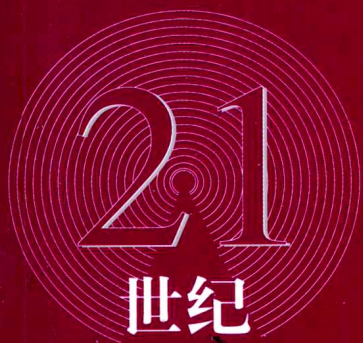




世纪

信息管理与信息系统专业规划教材

可下载教学资料
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

管理运筹学基础、 技术及Excel建模实践

刘春梅 编著

清华大学出版社



管理运筹学基础、 技术及Excel建模实践

刘春梅 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

“管理运筹学基础、技术及 Excel 建模实践”的内容遵循这样一条主线展开：运筹学基本概念、基本模型和基本方法的介绍→Excel 电子表格的建模和求解→实践案例。全书共分 9 章，系统地介绍了线性规划及其单纯形法、对偶理论与灵敏度分析、运输问题、整数规划、图与网络分析、存储论、决策论、动态规划、排队论的主要理论和方法，通过实例介绍了 Excel 电子表格的建模和求解过程，并将理论和软件有机地结合，对大量案例进行了建模和分析，力求做到概念、方法阐述简单明了，软件介绍操作容易、实用性强，案例选择紧密结合实际。每章配有一定数量的习题以帮助读者消化课本知识，并展开进一步的深入学习。

本书可供高等院校经济和管理类专业的本科生、研究生作教材选用，也可作为经济和管理类其他层次学员及自学者的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，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

管理运筹学基础、技术及 Excel 建模实践/刘春梅编著. —北京：清华大学出版社，2010.10

(21 世纪信息管理与信息系统专业规划教材)

ISBN 978-7-302-22653-6

I. ①管… II. ①刘… III. ①电子表格系统, Excel—应用—管理学：运筹学
IV. ①C931.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 083704 号

责任编辑：魏江江 薛 阳

责任校对：白 蕾

责任印制：孟凡玉

出版发行：清华大学出版社

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编：100084

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

印 刷 者：北京富博印刷有限公司

装 订 者：北京市密云县京文制本装订厂

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印 张：20.5 字 数：493 千字

版 次：2010 年 10 月第 1 版 印 次：2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数：1~3000

定 价：35.00 元



“管理运筹学基础、技术及 Excel 建模实践”是上海财经大学 211 三期重点课程建设的成果。

“运筹学”是经济管理类专业一门非常重要的专业基础课。它是介绍一系列整体优化思想和定量分析的科学。在当今人才、资源有限的经济背景下,如何对人才、资源进行统筹安排,为决策者提供有依据的方案,以实现最有效的管理显得格外重要。基于此,各高等院校都十分重视运筹学这门课程的建设,市场上也出现了颇多运筹学的相关书籍。作为上海财经大学信息管理与工程学院管理科学系系主任,我一直在思考如何写一本针对财经类院校学生的运筹学教材,如何在教材中将信息技术与理论模型有机结合。经过多年不断的教学探索和经验总结,终于整理出一条主线:运筹学基本概念、基本模型和基本方法的介绍→Excel 电子表格的建模和求解→实践案例。较之其他同类教材,本书具有以下特色和价值。

(1) 针对财经类院校的教学特点,增加了运筹学的应用和案例教学的内容,教材更适合财经类院校学生使用。在教学过程中我们发觉,现有的教材不太适合财经类专业的学生——现有教材的内容大都注重基本理论、基本模型和基本方法的介绍,相关软件和案例介绍得比较少;而财经类院校学生迫切需要掌握的是运筹学的应用,对理论模型的研究需求较少。因此,在本书中重点加强对软件和案例的介绍。

(2) 将运筹学的基本理论与 Excel 有机地结合起来。本书在介绍运筹学基本理论和方法(线性规划及其单纯形法、对偶理论与灵敏度分析、运输问题、整数规划、图与网络分析、存储论、决策论、动态规划、排队论)的基础上,合理运用现代信息技术等手段,将运筹学模型与 Excel 软件有机地结合起来,并将 Excel 电子表格的应用贯穿于每一章。通过运用 Excel 电子表格对所建立的数学模型进行求解,一方面使学生理解每一章的重点和难点,掌握分析问题的方法和建立运筹学模型的技巧;另一方面通过对求解结果的分析,辅助决策者在管理实践中做出正确决策。

(3) 将运筹学的基本理论与实际案例有机地结合起来。注重案例教学,构建案例库。案例是帮助学生学习和掌握课程内容的重要手段,案例不仅要和理论相结合,还要和实际问题相结合。本书每一章的最后一节都是讲述如何运用运筹学的模型解决经济管理中遇到的实际问题,包括案例背景的介绍、变量的设置、模型的建立以及运用 Excel 求解。学生在吸收基本理论的前提下,通过案例的学习和讨论,深入理解运筹学的基本概念和基本理论,掌握运筹学的基本模型和基本方法,并在实践中灵活运用。

本书不仅可启发财经类院校和非财经类院校信息管理相关专业的学生将运筹学的理论模型与信息技术有机结合,引导他们了解运筹学在实际中的应用,更有助于帮助非信息管理相关专业的学生掌握求解运筹学问题的软件和建模技巧,提高他们分析和解决实际问题的



能力,还可为管理人员解决实际问题提供参考。

本书由刘春梅编著,在本书的写作过程中得到了李竹宁及伊万燕、荀顺敏、张媛、张智轶、顾雨佳、韩倩、孙静、顾玮民、王君燕、史伟东的帮助,他们分别参与了第 1 章习题及其他各章习题的编写工作,在校稿的过程中得到了谷雨、肖生升和程辰子的帮助,还得到了民盟上海财经大学委员会顾问彭嘉强教授关心。同时本书的出版也得到了清华大学出版社的大力支持。谨在此表示谢意。

由于编者水平和时间有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

刘春梅

2010 年 8 月于上海财经大学信息管理与工程学院



目录

绪论	1
第 1 章 线性规划及其单纯形法	6
1.1 线性规划问题及其数学模型	6
1.1.1 线性规划问题的提出	6
1.1.2 线性规划问题的数学模型	8
1.1.3 线性规划问题的标准形式	9
1.1.4 线性规划问题解的概念	11
1.2 线性规划问题的求解	14
1.2.1 图解法	14
1.2.2 单纯形法	17
1.2.3 单纯形法的进一步讨论	29
1.2.4 单纯形法补遗	33
1.2.5 计算机软件求解	36
1.3 线性规划的建模与应用	38
1.3.1 生产计划安排	38
1.3.2 营养配方问题	39
1.3.3 工作人员排程	40
1.3.4 投资组合问题	41
1.3.5 网络配送问题	42
1.4 案例分析：降低自助食堂的成本	44
习题	48
第 2 章 对偶理论与灵敏度分析	54
2.1 对偶问题的提出	54
2.2 原问题与对偶问题的关系	55
2.2.1 对称型对偶规划的数学模型	55
2.2.2 非对称型对偶规划的数学模型	56
2.3 对偶问题的基本性质	58
2.3.1 单纯形法的矩阵描述	58
2.3.2 对偶问题的基本性质	60

2.4	对偶问题的经济解释——影子价格	64
2.4.1	影子价格的定义	64
2.4.2	影子价格的意义	64
2.5	对偶单纯形法	65
2.5.1	对偶单纯形法的理论基础	65
2.5.2	对偶单纯形法的解题步骤	65
2.6	灵敏度分析	67
2.6.1	灵敏度分析的定义及步骤	67
2.6.2	分析 c_j 变化的影响	68
2.6.3	分析 b_i 变化的影响	70
2.6.4	增加一个变量的分析	71
2.6.5	分析 a_{ij} 变化的影响	72
2.6.6	增加一个约束条件的分析	74
2.7	灵敏度分析的电子表格建模和求解	76
2.7.1	目标函数系数变化的分析	76
2.7.2	约束条件右端项变化的分析	77
2.8	案例分析：环境保护	79
	习题	84
第3章	运输问题	89
3.1	运输问题及其数学模型	89
3.2	运输问题的求解——表上作业法	90
3.2.1	初始调运方案的确定	91
3.2.2	最优方案的判别	95
3.2.3	方案的调整	98
3.3	运输问题的进一步讨论	100
3.3.1	产销不平衡的运输问题	100
3.3.2	转运问题	102
3.3.3	运输问题的几点补充说明	104
3.4	应用举例	104
3.5	电子表格建模和求解	107
3.6	案例分析：分销系统结构	110
	习题	115
第4章	整数规划	121
4.1	整数规划问题的提出	121
4.1.1	整数规划问题的数学模型	121
4.1.2	整数规划问题的解	122
4.2	整数规划问题的求解	123

4.2.1	分支定界法	123
4.2.2	割平面法	126
4.3	0-1 型整数规划	130
4.3.1	0-1 型整数规划的应用	130
4.3.2	0-1 型整数规划问题的求解	132
4.4	指派问题	134
4.4.1	指派问题及其数学模型	134
4.4.2	匈牙利法	135
4.5	电子表格建模和求解	140
4.6	案例: 研发新药项目	143
习题		148
第 5 章	图与网络分析	152
5.1	图的基本概念	152
5.1.1	图的若干示例	152
5.1.2	图的基本概念	153
5.2	树与最小树	155
5.2.1	树与树的基本性质	155
5.2.2	支撑树与求支撑树的方法	156
5.2.3	最小支撑树与求最小支撑树的方法	157
5.3	最短路问题	158
5.3.1	最短路的定义	158
5.3.2	求最短路的算法	158
5.4	网络最大流问题	160
5.4.1	网络最大流的基本概念和基本定理	160
5.4.2	最大流的基本定理及求网络最大流的方法	162
5.5	最小费用最大流问题	164
5.5.1	最小费用最大流的定义	164
5.5.2	求最小费用最大流的算法	165
5.6	电子表格建模和求解	167
5.7	案例分析: 救护车行程安排	173
习题		182
第 6 章	存储论	187
6.1	存储论的基本概念	187
6.1.1	库存	187
6.1.2	需求	188
6.1.3	补充	188
6.1.4	费用	188

6.1.5	存储策略	188
6.1.6	存储的类型	189
6.1.7	存储论研究的基本问题	190
6.1.8	常用的指标及表示	190
6.2	基本 EOQ 模型	190
6.2.1	模型建立的假设条件	190
6.2.2	模型的建立与求解	191
6.2.3	应用举例	192
6.3	无缺货,逐渐补充库存的 EOQ 模型	192
6.3.1	模型建立的假设条件	192
6.3.2	模型的建立与求解	192
6.3.3	应用举例	193
6.4	订货提前期为零,允许缺货的 EOQ 模型	193
6.4.1	模型建立的假设条件	193
6.4.2	模型的建立与求解	194
6.4.3	应用举例	195
6.5	有计划缺货,逐渐补充库存的 EOQ 模型	195
6.5.1	模型建立的假设条件	195
6.5.2	模型的建立和求解	196
6.6	4 个模型的联系和区别	197
6.7	有数量折扣的 EOQ 模型	198
6.7.1	模型建立的假设条件	198
6.7.2	模型的建立与求解	199
6.7.3	应用举例	200
6.8	电子表格建模和求解	200
6.9	案例分析:改进库存控制	202
习题		205
第 7 章	决策论	208
7.1	决策的基本概念	208
7.1.1	决策模型的构成	208
7.1.2	决策的类型	209
7.1.3	决策的过程	210
7.2	不确定型决策	211
7.2.1	悲观主义决策准则	212
7.2.2	乐观主义决策准则	213
7.2.3	最小机会损失决策准则	213
7.2.4	等可能性决策准则	214
7.2.5	折中主义决策准则	215

7.3	风险型决策	215
7.3.1	最大似然值决策准则	215
7.3.2	最大期望收益决策准则(Expected Monetary Value, EMV)	216
7.3.3	最小期望机会损失决策准则(Expected Opportunity Loss, EOL) ...	216
7.3.4	全情报的价值	217
7.3.5	决策树	217
7.3.6	贝叶斯决策	219
7.4	效用理论及其在决策中的应用	222
7.4.1	效用	222
7.4.2	效用曲线的确定	223
7.4.3	效用曲线的应用	224
7.5	电子表格建模和求解	225
7.6	案例分析: 智能辅助驾驶系统	230
	习题	235
第 8 章	动态规划	239
8.1	多阶段决策问题与动态规划	239
8.1.1	多阶段决策问题	239
8.1.2	动态规划	240
8.2	动态规划的基本概念	241
8.3	动态规划的基本思想和最优化原理	245
8.3.1	动态规划的基本思想	245
8.3.2	动态规划的最优化原理	245
8.3.3	建立动态规划模型的步骤	245
8.4	动态规划的应用	246
8.4.1	静态规划问题	246
8.4.2	资源分配问题	248
8.4.3	背包问题	253
8.4.4	生产与存储问题	256
8.4.5	系统可靠性问题	258
8.5	电子表格建模和求解	260
8.6	案例分析: 最优生产流程的选择	263
	习题	266
第 9 章	排队论	269
9.1	基本概念	269
9.1.1	排队系统的描述和组成	269
9.1.2	排队模型的分类	270
9.1.3	排队论研究的基本问题	271

9.2	几个常用的概率分布	272
9.2.1	经验分布	272
9.2.2	泊松分布	273
9.2.3	负指数分布	273
9.2.4	爱尔朗分布	275
9.3	单服务台负指数分布的排队系统	275
9.3.1	标准 $M/M/1$ 模型	275
9.3.2	系统容量有限的排队模型	277
9.3.3	顾客源为有限的排队模型	279
9.4	多服务台负指数分布的排队系统模型	280
9.4.1	标准的 $M/M/c$ 模型	280
9.4.2	系统容量有限的排队模型	283
9.4.3	顾客源为有限的排队模型	285
9.5	一般服务时间 $M/G/1$ 模型	287
9.5.1	Pollaczek-Khintchine (P-K) 公式	287
9.5.2	输入为泊松分布服务时间为定长分布的排队系统	288
9.5.3	输入为泊松分布服务时间为爱尔朗分布的排队系统	288
9.6	排队系统的建模与优化	289
9.6.1	排队系统的建模	289
9.6.2	排队系统的优化	290
9.7	电子表格建模和求解	294
9.8	案例分析: 办公室设施公司(OEI)服务能力分析	298
习题		301
习题答案		304
参考文献		312



绪 论

1. 运筹学的发展历史

在运筹学产生之前,国内外就有不少文献记载着运筹帷幄、整体优化思想的案例。从我国的齐王和田忌赛马的故事,丁渭主持修复皇宫的实例,李冰父子主持修建的都江堰水利工程,到国外的欧拉哥尼斯堡七桥问题的解决,阿基米德在保卫叙拉古、抵抗罗马帝国侵略的设防方案,无不体现了古代朴素的运筹学思想。

在运筹学发展的早期,有不少学者为此做出了巨大贡献:如1914—1915年间英国人兰彻斯特(F. W. Lanchester)为研究战争的胜负与兵力多寡、火力强弱之间的关系发表了若干的文章,这就是军事运筹学中著名的“兰彻斯特战斗方程”;1917年丹麦工程师爱尔朗(A. K. Erlang)在哥本哈根电话公司研究电话通信系统时,提出了排队论的一些著名公式;1928年冯·诺依曼(Von Neumann)和摩根斯坦(Morgenstern)为著作《博弈论与经济行为》的形成发表了一系列论文;20世纪30年代,荷兰人荷雷斯·列文生(Horace. C. Levenson)用运筹学思想分析商业广告和顾客心理,由此提出了存储论中著名的“经济批量公式”。这些成果都为运筹学的产生奠定了坚实的基础。

运筹学这个概念的真正提出是在20世纪30年代末,当时正值第二次世界大战。背景是英、美对付德国的空袭,雷达作为防空系统的一部分,从技术上是可行的,但实际运用时却不理想。为此,由一些心理学家、数学家、数学物理学家、天文学家、普通物理学家、陆军军官、测量员构成的运筹学小组就以下两个问题进行了研究:一是雷达信息传递给武器系统的最佳方式;二是雷达与防空武器的最佳配置。由于运筹学小组对这两个问题的深入研究极大地提高了英国本土的防空能力,从而在对付德国的空袭中发挥了很大作用。另外,各国的运筹学小组也就如何提高轰炸效果或侦查效果,如何用水雷有效封锁敌方海面和其他战略战术方面的问题进行了广泛研究,指出将反潜攻击由反潜艇投掷水雷改为飞机投掷深水炸弹,即当德军舰艇下潜25m时攻击效果最佳,按照这样的深度掩埋深水炸弹,使得德国潜艇被摧毁数增加了400%;提出了运送物资的船队及护航舰队的编排由小规模、多批次改为大规模、少批次,从而减少了损失率。这些研究成果为反法西斯战争的胜利及运筹学有关分支的建立做出了贡献。1939年前苏联学者康托洛维奇(Л. В. Канторович)在解决工业生产组织和计划问题时,提出了类似线性规划的模型,并给出了“解乘法”的求解方法,这为数学与管理科学的结合做了开创性工作。

第二次世界大战结束后,许多从事运筹学研究的科学家转向了民用问题的研究,使运筹学相继在工业、农业、经济和企业管理、社会问题等各个领域的应用得到了长足进展。它的发展大致可以分为三个阶段:第一阶段——创建初期(1945年至20世纪50年代初),其主

要特点是从事运筹学研究的人员较少,出版物不多,学会寥寥无几。比较有代表性的事件是:1947年丹捷格(G. B. Danzig)在研究美国空军资源分配时提出了线性规划及其通用解法——单纯形法;1950年英国伯明翰大学正式开设运筹学课程,同年第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(O. R. Quarterly)在英国创刊;1951年莫尔斯(P. M. Morse)和金博尔(G. E. Kimball)合著的《运筹学方法》一书正式出版;1952年第一个运筹学学会在美国成立,同年运筹学学报(Journal of ORSA)出版。第二阶段——成长时期(20世纪50年代初期至50年代末期),其主要特点是研究队伍不断壮大,学会、刊物不断涌现,理论成果不断问世,系统专著不断出版。比较有代表性的成果是:1950—1956年间对偶理论的诞生,1951年库恩—塔克(Kuhn-Tucker)定理的提出,1954年网络流理论的建立,1955年随机规划的创立,1958年整数规划及割平面法的创建及同年动态规划原理的提出,1960年Dantzig—Wolf大LP算法的提出,以及1959年国际运筹学会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)的成立。第三阶段——迅速发展时期(20世纪60年代至现在),其主要特点是运筹学进一步细分为各个分支,专业学术团体迅速增加,期刊、书籍大量出版,如1976年欧洲运筹学学会成立,1985年亚太运筹学学会成立,这些均在很大程度上促进了运筹学理论和应用的发展。特别是伴随着计算机的发展,为解决运筹学问题提供了有力的支持,使运筹学解决的问题也日趋复杂。

20世纪50年代中期,钱学森、许国志等教授将运筹学由西方引入中国,并结合我国的特点进行推广。1956年第一个运筹学小组在中国科学院力学研究所成立,1958年建立了运筹学研究室,1980年成立了中国运筹学学会。1982年我国加入了国际运筹学学会。中国运筹学学会主办了两份刊物《运筹与管理》和《运筹学学报》。目前,各个高等院校都非常重视运筹学这门课程的建设,并已成为我国高等院校经济管理类专业的一门主干课程。

2. 运筹学课程的性质及特点

(1) 从全局的观点出发。运筹学着眼于组织的整体利益,它在研究问题时,总是力求从事物方方面面的联系中进行分析,强调组织内部各成员之间的关系和冲突,即组织内部各成员的局部利益要服从总体利益,使整个系统达到最优状态。

(2) 运筹学是以数学为主要工具、以寻求最优解为主题的一门科学。运筹学通过建立数学模型或模拟模型,对于要求解的问题得到合理的决策。它的目标是确定最可行的方案,而不是仅仅提高要解决问题的现状。

(3) 运筹学具有强烈的实践性和应用性。运筹学很多理论都是在实践过程中提炼出来的,如兰彻斯特战斗方程、爱尔朗公式及经济批量模型等。运筹学既研究经营问题也涉猎组织管理问题,具有很强的实践性。离开了实践,运筹学就失去了其存在的价值和意义。而且它的终极任务也是向决策者提供决策,并指导实施。

(4) 运筹学问题的解决要求的是团队作战而不是个人,即以运筹学小组的方式解决运筹学问题,而不是一个运筹学工作者,这个小组的成员既包括掌握运筹学、数学、统计学、计算机科学、物理学、工程学、工商管理知识方面的人才,也包括具有一定技能和经验的人才。

3. 运筹学解决问题的思路

(1) 表述问题和收集数据

首先对研究的问题进行观察分析,然后用自然语言对所研究的问题进行描述。依据要

研究的问题采集相关基础数据。

(2) 建立数学模型

模型是对现实世界事物、现象、过程和系统的简化表达,或其部分属性的模仿,是对实际问题的抽象概括和严格的逻辑表达。一般的运筹学模型包括需要确定的决策变量,反映决策目标的目标函数、反映系统逻辑和约束关系的约束方程及各种参数。数学模型就是把决策变量参数、目标函数及约束方程用适当的模型表示出来。

(3) 对模型进行求解

即用数学方法或其他工具对所建立的数学模型进行求解。得到的解可能是最优解,也可能是次优解或满意解。一般复杂的模型需要借助于计算机进行求解。

(4) 对模型进行检验

检查模型的建立、求解步骤和程序是否正确,检查解是否反映现实问题。

(5) 建立起对解的有效控制

任何模型都有一定的适用范围,模型的解是否有效要首先注意模型是否继续有效,并依据灵敏度分析的方法,确定最优解保持稳定时的参数变化范围。一旦外界参数条件变化超出这个范围时,应及时对模型及求出的解进行修正。

(6) 决策与实施

决策者根据自己的经验和偏好,对方案进行选择和修改,做出实施的决定。在实施的过程中需要考虑由谁实施、如何实施、实施中可能产生哪些问题以及遇到问题如何修改等。

4. 运筹学的主要分支

运筹学按所解决问题性质的差别,将实际的问题归结为不同类型的数学模型。这些不同的数学模型构成了运筹学的各大分支。主要有:

(1) 数学规划(mathematics programming)

数学规划所要解决的问题就是要在某种约束条件之下,决定某些可控制的因素应该取什么样的值,使所选定的目标达到最小(或最大)。用数学语言来表示:

$$\min f(x), \quad X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T, \quad X \in S$$

其中 S 表示满足约束条件的可行解的集合。

它包括:

① 线性规划(linear programming)

如果目标函数和约束条件都是线性函数,这样的数学模型就称为线性规划。线性规划是运筹学的重要分支,自从 1947 年美国运筹学家丹捷格提出求解线性规划的方法——单纯形算法以后,线性规划得到了迅猛的发展,现在已经在工业、农业、国防和科技等领域得到了广泛应用。

② 非线性规划(nonlinear programming)

如果目标函数和约束条件中至少有一个是非线性函数,这样的数学模型就称为非线性规划。不存在一个统一的算法对非线性规划进行求解,求解非线性规划的基本思路是把复杂问题转化为简单问题加以解决,把非线性规划问题转化为线性规划问题加以解决。它包括无约束极值问题和约束极值问题。

③ 整数规划(integer programming)

部分变量或全部变量要求取整数的线性规划问题称为整数规划问题。如果所有的变量

都要求取整数,这样的整数规划问题称为纯整数规划问题;如果部分变量要求取整数,这样的整数规划问题称为混合整数规划问题。通过对线性规划问题的最优解“化整”得不到整数规划问题的最优解,通常采用分支定界法和割平面法对整数规划问题进行求解。

④ 目标规划(objective programming)

它是在线性规划的基础上为适应多目标最优决策的需要发展起来的一种新的数学规划方法,它面对众多目标分别确定希望实现的目标值,根据目标的重要程度(级别)依次进行考虑和计算,以求得最接近各目标预定数值的方案。

⑤ 动态规划(dynamic programming)

动态规划是运筹学的一个重要分支,它是解决多阶段决策过程最优化的一种数学方法。它是研究总体的最优化,即从系统总体出发,要求各阶段决策所构成的决策序列使目标函数值达到最优。动态规划提供的是解决多阶段决策问题的一种优化方法以及考察问题的一种途径,但不是一种特殊算法(如线性规划)。因此它不能像线性规划那样有一个标准的数学表达式和明确定义的一组规则,而必须对具体问题进行分析和处理。

(2) 图论与网络分析(graph theory and network analysis)

图论是研究由节点和边所组成图形的数学理论和方法。通常把一些研究对象用节点表示,对象之间的联系用连线(边或者弧)表示,点、边的集合构成图。

图是网络分析的基础,根据研究的具体网络对象(如铁路网、电力网、通信网等),赋予图中各边某个具体的参数,如时间、流量、费用、距离等,规定图中各节点代表具体网络中任何一种流动的起点、中转点或终点,然后利用图论方法来研究各类网络结构和流量的优化分析。它包括最小树、最短路、最大流和最小费用最大流等问题。

网络分析还包括利用网络图形来描述一项工程中各项作业的进度和结构关系,以便对工作进程进行优化控制。

(3) 排队论(queueing theory or waiting line)

生产和生活中存在大量有形和无形的拥挤和排队现象。排队系统由服务机构(服务员)及被服务的对象(顾客)组成。在排队系统中,如果服务员(服务台)过少,会引起顾客的不满,影响排队系统的服务效率;如果服务员(服务台)过多,会增加服务机构的运营、维护成本。如何协调二者之间的关系,就需要用排队论的知识加以解决。排队论就是研究排队系统(又称随机服务系统)的一门数学理论和方法。它是在对各种排队系统概率规律性进行研究的基础上,解决排队系统的最优设计和最优控制问题。

(4) 存储论(inventory theory)

为了保证企业生产正常进行,需要一定数量材料和物资的储备。存储论是专门研究存储问题有关理论和方法的一门学科,是运筹学的一个重要分支。它是缓解供应与需求之间出现的供不应求或供过于求等不协调情况的必要和有效的措施。它是研究在各种供应和需求条件下,应当在什么时间,提出多大的订货量来补充储备,使得用于采购、存储和可能发生的短缺的费用损失的总和为最少等问题。该门学科通过定量的方法描述存储物品供求关系的动态过程和存储状态,描述存储状态和费用之间的关系,确定经济合理的供应策略,从而为人们提供定量的决策依据和有价值的定性指导。

(5) 决策论(decision theory)

决策是指为最优地达到目标,依据一定准则,对若干备选行动方案进行抉择。它是在现

代社会管理和经济发展进程中,针对某些宏观或微观的问题,按照预定的目标,采用一定的科学理论、方法和手段,从所有可供选择的方案中,找出最满意的一个方案,进行实施,直至实现目标。决策论是对整个决策过程中设计方案目标选取、度量、概率值确定、效用值计算,一直到最优方案和策略选取的有关科学理论。决策的正确与否,不仅关系到个人的得失、企业的成败、部门的兴衰,甚至影响到国家的盛衰。因此,研究决策具有重要的意义。科学决策可以用来指导我们的决策行为,进而减少和避免失误的发生。

(6) 博弈论(game theory)

博弈论是研究具有竞争、冲突等性质问题的理论。1944年冯·诺依曼(Von Neumann)和摩根斯坦(Morgenstern)发表了《博弈论与经济行为》一书,开始了博弈论系统化、公理化的研究。从20世纪50年代到70年代,博弈论的研究取得了丰硕的研究成果,成功地应用于经济学、管理科学、军事、政治等诸多领域,70年代后成为经济学研究的重要理论工具。1994年,在博弈论研究中做出突出贡献的3位学者Nash(纳什)、Selten(泽尔滕)和Harsanyi(海萨尼)获得了诺贝尔经济学奖。在每一个决策模型中包含三个要素,局中人(参与对抗的各方),策略(每个局中人可供选择的行动方案),收益或需要支付的函数(当各局中人分别采取不同策略时,对应的一个收益或支付函数)。博弈论为局中人在这种高度不确定和充满竞争的环境中,提供一套完整的、定量化和程序化的选择策略的理论和方法。目前,博弈论已应用于商品、消费者、生产者之间的供求平衡分析,利益集团间的协商和谈判,以及军事上各种作战模型的研究。

(7) 搜索论(search theory)

搜索论是在第二次世界大战中,同盟国的空军和海军在研究如何针对占领国的潜艇活动,舰队运输和兵力部署等进行甄别过程中产生的。它是一门研究在资源和探测手段受到限制的情况下,如何设计寻找某种目标的最优方案并加以实施的理论和方法。

5. 运筹学常用的软件

大规模的运筹学问题,一般需要借助于软件完成。目前常用的运筹学软件如下:

(1) Microsoft Excel。该软件是通过电子表格建立运筹学模型并进行求解,比较适合小规模运筹学问题。

(2) WinQSB。该软件主要用于解决中小规模的运筹学问题,较小规模的运筹学问题还能提供中间的演示过程。

(3) Lingo。Lingo (Linear, Interactive, and Discrete Optimizer)主要用来求解线性规划、二次规划和整数规划问题。

(4) Lingo。主要用于求解非线性规划和二次规划问题。

(5) “What’s a Best”。这是一个组件,主要处理由Excel/Access生成数据文件的规划问题,安装之后会在你的Office中添加一个名为What’s the best的宏,启用后会在Excel中生成一个工具条。

(6) Cplex。该软件是一个有很高技巧的软件包,主要用于解决高难度的运筹学问题。



第1章

线性规划及其单纯形法

线性规划是运筹学的重要分支,自从1947年美国运筹学家丹捷格提出求解线性规划的方法——单纯形法以后,线性规划得到了迅猛的发展,现在已经在工业、农业、国防和科技等领域得到了广泛应用。本章主要介绍线性规划的基本概念、基本理论、线性规划的求解方法和线性规划的应用、电子表格的建模和求解以及案例分析。

1.1 线性规划问题及其数学模型

1.1.1 线性规划问题的提出

例 1.1 设某厂计划生产 A、B 两种产品,分别由机器、人工和材料 3 种资源共同完成。相关数据如表 1.1 所示。

表 1.1 相关数据表

产 品	产品 A	产品 B	资源限制
机器(机时)	5	2	120
人工(工时)	2	3	90
材料(kg)	4	2	100
产品利润(元)	12	8	

要求:在不超过资源总量限制的情况下安排 A、B 两种产品的产量,使该工厂获得的利润最大。

解 设 A、B 两种产品的生产数量分别为 x_1 、 x_2 件,产品总利润为 z 元。

由于该工厂可以提供的机时最大限制是 120,所以生产 A、B 两种产品的机时一定不能超过 120,即有 $5x_1 + 2x_2 \leq 120$ 。

同样,生产 A、B 两种产品所需要的人工和消耗的原材料也一定不能超过该工厂可以提供的人工和原材料的数量,则有

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 90 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 100 \end{cases}$$

由于销售一件产品 A 可以获得 12 元的利润,销售一件产品 B 可以获得 8 元的利润,那么 A、B 两种产品的生产数量分别为 x_1 、 x_2 时,可以获得的总利润为 $z = 12x_1 + 8x_2$ 。

另外,A、B 两种产品生产数量不能是负数,所以必须有 $x_1, x_2 \geq 0$ 。

这样,该问题的数学模型就可以描述为: