

INTERMEDIATE
OPERATIONS RESEARCH



中级运筹学



徐玖平 胡知能 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院规划教材

中级运筹学

徐玖平 胡知能 编著

教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍运筹学中的理论、方法和模型,重点陈述线性规划、整数规划、非线性规划、多目标规划、不确定规划、动态规划、图与网络、对策论、库存论、排队论、可靠论、搜索论、价值论、模拟论等定量分析的方法和应用。阅读本书要求具有运筹学的基础知识。

本书是教学改革项目“基于信息技术平台的运筹学立体化教材”的成果,配备立体化教学包,包括教师手册、多媒体课件、教学案例库、在线支持等。

本书结构体系完整,理论与实际相结合,注重培养解决实际问题的能力,主要适用于对数量方法有一定要求的硕、博士研究生。

图书在版编目(CIP)数据

中级运筹学/徐玖平,胡知能编著. —北京:科学出版社,2008

中国科学院规划教材

ISBN 978-7-03-021061-6

I. 中… II. ①徐…②胡… III. 运筹学-高等学校-教材 IV. 022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 016658 号

责任编辑:林 建/责任校对:张怡君

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 3 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008 年 3 月第一次印刷 印张: 32 1/2

印数: 1—4 000 字数: 603 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)



序

运筹学是研究人类对各种资源的运用及筹划活动,其目的在于了解和发现这种运用及筹划活动的基本规律,以便发挥有限资源的最大效益,来达到总体、全体最优化的目标。这里所说的“资源”是广义的,既包括物质材料,也包括人力配备;既包括技术装备,也包括社会结构。自20世纪50年代以来,运筹学的研究与实践得到长足的发展,在工程、管理、科研以及国民经济发展的其他诸多方面都发挥了巨大的效益和作用。随着计算机等信息技术的发展,作为一门优化与决策的学科,运筹学受到了前所未有的重视。运筹学课程逐渐成为管理科学、应用数学、系统科学、信息技术、工程管理、交通运输等专业的基础课程之一。为此,在教育部优秀青年教师教学科研奖励计划的支持下,我们在参考和借鉴国内外大量运筹学优秀教材、学习并融会诸多运筹学课程优秀教师的经验的基础上,推出了“基于信息技术平台的立体化运筹学教材系列”。从2001年起,经过充分的酝酿和编写,实际讲授与修订,这套运筹学教材基本体现了我们对于如何建设21世纪运筹学教学体系的一些想法,包含了我们在教学改革中所获得的一些经验和成果。

■ 学科进展

运筹学是一门新兴的应用科学,不同研究的对象与侧面,有不同的说法。对处理实际问题,1976年美国运筹学会定义“运筹学是研究用科学方法来决定在资源不充分的情况下如何最好地设计人-机系统,并使之最好地运行的一门学科”。对强调数字解又注重数学方法的研究,1978年联邦德国的科学辞典上定义“运筹学是从事决策科学模型的数字解法的一门学科”。对于生产、管理等实际中出现的一些带普遍性的运筹问题,英国运筹学杂志认为“运筹学是运用科学方法(特别是数学方法)来解决那些在工业、商业、政府部门、国防部门中有关人力、机器、物资、金钱等大型系统的指挥和管理方面所出现的问题,其目的是帮助管理者科学地决定其策略和行动”。从实践方面来看,运筹学的发展是为了满足社会的需要而发展

的。从教育教学的历史发展脉络来看,运筹学能成为大多数专业学科的基础是逻辑与历史的辩证统一。

历史脉络

运筹学已渗透到诸如服务、库存、搜索、人口、对抗、控制、时间表、资源分配、厂址定位、能源、设计、生产、可靠性、设备维修和更换、检验、决策、规划、管理、行政、组织、信息处理及回复、投资、交通、市场分析、区域规划、预测、教育、医疗卫生的各个方面。P. M. Morse 与 G. E. Kimball 将运筹学视为一种科学方法,提供执行者处理有关他们管辖下运作事务的一些计量性的决策基础。而 R. L. Ackoff 与 E. L. Arnoff 把运筹学看成将科学的方法、技术与工具应用于系统的作业上使管辖下的作业问题获得最佳的解决。S. Beer 则认为运筹学是研究人、机器、材料与资金在其周围环境中发生的有关管理与控制的几率性承担意外风险问题,其独特的技术是根据具体情况,利用科学模式,经由量测、比较以及对可能行为的预测而提出一个管制策略。然而就历史角度来看,运筹学在不同的时期具有不同的时代特征,一切所谓规范的模式均可以还原为事物的物理原形,并展现其源发地的历史印记。

追溯源头

朴素的运筹思想在中国古代历史发展中源远流长。早在公元前 6 世纪春秋时期,著名的军事家孙武所著的《孙子兵法》就是当时军事运筹思想的集中体现。公元前 4 世纪战国时期的孙臆“斗马术”是中国古代运筹思想的另一著名例子,其思想体现为不争一局的得失,而务求全盘的胜利,是争取全局最优的经典。公元前 3 世纪楚汉相争中,刘邦称誉张良“运筹帷幄之中,决胜千里之外”,是对其运筹思想的高度评价。北宋时期的沈括关于军事后勤问题的分析计算则是更具有现代意义的运筹范例。

除军事运筹思想的成功运用之外,中国古代农业、运输、工程技术等方面也有大量的运筹典籍与应用典范。北魏时期贾思勰《齐民要术》记载的古代劳动人民在生产中如何根据天时、地利和生产条件合理筹划农事的经验就体现了运筹要义,例如播种时间和作物连作中的“谷田不可连作,必须岁易”可视为现代运筹学中二阶段决策问题的雏形。《管子》一书曾经提出的“高毋近旱而水用足,下毋近水而沟防省”的城市选址的运筹思想,在西汉首都长安市址的选择、水陆枢纽的设计及对宫殿、街道、市井等的统筹布局等方面得到充分体现。公元前 54 年汉宣帝时,对首都长安的粮食供应与存储问题的考虑充分体现了现代运筹学中早期研究的合理物流问题。宋真宗祥符年间对失火宫廷进行重建的过程,采用了一个取土、弃土、材料运输以及施工次序统筹安排的综合方案,展示了统筹方法。宋仁宗

庆历年间,黄河决口封堵过程接受了高超提出的分阶段作业方案,把该方案从经济、人力和效果各方面与旧方案进行比较,论证了分阶段作业优于一次作业。

明代著作《增广智囊补》记有颇具运筹思想的物资合理运输的物流问题。1738年 D. Bernoulli 提出了效用的概念,以此作为决策的准则。1777年 D. Buffon 发现了用随机投针试验来计算 π 的方法,是随机模拟方法 (Monte-Carlo 法) 最古老的试验。1896年 V. Pareto 从数学角度给出了 Pareto 最优的概念,予以解决多目标优化问题。

独显魅力

运筹学作为一门独立学科,是从 20 世纪 30 年代才逐渐发展形成的。奠定和构成现代运筹学发展基础和雏形的早期先驱性工作,可追溯到 20 世纪初。1909 年丹麦电话工程师 A. K. Erlang 开展了电话局中继线数目话务理论的研究,发表将概率论应用于电话话务理论的研究论文《概率论与电话会话》,开现代排队论研究之先河。1915 年 F. W. Harris 对商业库存问题的研究是库存论模型早期的工作, H. C. Levinson 关于最优发货量的研究是对现代库存论和决策论发展的最初启示。1916 年 F. W. Lanchester 关于战争中兵力部署的理论,是现代军事运筹规范的战争模型。1921 年 E. Borel 在 E. Zermelo (1912 年) 用数学方法来研究博弈问题的基础上,引进了现代博弈论中最优策略的概念,对某些对策问题证明了最优策略的存在性。1926 年 T. H. Boruvka 发现了拟阵与组合优化算法之间的关系。1932 年 A. Ya. Shinchin 研究了机器维修问题,是可靠性数学理论最早的工作。

1935 年开始,英国空军针对防御德国飞机的空袭研制了新雷达系统。但是,由雷达送来的常常是相互矛盾的信息,需要加以协调和关联,以改进作战效能。因此,英国在皇家空军中组织了一批科学家,成立了运筹学小组,对新战术试验和战术效率评价进行研究,取得了满意的效果。美国人受到英国运筹学对作战指挥成功运用的启发,在自己的军队中也逐渐建立起各种运筹学小组,美国人称这种工作为“Operations Research”。运筹学工作者在第二次世界大战中研究并解决了许多战争的课题,例如通过适当配备护航舰队减少了船只受到潜艇攻击的损失;通过改进深水炸弹投放的深度,使德国潜艇的死亡率提高;以及根据飞机出动架次做出维修安排,提高飞机的作战效率;等等。他们的工作对反法西斯战争的胜利起到积极的作用,同时也为运筹学学科的发展做出了不可磨灭的历史贡献。

在第二次世界大战时期,Leonid V. Kantorovich 于 1939 年总结其研究工作而成的《生产组织与计划中的数学方法》,是线性规划对工业生产问题的典型应用; J. von Neumann 与 O. Morgenstern 于 1944 年出版《博弈论与经济行为》一书,标志着系统化与公理化的博弈论分支的形成,为发展了近代的决策效用理论,为决策分析中的效用函数奠定了公理基础。

强立学科

第二次世界大战结束后,英国、美国和加拿大军队中运筹学工作者已超过700人.他们中一部分不但在军事部门继续予以保留,研究队伍进一步得到扩大和发展,同时在政府和工业部门也开始推行运筹学方法,筹建各类运筹学小组.另一部分人在英国民间组织的“运筹学俱乐部”中,定期讨论如何将运筹学转入民用工业,并取得了可喜进展.20世纪40年代后期,由于大规模的新兴工业的出现,同行业间的竞争加剧,迫切需要对大型工业的复杂性的生产结构和管理关系进行研究,做出科学的分析和设计;产品的更新换代的加速,使得生产者必须密切注意市场情况和消费者的心理分析;快速的计算机的出现,一些复杂的问题能得到及时解决而使运筹学具有现实意义.1953年R. Bellman阐述动态规划的最优化原理.同年,L. S. Shaply研究了Markov决策过程的一种基本型,成为该分支发源性的工作.1953年J. Kiefer首次提出优选的分数法与黄金分割法.1954年,D. R. Dantzig等研究旅行推销员问题时提出了分解的思想,萌芽了整数规划中两大方法——割平面法与分枝定界法;L. J. Savage把效用理论与主观概率结合成整体来研究统计决策问题,建立了严格的公理基础.等等.在这样的强势下,运筹学得到了迅速发展.

在军用或民用的运筹学研究中,得到了很多大学的支持,签订了不少协作研究的合同.大批专门从事研究的公司也逐渐成立,如RAND公司就成立于1949年.世界上第一份运筹学杂志于1950年出现了,第一个运筹学会“美国运筹学会”于1952年成立了.到20世纪50年代末期,英美两国几乎所有工业部门都建立了相应的运筹学组织,从事运筹学的研究.各国运筹会从50年代起也先后成立,1959年由英美法三国运筹学会发起成立了国际运筹学会联合会(IFORS),进入21世纪,已有48个国家或地区的运筹学组织作为其正式会员.

在中国,现代运筹学的研究是从20世纪50年代后期开始的.在钱学森、华罗庚、许国志等老一辈科学家的推动下,Operational Research被引入中国,正式译名为运筹学,融合中国优秀的运筹学思想与成功范例,使其研究与实践得到长足的发展.运筹学中的“打麦场的选址问题”和“中国邮递员问题”就是在那个时期提出并研究解决的典型问题.华罗庚先生在1965年起的10年中走出中国科学院研究所,在全国推广“优选法”和“统筹法”,对中国现代运筹学的研究和应用起到了巨大的推动作用.1980年,中国在山东济南成立了中国数学学会运筹学分会,1982年加入国际运筹学会联盟并创刊《运筹学杂志》.1991年中国运筹学会具有法人资格的全国性学会正式成立,1992年以独立法人资格在当时的成都科技大学召开了第一届全国学术会议.

运筹学研究的快速发展使得全世界运筹学出版物的种类和数量每年都在以惊

人的速度增加. 直接以运筹学或其分支命名的期刊全世界共有 40 多种; 另外, 与运筹学密切相关的期刊还有 40 多种. 若将那些与运筹学论题相关或包含运筹学个别论文的期刊都考虑在内的话, 那么总数将会达到几百种.

研究范式

早期的研究者们清楚地看到, 从事运筹学工作新颖之处产生于正在经受科学研究的那些运行系统的现象, 并为了使所找到的方法立即付之实用而做出的合理安排, 它本质上是一项复杂的系统工程. 运筹学强调研究过程的完整性, 从问题的形成开始, 到构造模型、提出解案、进行检验、建立控制, 直到付诸实施为止的所有环节构成了实现目标的系统流程. 因此, 它涉及的不仅是方法论, 且与社会、政治、经济、军事、科学、技术各领域都有密切的关系. 它是一个组织从上到下对质量和数量的贯彻, 其衡量标准就是在一定的资源约束条件下按时、按质、按量完成既定任务.

运筹学作为一门用来解决实际问题的学科, 在处理千差万别的各种实际问题中, 一般应该从确定目标、制定方案、建立模型、制定解法等方面来考虑. 虽然不大可能存在处理对象极为广泛的运筹学问题的统一途径, 但是在运筹学的发展过程中形成的某些抽象模型却可以得出一些算法和结论, 并用于实际之中. 其基本的、常用的数学模式有分配模式 (allocation)、竞赛模式 (competition)、等候模式 (queuing)、库存模式 (inventory) 以及生产模式 (production) 等. 运筹学的内容庞杂, 应用涉及面广, 它有许多分支学科, 一个大型复杂的运筹学问题不一定属于某一支, 往往可以分解为许多分支问题. 从发展趋势来看, 不仅已发展成为一个独立学科包含的一些分支; 也有发展成为一些独立学科的趋势, 而又相互交错, 相互渗透. 因此, 运筹学首先是对问题加以提炼并形成规范的模型, 然后利用数学与计算机寻找技术方法, 为解决实际提供科学的依据. 它是理论、技术、工程的集成.

集成理论

从理论基础来看, 运筹学是系统综合集成理论. 运筹学先驱者们始终把他们的工作看做科学工作, 1941 年 P. M. S. Blackett 在他备忘录中就强调他们的工作是“作战的科学分析”, 必须创造适合于这种工作的条件, “所需气氛是一种第一流纯科学研究机构的气氛, 人员配备必须与此相称”. 基于运用筹划活动的不同类型, 描述各种活动的不同模型逐渐建立, 从而发展了各种理论, 形成了不同分支, 研究优化模型的规划论、研究排队模型的排队论以及研究对策模型的博弈论是运筹学最早的三个重要分支, 被称为运筹学早期的三大支柱. 随着学科的发展, 现在分支更细、名目更多, 例如线性规划、整数规划、组合优化、非线性规划、多目标

规划、动态规划、不确定规划、博弈论、排队论、库存论、可靠论、决策论、搜索论、模拟论等基础学科分支; 计算运筹学、工程技术运筹学、管理运筹学、工业运筹学、农业运筹学、交通运输运筹学、军事运筹学等交叉和应用学科分支都已先后形成. 为解决实际运筹学问题, 通常需要对实际问题的深刻把握, 分析事物本质提出概念模型, 解析运行机理建立物理模型, 利用数学工具抽象数学模型, 为奠定研究规范模型的理论基础形成系统综合集成理论.

集成技术

从实践方法来说, 运筹学是系统综合集成技术. 运筹学的发展过程已充分表现出多学科的结合, 物理学家、化学家、数学家、经济学家、工程师等联合组织成研究队伍, 各自从不同学科的角度出发提出对实际问题的认识和见解, 促使解决大型复杂现实问题的新途径、新方法、新理论的技术路线更快地形成. 因此, 在运筹学的研究方法上显示出各学科研究方法的综合, 其中特别值得注意的是数学方法、统计方法、逻辑方法、模拟方法等. 应当指出, 数学方法, 或者说构造数学模型的方法, 是运筹学中最重要方法, 它对运筹学的重要性决不亚于它对力学、理论物理所起的作用. 所以, 从强调方法论, 特别是数学方法论的观点而言, 可以把运筹学中反映数学研究内容的那部分, 看成运筹学与数学的交叉分支, 称之为运筹数学, 犹如生物数学、经济数学、数学物理等作为生物学、经济学、物理学与数学的交叉而存在. 但是, 运筹学本身的独立学科性质是由它特定的研究对象所决定的, 也正像生物学、经济学、力学、物理学等作为数学以外的独立学科那样毋庸置疑. 为解决实际运筹学问题, 往往利用数学与计算机, 对求解提炼规范模型形成系统综合集成技术.

集成工程

从实现方式来讲, 运筹学是系统综合集成工程. 运筹学研究强调理论与实践的结合, 这在运筹学的创建时期就已经表现出来, 不论是武器系统的有效使用问题, 还是生产组织问题或电信问题, 都是与当时的社会实践密切联系的. 它研究范围遍及工农业生产、经济管理、科学技术、国防事业等各方面, 诸如生产布局、交通运输、能源开发、最优设计、经济决策、企业管理、城市建设、公用事业、农业规划、资源分配、军事对策等问题. 在各个历史阶段, 运筹学始终遵循理论与实践结合的基本方针. 因而, 在发展理论的同时, 也开展了大量的实践活动, 从而对社会进步起到了积极的推动作用. 在解决实际问题的同时, 运筹学逐渐形成了自己解决问题的独特实现方式: “大统筹, 广优选, 联运输, 精统计, 抓质量, 理数据, 建系统, 策发展, 利工具, 巧计算, 重实践, 明真理.” 这就是针对实际运筹学问题实现方式, 从确定目标、制定方案、建立模型、制定解法等系统流程而形成的系统综

合集成工程.

人才培养

运筹学与其他成熟科学相比不及它们成熟. 以规划论为例来说, 线性规划的理论和比较系统和完整, 以美国 D. R. Dantzig 的著作和前苏联 H. B. Kahtopob 的著作作为代表, 而非线性规划虽然近十几年有了较大的发展, 但求整体最优问题, 则还缺乏好的通用算法和理论, 更不用说有效解存在性的一般性充要条件. R. E. Gomory 在 1958 年、1963 年的工作被誉为线性整数规划的一个突破, 但实际求解时问题很多, 尚缺乏有效算法. 第二次世界大战后, 重点转向研究工业、商业和运输业等的生产组织与管理的问题, 发展了一些理论与方法, 如计划评审方法、系统分析和管理科学等. 从英美两国的情况来看, 由于拥有一批数学水平较高的人员, 如提出博弈论的数学家 J. von Neumann 等, 所以发展较快.

普适教育

由于历史原因, 早期的运筹学专业工作者是从其他学科转过来的. 多数来自数学、工程、物理、行为和生命科学, 也有少数来自其他方面, 但他们有一定的代表性. 面临的情况复杂, 便形成了跨学科的小组, 其成员都是能够处理被指定问题的不同侧面的专家. 在解决实际问题时, 运筹学工作者迅速地得到的“好”解, 比经过广泛研究才得到的“最优”解更有用. 实际应用部门宁可要善于利用现成知识和经验的运筹学工作者, 而不要那些对于扩大知识基础的创造性研究更加爱好和更有才能的人.

但是, 运筹学实际应用工作者可能比理论工作者更需要受宽广的运筹学基础教育, 他们应该能够阅读并利用几乎所有运筹学专业方面的成果. 对于技术性强的成果, 应该认识到能否从请教一个专家中得到益处, 能够把专家的意见变成可用的程序, 是一个运筹学实践者的基本素质. 由于运筹学模型的普适性, 对于会计师、统计学家、计算机科学家、行为科学家和许多工程师来说, 获得有关的运筹学的理论与方法是有用并吸引人的. 因此, 对非运筹学专业开设运筹学课程应该有两个目的, 一是提高学习者的基本素质与修养, 二是为他们提供解决实际问题的有效工具与技术. 非运筹学专业的运筹学工作者, 大多数在他们自己学科方面得到过学位, 其学位是有别于运筹学专业学位的. 对于一个实业管理硕士, 有关运筹学的训练可能是一两门带有运筹学标记的课程, 加上统计学、模拟、会计学等辅助课程, 但这是远远不够的.

专业教育

近年来, 运筹学出现了专业化与实用化之间的两极分化, 使得运筹学人才培养受到影响且复杂化. 运筹学发展的广度和深度以及运筹学人才培养的性质, 说

明了运筹学人才培养需要采取多侧面的办法。这种两极分化并不是运筹学独有的,大多数应用科学均是如此。对运筹学专业的人才培养来讲,应该是理论与实践并重。但是,对一个运筹学专业个人研究者来讲,理论与实践相结合有些困难。因此,不少运筹学学术机构,倾向于奖励创造性研究成果的发表。这样,一些专家的终生工作是向某一侧面不断深入,例如库存论、模拟或数学规划。理论研究需要抽象思维、逻辑演绎、基础知识的专门的训练;应用实践研究同样需要这些综合素质,只是则重点不同而已,两者之间的水平属高属低难以断定。

不同正规教育水平的运筹学专业工作者之间的适当平衡,对于运筹学的健康成长和发展是必要的。培养运筹学专业博士太多或太少,或者只在运筹学理论研究上做文章,这对运筹学专业的人才培养都是有害的。因此,运筹学专业人才培养的合适数量和性质应该根据职业目标而定。对理论物理学或基础数学等专业的博士生,由于求职的困难,选修一些运筹学方面的课程,培养自己的第二种本领,是完全可以接受的。原因是他们的天赋、聪明与智慧,在愿意参加与运筹学结合的工作的前提下,定能在不同的专业学科中成为第一流的运筹学专业工作者。对他们运筹学水平的评价也应该有两重意义,一是在他们自己学科中应用运筹学达到什么样的水平,二是在专业运筹学教育中达到的水准。

课程建设

进入 21 世纪,科技进步与社会发展提出了培养信息社会高素质人才的要求,高等教育改革不断深化,运筹学教育面临着新的挑战和问题,表现为在培养目标上对学生解决实际问题能力的强调和课时总体压缩及多样化的趋势。这就要求教师,一方面要摒弃过去那种只讲理论而轻视甚或忽视实践的教学模式,把引导学生在理解运筹学的基本理论和方法的基础上大幅度提高其运用运筹学方法构建优化决策的能力作为教学的首要目标;另一方面必须着力提高运筹学教学的效率,以更加新颖、有效的教学手段实现教学目标。迎接这些挑战,意味着我们必须重新对运筹学原有的教学体系做全面的审视和思考,根据 21 世纪的人才培养需要,从教学目标、教学内容体系和教学手段三个方面对运筹学教学进行新的定位和改革是非常必要的。

基于此要求,本套教材最大的特点是把教材作为实现教学目标、承载教学内容和融会教学手段的一个基本载体来看待,构建出一个包括教学方案、教师手册、习题案例集、考试测评系统、多媒体教学课件、运筹学软件使用手册、在线教学支持等在内的内容丰富、结构严密、支持完备的教学体系。“掌握理论、强化应用、突出能力”作为“信息时代的运筹学课程”的培养目标贯穿整个教学体系的建设过程之中。

本套系教材期望的学术目的: 构筑运筹学系统知识体系; 提供运筹学实践技术方法; 引至运筹学应用研究前沿; 创建运筹学新型教材套系。

本套系教材搭建的教学内容: 追溯运筹学的发展历程, 有助于学生全面地感悟运筹学的魅力; 窥视运筹学的未来趋势, 有助于学生更好地把握运筹学的发展; 构建运筹学的教材套系, 有助于学生有效地解读运筹学的精髓; 集成运筹学的技术方法, 有助于学生系统地提高运筹学的技能。

本套系教材推出的导学理念: 教学合一, 厚基础; 学练合一, 强能力; 练想合一, 重实践; 想干合一, 精应用; 古今合一, 明真谛; 内外合一, 建方法。

内容系统, 全面论述

目前, 在各个层次的院校中, 相当多专业都开设了运筹学课程。不同办学层次、专业背景、学校类型的人才培养目标不同, 学生素质及其知识结构也存在差异, 因而要求运筹学教师在教学内容的选择、难度深浅、教学侧重点等一系列问题上必须做到“量身定做、因材施教”。有必要分析和归纳不同的人才培养目标, 分类设置不同的运筹学教学目标和要求, 构建出不同的教学内容和结构体系, 以立体化教材系列和支持体系来代替过去的单一教材。

解析问题, 构筑知识模块

我们力图通过对教学内容的模块化, 和强调教师选用教学内容的自主性等个性化定制策略, 以便教师能够根据实际的教学问题来选择相近的教学方案和教学模块。在各册教材的编写过程中, 我们以模块思路组织课程内容, 通过加注星号的方式标注出选用内容; 并配以针对不同选择的多种教案、供选讲的习题案例以及繁简不同、可快速调整组合的多媒体教学课件, 构造出一个基本框架相对稳定的教学体系, 但具体教学内容和课时在很大程度上可依教师和教学目标需要进行个性化的调整, 从而提高了教学效率, 加强了教学针对性。

剖析对象, 构建教材体系

我们力图通过教材及支持体系的立体化, 构筑出具弹性又特色鲜明的教学体系, 以便教师能够根据实际的教学对象来选择相近的教学方案和教材。本套系列教材分成五册: 《运筹学(I类)》、《运筹学(II类)》、《运筹学——数据·模型·决策》、《中级运筹学》、《高级运筹学》。具体来说, 各教材的具体特点和适用对象如下:

《运筹学(I类)》厚基础, 重硬性计算。适用于理工科背景的管理类、工程类专业的本科生, 少数对运筹学要求较严格的专科生, 部分本科未学过运筹学但目前又要求具备较全面运筹学知识的研究生。

《运筹学(II类)》厚基础, 重软性计算。适用于文科背景的管理类专业的本科

生,理工背景的管理类与工程类专业的专科生,以及要求具备相对全面运筹学知识的 MBA、MPA 与工程硕士。

《运筹学——数据·模型·决策》厚基础,重实践应用。是教材系列中最突出培养目标的实践操作性、最强调运筹学作为解决实际问题的“工具性”的一种教材。从这个意义上讲,它非常适合那些希望“最经济地”掌握运筹学知识以尽快地使每一点所学都“见到实效”的学生。我们推荐 MBA、MPA、工程硕士与在职研究生班的学员,以及学时较少的经济管理类专业的本科生使用这种教材。

《中级运筹学》厚基础,重理论算法。适合于需要在运筹学上知道得“比一般人更多一点,更深入一点”的学生。该书侧重于讲述运筹学更高级、更复杂一些的理论、方法与应用,适用于对数量方法有一定程度要求的研究生,如应用数学、管理科学、系统科学、信息技术与工程类等专业的研究生,或者学过其他前三册书之一、对运筹学感兴趣并希望进一步深造的其他读者。不过,对于学过《运筹学(II类)》或《运筹学——数据·模型·决策》的读者,建议在阅读《中级运筹学》之前,最好再翻阅一下《运筹学(I类)》。

《高级运筹学》厚基础,重前沿问题。适合于需要应用运筹学的理论与方法对研究问题进行创造性研究的学生。该书以专题研究形式讲述运筹学的一般化理论、方法与应用,并对运筹学研究的一些最新进展和最新应用进行讨论,适用于对数量方法有一定程度要求的博士研究生。建议在阅读《高级运筹学》之前,先翻阅一下《中级运筹学》。

强化应用,突出能力

运筹学真正的价值和魅力在于为解决各个领域中的优化与决策问题提供一套切实可行的解决办法。我们认为,运筹学教材应照顾到学科体系的完整性,为学生打牢理论基础,但在信息时代对学生动手解决实际问题的能力要求提高的背景下,更应根据人才培养目标,突出培养学生的实践能力。

立于理论,还于实践应用

作为教材设计的一个基本原则,“强化应用,突出能力”的要求贯穿于整套教材的编写中。在每册教材中,我们通过精选的例题和案例来复原典型运筹问题的情景,在讲解这些从实践中抽取并经过精心改造和设计的例题和案例的过程中,逐步地建立起学生应该掌握的运筹学理论框架。例题具有充分的代表性,尽量做到算法有效而互不重复,并基本覆盖各自的教学对象在实践中最常见的运筹学问题的各个类型,从而为学生实际求解提供足够的启示和指导。

尽管计算过程仍然作为教学的一个基本而重要的内容,但从实际应用角度出发,我们更强调运用运筹学软件来解决计算问题。套系教材中讲解了 LINDO,

LINGO, CPLEX, OPL, MATLAB 或者 WinQSB 等常用软件的使用方法. 另外, 我们非常注意运筹学教材与其他课程的衔接问题, 对于涉及其他课程的一些概念, 予以简明的讲解, 使之不成为理解和实际运用的障碍.

始于学习, 终于能力提升

“能力提升”就是要: 训练学生的思维能力, 尤其是用运筹学思维模式去认识问题的分析能力; 训练学生的操作能力, 尤其是用运筹学技术方法去解决问题的实践能力; 训练学生的创新能力, 尤其是用运筹学理论范式去研究问题的创造能力. 为此, 本套系教材从编写体例、教师讲授、学生训练等众多方面, 尽力做到: 以案例剖析、问题探讨等方式训练学生的分析能力, 为得“感性认识打基础、理性分析见真谛”; 以习题练习、模拟应用等模式训练学生的实践能力, 求得“练习模拟可操作、解决问题有办法”; 以分析前沿、讨论专题等形式训练学生的创造能力, 谋得“掌握前沿为理事、创新理论建方法”.

为实现“强化应用、突出能力”, 我们将“厚基础、重算法、精应用”的要求作为一个基本原则贯穿于整个套系教材的编写中. 为此, 力求做到: 在学生每完成一部分的学习后, 能够掌握分析和解决某方面问题的必需知识, 形成完整的运筹学思维框架; 能够掌握基本的运筹学工具, 具备解决现实问题的实践能力.

易教好学, 支持完备

运筹学源于实践, 其理论方法较广, 定量分析居多, 实践应用要求较高. 这就导致运筹学课程教与学的不易. 为此, 我们以“易教好学”作为本套系教材编写的目标之一, 同时以多类型的平台支撑作为该目标实现的手段与方式.

提供支撑, 便于教师易教

要达到“易教好学”的教学目标, 首先就要使教师得到更多的教学“装备”、更多的教学支持和指导, 使他们从繁忙的科研教学任务和备课的重负中解脱出来, 把精力集中到现场教学的组织和控制上. 为此, 我们为每册书准备了包括教学大纲、教学建议、教学难点和重点提示等在内的教师手册, 以及书中所有习题和案例的详细解法, 作为对书中内容的补充与扩展的习题案例集, 可根据教师要求灵活定制的个性化的多媒体教学课件, 包含大型题库的考试测评系统以及随时更新、内容丰富的在线教学支持站点与运筹学教学论坛等.

建立平台, 有助学生好学

除了精心设计、可供自由选择的教材系列之外, 我们还特别注意了教学形式的互动性和多样化. 在教材编写体例上, 借鉴了国外优秀教材的编写规范, 同时吸收了国内教材简洁明了的优点, 力图做到内容的设置和阶梯难度符合学生的认知

规律, 强调知识的传授与启发式教学的结合. 以实际问题来引发学生的学习兴趣, 以简明扼要的讲解来构建学生的知识与逻辑体系, 以活跃的思维想象与迂回的教学技巧帮助学生掌握教学难点, 以精选的习题来巩固学生的课堂认知, 以经典案例的讨论来激发学生的学习热情和主动性, 以参考文献的标注来引导学有余力的学生深入探索, 最终目的是要通过多样化的教学形式更加鲜明、生动、有效地实现教学的预设目标.

总之, 在这个系列教材中, 我们紧紧围绕信息时代人才培养目标的特殊性, 以信息技术为平台, 在运筹学教学上努力做出一些新的探讨和实践, 希望能够对新世纪的运筹学教学的进步有所裨益. 当然, 事物总是在不断革新和进步中发展, 本书的不足之处也有待于广大读者和同行的指正. 我们真诚地期待您的批评和建议, 来信请发至: xujiuping@scu.edu.cn 或 huzn@scu.edu.cn.

徐玖平

2008 年 1 月



前 言

运筹学的重要性,自20世纪90年代以来,在国内逐渐得到普遍认可.目前,初级的运筹学书籍已经不少,但是中高级的相关书籍还不多见.在当今的运筹学教学中,尤其需要既适合研究生教学,又能与本科教学相联系,还能运筹学前沿问题研究做准备的教材.为此,根据国内非运筹与控制类专业教学的需要,针对硕博研究生和具有一定运筹学基础的自学者,我们在多年从事运筹学教学和研究的基础上编写了中级运筹学教材.

■ 教材目的

作为基于信息技术平台的立体化运筹学教材系列的第四本,本书在整个套系教材中起着承上启下的作用.由于其所针对的目标读者,并非才接触运筹学的本科学生,也非已掌握所有运筹学知识,并将就此进行研究的高级研究人员,而是已有一定相关知识基础,急需提高理论水平的普通研究生,因此其编写目的主要有以下几方面:

(1) 试图运用数学语言向读者全面深入地介绍运筹学的理论与算法基础.作为研究生教材,所针对的目标读者要求具备大学本科数学水平,因此本书将尽量以科学性和抽象化的方式推导和讨论运筹学的基本原理.在解释运筹学的相关问题时,特别注意所有理论的完整性和自封闭性,力求做到既深又广、顶天立地.

(2) 尽力促进读者形成分析和解决运筹学问题的有效思路.读者学习《运筹学(I类)》后,能够对运筹学问题初步形成自己的运筹学思维框架.在研习《中级运筹学》后,则能够掌握解决运筹学问题的基本原理、方法与技巧,形成分析和解决管理问题的运筹学思路.

(3) 展望运筹学研究的前沿问题,为继续学习《高级运筹学》打好理论基础.本书内容涵盖丰富,特别对一些扩展丰富的学科方向,介绍了基本知识框架和内容体系,但并不过多涉及前沿研究问题,仅为《高级运筹学》提供方向和预留空间.

教材内容

作为一本中级运筹学教材,本书在知识体系上借鉴《高级运筹学》的内容安排,并将其与管理实践的内容相揉合;在组织框架上与《运筹学(I类)》保持高度一致性,秉承本套系教材的一贯性;在思维扩展上,充分展望《高级运筹学》的研究方向,为进行专题研究提供思路。

本书首先在“引言”中对如何有效地进行运筹学研究予以了简要说明.建议读者首先翻阅该章节,熟悉运筹学研究步骤,以便在阅读后续章节所描述的什么是运筹学研究时,能时常注意运筹学实际问题研究所需的关键之处.因此,这部分内容乍看不是很重要,但实际研究的经验表明,当读者通读后面的运筹学内容后,这一章往往能让他们对其他实际研究的理解有恍然大悟的感觉。

自21世纪以来,运筹学得到极大重视和成功应用的一个关键之处在于其软件化,因此,本书将现今应用最为成功的数学规划作为首先讨论的内容.在给出的线性规划、整数规划与非线性规划算法理论体系中,包括了Ilog CPLEX软件的核心算法技术.在多目标规划中扩展了这部分内容后,不确定规划从不确定角度进行了整体性扩展讨论,这些是运筹学研究中的一个重要研究方向.在动态规划中,更为深入地介绍了一些实际研究问题所需的处理技巧.为了完整地展现库存论的实际研究要点,选择处理了随机性方面的问题,而模糊性等其他不确定性可类似进行处理.另外,本书不但对组合优化、对策论、排队论与可靠论的经典性内容进行了完整的和系统性的讨论,而且对在现有运筹学教学体系中尚未得到重视的,但是作为现代运筹学起源的核心内容的搜索论和作为决策问题研究基础的价值论也给予了完整的和系统性的介绍.在对前面所有章节讨论的许多实际问题往往无法求得解析解的情形下,作为一类重要的数值计算技术的模拟论可能是最为有效的解决手段,因此,本书从实际研究需要出发较为深入地介绍了该理论.至此,本书比较全面地给出了中级运筹学的基本理论与方法。

教材特点

作为中级水平的运筹学教材,本书充分体现了针对研究生学习的特点.在语言运用上,符合研究生的阅读习惯;在内容构成上,方便研究生的自主学习;在知识体系上,贴合研究生的研究需要;在教材组织上,适应研究生的教学方式。

为了提高学生的理论水平,本书大量地运用数学语言来给出主题内容的完整理论体系.与本套系前三本教材以及其他众多运筹学教材相比较而言,这是最主要的特点.数学语言的大量使用,表面上将实际问题抽象化,增加了教材的阅读难度,但实际上对于具有一定数学基础的读者,反而更便于他们准确地把握精髓,从而真正领会运筹学作为专业基础课的必要性。