

高等学校教材·计算机应用

运筹学算法与编程实践

——Delphi 实现

刘建永 等 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了运筹学的各重要分支,包括线性规划、整数规划、非线性规划、动态规划、统筹法、图论、排队论、存储论、对策论和决策论等。作者使用简洁、易教、易懂和易操作的方式,系统地论述了运筹学在解决各类实际问题时的数学模型和求解算法。本书不仅给出了每种算法的程序源代码,还给出了每种算法的编程方法和设计流程。书中的实例均采用 Delphi 语言来实现,并给出了详细的求解过程和界面显示,使读者便于解决实际问题。

本书配带光盘提供了书中所使用的全部程序文件。为了方便读者使用,盘中不仅给出了源程序文件,还给出了在 Delphi 6.0 中生成应用程序的工程软件和最后生成的可执行文件(.exe 文件)。

本书可作为高等院校经济、管理、应用数学、军事指挥等专业大专、本科的运筹学课程的教材、实验或教学参考书,也可供研究生及相关工程技术人员与管理人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学算法与编程实践:Delphi 实现/刘建永等编著. —北京:清华大学出版社,2004.9

(高等学校教材·计算机应用)

ISBN 7-302-09361-X

I. ①运… II. ①刘… III. ①运筹学—计算方法—应用—Delphi 语言—程序设计—教材 IV. ①O22-44

清华大学出版社计算机教材

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱 教授	北京大学	杨冬青 教授
	章 征 教授		陈 钟 教授
	王建民 教授		陈立军 副教授
	刘 强 副教授	中国人民大学	王 珊 教授
	冯建华 副教授		孟小峰 教授
北京航空航天大学	马殿富 教授		陈 红 教授
	吴超英 副教授	北京信息工程学院	孟庆昌 教授
	姚淑珍 教授	石油大学(北京)	陈 明 教授
北京交通大学	阮秋琦 教授	天津大学	艾德才 教授
北京科技大学	杨炳儒 教授		
南开大学	吴功宜 教授		
复旦大学	吴立德 教授	上海交通大学	傅育熙 教授
	吴百锋 教授		蒋建伟 副教授
	杨卫东 副教授	华东师范大学	杨宗源 教授
华东理工大学	邵志清 教授		应吉康 教授
东华大学	乐嘉锦 教授	上海第二工业大学	蒋川群 教授
浙江大学	吴朝晖 教授	南京大学	骆 斌 教授
	李善平 教授	南京理工大学	张功萱 教授
南京航空航天大学	秦小麟 教授	苏州大学	龚声蓉 教授
南京邮电学院	朱秀昌 教授		
江苏大学	宋余庆 教授		
武汉大学	何炎祥 教授	华中科技大学	刘乐善 教授
中南财经政法大学	刘腾红 教授		朱定华 教授
武汉理工大学	李中年 教授	华中师范大学	魏开平 教授
			王林平 副教授

国防科技大学

赵克佳 教授
肖 侬 副教授

湖南大学

林亚平 教授
邹北骥 教授

西安交通大学

沈钧毅 教授
齐 勇 教授
巨永峰 教授
陈莉君 副教授

长安大学

西安邮电学院

哈尔滨工业大学

长春工程学院

郭茂祖 教授
沙胜贤 教授

山东大学

孟祥旭 教授
郝兴伟 教授

中山大学

福州大学

潘小轰 教授
林世平 副教授

云南大学

西南交通大学

刘惟一 教授
杨 燕 副教授

中南大学

陈松乔 教授

西北大学

西安石油学院

周明全 教授
方 明 教授

吉林大学

何 桥 教授
徐一平 教授
毕 强 教授

山东科技大学

郑永果 教授

厦门大学

冯少荣 副教授

重庆邮电学院

王国胤 教授

出版说明

改革开放以来，特别是党的十五大以来，我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就，高等教育实现了历史性的跨越，已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上，高等教育规模取得如此快速的发展，创造了世界教育发展史上的奇迹。当前，教育工作既面临着千载难逢的良好机遇，同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾，是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月，教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》，提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月，教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件，指出“高等学校教学质量和教学改革工程”，是教育部正在制订的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分，精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一，教育部计划用五年时间（2003—2007年）建设1500门国家级精品课程，利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放，以实现优质教学资源共享，提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》精神，紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”，在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下，我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划，讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师，其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求，“编委会”一致认为，精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求，处于一个比较高的起点上；精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要，要有特色风格、有创新性（新体系、新内容、新手段、新思路，教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量）、先进性（对原有的学科体系有实质性的改革和发展，顺应并符合新世纪教学发展的规律，代表并引领课程发展的趋势和方向）、示范性（教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性）和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐（通过所在高校的“编委会”成员推荐），经“编委会”认真评审，最后由清华大学出版社审定出版。

目前，针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”，即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括以下三个系列：

（1）高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业，特别是非计算机专业的计算

机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

清华大学出版社经过近二十年的努力，在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌，为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过二十多年的精雕细刻，形成了技术准确、内容严谨的独特风格，这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

总策划 李家强

策 划 卢先和 丁 岭

清华大学出版社教材编审委员会

E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

luxh@tup.tsinghua.edu.cn

本书编委会

主 编：刘建永

副主编：付成群 卢厚清 王 源

编 委：郭 杰 王全鹏 曹 渊 何 阳 卢继芳

许继恒 汤海洋 王东华 陆 云 杜 婕

唐正国 沈均平 宋 华 何 雷 宣 智

王 健 邱国庆 宋以胜 梅金和 纪金星

序

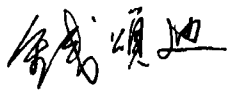
我国老一辈科学家钱学森教授、许国志教授在 20 世纪 50 年代将运筹学由西方国家引入我国。著名数学家华罗庚教授亲自为推广优选法、统筹法做了大量工作。经过广大运筹学工作者的不懈努力,运筹学在处理大型复杂问题,诸如军事、教育、环境污染、交通运输、能源电力、城市服务系统、人力资源管理等众多领域的方案优选、优化决策等方面,起了重要作用。相对人口而言,我国是一个资源贫乏的国家,迫切需要解决如何有效地开发和利用资源。在现代化社会生活中,办事要讲效率和效益的意识已在人们心目中不断深入。为此越来越多的人需要了解和掌握运筹学知识和方法。

运筹学兼有逻辑的和数学的性质,并伴有建模技巧和创造性的思想方法。它既是系统工程和现代管理科学中的一种基础理论和不可缺少的方法和工具,同时又是工程项目优化设计的手段。作为一门用来解决实际问题的学科,在学习和应用时,往往需要处理大量的数据和复杂的运算。这使初学者觉得难以掌握,使有些实际工作者产生望而生畏的感觉。

当今计算机已十分普及,计算技术已渗透到各个领域。通过计算机的应用软件来完成运筹学中复杂的运算,已不是一件难事。这使得学习运筹学变得容易和方便,同时,也有利于提高人们分析和解决实际问题的能力,有助于提高决策水平。

在新形势下,运筹学的教学方法需要有新思路。本书的出版,正是为了适应当前的需要,其特点是:在介绍运筹学若干分支的理论和算法的同时,给出了对应各种算法的编程方法和源程序。它体现了一种新的运筹学教学思路:将理论教学,案例教学和计算机运算求解、演示有机地结合。本书配套软件具有友好的界面,便于操作和清晰地了解运算过程,使读者能够迅速掌握运筹学的基本知识、求解模型的基本算法和编程基本技巧,从而可提高综合开发能力。

本书的出版,无疑将对改进我国运筹学教学起着积极的作用。它不仅有助于实际工作者和运筹学读者学习运筹学,而且也有助于从事程序设计工作的读者提高编程能力。



2004 年 4 月 18 日 于南京

前 言

运筹学是一种分析、实验和定量的科学方法。它专门研究在既定的物质条件(人力、物力、财力)下,为达到一定的目的,运用科学的方法,主要是数学方法,进行数量分析,统筹兼顾研究对象的整个活动中各个环节之间的关系,为选择出最优方案提供数量上的依据,以便做出综合性的合理安排,最经济、最有效地使用人力、物力、财力,以达到最佳的效果。运筹学在社会实践的广泛应用中不断地完善和发展。中国特色社会主义全面建设给运筹学开拓了广阔的用武之地。许多工科院校、军事院校、财经院校为培养复合型的管理人才,调整了专业课程设置,开设了运筹学这门课程。

近年来计算机软件开发技术有了变革性的发展,一大批面向对象的开发工具相继出现,并显示出其强大的生命力。Delphi 就是一款具有代表性的面向对象的开发工具。为了适

本书是在江苏省系统工程学会及理事长王可定教授的帮助下完成的,我谨向学会全体同仁表示由衷的感谢。另外,我要特别感谢运筹学界的前辈钱颂迪先生,他亲自执笔为本书作序。最后,还要感谢清华大学出版社和解放军理工大学工程兵工程学院工程兵指挥自动化教研室及有关部门,他们的大力支持和帮助,使得本书的撰写和出版有了充分的保证。

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点与疏漏,殷切期待着广大读者及同仁对本书的评论与建议,以求今后的改进。

刘建永

2004 年 3 月 于南京

目 录

第 1 章 线性规划	1
1.1 线性规划理论基础	1
1.1.1 线性规划的数学模型	1
1.1.2 线性规划的标准型和解的性质	3
1.1.3 线性规划的求解方法	7
1.2 原始单纯形法算法与编程实践	16
1.2.1 原理	16
1.2.2 程序流程图	18
1.2.3 实例及操作	18

第 2 章 整数规划	134
2.1 整数规划理论基础	134
2.1.1 整数规划的数学模型.....	134
2.1.2 整数规划的求解方法.....	137
2.2 0-1 整数规划算法与编程实践	138
2.2.1 0-1 整数规划的理论基础	138
2.2.2 0-1 整数规划的编程算法及原理	141
2.2.3 程序流程图.....	143
2.2.4 实例及操作.....	143
2.2.5 部分程序源代码.....	149
2.3 指派问题编程算法与编程实践	161
2.3.1 指派问题的理论基础.....	161
2.3.2 指派问题的编程算法及原理.....	165
2.3.3 程序流程图.....	166
2.3.4 实例及操作.....	167
2.3.5 部分程序源代码.....	170
习题	178
第 3 章 非线性规划	180
3.1 基本概念	180
3.1.1 非线性规划的概念.....	180
3.1.2 凸规划.....	181
3.2 黄金分割法	181
3.2.1 算法原理.....	181
3.2.2 程序流程图.....	182
3.2.3 实例计算及软件操作使用.....	182
3.2.4 部分程序源代码.....	185
3.3 二次插值法	189
3.3.1 算法原理.....	189
3.3.2 程序流程图.....	190
3.3.3 实例计算及软件操作使用.....	191
3.3.4 部分程序源代码.....	192
3.4 最速下降法	194
3.4.1 算法原理.....	194
3.4.2 程序流程图.....	196
3.4.3 实例计算及软件操作使用.....	197
3.4.4 部分程序源代码.....	198
3.5 DFP 法	201

3.5.1	算法原理	201
3.5.2	程序流程图	202
3.5.3	实例计算及软件操作使用	203
3.5.4	部分程序源代码	204
	习题	212
第4章	动态规划	214
4.1	动态规划理论基础	214
4.1.1	动态规划问题的由来	214
4.1.2	多阶段决策问题的概念和主要应用	214
4.1.3	动态规划问题的基本概念	216
4.1.4	解决动态规划问题的基本方法和基本步骤	217
4.2	资源分配问题算法与编程实践	218
4.2.1	资源分配问题理论基础	218
4.2.2	资源分配问题编程算法	221
4.2.3	资源分配问题程序流程图	221
4.2.4	实例及操作	222
4.2.5	部分程序源代码	222
4.3	生产与存储问题算法与编程实践	225
4.3.1	生产与存储问题基本概念及其动态规划模型	225
4.3.2	生产与存储问题算法原理	228
4.3.3	生产与存储问题程序流程图	228
4.3.4	实例及操作	229
4.3.5	部分程序源代码	230
4.4	设备更新问题算法与编程实践	234
4.4.1	设备更新问题基本概念及其动态规划模型	234
4.4.2	设备更新问题算法原理	236
4.4.3	程序流程图	237
4.4.4	实例及计算	237
4.4.5	部分程序源代码	239
4.5	排序问题算法与编程实践	242
4.5.1	排序问题基本概念及其动态规划模型	242
4.5.2	排序问题编程算法	244
4.5.3	程序流程图	245
4.5.4	实例及计算	246
4.5.5	部分程序源代码	246
	习题	249

第 5 章 网络计划技术	252
5.1 网络计划技术概述	252
5.1.1 网络计划技术在计算机上的发展过程	252
5.1.2 网络计划技术的基本内容	253
5.1.3 计划网络图的要素、分类与结构	253
5.1.4 网络计划技术的应用步骤	260
5.2 工序自动分级算法与编程实践	261
5.2.1 箭线图的结构矩阵	261
5.2.2 箭线图结构矩阵在结构设计中的应用	263
5.2.3 节点分级排序算法程序流程图	271
5.2.4 实例计算及软件操作使用	271
5.2.5 实例计算的部分软件源程序	274
5.3 工序自动初步编号算法与编程实践	277
5.3.1 箭线图的列表设计法	277
5.3.2 箭线图自动编号程序流程图	283
5.3.3 实例计算及软件操作使用	283
5.3.4 实例计算的部分软件源程序	287
5.4 通用网络技术参数计算算法与编程实践	292
5.4.1 箭线图时间参数的基本概念及计算方法	292
5.4.2 程序功能及流程图	296
5.4.3 实例计算及软件操作使用	297
5.4.4 实例计算及部分软件源程序	299
习题	304
第 6 章 图论	308
6.1 图论理论基础	308
6.1.1 图	309
6.1.2 图的同构	313
6.1.3 关联矩阵和邻接矩阵	313
6.1.4 子图	314
6.1.5 顶点的度	315
6.2 最短路径问题各顶点值算法与编程实践	315
6.2.1 最短路的标号法算法原理	315
6.2.2 最短路径问题各顶点权重编程算法	319
6.2.3 实例计算及软件操作使用	321
6.2.4 实例计算的部分软件源程序	324
6.3 最短路径问题两顶点间路径计算算法与编程实践	329
6.3.1 DANTZIG 算法原理	329

6.3.2	最短路径问题两顶点间距离编程算法	332
6.3.3	实例计算及软件操作使用	333
6.3.4	实例计算的部分软件源程序	335
6.4	最大可靠路的计算算法与编程实践	341
6.4.1	最大可靠路算法原理	341
6.4.2	实例计算及软件操作使用	341
6.4.3	实例计算的部分软件源程序	344
6.5	最小支撑树问题算法与编程实践	350
6.5.1	求最小支撑树算法	350
6.5.2	Kruskal 编程算法	353
6.5.3	实例计算及软件操作使用	353
6.5.4	实例计算的部分软件源程序	356
6.6	最短树问题逐步生长法算法与编程实践	359
6.6.1	逐步生长法算法原理	360
6.6.2	逐步生长法编程算法	361
6.6.3	实例计算及软件操作使用	362
6.6.4	实例计算的部分软件源程序	364
	习题	368
第 7 章	排队论	371
7.1	排队论基本概念	371
7.1.1	排队系统的组成	372
7.1.2	排队系统的运行指标	373
7.2	损失制排队模型算法与编程实践	374
7.2.1	算法原理	374
7.2.2	程序流程图	376
7.2.3	实例计算及软件操作使用	376
7.2.4	部分程序源代码	379
7.3	等待制排队模型算法与编程实践	381
7.3.1	算法原理	381
7.3.2	程序流程图	383
7.3.3	实例计算及软件操作使用	383
7.3.4	部分程序源代码	385
7.4	混合制排队模型算法与编程实践	386
7.4.1	算法原理	386
7.4.2	程序流程图	390
7.4.3	实例计算及软件操作使用	390
7.4.4	部分程序源代码	394
7.5	单通道混合制算法与编程实践——排队时间有限	396

7.5.1	算法原理	396
7.5.2	程序流程图	397
7.5.3	实例计算及软件操作使用	397
7.5.4	部分程序源代码	399
7.6	闭合式系统算法与编程实践	400
7.6.1	算法原理	400
7.6.2	程序流程图	404
7.6.3	实例计算及软件操作使用	405
7.6.4	部分程序源代码	407
	习题	410
第8章	存储论	411
8.1	存储论基本概念	411
8.1.1	需求	411
8.1.2	补充(订货或生产)	412
8.1.3	费用	412
8.1.4	存储策略	412
8.2	经典的经济订货批量模型算法与编程实践	413
8.2.1	算法原理	413
8.2.2	程序流程图	415
8.2.3	实例计算及软件操作使用	415
8.2.4	部分程序源代码	416
8.3	允许缺货的经济订货批量模型算法与编程实践	418
8.3.1	算法原理	418
8.3.2	部分程序流程图	420
8.3.3	实例计算及软件操作使用	420
8.3.4	部分程序源代码	421
8.4	生产批量模型算法与编程实践	421
8.4.1	算法原理	421
8.4.2	程序流程图	423
8.4.3	实例计算及软件操作使用	423
8.4.4	部分程序源代码	424
8.5	允许缺货的经济生产批量模型算法与编程实践	426
8.5.1	算法原理	426
8.5.2	程序流程图	427
8.5.3	实例计算及软件操作使用	428
8.5.4	部分程序源代码	429
8.6	有批量折扣模型算法与编程实践	429
8.6.1	算法原理	429

8.6.2	程序流程图	430
8.6.3	实例计算及软件操作使用	431
8.6.4	部分程序源代码	432
8.7	需求为随机的单周期存储模型算法与编程实践	435
8.7.1	算法原理	435
8.7.2	程序流程	436
8.7.3	实例计算及软件操作使用	436
8.7.4	部分程序源代码	438
8.8	(s, S) 策略存储模型算法与编程实践	441
8.8.1	算法原理	441
8.8.2	程序流程图	443
8.8.3	实例计算及软件操作使用	443
8.8.4	部分程序源代码	445
	习题	448
第9章	对策论	451
9.1	矩阵对策的最优纯策略问题算法与编程实践	452
9.1.1	矩阵对策的概念	452
9.1.2	最优纯策略问题的计算方法及举例	452
9.1.3	最优纯策略程序算法原理	453
9.1.4	最优纯策略程序的流程图	454
9.1.5	实例计算及软件操作说明	455
9.1.6	部分软件源程序	456
9.2	矩阵对策线性方程组解法算法与编程实践	458
9.2.1	矩阵对策的混合策略问题	458
9.2.2	线性方程组解法介绍及举例	459
9.2.3	线性方程组解法算法原理	462
9.2.4	线性方程组解法程序流程图	463
9.2.5	实例计算及软件操作使用	463
9.2.6	部分软件源程序	465
9.3	矩阵对策线性规划解法算法与编程实践	468
9.3.1	线性规划解法有关概念及计算方法	468
9.3.2	线性规划解法算法原理	470
9.3.3	线性规划解法程序流程图	470
9.3.4	实例计算及软件操作说明	471
9.3.5	部分软件源程序	473
	习题	485