

工商管理实验教材系列

运筹学

王桂强 编著

上机指南与案例导航

用Excel工具



格致出版社



上海人民出版社

工商管理实验教材系列

运筹学

王桂强 编著

上机指南与案例导航

用Excel工具

格致出版社  上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

运筹学上机指南与案例导航:用 Excel 工具/王桂强编
著. —上海:格致出版社;上海人民出版社,2010

(工商管理实验教材系列)

ISBN 978-7-5432-1720-1

I. 运… II. 王… III. 电子表格系统, Excel-应用-
运筹学 IV. 022-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006096 号

责任编辑 忻雁翔

美术编辑 路 静

工商管理实验教材系列

运筹学上机指南与案例导航

——用 Excel 工具

王桂强 编著

出版 世纪出版集团 格致出版社
www.ewen.cc www.hibooks.cn
上海人民出版社
(200001 上海福建中路193号24层)



编辑部热线 021-63914988

市场部热线 021-63914081

发行 世纪出版集团发行中心
印刷 上海商务联西印刷有限公司
开本 787×1092 毫米 1/16
印张 18
插页 1
字数 297,000
版次 2010 年 4 月第 1 版
印次 2010 年 4 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5432-1720-1/F·247
定价 29.00 元

【 内容简介 】

本书是配套于运筹学教学的实验教材，介绍了在Excel平台下“规划求解”的操作及其方法。全书涉及运筹学的主要分支及多个有代表性的管理实践问题，所有知识点均依托生动的案例逐一展开，图文并茂，为读者提供完整的建模原理和求解过程。

本书可用于普通高等院校本科运筹学课程上机实验部分的教学，实验环节建议在4至8个学时。如教师以本书案例串讲，建议16至32个课时。本书也可以作为工商管理硕士（MBA）和公共管理硕士（MPA）“数据模型与决策”、“经济数学”、“管理科学”等课程案例教学的补充材料。本书亦可作为管理决策人员案头常备的操作指南。

【 作者简介 】

王桂强，中国矿业大学管理学院讲师，工学和管理学双学士，管理学硕士，工程管理专业博士在读。1995年本科毕业后在生产一线工作8年，先后从事工程技术、运输调度、行政管理多个岗位，熟悉规划生产实务。2002年至今一直从事管理运筹领域的理论教学与实践工作。

前言

运筹学是一门理论性很强的基础课程,能解决现实中的大量规划问题,具有很强的应用性。在教学中,我们发现最大的挑战并不在于“如何掌握理论”,而是“如何让掌握理论的人去解决实际问题”。相信不少学习过或者正在学习运筹学的读者会有这么一种分离感——虽然经过了千辛万苦的运筹学理论学习,但是遇到实际问题时仍旧是无从下手。如果要消除这种理论与实践之间的分离,那么将计算机工具应用到实际工作中的技能训练环节必不可少。

本书作为一本运筹学实验指导手册,力求通俗易懂,语言简洁平实,突出“指南”和“导航”的实操特色,适合已经初步掌握了运筹学基础理论的管理类专业的本科生和普通研究生。建议此类读者将本书作为进一步巩固运筹学知识的辅助材料和实验指导,经过逐章的上机操作和实际演练,对比教材上理论数学模型与电子表格模型之间的区别,达到理论与实践相结合的直接目的。教师选用本书独立开设运筹学实验课程,约需16~32学时。本书也可以配合运筹学课程分章节随堂使用,并建议在全部课程结束后集中约4~8课时开展上机实验环节教学。

另外,本书也可以为MBA学员案例教学提供一个运筹学案例素材库。对于其他非管理专业的读者以及生产管理一线的决策者,本书可以作为一本运筹学的初级入门教程,暂时放下繁缛的数学理论和公式推导,带领读者直接使用运筹学在规划求解和决策建模应用中的方法。

读者学习过程中的建议和意见,对规划求解和决策建模方面的问题探讨,以及相关

电子文档支持,欢迎点击进入作者个人网页 <http://wgq1995.blog.163.com>。

教材中的部分案例原型源自以下作者的成果:案例 1~7、9、11~13、18、23 和 28 可参见文献[1]和[2];案例 14 可参见文献[3];案例 25 可参见文献[4];案例 15、17、27 可参见文献[5];案例 10、20、26 可参见文献[6];案例 16 可参见文献[7]。本教材还参考了大量同类教材和相关文献,以及互联网上的丰富内容。在此谨向上述作者表示感谢。

正是在中国矿业大学运筹学优秀教学团队良好氛围和管理学院加大实验室基础建设进程的共同推动下,我终于鼓起勇气将实验教学环节的教案整理成了这本教材。教案稿曾得到中国矿业大学管理学院教改项目资金资助。编写过程中得到了宋学锋教授、魏晓平教授、张晓强高级工程师的指导和鼓励。上海世纪出版集团格致出版社的麻俊生先生和忻雁翔女士为本书的出版作出了努力。在此,请允许我一并致谢。

请读者相信,我们已尽最大的努力去减少书中可能会给您带来的阅读障碍之处。疏漏甚至错误,因作者局限的视角和有限的水平而如影相随。如果您第一发现它们,请给我们一个改进的机会,我们将及时在作者个人主页上更新反馈。

谢谢你们。

作 者

2010 年 3 月

目录

第1章 绪论 001

1.1 运筹学对计算机应用能力的要求 002

1.2 具有规划功能的常用软件简介 006

1.3 建立数学模型的思路和方法 013

1.4 本书导读 018

思考与练习 020

第2章 “规划求解”的预备知识 021

2.1 Excel 的“宏”和“规划求解” 021

2.2 如何加载“规划求解” 024

2.3 “规划求解”参数解释和选项设置 027

2.4 “规划求解”的操作步骤 033

2.5 “规划求解”部分疑难解答 036

思考与练习 039

第3章 “规划求解”的基本操作 041

案例1 力浦(Linpro)公司的市场利润最大化问题 041

3.1 线性规划问题的基本概念 041

3.2	在电子表格上建立规划模型的步骤	045
3.3	规划模型运算结果的详细解释	049
	思考与练习	052

第4章 “规划求解”的知识进阶 054

	案例2 瑞福(Rheaphue)公司的投资决策问题	054
4.1	“规划求解”的建模准备	054
4.2	建立“规划求解”的电子表格模型	057
4.3	电子表格模型的完善和调试	061
4.4	建立电子表格模型的几个重要原则	066
	思考与练习	068

第5章 “规划求解”的拓展分析 069

	案例3 力浦(Linpro)公司的市场利润最大化问题的继续研究	069
5.1	灵敏度理论、图解法以及电子表格分析结果	070
5.2	灵敏度的电子表格分析以及“Solver Table”的应用	074
5.3	影子价格理论以及电子表格分析	082
	思考与练习	087

第6章 目标规划问题 088

	案例4 欧宝(Ordipromy)公司的多目标决策问题	088
6.1	目标规划的基本概念	089
6.2	平等多目标规划	094
6.3	加权多目标规划	096
6.4	优先多目标规划	100
	思考与练习	106

第7章 整数规划问题 108

7.1	整数规划的基本概念	108
-----	-----------	-----

案例 5 力浦(Linpro)公司产品按照集装箱单位生产的继续研究(一)	108
7.2 0-1 规划问题	113
案例 6 力浦(Linpro)公司产品按照集装箱单位生产的继续研究(二)	113
7.3 指派问题	119
案例 7 教师分配教学任务的规划问题	119
7.4 背包问题	127
案例 8 加利(ADDPROFIT)公司风险投资(VC)的规划问题	127
思考与练习	130

第 8 章 运输问题 132

8.1 运输问题的基本概念	132
8.2 运输问题的建模和求解	137
案例 9 光明早餐公司最小成本运输方案的制定	137
8.3 运输问题的拓展应用	145
案例 10 京华公司一季度综合生产运作方案的规划问题	145
思考与练习	149

第 9 章 网络分析与网络规划 150

9.1 网络模型的基本概念	150
9.2 最短路径问题	151
案例 11 搬家公司的最近路程安排	151
9.3 最大流问题	154
案例 12 高速公路的区段通过能力分析	154
9.4 最小费用(最大流)问题	158
案例 13 预搅拌混凝土公司的物料运送方案	158
9.5 网络分析的应用案例(一):设备更新问题	162
案例 14 大学生涯中的电脑购买计划(最短路径问题)	162
9.6 网络分析的应用案例(二):系统瓶颈分析	166
案例 15 截断敌军的供给线(最大流问题)	166

9.7 网络规划问题初步	170
案例 16 某加工部件的完工时间和工期优化研究	170
思考与练习	173

第 10 章 数据包络分析(DEA)问题 174

案例 17 银行分理处相对工作效率的评价分析	174
10.1 数据包络分析的基本概念	175
10.2 数据包络分析的数学模型	177
10.3 数据包络分析的电子表格模型求解	180
思考与练习	183

第 11 章 利用电子表格进行决策树分析 185

案例 18 忙碌的推销员	185
11.1 决策树的基本概念	185
11.2 决策树的电子表格软件操作	187
11.3 决策树的电子表格模型求解	191
11.4 决策树的灵敏度分析:模拟运算表的应用	194
思考与练习	196

第 12 章 电子表格在管理实践中的若干应用及案例 198

12.1 矩阵对策问题	198
案例 19 想赢就千万别亮底牌	198
12.2 重心法选址	207
案例 20 牧区医院的选址问题	207
12.3 计算机仿真	210
案例 21 设计公平的随机指派程序	210
12.4 盈亏平衡分析	215
案例 22 出版商的保本点	215
12.5 单周期随机库存分析	219

案例 23 圣诞节前的订货会	219
12.6 装载/下料安排	225
案例 24 门窗公司的下料单	225
12.7 复合系统可靠性问题	230
案例 25 某仪器的可靠性研究	230
12.8 马尔可夫过程应用	236
案例 26 某城市啤酒消费群体转移行为研究	236
12.9 生产排班问题	240
案例 27 某医院护理部 24 小时护士排班计划优化研究	240
思考与练习	248

第 13 章 编辑和使用 Excel 的“宏”:以“不确定型决策”为例 250

13.1 Excel“宏”的基础知识	251
13.2 “不确定型决策”的原则	255
案例 28 某公司在不确定的市场状况下的生产方案选择问题	255
13.3 用“宏”实现“不确定型决策”的全面解决方案	258
13.4 参考宏代码	263
思考与练习	273

参考文献 275

西蒙(H. Simon)曾说“管理即是决策”。在经济管理实践中,总会遇到形形色色的决策问题。如何进行科学的决策,尤其是借助计算机为决策活动提供有效的依据并确定量化的最优决策方案,都是运筹学所要解决的问题。因此,建立完备的规划系统,熟练运用运筹学的相关知识,对决策问题进行分析、建模和求解,已经成为现代经营管理人士的必备技能之一。

运筹学的发展与计算机技术的进步密不可分。多数运筹学算法模型是建立在大规模迭代循环结构之上的,这个技术思路势必对计算机在规划领域内的角色不断地提出新的要求。比如丹捷格(B. Danzig)在 20 世纪 60 年代提出的单纯形理论,如果没有随后出现的计算机技术,这种支撑运筹学体系的重要理论也许仅会停留在纸上谈兵的阶段。又如,被西方学术界称为“结构程序设计之父”的荷兰计算机专家迪吉克斯特雷(E. W. Dijkstra),开发了被普遍认为图论中求最短路径最佳方法的标号算法,其本人就是一位编程大师。再如,提出割平面法从而高效解决整数规划问题的柯莫瑞(E. Gomory)博士,其本人除了在运筹学领域内作出突出贡献以外,还长期活跃在计算机技术研发领域,先后在 IBM 公司的多个部门担任负责人。随着社会经济的发展,各行业所涉及的规划问题——大到国家资源配置、国防建设、交通规划,小到项目管理、企业经营、个人理财等,这些问题越来越复杂,涉及变量越来越多,模型规模越来越庞大,计算机已经成为运筹学不可或缺的“助手”。借助计算机的帮助,现代管理运筹学已经成为了广大管理者和决策者的基础工具之一。若想在实用和发展上具备规划求解和决策建模的综合理论能力,不仅需

要掌握扎实的理论知识,更要努力培养利用计算机解决规划问题的实际操作技能。

1.1 运筹学对计算机应用能力的要求

在运筹规划领域,计算机应用能力的要求可以由高到低依次分成以下五个层面:

1.1.1 决策能力——如何艺术地实现科学决策

决策能力是管理者对所辖对象的解决问题的能力。决策能力要求管理者对特定的决策问题进行科学和系统的分析,综合方方面面的信息和数据,对备选方案进行比对、甄别、判断、协调和预测等,并指导相关组织或者个人采取相应的有效行动。决策能力是管理者的最高层面的能力。按照“决策者有限理性”的观点,决策可以分成结构化和非结构化两个大类。结构化决策问题的计算机实现手段相对成熟,将非结构化决策问题结构化,则是决策理论的前沿领域,也是包括运筹学在内的管理学科研究的热点所在。按照目前的计算机技术水平和发展趋势,人类的思维活动和决策行为尚不能完全被计算机所代替。尤其是管理现实中的大量非结构化问题,必须介入人类的智慧和经验,并最终由“人”来决定。由于决策能力的范畴相当广泛,运筹学涉及的规划求解方面的延伸技能,仅仅是其冰山一角。因此必须承认,完善的决策能力绝不能仅仅依靠有限的课堂理论教学而实现,而是理论和实践共同培育的一朵奇葩。

1.1.2 辅助决策能力——如何提供支持决策行为的信息

决策行为是艺术和科学的结合,因此在决策信息上争论“是定量还是定性”是没有意义的。然而,以“规划求解”为核心的辅助决策则是精密的定量化研究过程,也就是说,本

书给读者介绍的规划求解工作,基本上回避了定性的成分。虽然对某个特定管理问题的优化和求解,表象上非常类似在实践当中的某种决策行为,但是需要提醒读者的是:“决策能力”不应与“辅助决策能力”相混淆。通过规划求解的方式得到的最优解决方案以及最优目标值,并不是完整的决策过程,而是决策过程的必备阶段之一——辅助决策过程。某种程度上,运筹学的主要功能在于辅助决策,而决策则属于管理学科的更为宽泛的内容。“决策”承载了太多的内涵,超出了本书所能阐述的范围。辅助决策能力可以通过课堂理论教学和案例模拟训练,得到逐步的培养和建立,而决策能力必须结合生产管理实践,假以时日方可掌握。

市面上目前已经商业化的辅助决策软件琳琅满目,诸如决策支持系统(DSS)、智能系统(IS)、管理信息系统(MIS)等这类软件的核心功能就是为使用者提供决策辅助信息。作为这些系统的使用者,如何科学地理解和运用这些决策支持信息,其重要性仅次于决策能力。对待同样的一组决策支持数据,不同的使用者挖掘得到的进一步信息往往是不同的,这就需要使用者针对自身在决策过程中所处的情境,权变地处理这个问题。通常认为,决策者在使用决策支持信息时,更多地偏重自身的主观能动性,而作为辅助决策角色的参谋者在这个过程中,则更为重视决策支持信息的客观性和真实性。不论利用何种方式或者软件,得到以最优形式展现的决策支持信息(注意:不是决策信息)往往是明确和简洁的,而进一步解读和利用这些信息则需要启用管理者的决策支持能力。

因此,对于处于参谋位置的管理者,对于辅助决策能力的掌握则显得至关重要。一般而言,运筹学教学的很大部分内容,是辅助决策能力的培养。例如读者在本书中的“灵敏度分析”章节中,将体会到这种细微差别:在规划模型明确的前提下,利用规划求解软件得到问题的最优解也许并不困难,而对这个最优解的敏感度变化却是需要花些工夫来分析的(请读者随后参考本书案例1和案例3)。

1.1.3 建立模型能力——如何构建获取决策支持信息的桥梁

当组织或者个人出现决策需求时,通常首先会寻求辅助决策信息的支持。然而,在很多情况下,辅助决策信息并不能轻易获得。组织和个人面对的往往是相对粗糙的一手资料和原始数据,而这些资料和数据往往是以文字描述的形式存在,更多时候仅仅是会

议记录、文件精神、上级目标、定性描述等等。在这些情境下,对管理者建立模型能力的要求就凸显出来了。由此可见,模型是辅助决策信息和原始问题之间的桥梁和纽带,也是将问题进一步结构化和量化的有效工具。如果单从模型的角度上考虑,现有的运筹学体系的结构,在很大程度上是按照模型以及与模型配套的算法之间的区别来划分的。

建模方面的研究,是管理学科体系中的一个重要组成部分。虽然其他学科,诸如物理学、生物学、社会学等,也非常重视模型建立的问题,但是管理科学范畴内的模型有自身独特之处。可以这样说,模型的建立是将管理科学化的一个重要标志之一。如果利用相关软件开展的人机交流过程比较顺利,那么模型建立之后的工作,可以交付计算机软件处理。有关建模方面的综合知识介绍,本章随后将展开阐述。

1.1.4 算法设计能力——如何精确和高效地计算出决策所需要的数据

算法设计是指在完成了模型构建工作之后的进一步工作。算法设计通常需要算法语言的支持,最常见的算法语言当然是各种计算机语言。算法设计是数学研究领域的一个分支,不同的算法与诸多学科有着密切联系。良好的数学基础肯定有利于算法设计能力的提高。算法设计能力其实是变量关系和逻辑层面的设计问题。算法设计造就了很多经典的运筹学模型的最终实现。培养算法能力没有捷径!算法设计内容是运筹学和计算机科学交汇最多的领域,对于运筹学的算法能力训练,必须扎实掌握各种运筹学分支的理论基础、清楚理论推导和演算过程。很多运筹学算法凝聚了开发者的智慧。一个优秀的算法,对提高模型的运算速度和精确程度的贡献,并不逊于在硬件方面的升级换代。

传统上以理论教学为中心任务的运筹学,是围绕模型和算法展开的。规划软件的相当大的一部分工作,其实就是代替人工承担了算法的任务。本书无意过多讲述基础算法设计方面的内容,本书的诸多案例或许会涉及不同的运筹算法,那么也仅仅是在利用电子表格解决实际问题之前进行必要的简明介绍。本书读者应当把注意力集中在:如何顺利开展人机对话,为已经做好各种算法准备的计算机和千变万化的实际规划问题之间建立科学规范的联系。因此,对算法设计感兴趣的读者,请参考高级运筹学以及其他相关教程。

1.1.5 编程实现能力——如何将算法付诸实施

“编程实现”是个实践性很强的操作性工作,不但包括编制程序(programme),还包括反编译程序(decompile)以及调试程序(debug)。编程实现能力的专业性很强,对于工作重心在规划求解等方面的管理人员而言,编程实现过程可以“外包”给专业程序设计人员。对于给定问题,如果已经设计完成了(或者找到已有的)算法,程序实现过程完全可以当作一个“黑箱”对待。由于近年来计算机语言越来越结构化,编程实现能力与算法设计能力几乎可以在分工上实现分离。

本书将围绕 Excel 的“规划求解”功能开展介绍。显然,很大一部分算法和编程的工作,已经由这个属于 Office 家族的优秀软件代劳了。但是一般认为,管理专业的相关人员掌握一定的算法设计和编程能力是十分必要的。原因有三:其一,运筹学的理论框架是建立在模型和算法之上的,掌握运筹学的精髓必须学习各种模型和算法的基本原理。如果在实践中过多地依赖各种规划软件的黑箱性质,那么可能会在解决实际规划问题时遭遇盲目求解的可能,甚至会产生无法解读计算结果的尴尬。其二,并不是所有的通用商业软件均能从容应对千差万别的生产实践问题,一些大型的规划问题仍旧需要企业进行特(自)有软件的开发和设计。可以预见的是,在变化万千的规划领域中总会遇到很多的机会和场合,需要管理者直接指导甚至参与到新算法的设计、修改、更新的工作中。掌握必要的算法设计和程序编制能力,一定会在这些情况下发挥“锦上添花”的作用。其三,运筹学学科发展的路径告诉我们,这个学科的突破多数集中在模型算法方面。如果读者希望在掌握规划实际操作能力之上,进一步在运筹思维突破和理论创新上有所造诣的话,算法设计和编程实现能力的培养必不可少。

上述五个层面的能力如果比拟为一个研究作战地图的会议场合,细心的读者会区分出以下差别:“决策能力”是指挥员对作战方案的最终制定和组织实施;“辅助决策能力”是参谋人员从抽象的地图中获取有用的信息,支持(或者质疑)指挥员提出的备选作战方案;“建模能力”是参谋人员和侦察人员共同将搜集到的种种具体情报,以抽象的特定符号描绘到地图中;“算法设计能力”是技术人员确定以何种技术手段和标准,清晰地描绘这张地图,而这些技术手段完全可以脱离当前的战争态势提前制定出来;而“编程实现能

力”则是具体的制图工作,虽然这些人员可能缺席这个会议,但是其“场外”的重要作用也是不可忽视的。

1.2 具有规划功能的常用软件简介

1.2.1 计算机软件发展概况

1. 通用软件的共同特点

随着计算机硬件成本的下降和应用技术的普及,计算机进入到了各行各业,并在不同的场合发挥着巨大的作用。计算机软件主要履行科学计算的功能。科学计算可分为两类:一类是纯数值的计算,例如求函数的值或方程数值解;另一类计算是代数计算,又称符号运算。代数运算是一种智能化的计算,符号可以代表整数、有理数、实数和复数,也可以代表多项式、函数,还可以代表数学结构如群、集合等等。对于具有规划求解功能的软件,大多利用了其符号运算方面的功能。

从计算机发明到现在的近 70 年的时间里,用计算机进行的科学计算主要是数值计算,如天气预报、仿真模拟、航空航天等领域的大规模数值计算。早在 20 世纪 50 年代末,人们就开始了符号计算的计算机系统的研究。进入 80 年代后,随着计算机的普及和人工智能的发展,用计算机进行代数运算的研究发展非常迅速,涉及领域也在不断扩大,相继出现了多种功能齐全的计算机系统,这些系统可以分为专用系统和通用系统:专用系统主要是为解决物理、数学和其他科学分支的某些计算问题而设计的,专用系统在符号和数据结构上都适用于相应的领域,而且多数是用低级语言写成的,使用方便,计算速度快,在专业问题的研究中起着重要的作用;通用系统具有多种数据结构和丰富的数学函数,应用领域广泛,其中,SAS、SPSS、Mathematica、MATLAB、Maple 和 Excel 等都是通用的软件系统。尽管不同的计算机软件之间有较大的差别,但也有一些共同的特点:

(1) 具有高效的可编程功能,可以进行符号运算、数值计算和图形显示。这也是通用