



管理前沿文库

4

管理线性规划

Guanli Xianxing Guihua

张惠恩 著



东北财经大学出版社

管理前沿文库  总主编 林钟高 金锡万

管理线性规划

□张惠恩 著

东北财经大学出版社

管理前沿文库

总主编

林钟高 金锡万

编委会

主 任

岑豫皖 安徽工业大学副校长,教授

副主任

林钟高 安徽工业大学管理学院院长,教授

郑明东 安徽工业大学研究生部主任,教授

委员(以姓氏笔划为序)

丁家云 刘 冰 严 忠 岑豫皖 汪家常 李德俊 林钟高

陈 荣 金锡万 金鹏程 杨亚达 封定一 郑明东 祖 明

张惠恩 席彦群 黄志华 戴新民

顾问、特约审稿

董元簏 安徽工业大学校长,教授,博士,博士生导师

吴水澎 厦门大学副校长,教授,博士生导师

梁 樑 中国科学技术大学商学院副院长,教授,博士,博士生导师

李若山 复旦大学管理学院副院长,教授,博士,博士生导师

黄速建 中国社会科学院工业经济研究所所长,研究员,博士,博士生导师

总前言

在 21 世纪的开年,我们组织撰写的“管理前沿文库”付梓并与广大的读者见面了。这套文库是在安徽工业大学校党政领导的重视下,在学校学科建设委员会和文库编委会的支持与指导下,管理学院教师共同努力和精诚合作的产物。

管理科学正式成为一门独立的学科,至今大约已有 100 年的历史。第二次世界大战以后,随着科学技术的迅速进步和社会化大生产的发展,西方各种管理学派纷纷涌现,出现了百家争鸣的局面。20 世纪 80 年代以来,由于在管理实践中日益重视社会、经济与文化等因素和人与组织的作用,加之信息技术的迅速发展,管理科学研究的重点转向组织行为和权变理论,更加重视战略管理,从而使管理科学由运筹学等狭义的范畴扩大至广义的范畴,即以数学、经济学和行为科学为基础,分为基础管理、职能管理和战略管理三个层次。而且,在管理科学研究中,也更加强调要与国家、行业及企业的具体情况相结合,为各种类型和不同层次的决策提供支持。本套文库认为,不管是美国管理学或德国的经营经济学,还是法国的管理学或日本的经营学;不管是古典管理学派、组织行为学派,还是管理科学学派抑或决策行为学派;不管是系统管理、权变管理,抑或战略管理,归结到一点,那就是,管理是一种重要的资源,是一切组织的根本,其终极目标在于实现资源配置的优化和社会福利的最大化。本套文库正是从这一角度出发,围绕管理的“信息—决策、预期—保险、激励—约束”等功能主线设计选题和展开研究的。

管理的“信息—决策”功能,也就是组织和沟通协调的功能。根据科斯的理论,企业之所以存在,之所以可部分地取代市场,原因在于企业可以节约交易费用。而企业之所以能够节约交易费用,又在于企业管理者承担了组织和沟通协调的管理功能。组织和沟通协调表现为对信息的极大依赖,即降低收集、处理做出决策的信息的成本,提高企业绩效;影响、塑造人的行为,产生新的关于人的行为信息;增加人的交易行为、决策行为的确定性。《会计信息价值论》,不是简单地证明中国资本市场(特别是股票市场)的有效性及其程度,也不是单纯地重复已有的研究成果,而是从立足于主流经济学的基本理论,从以会计信息作为连接企业与资本市场的桥梁和纽带这一中心论点出发,根据中国经济体制的现状和变迁趋势,研究在资本市场中各类决策(包括公司估价、债务契约、破产预测、报酬契约、政府管制等)对于会计信息的依赖,或者说会计信息在资本市场各类决策中的基础性作用。而《管理线性规划》则是从实证管理研究的角度,论述线性规划在企业管理过程中的具体运用问题,即针对企业管理理论与实践的典型问题和案例,通过构建管理量化数理模型和线性规划分析方法,从实际问题的解决中归纳中国企业管理中的共性规律,既是实现管理信息—决策功能的工具,又是管理信息—决策功能的结果。

管理的“预期—保险”功能,也就是创新和风险管理功能。根据熊彼特在1912年出版的《经济发展理论》一书中表述,创新就是“建立一种新的生产函数”,把一种从来没有过的关于生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系;而风险管理则表现为管理者在企业生产经营过程中对各种风险因素的排除和预测,从而获得创新报酬和风险收益。具体说,创新和风险管理一方面是通过对人类行为的管理,帮助交易当事人较为准确地判断出交易中的其他人未来可能的行为;另一方面是通过管理把未来的不确定性风险从交易者个人身上转移到那些愿意承担风险、并且承担成本较低的社会组织机构上去,以使交易者对未来经济活动形成稳定的预期。《物流供应链管

理》、《企业资源与成本管理》、《资本结构优化与资本运营》、《企业并购与资源配置》、《企业风险控制》等专著,无疑都是针对这方面的问题进行研究的。其中,《物流供应链管理》是在网络经济时代中,以供应链管理为大环境,对物流流程(采购、配置、控制等)及供应链管理所做的全面研究。《企业资源与成本管理》是从“作业管理”(activity-based management)的理念出发,以现代制造环境的变革和新的成本管理制度为中心,对作业成本的理论与应用所做的研究。《资本结构优化与资本经营》是以资本经营这一经营环境为背景,研究资本经营过程(资本筹措、资本投资、资本收益分配等)中资本结构的优化问题,包括初始优化、结构调整以及效果评价,等等。《企业并购与资源配置》以主流经济学的若干原理为理论基础,就企业并购所引起的财务问题进行系统的分析研究,提出完善或改进的基本思路,形成了具有中国特色的并购财务理论体系。《企业风险控制》则是从企业市场营销的角度出发,围绕风险类型、风险预测、风险控制及风险转化等方面所做的研究。

管理的“激励—约束”功能,也就是监督和激励功能。根据阿尔钦和德姆塞茨的团队生产理论,彼特斯、沃特曼和欧钦等人的个人价值实现理论,在团队中实施监督的人的动力来源于赋予其剩余索取权,来源于多方面的激励;而对于员工,管理者则从人本主义出发,通过人性化管理改变员工的偏好结构,从而实现团队的整体目标。具体说,管理的激励—约束功能表现在,通过对内外交易当事者关系的管理确认,营造出一系列的行为规则和活动空间,以使人们在发生各种行为时,能够估计出大致的收益(成本)。《业绩管理》是从委托代理理论和企业的契约理论出发,对企业业绩的确认、评价、考核与优化问题所做的系统研究。《公司理论与中国企业改革》则主要从公司理论、企业管理创新的角度,围绕激励—约束机制探索中国企业改革问题。具体说,是在充分占有当代公司理论的中外文献和企业管理案例的基础上,阐述现代主流经济学理论和现代企业制度的运行机理,并将其同中国企业改革理论与实践中的问题相结合,探索我国企

业改革的具体思路和基本走向。

需要特别说明的是,本文库的创作是在安徽工业大学管理学院兼职教授和专家委员会各位委员的积极支持下开展研究的结果。我们要特别感谢文库的顾问,他们是:董元簏教授、吴水澎教授、梁樑教授、李若山教授、黄速建教授。作为博士生导师,他们以其高深的理论造诣、严谨的治学精神、认真的科研作风,对各专著的写作提纲、初稿和定稿进行了全过程的指导和把关,董元簏教授、梁樑教授还热情地为本套文库作序,为本文库添色增光。我们还要特别感谢以下同志,他们是:苏鉴钢高级经济师、王根银总经理、刘汉如总经理、李友兰处长、吴培养处长、吴小根博士、吴建敏高级会计师、吴立平总经理、曹小军处长、何梅芬高级会计师、张文焕高级会计师、张贤善博士、陈明新高级经济师、宗云海高级会计师、诸骏生部长、张建群高级会计师、魏正平局长、杨阳高级经济师、魏浩水处长等。东北财经大学出版社的领导和编辑也为本文库的出版付出了艰辛的劳动,对此,我们一并致以诚挚的敬意和谢意。对于以上同志的无私支持和热情帮助,我们只能以更加努力的教研工作和更丰硕的研究成果来报答,只能把安徽工业大学管理学院的学科建设、学术研究搞得更好、发展得更快来加以报答。

文库的主要作者,是一群年轻的学者教授,他们在撰写文库中各书之前,都已在各自的研究领域中取得了丰硕成果,独立撰写和发表过不少学术论著。这次在“管理前沿文库”中所发表的著述,均是他们长期研究积累和有效合作的结果。当然,文库所涉及的企业问题的范围以及所提出的对策方法,还不可能全部涵盖我国企业困境问题的所有难题,也不能期望能立即产生扭转乾坤的神奇功效,而且各书中对现有理论与方法的质疑与批评、对企业管理新机制的一些见解,都有值得商榷之处。特别是由于我们这个集体还非常年轻,根基不深、积累不厚,还处于发展的初期,这套文库肯定会有许许多多的不足和局限性。我们之所以这个时候就拿出来,一方面是要给大家,尤其是在这个集体工作的年轻学者与学术界交流的机会;另一

方面是要得到社会各界,特别是管理科学界的批评指正,以帮助我们提高得更快一些、发展得更好一些。

“管理前沿文库”总主编 林钟高 金锡万

2001年6月

序一

经过两年的筹划和辛勤探索,“管理前沿文库”即将出版并与广大读者见面,我感到非常高兴。

从古代中国的《孙子兵法》到现代企业以人为本的全新管理理念,不管人们怎样看待管理,是科学还是艺术,它总是为了合理地分配劳动时间,减少劳动消耗,生产更多更好的产品,以满足人类自身的需要。也就是说,管理是时间节约规律作用的结果。经济效益的实质用著名的古典经济学家李嘉图的话来说,就是真正的财富在于用尽量少的劳动时间创造出尽量多的使用价值;用现代经济学家的话说,就是稀缺经济资源的有效利用和优化配置问题。我在仔细阅读了“管理前沿文库”各本专著的提纲和大部分书稿后,认为,整套文库的编写虽然各有侧重,但其总体思想都是围绕着管理是一种资源这一中心观点和新的认识,从管理的计划、组织、指挥、控制、协调、激励等功能出发,选择其中最有理论价值和实践指导意义的问题进行分析和研究。比如,会计信息于资本市场决策的基础性作用以及会计信息质量的保证与优化;管理量化分析模型及其应用问题;企业物流供应链管理与企业流程再造问题;作业管理与成本管理制度创新问题;资本经营环境下企业资本结构优化问题;企业业绩管理及其激励机制的完善问题,等等。它的特色在于将管理是一种资源的认识观点、管理理论与中国企业的实际相结合,侧重于应用上的创新和应用理论研究解决实际问题。

安徽工业大学作为一所工为主、工经管文理

法协调发展的多学科性综合大学,其“团结、求实、勤奋、创新”的校训和“以人为本、以学问为本”的教育思想对于每一位“安工大人”都产生了巨大的影响。我们深深感受到“有容乃大”、立志做“大事”,特别是把做学问作为一件大事的情景在安徽工业大学随处可见。近年来,我们依照“有容乃大”的思想,吸纳各方人才、吸收各种理论流派、同各方人士交流、与境内外各类机构合作,从中得到养分和支持,有了一些进步和发展。这套文库就是我们在与外界交流合作过程中取得的主要成果,也是各方人士加入安徽工业大学之时或之后献给这个集体的一份厚礼。我希望,在安徽工业大学这个集体里,有更多更好的学术论著和研究成果出现。

诚如“总前言”所说,由于文库容纳的选题十分广泛,涉及的问题十分复杂,加上经验和学术水平的限制,本文库一定还存在不少的问题和不足。希望广大读者本着学术的态度加以批评指导,以促进科学研究和学术水平的提高。

董元篪

安徽工业大学校长、教授、博士、博士生导师

2001年7月10日

序二

诚挚邀约,作为“管理前沿文库”的顾问和特约审稿,有幸先行拜读了各本专著的大纲和全部书稿,并提了些不成熟的意见,经修改后现已付梓与广大读者见面了。在祝贺之余,我还想就整套文库说几句话,权且成序。

第一,不管人们怎样看待管理,我认为管理的最终目的无非是实现资源配置的优化,本套专著的最大特点或者说中心主线正在于此。管理作为一种资源,本身有个配置问题,主要指功能的配置。同时,通过管理功能的发挥,又促使其他资源的配置优化。互为因果,互为促进,本文库体现的就是这样一种关系。更为可喜的是,各本专著虽然都围绕管理功能安排选题,但其间所触及的问题却是存在于十分广阔的学科领域之中的,尤其是对现代主流经济学的娴熟运用,更使研究结果有了经济生命和经济价值。

第二,围绕管理功能安排的各本专著,均具有很强的特色,且大多是经济实践中迫切需要解决的实际管理问题。比如,会计信息在管理决策中的基础价值分析、线性规划模型在管理活动中的应用、在新制造环境和供应链环境下的成本管理与物流再造、资本经营过程中的理财新机制(资本结构、并购策略、资本重组等)、市场经济条件下的风险管理与企业文化建设,等等,应该说切中要害,很有理论价值和实践指导意义。尤其是在我国企业改革处于历史的关键时刻,市场经济处于逐步推广和完善的全新环境,以上这些问题带有普遍性,是管理领域中的“瓶颈”问题。本套文库的研究不畏难题、面对现实的学术勇气,难能可贵。

第三,理论研究的价值在于解释和指导、预测实际问题,这是“管理前沿文库”成功的另一个重要特色。各本专著的理论分析独到,且均能辅以相应的实证资料和有用的数理分析模型。理论与实际紧密结合,作为专著难能可贵,其严谨的治学态度可见一斑。我想,书中提出的理论见解、实证模型、案例资料,是可以为实践所接受、所应用的。

第四,令我感动的是,作为一个年轻的集体就有如此的大手笔,足见其组织策划者的学识和胆量;其所在单位的领导及有关部门能对如此大的工程给予关注,足见其对学人和学问的高度重视。也许这就是保证文库高质量、高水平完成的精神力量之所在吧。

当然,“管理前沿文库”并非尽善尽美,留下一些遗憾既属正常,又是激发各位作者不断探索的源泉。我想,经过广大读者的审视和批评指导,一定会造就更多的学人,成就更大的学问。

梁 樑

中国科学技术大学商学院副院长、教授、博士、博士生导师

2001年7月28日

目录

第 1 章 线性规划的基本理论	1
1.1 线性规划的数学模型	1
1.2 线性规划解的概念	3
1.3 线性规划的单纯形解法	5
1.4 线性规划的对偶单纯形解法	10
第 2 章 资源优化配置规划	12
2.1 典型的资源优化配置问题求解	12
2.2 资源的影子价格	18
2.3 资源优化配置规划的灵敏度分析	20
2.4 非典型的资源优化配置模型	41
第 3 章 最佳物资供给规划	47
3.1 典型的最佳物资供给问题求解	47
3.2 要素的影子成本	51
3.3 非典型的最佳物资供给模型	52
第 4 章 最小总运费运输规划	58
4.1 典型的最小总运费模型求解	58
4.2 求解最小总运费模型的表上作业法	61
4.3 最小总运费模型的应用	70
第 5 章 最大运输流量规划	76
5.1 单一物资最大运输流量模型	76
5.2 求解最大运输流量问题的图上作业法	78
5.3 最小总费用的最大流量运输模型	82
第 6 章 整数线性规划	92
6.1 整数线性规划的模型	92
6.2 整数规划的母规划	98
6.3 分支和界法	99
6.4 割平面法	109

第 7 章 多目标线性规划和线性目标规划	118
7.1 多目标线性规划的模型和解的概念	118
7.2 多目标线性规划的求解方法	119
7.3 线性目标规划的模型	129
第 8 章 随机线性规划	135
8.1 随机线性规划及其解的概念	135
8.2 事后解的概率分布	136
8.3 可补偿解的模型及求解	144
8.4 概率约束解的模型及求解	148
后记	153

第1章 线性规划的基本理论

1.1 线性规划的数学模型

数学上把研究给定目标函数在若干变量约束条件限制之下的最优值问题称为规划理论。当所涉及的目标函数和约束条件中所含有的函数表示式均为未知决策变量的一次式时，称该规划问题为线性规划问题。

单目标线性规划的一般模型可表示为：

$$\text{opt. } S = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n \quad (1.1)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \cdots \cdots \cdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad (1.2)$$

$$x_1 \in D_1, x_2 \in D_2, \cdots, x_n \in D_n. \quad (1.3)$$

上述模型可以分成三部分：

(1.1) 为目标函数，其中 $x_1, x_2, \cdots, x_n$ 为待定决策变量， $c_1, c_2, \cdots, c_n$ 为已知常数， S 为目标函数值的标识符， $\text{opt. } S$ 可以是求 S 的最大值（写成 $\max S$ ）或求 S 的最小值（写成 $\min S$ ）。在应用上有时线性目标函数形如 $\text{opt. } S_1 = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n + d$ 其中 d 为常数，这时删去 d ，代之以 $\text{opt. } S = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n$ 并不影响其决策变量的最优值。

(1.2) 为约束条件组，其中 a_{ij} ($i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2,$

$\cdots, n)$ 及 b_i ($i = 1, 2, \cdots, m$) 为已知常数。在应用上有时线性约束条件可以是不等式约束, 这时只要设置一些辅助变量 (又称为松弛变量) 即可转化为等式约束。例如对约束条件: $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n \leq b$, 设辅助变量 $x_{n+1} = b - (a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n)$, 该条件即可写成 $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n + x_{n+1} = b$ 。同样, 对约束条件 $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n \geq b$, 设辅助变量 $x_{n+1} = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n - b$, 即可改写为 $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n - x_{n+1} = b$ 。

(1.3) 为决策变量的定义范围, 其中 D_j 分别为 x_j 的定义域 ($j = 1, 2, \cdots, n$)。在应用上最常见的定义域为 $x_j \in [\alpha_j, \beta_j]$ 或 $x_j \in [\alpha_j, +\infty)$ 或 $x_j \in (-\infty, \beta_j]$ 或 $x_j \in (-\infty, +\infty)$ ($j = 1, 2, \cdots, n$)。对于这些类型的定义域总可以通过适当的变量代换, 使取代原决策变量的新决策变量的定义域均为 $[0, +\infty)$, 并且这种代换不会改变目标函数及约束条件组的线性性质。具体做法可见以后章节中所述。

另一类常用的定义域是 x_j 允许在整数集或整数集的某一子集内取值。这时规划问题也称为整数规划。整数线性规划在求解方法上和非整数线性规划有所不同, 将在第 6 章中单独论述。在本章中以下内容均在非整数线性规划范畴内讨论。

若记目标函数系数行向量 $c = (c_1, c_2, \cdots, c_n)$, 约束条件组

$$\text{系数矩阵 } A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}, \text{ 约束条件组常数列向量 } b = (b_1,$$

$b_2, \cdots, b_m)^T$, 决策变量列向量 $x = (x_1, x_2, \cdots, x_n)^T$, 并且设决策变量定义域均为 $[0, +\infty)$, 则线性规划的数学模型可表示为:

$$\begin{aligned} \text{opt. } S &= cx \\ Ax &= b \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.4)$$

该模型也称为线性规划的标准模型。

1.2 线性规划解的概念

本节中我们就模型 (1.4) 进行讨论。线性规划的约束条件组是一个非齐次线性方程组，称其任一解为该线性规划问题的一个解。如其解 x 又满足 $x \geq 0$ ，则称 x 为该线性规划的一个可行解。一个线性规划全部可行解的集合称为该线性规划的可行域。根据线性方程组的求解理论，一个线性方程组 $Ax = b$ 解的情况可能有三种：

1) 无解。此时线性规划也无解。

2) 仅有惟一解 x_0 。如此惟一解 x_0 满足 $x_0 \geq 0$ ，则这是惟一可以允许的决策变量取值。如 x_0 不满足 $x_0 \geq 0$ ，则线性规划并无可行解，即不存在满足要求的决策变量取值。

3) 有无穷多组解。这时其全部解将形成一个 n 维空间中的 $n-r(A)$ 维线性流形，其中 $r(A)$ 为矩阵 A 的秩。如果该解集与 $\{x | x \geq 0\}$ 不相交，则线性规划仍无可行解；反之，如解集与 $\{x | x \geq 0\}$ 相交，则其公共部分，即线性规划的可行域，将形成 n 维空间中该 $n-r(A)$ 维线性流形的一个凸子集，也常称为是一个单纯形。

设线性规划 (1.4) 有解，考察 m 行 n 列矩阵 A 。如 $r(A) < m$ ，意味着方程组 $Ax = b$ 中有若干方程为其他方程的线性组合，把它们除去并不影响方程组的解。所以可设 $r(A) = m$ ，这时必有 $m \leq n$ ，且方程组有解。在 A 中取出线性无关的 m 列构成 A 的可逆子阵 B ，将 A 的剩余子阵记为 N 。以 B 的列为系数的相应决策变量构成 m 维列向量 x_B ，它是 x 的一个子向量。称 B 为该线性规划的一个基， x_B 中的决策变量为属于这个基的基变量。以 N 各列为系数的相应决策变量构成的列向量记为 x_N 。称 x_N 中的决策变量为关于