设计技巧，算法的可行性、收敛性、稳定性、计算量、存贮量以及误差分析。这些理论问题对于算法在计算机上的实现并付诸应用往往是重要的。

管理数值分析综合了管理科学和数值分析两门学科，其研究内容十分广泛。限于篇幅，在本书中着重探讨离散数据的处理方法、线性代数方程组的数值解法和非线性方程求根在求解线性规划模型、库存模型、回归模型以及投入产出模型中的应用。我们将从企业的生产经营的实例出发来建立管理数学模型，然后研究各类模型的求解方法，从中运用数值分析技巧，并根据给出的算法编制计算机程序、使计算机辅助企业管理的实现成为可能。

二、常 用 符 号

为便于阅读，减少不必要的重复说明，我们将本书中常用的数学符号统列如下。

$\forall$　任意的

$\exists$　存在一个

$\Leftrightarrow$　等价关系，充分必要条件，当且仅当

$\triangleq$　记为

$\gg$　远大于，若$|a|\gg 1$，表示$|a|$为足够大的正数

$\ll$　远小于，若$|a|\ll 1$，表示a的绝对值相当小

max　极大，最大

min　极小，最小

sup　上确界

inf　下确界

$\sum_{i=1}^{n} a_i$　和式$a_1+a_2+\cdots+a_n$

$\prod_{i=1}^{n} a_i$　乘积$a_1 \cdot a_2 \cdot \cdots \cdot a_n$

$[y]$　不超过y的最大整数

$R=\{x|\cdots\}$　R表示具有某些共同属性的元素x的集合，竖线号右边表示x的属性。

$a \in R$　元素a属于集合R

$a \overline{\in} R$　元素a不属于集合R

$A \subset R$　集合A是集合R的子集，即对$\forall a \in A$，必有$a \in R$

$A \cup B$　集合A与B的和集，即A、B中所有元素的集合

$A \cap B$　集合A与B的交集，即A、B中公共元素的集合

ϕ　空集，即不含任何元素的集合

$\{x_i\}_{i=1}^{n}$　元素x_1，x_2，$\cdots$，x_n的有序集合

$\mathbf{X}=(x_1, x_2, \cdots, x_n)^T$　以x_i为分量的n维向量

R^n　n维向量空间

E^n　n维欧几里德(Euclid)空间

$\mathbf{A}=(a_{ij})_{m\times n}$　m行n列的矩阵，其元素为$a_{ij}(i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots n)$

det(A)　n阶方阵A的行列式

$\mathbf{A}^T$　矩阵A的转置矩阵

I　单位矩阵

$\mathbf{A}^{-1}$　矩阵A的逆矩阵，即有$\mathbf{A}\mathbf{A}^{-1}=\mathbf{A}^{-1}\mathbf{A}=\mathbf{I}$

$R^{m\times n}$　m行n列矩阵的集合

rank(A)　矩阵A的秩，简写为r(A)

$C[a, b]$　在$[a, b]$区间上连续函数的集合

$C^k[a, b]$　在$[a, b]$区间上有直到$k(k\geq 1)$阶连续导数的函数集合

H_n　所有次数不超过n的代数多项式的集合

$f^{(l)}(x)$　单变量函数$f(x)$的l阶导数

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$　$f=f(x_1, x_2, \cdots, x_k)$关于变量$x_i$的偏导数

三、数值分析术语

本书中常用的数值分析术语有：

数值问题　由一组输入数据求得一组输出数据，使之满足预定的某些关系。

计算机算法　对输入数据的处理方法，它应有明确的规则和步骤，并指定操作的顺序。

输入数据内存量　数值问题的输入数据转化为二进制代码序列时，该序列所包含的0与1的个数L称为输入数据的内存量，亦称问题的规模或输入长度。

计算量　求解规模为L的数值问题的某算法所需要的$+$、$-$、$\times$、$\div$及比较等初等运算的次数，记作$T(L)$。

多项式算法　若$T(L)=O(L^k)$（这里k为与L无关的正常数），则称算法为多项式算法。

"P"问题　若一个数学问题在确定性计算机上存在多项式算法，则称之为"P"问题。否则称之为"NP"问题。"P"问题通常可以用计算机有效地求解。

算法的可行性　该算法是一个多项式算法用该算法求数值问题时至少有一个数值解。

算法的收敛性　设一个问题的精确解为Y，而用某种算法得到的数值解为$\hat{Y}$，若在采取一些计算技巧后可使$\hat{Y}$充分接近Y，则称算法收敛。

算法的稳定性 若输入数据有微小误差，而输出数据的误差是输入数据误差的常数倍(因而也是可以控制)时，则称算法是稳定的，否则称算法不稳定。

存贮量 存放初始数据和必要的中间结果等所占用的计算机内存。

等价 两个数学问题(或算式)称为等价，是指可以由这一个推出另一个。

连续量 在某个区间内可取任意值的量。

离散量 在某一区间内只能取某些特定值的量。比如规定 x 只能取正整数，x就是一个离散(整变)量。

范数 度量标准。设R是数域Λ上的一个线性空间，若对于$\forall x\in R$，恒有一个实数(记为$\|x\|$)与之对应，且满足

(1) 正定性：$\|x\|\geqslant 0$，而$\|x\|=0\Leftrightarrow x=\theta$；($\theta$为$R$中的零元素)；

(2) 线性：对$\forall\lambda\in\Lambda$，有$\|\lambda x\|=|\lambda|\,\|x\|$；

(3) 三角不等式：对$\forall x$，$y\in R$，有

$$\|x+y\|\leqslant\|x\|+\|y\|,$$

称$\|\cdot\|$为线性空间R上的范数。

分划与步长 设$[a,b]$为一区间，若按一定的原则在$[a,b]$上取一系列各不相同的点(称为节点)：$a=x_0<x_1<\cdots<x_n=b$，则称点集$\{x_i\}_{i=0}^{n}$为$[a,b]$区间上的一个分划，记作$\Delta=\{x_i\}_{i=0}^{n}$，而$h_i=x_{i+1}-x_i$称为第i步步长。若所有步长都相等，相应的分划为等距分划或均匀分划。

迭代 求一序列(数列，函数列，矩阵列等)$\{S_i\}_{i=0}^{n}$，使其后一元素S_{i+1}均可由前面的元素S_i，S_{i-1}，…，$S_{i-k}(k\leqslant i)$通过相同的演算得到。若k是确定的常数，称迭代是定常的，否则是非定常的。

内积 给定数域Λ上的一个线性空间R，对$\forall x$，$y\in R$，定义一个复数(x,y)与之对应且满足：

(1) $(x,y)=\overline{(y,x)}$；

(2) $(\alpha x+\beta y,\ z)=\alpha(x,\ z)+\beta(y,\ z)$,

对$\forall\alpha$, $\beta\in\Lambda$, $\forall z\in R$;

(3) $(x,\ x)\geqslant 0$, 而$(x,\ x)=0\Leftrightarrow x=\theta$(零元素),