

GONGCHENG YUNCHOUXUE YUANLI
YU SHIWU

工程运筹学原理 与实务

主 编 陈香萍

副主编 肖 潇 王妙灵

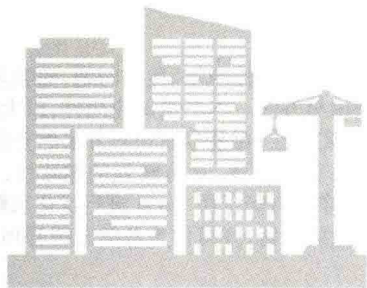
王 浩 邓 芮

主 审 陈照辉



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>





GONGCHENG YUNCHOUXUE YUANLI
YU SHIWU

工程运筹学原理 与实务

主 编 陈香萍

副主编 肖 潇 王妙灵

王 浩 邓 芮

参 编 龚 洁

主 审 陈照辉

重庆大学出版社

内容提要

本书系统地介绍了运筹学中的重要内容,重点讲解了应用广泛的线性规划、运输问题、整数规划、动态规划、图论与网络计划、存储论、决策分析等定量分析和优化的理论与方法。本书强调应用性,以大量实际问题为背景引出运筹学各分支的基本概念、模型和方法,具有很强的实用性;在基本原理和方法的介绍方面,本书尽量避免复杂的理论证明,通过大量通俗易懂的例子进行理论方法的讲解,具有较强的趣味性,又不失理论性,理论难度由浅入深,并且从实际应用的角度出发在相关章节详细讲解了用 Excel 进行优化求解的方法。

本书可作为应用型本科院校工程管理类、工程造价类各专业的教材,亦可作为各类工程管理从业人员自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程运筹学原理与实务/陈香萍主编. —重庆:
重庆大学出版社,2016.8
高等教育土建类专业规划教材. 应用技术型
ISBN 978-7-5689-0128-4

I. ①工… II. ①陈… III. ①建筑工程—运筹学—高等学校—教材 IV. ①TU12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 202039 号

工程运筹学原理与实务

主 编 陈香萍

副主编 肖 潇 王妙灵

王 浩 邓 芮

策划编辑:林青山 刘颖果

责任编辑:陈 力 版式设计:林青山

责任校对:谢 芳 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆长虹印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:16.25 字数:406 千

2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-0128-4 定价:33.00 元



本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

运筹学是从实际问题中抽象出来的模型化手段,是一种解决实际问题的系统化思想,它帮助人们学会如何从实践中发现问题、提出问题和分析问题,基于定性和定量相结合的方法,对实际问题进行数学建模并对模型求解以寻求最优的解决方案。运筹学的核心思想是:当人们面临各种决策问题时,怎样才能提高效率。运筹学已广泛应用于工业、农业、交通运输、商业、国防、建筑、通信、政府机关等各个部门领域,涉及生产管理实践中的最优生产计划、最优分配、最佳设计、最优决策、最佳管理等实际问题。掌握运筹学的基本理论与方法,是高等院校经济、管理、工程类专业学生和各级各类管理人员必须具备的基本素质。

运筹学历来是管理类专业的主要专业基础课之一,为满足应用型本科院校管理类专业教育发展变革的需要,我们编写的思路如下:

①改变运筹学传统的教学模式,由教师按照固定的教学大纲进行单向灌入式教学改为结合案例的互动式教学。由于运筹学具有很强的应用性,因此在学生还不具备应用经验,甚至连感性认识都没有的情况下,按照传统教学的模式进行教学很难收到良好的教学效果。因此,本教材的编写以知识系统、应用性强为原则,注重实践案例教学,学以致用,体现应用型本科院校教学特色。

②本书是面向教学编写的,充分考虑学生学习这门课程的逻辑思维,在阐述基本概念与基本理论时,力求清晰、直观、透彻;对每一类规划模型在讲清楚思路的同时,对其相关算法也进行了详细推导,使读者不仅知其然,而且知其所以然;我们在章节的安排及内容的选取上都做了精心的考虑,学生可以比较容易地理解算法的原理,把握算法的基本步骤,并学会如何应用这些算法。

③目前已经出版的运筹学教材有数百种,它们各有特色。实际上,对以解决实际问题为目标的管理类专业的学生而言,最重要的是通过本课程的学习培养系统的解决问题的能力,养成运用模型解决问题的习惯,储备一定的数学模型与求解知识。为此,本书在编写过程中

以生产管理实践中的实际问题为基本案例,强调实践中的理念和悟性,通过大量实践案例的分析和讲解,加深读者对实际问题的认识,增强其学习兴趣;深入浅出地讲解各种模型的基本概念和求解思路,尽力避开纯数学上的复杂推导,注重其应用,易于学生理解和自学。

从对比多本运筹学本科教材来看,这些教材在章节内容和知识面的覆盖方面区别不大,缺乏应用型本科教材的特点,在培养学生动手能力方面较差。因此,我们在教材编写过程中加强应用性内容,增加实际案例,使教材深入浅出,通俗易懂,新颖直观,增强了可读性,并且从实际应用的角度出发在相关章节详细讲解了应用 Excel 进行优化求解的方法。用 Excel 进行优化求解不仅方便,而且实用性强,可以解决大部分优化模型。

本书由重庆大学城市科技学院陈香萍担任主编,重庆科技学院数理学院陈照辉老师担任主审。具体编写分工如下:绪论、第1章、第3章由陈香萍编写;第5章由陈香萍、龚洁编写;第2章由邓芮编写;第6章及1.5节、2.6节、3.5节、4.6节由肖潇编写;第4章、第7章、第8章由王妙灵、王浩编写。

由于编者水平有限,加之成书时间仓促,疏漏之处在所难免,敬请广大专家、学者及读者给予指正。

编 者

2016年5月

目 录

绪论	1
0.1 运筹学及其性质	1
0.2 运筹学的发展简史	2
0.3 运筹学的主要分支构成	3
0.4 运筹学的基本特点	6
0.5 运筹学的工作步骤	6
0.6 运筹学的应用	7
第1章 线性规划的数学模型与单纯形法	9
1.1 线性规划问题及其数学模型	9
1.2 线性规划问题的图解法及其几何意义	14
1.3 单纯形法	22
1.4 单纯形法的进一步讨论	33
1.5 利用 Excel 求解线性规划问题	39
1.6 应用举例	47
1.7 案例分析	52
习题1	57
第2章 对偶理论与灵敏度分析	59
2.1 线性规划的对偶问题	59
2.2 对偶问题的基本性质	64

2.3 影子价格	68
2.4 对偶单纯形法	70
2.5* 灵敏度分析	73
2.6 利用 Excel 进行灵敏度分析	80
习题2	81
第3章 运输问题	85
3.1 运输问题的数学模型	85
3.2 表上作业法	87
3.3 产销不平衡运输问题	101
3.4 利用 Excel 求解运输模型	105
3.5 案例分析	110
习题3	113
第4章 整数规划	115
4.1 整数规划的数学模型	115
4.2 分支定界法	118
4.3 割平面算法	123
4.4 指派问题	127
4.5 利用 Excel 求解整数规划问题	132
4.6 案例分析	135
习题4	138
第5章 动态规划	140
5.1 多阶段决策过程与实例	141
5.2 动态规划的基本概念和递推方程	142
5.3 最优化原理与动态规划模型的建立	144
5.4 动态规划的应用举例	148
5.5 案例分析	161
习题5	172
第6章 图论与网络计划	175
6.1 图与网络	175
6.2 树	180
6.3 最短路问题	182
6.4 网络最大流问题	185
6.5 最小费用最大流	189
6.6 网络计划技术	191

6.7 应用案例	199
习题6	201
第7章 存储论	205
7.1 存储概述	206
7.2 确定性存储模型	209
7.3 单周期的随机性存储模型	216
7.4 存储论的发展与应用	219
习题7	222
第8章 决策分析	223
8.1 决策分析概论	223
8.2 不确定型决策方法	224
8.3 风险型决策分析方法	227
8.4 多属性决策方法	235
8.5 案例分析	244
习题8	248
参考文献	250

绪 论

0.1 运筹学及其性质

运筹学一词的英文原名是 Operations Research(缩写为 OR),原意为“运用研究”或“作业研究”。1975 年,我国学者借用了《史记》“夫运筹于帷幄之中,决胜于千里之外”一语中“运筹”二字,将 Operations Research 正式译作运筹学。

运筹学一词虽然起源于 20 世纪 30 年代,但目前尚没有统一的定义。据《大英百科全书》释义,“运筹学是一门应用于管理有组织系统的科学”“运筹学为掌管这类系统的人提供决策目标和数量分析的工具”。有的学者将运筹学描述为就组织系统的各种经营作出决策的科学手段。P. M. Morse 与 G. E. Kimball 在他们的著作中给运筹学下的定义是:“运筹学是在实行管理的领域,运用数学方法,对需要进行管理的问题统筹规划,作出决策的一门应用科学。”运筹学的另一位创始人将运筹学定义为:“管理系统的人为了获得关于系统运行的最优解而必须使用的一种科学方法。”它使用许多数学工具(包括概率论与数理统计、数理分析、线性代数等)和逻辑判断方法,来研究系统中人、财、物的组织管理、筹划调度等问题,以期发挥最大效益。

我国《辞海》(1979 年版)中有关运筹学条目的释义为,“运筹学主要研究经济活动与军事活动中能用数量来表达的有关运用、筹划与管理方面的问题,它根据问题的要求,通过数学的分析与运算,作出综合性的合理安排,以达到较经济较有效地使用人力物力。”

《中国企业管理百科全书》(1984 年版)中的释义为,“运筹学运用分析、实验、量化的方法,对经济管理系统中的人、财、物等有限资源进行统筹安排,为决策者提供有依据的解决方案,以实现最有效的管理。”

现在普遍认为,运筹学是近代应用数学的一个分支,主要是将生产、管理等事件中出现的一些带有普遍性的运筹问题加以提炼,然后利用数学方法进行解决。

0.2 运筹学的发展简史

1) 运筹学的起源

最早进行的运筹学工作是以英国生理学家希尔为首的英国国防部防空试验小组在第一次世界大战期间进行的高射炮系统利用研究。同时,英国人莫尔斯建立的分析美国海军横跨大西洋护航队损失的数学模型也是运筹学的早期工作之一,这一工作在第二次世界大战中有了深入而全面的发展。

在第二次世界大战初期,英国(随即是美国)军事部门迫切需要研究如何将非常有限的物资以及人力和物力,分配与使用到各种军事活动中,以达到最好的作战效果。当时,德国已经拥有一支强大的空军,飞机从德国起飞 17 分钟即到达英国本土。在如此短的时间内,如何预警和拦截成为一大难题。1935 年,为了对付德国空中力量的严重威胁,英美最高领导机构召集相关领域的专家学者就有关实际问题展开研究,于是提出运筹的课题。为此,英国成立了专门小组,由罗威将这一课题研究命名为运筹学。专门小组就是空军运筹学小组,当时主要从事警报和控制系统的研究。从 1939—1940 年,这个小组的任务扩大到包括防卫战斗机的布置,并对未来的战斗进行预测,以供决策之用,这个小组的工作对后来的不列颠空战的胜利起了积极的作用。当时英国将这些研究称为“Operational Research”,即“作业研究”。

在第二次世界大战中,运筹学被广泛应用于军事系统工程中,除英国外,美国、加拿大等国也成立了军事数学小组,研究并解决战争提出的运筹学课题,例如,组织适当的护航编队使运输船队损失最小;改进搜索方法,及时发现敌军潜艇;改进深水炸弹的起爆深度,从而提高毁伤率;合理安排飞机维修,提高了飞机的利用率等。这些运筹学成果对盟军大西洋海战的胜利起了十分重要的作用,对许多战斗的胜利也起到了积极的作用。这些研究充分利用了当时飞速发展的线性代数、概率论与数理统计等领域的知识以及工程领域的各种原理和方法。

第二次世界大战结束时,世界各国的运筹学工作者已经超过 700 人,这些人主要来自英国、美国和加拿大,其中一部分人力图将他们在战争中进行运筹研究取得的经验和知识转到民用生产中去。1948 年,英国首先成立了运筹学学会;1952 年,美国成立了运筹学学会;同年,Morse 和 Kimball 出版《运筹学方法》,标志着运筹学作为一门新兴学科正式诞生,从此运筹学得到了快速发展。1959 年,国际运筹学联合会(IFORS)成立。

2) 运筹学的发展

第二次世界大战以后,运筹学的发展大致可以分为 3 个阶段,综述如下。

第一阶段:从 1945 年到 20 世纪 50 年代初,被称为创建时期。此阶段的特点是研究人数不多,范围较小,出版物、学会寥寥无几。最早英国一些战时从事运筹学研究的人积极讨论如何将运筹学方法应用于民用部门,于 1948 年成立了“运筹学俱乐部”,在煤炭、电力等部门推广应用运筹学取得一些进展。1948 年,美国麻省理工学院将运筹学作为一门课程介绍,1950

年,英国伯明翰大学正式开设运筹学课程,1952年,美国喀斯工业大学设立了运筹学硕士和博士学位。第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(*O. R. Quarterly*)1950年于英国创刊,第一个运筹学学会于1952年成立,并于同年出版运筹学学报(*Journal of ORSA*)。

第二阶段:20世纪50年代初期到20世纪50年代末期,被认为是运筹学的成长时期。此阶段的一个特点是电子计算机技术的迅速发展,使得运筹学中一些方法如单纯形法、动态规划法等,得以用来解决实际管理系统中的优化问题,促进了运筹学的推广应用。20世纪50年代末,美国大约有半数的大公司在自己的经营管理中应用运筹学。另一个特点是有更多的刊物、学会出现。从1956—1959年就有法国、印度、日本、荷兰、比利时等10个国家成立了运筹学会,并又有6种运筹学刊物问世。1957年在英国牛津大学召开了第一次国际运筹学会议,1959年成立国际运筹学学会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。

第三阶段:自20世纪60年代以来,被认为是运筹学迅速发展和开始普及的时期。此阶段的特点是运筹学进一步细分为各个分枝,专业学术团队迅速增多,更多期刊的创办,运筹学书籍的大量出版以及更多学校将运筹学课程纳入教学计划中。第三代电子数字计算机的出现,使运筹学得以用来研究一些更大的复杂系统,如城市交通、环境污染、国民经济计划等。

运筹学在我国的发展是20世纪50年代中期。虽然朴素的运筹学思想在我国古代文献中有不少记载(如丁渭主持皇宫的修复、田忌赛马、围魏救赵等典故)。但运筹学在我国成为一个系统学科却是在20世纪50年代。早期回国的钱学森、华罗庚、许国志等人将运筹学的方法由西方引入我国,并结合我国的特定情况在国内推广应用。我国第一个运筹学小组于1956年在中国科学院力学研究所成立,1958年建立了运筹学研究室。1960年在山东济南召开全国应用运筹学的经验交流和推广会议,1980年4月成立中国运筹学会。在农林、交通运筹、建筑、机械、冶金、石油化工、水利、邮电、纺织等部门,运筹学的方法开始得到应用推广。除中国运筹学会外,中国系统工程学会以及与国民经济各部门有关的专业学会,也都将运筹学应用作为重要的研究领域。我国各高等院校,特别是各经济管理类专业已普遍将运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划之中。

0.3 运筹学的主要分支构成

运筹学经过半个多世纪的发展,目前已经形成了丰富的内容,产生了众多的分支。按所解决问题性质和模型的特点划分,运筹学的主要分支和基本内容有下列几个方面。

1) 数学规划

数学规划即规划论(其中包括线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划、目标规划等)是运筹学的一个重要分支,早在1939年苏联的康托洛维奇(H. B. Kahtopob)和美国的希奇柯克(F. L. Hitchcock)等人就在生产组织管理和制订交通运输方案方面首先研究和应用线性规划方法。1947年,丹茨格等人提出了求解线性规划问题的单纯形方法,为线性规划的理论计算奠定了基础。特别是电子计算机的出现和日益完善,更使规划论得到迅速的发展,可用电子计算机来处理成千上万个约束条件和变量的大规模线性规划问题,从解决技术问题的最优化,到工业、农业、商业、交通运输业以及决策分析部门都可以发挥作用。从范围来看,小到

一个班组的计划安排,大到整个部门,以至国民经济计划的最优化方案分析,其都有用武之地,具有适应性强、应用面广、计算技术比较简便的特点。非线性规划的基础性工作则是在1951年由库恩(H. W. Kuhn)和塔克(A. W. Tucker)等人完成的。到了20世纪70年代,数学规划无论是在理论和方法上,还是在应用的深度和广度上都得到了进一步的发展。

数学规划的研究对象是计划管理工作中有关安排和估值的问题,解决的主要问题是在给定条件下,按某一衡量指标来寻找安排的最优方案。它可以表示成求函数在满足约束条件下的极大或极小值问题。

数学规划和古典方法求极值问题有本质上的不同,古典方法只能处理具有简单表达式以及简单约束条件的情况。而现代数学规划中的问题目标函数和约束条件都很复杂,而且要求给出某种精确度的数值解答,因此算法的研究特别受到重视。

数学规划中最简单的一种就是线性规划。如果约束条件和目标函数都是呈线性关系的就称为线性规划。要解决线性规划问题,从理论上讲需要解线性方程组。因此,线性方程组的解法,以及关于行列式、矩阵的知识,是解决线性规划问题的必要工具。线性规划及其解法——单纯形法的出现,对运筹学的发展起到了重大的推动作用。许多实际问题都可以转化为线性规划来解决,而单纯形法也是一个行之有效的算法,加上计算机的出现,使一些大型复杂的实际问题的解决成为现实。

非线性规划是线性规划的进一步发展和继续。许多实际问题如设计问题、经济平衡问题都属于非线性规划的范畴。非线性规划扩大了数学规划的应用范围,同时也给数学工作者提出了许多基本理论问题,使数学中的凸分析、数值分析等也得到了发展。

还有一种规划问题和时间有关,称为“动态规划”。动态规划是研究一个多阶段决策过程总体优化的问题。有些经营管理活动由一系列阶段组成,在每个阶段依次进行决策,而且各阶段的决策之间互相关联,因而构成了一个多阶段的决策过程。动态规划在工程控制、技术物理和通信的最佳控制问题中,已经成为经常使用的重要工具。

2) 库存论

库存论是一种研究物质最优存储及存储控制的理论,物质存储是工业生产和经济运转的必然现象。如果物质存储过多,则会占用大量仓储空间,增加保管费用,使物质过时报废从而造成经济损失;如果存储过少,则会因失去销售时机而减少利润,或因原料短缺而造成停产。因而如何寻求一个恰当的采购、存储方案就成为库存论研究的对象。

3) 排队论

排队论又称为随机服务系统理论。最初是在1909年由丹麦工程师爱尔郎(A. K. Erlang)关于电话交换机的效率研究开始的。1930年以后,开始了更为广泛的研究,取得了一些重要成果。1949年前后,开始了对机器管理、陆空交通等方面的研究。1951年以后,理论工作有了新的进展,逐渐奠定了现代随机服务系统的理论基础。

排队论主要研究各种系统的排队队长,排队的等待时间及所提供的服务等各种参数,以便求得更好的服务。比如一个港口应该有多少个码头,一个工厂应该有多少维修人员等。它是研究系统随机聚散现象的理论。

因为排队现象是一个随机现象,因此在研究排队现象时,主要是将研究随机现象的概率

论作为主要工具。排队论将其所要研究的对象形象地描述为顾客来到服务台前要求接待。如果服务台已被其他顾客占用,那么就要排队。另一方面,服务台也时而空闲、时而忙碌。就需要通过数学方法求得顾客的等待时间、排队长度等的概率分布。

排队论在日常生活中的应用相当广泛,比如水库水量的调节、生产流水线的安排,铁路分成场的调度、电网的设计等。

4) 图与网络分析

图论是一个古老但又十分活跃的分支,它是网络技术的基础。图论的创始人是数学家欧拉。1736年欧拉发表了有关图论的第一篇论文,解决了著名的哥尼斯堡七桥难题。相隔一百年后,在1847年基尔霍夫第一次应用图论的原理分析电网,从而将图论引进到工程技术领域。20世纪50年代以来,图论理论得到了进一步发展,将复杂庞大的工程系统和管理问题用图描述,可以解决很多工程设计和决策的最优化问题。因此,图论受到数学、工程技术及经营管理等各方面越来越广泛的重视。

生产及工程管理中经常会遇到工序间的合理衔接搭配问题,设计中经常遇到研究各种管道、线路的通过能力以及仓库、附属设施的布局等问题。运筹学中将一些研究对象用节点表示,对象之间的联系用连线(边)表示,点边的集构成图。如果给图中各边赋予某些具体的权数,并指定了起点和终点,这样的图称为网络图。图与网络分析这一分支通过对图与网络性质及优化研究,解决了设计与管理中的实际问题。

5) 对策论

一种用来研究具有对抗性局势的模型。在这类模型中,参与对抗的各方均有一组策略可供选择,对策论的研究为对抗各方提供为获取对自己有利的结局应采取的最优策略。对策论内容也很广泛,如零和对策与非零和对策、合作对策与非合作对策、静态对策与微分对策以及主从对策等。

6) 决策论

在一个管理系统中,采用不同的策略会得到不同的结局和效果。由于系统状态和决策准则的差别,对效果的度量和决策的选择也有所差异。决策论通过对系统状态的性质、采取的策略及效果的度量进行综合研究,以便确定决策准则,并选择最优的决策方案。决策论又包括单目标决策和多目标决策。

7) 搜索论

搜索论是由于第二次世界大战中战争的需要而出现的运筹学分支,主要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。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轴心国的潜艇活动、舰队运输和兵力部署等进行甄别的过程中产生的。搜索论在实际应用中也取得了不少成效,例如20世纪60年代,美国寻找在大西洋失踪的核潜艇“打谷者号”和“蝎子号”,以及在地中海寻找丢失的氢弹,都是依据搜索论获得成功的。

8) 其他

随着运筹学的不断发展,运筹学除了上述基本内容以外,还有不少后来发展起来的分支,如随机规划、模糊规划、层次分析方法(AHP)、DEA方法、总体优化方法,等等。

0.4 运筹学的基本特点

运筹学是一门应用科学。运筹学的基本特点是定量化、模型化、最优化。定量化就是对所研究的问题进行分析,找出问题影响因素间的定量关系;模型化就是根据所研究问题的性质和类型,选取适当的运筹学模型描述,并使模型准确反映问题的本质;最优化就是在模型的基础上通过运算求出问题的最优解,即在可行方案中找出最优方案。

为了有效地应用运筹学,前英国运筹学学会会长托姆林森提出了6条原则,如下所述。

- ①合伙原则,是指运筹学工作者要和各方面的人,尤其是要同实际部门工作者合作。
- ②催化原则,是指在多学科共同解决某问题时,要引导人们改变一些常规的看法。
- ③相互渗透原则,要求多部门彼此渗透地考虑问题,而不是只局限于本部门。
- ④独立原则,在研究问题时不应受某人或某部门的特殊政策所左右,应独立从事工作。
- ⑤宽容原则,解决问题的思路要宽,方法要多,而不是局限于某种特定的方法。
- ⑥平衡原则,要考虑各种矛盾的平衡,关系的平衡。

0.5 运筹学的工作步骤

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问题中,一般有下列几个步骤。

①提出和形成问题。即要弄清楚问题的目标、可能的约束、问题的可控变量以及有关参数,收集相关资料。

②建立模型。即将问题中可控变量、参数和目标与约束之间的关系用一定的模型表示出来。

③求解。用各种手段(主要是数学方法,也可用其他方法)将模型求解。解可以是最优解、次优解、满意解。复杂模型的求解需要借助计算机,解的精度要求可由决策者提出。

④对模型解进行检验。将实际问题的数据资料代入模型,找出精确的或近似的解毕竟是模型的解。为了检验得到的解是否正确,常采用回溯的方法,即将历史的资料输入模型,研究得到的解与历史实际的符合程度,以判断模型是否正确。当发现有较大误差时,要将实际问题同模型重新对比,检查实际问题中的重要因素在模型中是否已经考虑,检查模型中各公式的表达是否前后一致,以及检查模型中各参数取极值的情况下问题的解,以便发现问题进行修正。

⑤确定解的适用范围。任何模型都有一定的适用范围,模型的解是否有效首先要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

外界条件参数变化超出这个范围,就要及时对模型及导出的解进行修正。

⑥解(方案)的实施。方案的实施是运筹学研究的目的是,要向实际应用部门讲清方案的用法,以及在实际中可能产生的困难和克服困难的措施与方法等。

0.6 运筹学的应用

运筹学早期的应用主要在军事领域。第二次世界大战后,运筹学的应用转向民用,特别是在经济管理领域应用十分广泛,大大促进了管理学科的发展,形成了管理科学理论与方法。从生产出现分工开始就有管理,但管理作为一门科学则开始于 20 世纪初。随着生产规模的日益扩大和分工的越来越细,要求生产组织高度的合理性、高度的计划性和高度的经济性,促使人们不仅研究生产的个别部门,而且要研究它们互相之间的联系,要将它们当作一个整体研究,并在已有方案的基础上寻求更优的方案,从而促进了运筹学的发展和应用。

运筹学的诞生既是管理科学发展的需要,也是管理科学研究深化的标志。管理科学是研究人类管理活动的规律及其应用的一门综合性交叉科学,这是运筹学研究和提出问题的基础。但运筹学又在对问题进一步分析的基础上找出各种因素之间的本质联系,并对问题通过建模和求解,使人们对管理活动的规律性认识进一步深化。例如:管理中有关库存问题的讨论,对最高和最低控制限的存贮方法。过去总从定性上进行描述,而运筹学则进一步研究了在各种不同需求情况下最高与最低控制限的具体数值。又如计划的编制,过去习惯采用的甘特图只是反映了各道工序的起止时间,反映不出它们相互之间的联系和制约。而运筹学中通过编制网络计划,从系统的观点揭示了这种工序的联系和制约,为计划的调整优化提供了科学依据。

运筹学在经济管理中的应用主要有下述几个方面。

①工程管理与优化计划。网络计划技术以及优化方法在建筑工程与工业工程管理、电子、光学与机械设计等方面都有重要的应用。

②生产计划与管理。在总体计划方面主要是从总体确定生产、存贮和劳动力的配合等计划以适应波动多变的市场需求计划,主要用线性规划和模拟方法等,还可用于生产作业计划、日程表的编排等。

③市场营销管理。在广告预算和媒介的选择、竞争性定价、新产品开发、销售计划的制订等方面都需要运用运筹学进行定量分析,以确定最优方案。

④库存管理。库存管理主要应用于多种物资库存量的管理,确定某些设备的能力或容量,如停车场的大小、新增发电设备的容量大小、合理的水库容量等。目前国际新动向是将库存理论与计算机的物资管理信息系统相结合,建立管理信息系统,如 MRP II 等。美国西电公司从 1971 年起用 5 年时间建立了“西电物资管理系统”,使公司节省了大量物资存贮费用和运费,并且减少了管理人员。

⑤会计与财务分析及管理。会计与财务分析及管理主要涉及预算、货款、成本分析、定价、投资、证券管理、现金管理等。使用较多的方法是统计分析、数学规划、决策分析。此外还有盈亏点分析法、价值分析法等。

⑥人力资源管理。人员的需求估计;人才的开发,即进行教育和训练;人员的分配,主要

是各种指派问题;各类人员的合理利用;人才的评价,其中有如何测定一个人对组织、社会的贡献;工资和津贴的确定以及激励与约束方法等。

⑦设备维修、更新和可靠性、项目选择和评价等。

⑧物流管理与交通运输问题。物流管理与交通运输问题涉及空运、水运、公路运输、铁路运输、管道运输、厂内运输。空运问题涉及飞行航班和飞行机组人员服务时间安排等;水运问题有船舶航运计划、港口装卸设备的配置和船到港后的运行安排;公路运输问题除了汽车调度计划外,还有公路网的设计和分析,市内公共汽车路线的选择和行车时刻表的安排,出租汽车的调度和停车场的设立;铁路运输方面的应用就更多了。

⑨城市管理。城市管理涉及各种紧急服务系统的设计和运用,如救火站、救护车、警车等分布点的设立。美国曾用排队论方法来确定纽约市紧急电话站的值班人数。加拿大曾研究一城市的警车配置和负责范围,出事故后警车应定的路线等。此外,还有城市垃圾的清扫、搬运和处理,城市供水和污水处理系统的规划等。

第 1 章

线性规划的数学模型与单纯形法

线性规划是运筹学里运用较广,理论比较成熟的一个重要分支。其所研究的问题主要有两大类:一类是给定了企业或系统的任务指标后,如何统筹安排,用最少的人力、物力、财力等资源去完成这一任务;另一类是已给定一定数量的人力、物力、财力,如何去组织安排以充分地利用这些资源,获得最好的经济效益(如产量最多、利润最大),使人们完成的任务达到最多。由于其研究的对象如此,所以被广泛地应用于企业的生产组织与计划安排之中,成为经营管理定量分析技术的重要方法之一。

1.1 线性规划问题及其数学模型

1.1.1 线性规划问题的数学模型

数学模型是描述各类实际问题共性的抽象的数学形式,现用两个例子来导出线性规划问题一般形式的数学模型。

【例 1.1】某市住宅建筑工业化试点,希望在现有条件下提供尽可能多的住宅面积。已知该市有 3 种体系的建筑宜于修建,其耗用资源的数量及可利用的资源限量见表 1.1。问不同体系的面积应各建多少,才能使提供的住宅面积总数达到最大?

这是一个简化了的实际问题。依次设 3 种体系的建造面积为 x_1, x_2, x_3 万 m^2 ,则题目要求:

$$\max z = x_1 + x_2 + x_3$$