

管理运筹学

第二版

主 编 靳志宏
副主编 杨永志 杨华龙
主 审 刘 巍

MANAGERIAL OPERATIONS RESEARCH

大连海事大学出版社

管理运筹学

主编 陈宝军
副主编 王 强
编 委 王 强 王 强
王 强 王 强

清华大学出版社

ISBN 7-302-11111-1

本书由辽宁省普通高等学校本科重点建设(综合改革试点)专业项目(ZG201410)资助

Managerial Operations Research

管 理 运 筹 学

(第二版)

主 编 靳志宏

副主编 杨永志 杨华龙

主 审 刘 巍

大连海事大学出版社

© 靳志宏 2014

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学 / 靳志宏主编. — 2 版. — 大连 : 大连海事大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5632-3035-8

I. ①管… II. ①靳… III. ①管理学-运筹学
IV. ①C931.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 152886 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail:cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2012 年 1 月第 1 版 2014 年 7 月第 2 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:29.25

字数:727 千

印数:1 ~ 1500 册

出版人:徐华东

责任编辑:姜建军 宋彩霞

版式设计:解瑶瑶

封面设计:王 艳

责任校对:何 乔 张 华

ISBN 978-7-5632-3035-8

定价:59.00 元

序

自春秋战国至汉初约 500 年间,不乏有管、乐、孙、吴等著名的军事家,而汉高祖却独赞张良“夫运筹于帷幄之中,而决胜于千里之外,唯有子房一人能也”。何故?司马迁在《史记》的最后一篇《太史公自序》当中,总结留侯张良的功绩为:“运筹帷幄之中,制胜于无形。子房计谋其事,无智名,无勇功,图难于易,为大于细。”这短短的几句话,非常精辟地形容出了张良独特的行事风格,真是让人不得不佩服司马迁极其敏锐的捕捉力和理解力。在中国历史上,成功的谋略家可以说是繁若群星,但张良所具有的于帷幄之中深谋远虑、用最小的动作以博取最大收效的谋略风格,却是他所独有的。

由此联想到当今关于运筹学的著作,从经典著作到现代著作,从普适型著作到专业型著作,其数量多得不可计数,其风格也各不相同。经典普适型著作如美国斯坦福大学运筹学名誉教授弗雷德里克·S. 希利尔(Fredexick S. Hillier)的《运筹学导论》,曾获美国运筹和管理科学学会 1995 年度的兰切斯特(Larchester)奖的荣誉提名奖(该奖项是各类运筹学英语出版物的最高奖)。该书已出版九版,其内容几乎涵盖了运筹学所有分支,在美国高校有很高的采用率。至于现代专业型运筹学著作,可见有十几位作者所编著的多种版本的《现代物流运筹学》,其内容一般是以具体物流应用实例结合理论,将应用技术具体化,通俗易懂,强化对读者实践能力的培养。

吾致力于运筹学教学与研究 20 余载,阅读了不少运筹学著作,而今,当拜读了大连海事大学靳志宏教授等所著《管理运筹学》一书时,真觉得耳目一新。这本书中虽然也是从传统的“线性规划”模块作为管理运筹学的核心与基础内容开始讲起,但是基于系统工程的思想,从实际应用需求出发将其引伸到“整数规划”与“目标规划”模块;然后又从问题所涉及因素的机制和状态出发将其由线性扩展到“非线性规划”模块,由静态扩展到“动态规划”模块,由确定性扩展到“不确定规划”模块。此间的问题提出之连贯、结构设计之清晰乃可赞之处。

套用丁俊杰先生为《广告文案训练手册》做序时的表达模式,简单地说,本书至少有两个特点和一个作用。

第一个特点:在内容上突出应用,特别是从交通运输领域相关的应用问题出发,从提出管理决策问题的背景案例开始,直至解决背景案例问题并结束,中间则是理论联系实际论述怎样建立数学模型及模型的适用性。运筹学在交通运输与物流管理中有相当广泛的应用,典型的应用线性规划的例子如“运输问题”、“合理选址”问题、“车辆调度”问题、“货物配装”问题、“物流资源(人员或设备)指派”问题、“投资分配”问题等等;典型的排队服务系统在港口物流过程中的应用如码头的泊位设计和装卸设备的购置问题,研究如何实现既能满足船舶到港的装卸要求,而又不浪费港口资源;典型的不确定规划包含的应用就更为广泛,如本书中的背景案例“随机配送调度问题”。

第二个特点:在求解模型的方法与手段上强化利用计算机而非手工进行求解,而且不仅注重模型求解步骤,更强调对优化结果的分析与评价。在近年来运筹学的研究与应用中我注意到,在分析复杂的最佳化问题,寻找最佳或可接受的解决办法,以及研究各种模型时,使用相适应的计算机设备及软件程序的程度在增强。比如美国在设计象棋程序和研制实施象棋程序等计算机方面所取得的成就就是一个突出的例子,因为这方面的成就是艺术智力方面的成就。本书不仅在模型求解方面重视计算机应用,也关注了定量分析技术与定性分析技术结合,管理技术与管理艺术结合所产生的模拟仿真问题,形成了“管理模拟”这一有新意的运筹学内容。其实,每一个领域要么具有相应的模型,要么是研究某种(某些种)模型的工具,还可能是有效地研究实际问题中产生的某种情势的特殊方法。例如,对策模拟法就是研究不确定情势和考虑到“人的因素”的一种方法(手段)。

前文谈及的一个作用可用简单四字概括:实用适用。本书可作为“交通运输”、“物流工程”、“航运管理”、“物流管理”等管理类本科专业的特色教材,也可以作为管理类专业考生考研的参考书,还可供对管理决策理论与实务感兴趣的人士研读。

“同声相应,同气相求。”吾与靳志宏教授同校共事多年,深知靳教授治学之严谨、学识之渊博。今靳教授带领团队倾全力打造《管理运筹学》一书,实乃运筹之力作。期待本书能成为运筹学著作万花丛中的一朵奇葩,虽不能比《孙子兵法》为中国古典军事运筹文化遗产中的璀璨瑰宝,但我也相信其能因具有如张良“运筹帷幄中,决胜千里外”之独有风格而受到广大读者赞赏。

刘 巍

2011 年 8 月

再版前言

“管理运筹学”作为大连海事大学国家级特色专业“交通运输”、辽宁省示范专业“物流工程”以及相关的传统优势专业“航运管理”、“物流管理”等必修的专业基础课,之前一直延用清华大学出版社出版的《运筹学》或大连理工大学出版社出版的《管理运筹学》,前者针对的是一般工科专业,而後者的对象则是 MBA,均不完全适用于上述四个专业的交叉学科特点,更没有体现出航运与物流专业的特色。为此,编者于 2011 年组织力量编写了本书的第一版,并由大连海事大学出版社于 2012 年 1 月出版发行。

然而,上述四个专业的培养方案于 2013 年进行了一次大范围的调整。为了适应相关专业教学培养方案的调整,作为上述专业学生必修的专业基础课,管理运筹学由原来的 72 学时增加到 144 学时。此外,受篇幅所限进行的过度删减,以及为了赶上新学期用书等各种主、客观原因,导致本书的第一版出现了一些不应有的错误,同时给读者带来了一些困惑。本书的第二版正是在这一背景下出版的。

本书的第二版在继承第一版的突出应用环节、强化利用计算机求解、注重对优化结果分析等特点的基础上,进行了扩版与补充,主要内容包括(括号内为建议的学时数):导论(2);线性规划(24);整数规划(10);目标规划(8);非线性规划(12);动态规划(10);网络规划(16);存储规划(8);不确定规划(10);服务系统规划(12);管理模拟(8);管理博弈(8);管理决策(16)。

各模块之间的内在联系如下:“导论”模块给出管理运筹学的定位、工作程序及内容体系;“线性规划”模块作为管理运筹学的核心与基础内容,并引伸到“整数规划”与“目标规划”模块;然后将其由线性扩展到“非线性规划”模块;由静态规划扩展到“动态规划”模块;由单点的“存储规划”扩展到面的“网络规划”模块;由确定性规划扩展到“不确定规划”模块;由制造系统扩展到“服务系统规划”模块;由建立数学模型扩展到建立模拟仿真模型的“管理模拟”模块;在此基础上,将单纯的定量分析技术与定性分析技术结合,引出“管理博弈”模块;最后,力图将单纯的管理技术与管理艺术结合,汇总成“管理决策”模块,并以此作为本书的落脚点。

本书第二版的结构框架由主编靳志宏搭建,并进行第一轮统稿,副主编杨永志、杨华龙负责全书的第二、第三轮统稿。副主编杨永志负责本书附属实验教学讲义《管理运筹学实验指导书》的编写。本书的第一章、第九章由靳志宏编写;第二章由刘惠斌编写;第三章、第四章、第七章由杨永志编写;第五章、第十章由计明军编写;第六章、第十三章由杨华龙编写;第八章由李娜编写;第十一章由徐奇编写;第十二章由张燕编写。大连海事大学专业学位学院的刘巍教授担任本书主审。

本书在编写过程中参阅了大量中外文资料,主要参考书目已经列在书后。在此,谨向国内外作者表示由衷的感谢。本书在出版同时也受益于辽宁省高等教育质量工程专项资金以及辽

宁省紧缺性本科人才培养基地(物流管理、物流工程)专项基金的资助。特此鸣谢!

受编者水平与能力所限,书中定有不当之处,欢迎读者斧正。请将意见与建议反馈至主编,参见个人主页网址 <http://www.dlmu.edu.cn/jinzhihong>,或发邮件至 jinzhihong@dlmu.edu.cn。

靳志宏

2014年3月于大连

前 言

“管理运筹学”是利用运筹学的原理、技术及方法解决现实中管理决策问题的管理类专业的一门核心专业基础课程。

“管理运筹学”作为大连海事大学国家级特色专业“交通运输”、辽宁省示范(特色)专业“物流工程”以及相关的传统优势专业“航运管理”、“物流管理”等必修的专业基础课,多年来一直延用清华大学出版社出版的《运筹学》或大连理工大学出版社出版的《管理运筹学》,前者针对的是一般工科专业,而後者的对象则是 MBA,均不完全适用于上述四个专业的交叉学科,更没有体现出航运与物流专业的特色。

本书将在内容上突出应用环节,手段上强化利用计算机而非手工求解,求解过程上不仅注重求解过程而更强调对优化结果的分析,同时,厘清与其他后续专业课内容上的冗余,删除了作为后续课程“生产与运作管理”、“项目管理”、“库存控制”等核心内容的网络计划技术、库存控制技术方面的内容,增加了现实管理决策中常常会遇到的非线性规划、不确定规划、管理模拟、管理博弈以及管理决策等方面的实用技术与方法。

基于上述认识,本书的内容主要包括如下模块(括号内为建议的学时数):

导论(2);线性规划(12);整数规划(6);目标规划(6);非线性规划(6);动态规划(6);网络规划(6);不确定规划(4);服务系统规划(6);管理模拟(6);管理博弈(6);管理决策(6)。

各模块之间的内在联系如下:“导论”模块给出管理运筹学的定位、工作程序及内容体系;“线性规划”模块作为管理运筹学的核心与基础内容,并引伸到“整数规划”与“目标规划”模块;然后将其由线性扩展到“非线性规划”模块;由静态规划扩展到“动态规划”模块;由点扩展到面的“网络规划”模块;由确定性规划扩展到“不确定规划”模块;由制造系统扩展到“服务系统规划”模块;由建立数学模型扩展到建立模拟仿真模型的“管理模拟”模块;在此基础上,将单纯的定量分析技术与定性分析技术结合,引出“管理博弈”模块;最后,将单纯的管理技术与管理艺术结合,阐述“管理决策”模块。

本书由大连海事大学交通运输管理学院的相关专业教师合力编写。全书结构由靳志宏确定,第一章、第八章由靳志宏编写;第二章由刘惠斌编写;第三章、第四章、第七章由杨永志编写;第五章、第九章由计明军编写;第六章、第十二章由杨华龙编写;第十章、第十一章由周东生编写。大连海事大学专业学位学院的刘巍教授担任本书主审。

本书在编写过程中参阅了大量中外文资料,主要参考书目已经列在书后。在此,谨向国内外作者表示由衷的感谢。本书的出版同时也受益于辽宁省高等教育质量工程专项资金以及辽宁省紧缺性本科人才培养基地(物流管理、物流工程)专项基金的资助。特此鸣谢!

受编者水平与能力所限,书中定有不当之处,欢迎读者斧正。请将意见与建议反馈至主编,参见个人主页 <http://www.dlmu.edu.cn/jinzhihong>,或发邮件至 jinzhihong@dlmu.edu.cn。

编者

2011 年 8 月于大连

目 录

第一章 导论	(1)
第一节 管理实践中的决策问题	(1)
第二节 决策问题与管理技术	(4)
第三节 管理运筹学的定位与工作程序	(5)
第四节 管理运筹学的内容体系及其内在联系	(12)
习题	(12)
第二章 线性规划	(14)
第一节 线性规划问题的数学模型及相关概念	(14)
第二节 单纯形法	(25)
第三节 对偶与灵敏度分析	(44)
第四节 运输问题及其求解	(66)
第五节 数据包络分析	(82)
第六节 线性规划问题求解软件及其应用	(88)
习题	(94)
第三章 整数规划	(101)
第一节 整数规划问题及其模型	(101)
第二节 分支定界法	(103)
第三节 割平面法	(108)
第四节 0-1 型整数线性规划的解法	(111)
第五节 指派问题	(113)
第六节 整数规划的应用	(117)
习题	(119)
第四章 目标规划	(122)
第一节 目标规划问题及其建模	(122)
第二节 目标规划的图解法	(125)
第三节 目标规划的单纯形法	(126)
第四节 目标规划的应用	(130)
习题	(135)
第五章 非线性规划	(137)
第一节 非线性规划问题及其建模	(137)
第二节 无约束问题	(139)

第三节	约束优化问题	(155)
第四节	非线性规划的应用	(170)
习题	.....	(176)
第六章	动态规划	(179)
第一节	现实中的动态规划问题	(179)
第二节	动态规划的基本概念	(180)
第三节	动态规划的基本方法	(182)
第四节	配载问题	(186)
第五节	生产和库存控制问题	(188)
第六节	资源分配问题	(191)
第七节	动态规划的应用	(195)
习题	.....	(199)
第七章	网络规划	(202)
第一节	现实中的网络规划问题	(202)
第二节	图的基本概念	(203)
第三节	树	(207)
第四节	最大流问题	(210)
第五节	最短路径问题	(216)
第六节	最小费用最大流问题	(222)
第七节	网络计划技术	(225)
第八节	网络规划的应用	(258)
习题	.....	(261)
第八章	存储规划	(265)
第一节	现实中的存储问题	(265)
第二节	存储论的基本概念	(266)
第三节	确定性存储模型	(267)
第四节	随机性存储模型	(278)
第五节	存储规划的应用	(293)
习题	.....	(296)
第九章	不确定规划	(297)
第一节	现实中的不确定规划问题	(297)
第二节	不确定性变量与随机规划	(300)
第三节	随机期望值规划	(302)
第四节	随机机会约束规划	(304)
第五节	不确定规划的应用	(307)
习题	.....	(310)
第十章	服务系统规划	(311)
第一节	服务排队现象及其建模	(311)
第二节	排队系统的常用分布	(315)

第三节	单服务台模型	(318)
第四节	多服务台模型	(327)
第五节	其他服务时间分布模型	(333)
第六节	服务系统的优化目标与最优问题	(336)
第七节	服务系统的随机模拟	(340)
习题	.....	(345)
第十一章	管理模拟	(348)
第一节	现实中的管理模拟问题	(348)
第二节	管理模拟概述	(394)
第三节	随机数的产生与蒙特卡罗模拟	(352)
第四节	模拟效果评价	(363)
第五节	管理模拟的应用	(365)
习题	.....	(369)
第十二章	管理博弈	(371)
第一节	现实中的管理博弈问题	(371)
第二节	管理博弈的基本概念与分类	(372)
第三节	矩阵博弈的基本理论	(375)
第四节	矩阵博弈的求解方法	(381)
第五节	其他类型博弈简介	(391)
第六节	管理博弈的应用	(394)
习题	.....	(395)
第十三章	管理决策	(398)
第一节	现实中的管理决策问题	(398)
第二节	决策问题概述	(399)
第三节	不确定型决策	(403)
第四节	风险型决策	(405)
第五节	风险分析与灵敏度分析	(409)
第六节	贝叶斯公式的应用	(412)
第七节	效用决策	(422)
第八节	多目标决策	(426)
第九节	群决策	(440)
第十节	管理决策的应用	(445)
习题	.....	(447)
参考文献	.....	(454)

第一章 导论

第一节 管理实践中的决策问题

现代管理实践中遇到的众多决策问题最终都可以归结为优化问题。在物流工程与管理以及交通运输规划与管理等领域,我们常常会遇到的典型优化问题举例如下。

一、设施选址问题

设有 n 个客户,第 j 个客户的地理位置坐标为 (a_j, b_j) ,该客户对某种货物的需求量为 q_j ($j=1, \dots, n$)。现规划设立 m 个配送网点,第 i 个网点的容量为 c_i ($i=1, \dots, m$),试确定网点的地理位置,合理规划物流网络的结构与布局,使物流成本最低(参见图 1-1)。

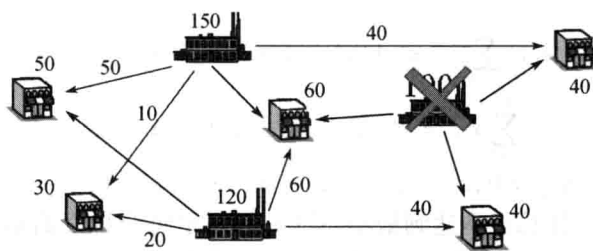


图 1-1 设施选址问题

设第 i 个网点的地理位置坐标为 (x_i, y_i) , $i=1, \dots, m$; 第 i 个网点为第 j 个客户配送货物量为 z_{ij} , $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$ 。则该问题用数学模型表示为

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} \sqrt{(x_i - a_j)^2 + (y_i - b_j)^2} \quad (1-1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n z_{ij} \leq c_i, i = 1, \dots, m \quad (1-2)$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = q_j, j = 1, \dots, n \quad (1-3)$$

$$z_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (1-4)$$

式(1-1)要求所建立网点到各客户的运输量与运输距离的积(吨公里)之和最小化;式(1-2)表示第 i 个网点的配送量不能超过其容量;式(1-3)表示第 j 个客户得到的供应量应等于其需求量;式(1-4)为非负限制。

二、运输规划问题

某物流网络系统由多个批发商向多个零售商提供多种货物所组成。各批发商的供货能力及其地理位置、各零售商的需求量及其地理位置已知,试确定各批发商每种货物的供货范围和相应的供货量,使整个物流网络运输成本最低(参见图 1-2)。

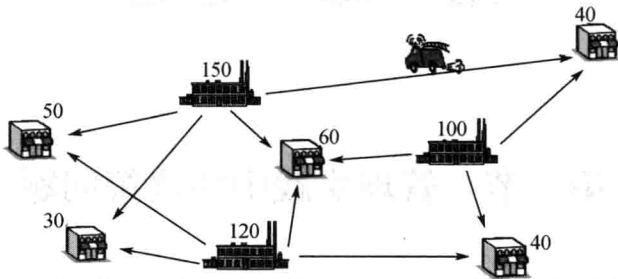


图 1-2 运输规划问题

设第 i 个供货商,其第 k 种货物的供应能力为 $A_{ik} (i=1, \dots, m; k=1, \dots, l)$; 第 j 个零售商其对第 k 种货物的需求量为 $B_{jk} (j=1, \dots, n; k=1, \dots, l)$; 第 i 个供货商到第 j 个零售商的单位运输成本为 C_{ij} , 决策变量为第 i 个供货商向第 j 个零售商供应第 k 种货物数量为 x_{ijk} 。则该决策问题可以用数学模型表示如下:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \sum_{k=1}^l x_{ijk} \quad (1-5)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n x_{ijk} \leq A_{ik}, i=1, \dots, m; k=1, \dots, l \quad (1-6)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijk} = B_{jk}, j=1, \dots, n; k=1, \dots, l \quad (1-7)$$

$$x_{ijk} \geq 0, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n; k=1, \dots, l \quad (1-8)$$

式(1-5)显示优化目标为使总成本达到最小,式(1-6)表示每个批发商对每种货物的供货量不能超过其供货能力,式(1-7)表示第 j 个零售商对每种货物的需求量必须得到满足,式(1-8)为非负约束。

三、背包问题

设有一个容积(或承重量)为 b 的背包, n 个体积(重量)分别为 $a_i (i=1, \dots, n)$ 、价值分别为 $c_i (i=1, \dots, n)$ 的物品,如何装包才能使背包内的价值最大(参见图 1-3)?

该问题用数学模型可以表示为

$$\max \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (1-9)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad (1-10)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, i=1, \dots, n \quad (1-11)$$

其中,式(1-9)欲使背包内所装载的物品价值最大,式(1-10)为背包能力限制,式(1-11)表示 x_i 为二进制决策变量, $x_i=1$ 表示装载第 i 个物品, $x_i=0$ 表示不装载第 i 个物品。

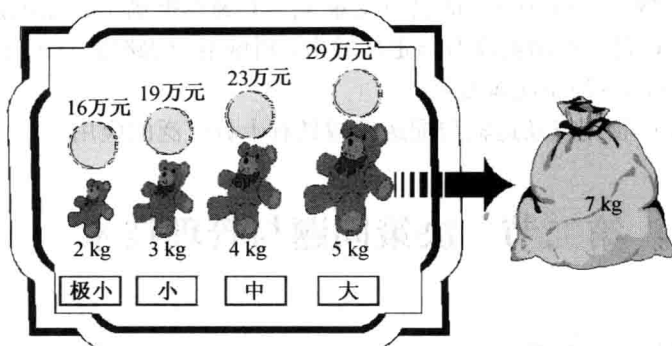


图 1-3 背包问题

背包问题在集装箱装箱等物流领域具有广泛的应用。

四、旅行商问题

一个推销员要到 n 个城市推销商品,每两个城市 i, j 间的距离为 d_{ij} ,如何选择一巡回路径使得推销员在每个城市推销一周后回到出发点所行走的距离最短(参见图 1-4)。



图 1-4 旅行商问题

该问题可以用多种模型加以描述,其中一种数学模型可以表示如下:

$$\min \sum_{i \neq j} d_{ij} x_{ij} \quad (1-12)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad (1-13)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, n \quad (1-14)$$

$$\sum_{i, j \in s} x_{ij} \leq |s| - 1, 2 \leq |s| \leq n - 2, s \subset \{1, \dots, n\} \quad (1-15)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, i, j = 1, \dots, n, i \neq j \quad (1-16)$$

式(1-12)表示目标函数为路径距离之和最小化。式(1-13)要求推销员从城市 i 走出一,而式(1-14)要求推销员走进城市 j 一次,两者表示每个城市仅路过一次,但仅仅满足式(1-13)与(1-14)却不能避免子回路(subtour)的产生。所谓子回路是指一条回路由 k ($1 \leq k < n$)个城市与 k 条弧所组成的闭循环路。式(1-15)保证推销员的巡回路不会形成子回路,其中 $|s|$ 表示集

合 S 中组成元素的个数。式(1-16)中的决策变量 $x_{ij} = 1$ 表示推销员行走的路径包含从城市 i 到城市 j 的路段; $x_{ij} = 0$ 表示推销员没有行走从城市 i 到城市 j 的路段。 $i \neq j$ 这一约束用于减少变量的个数,即共有 $n(n-1)$ 个决策变量。

旅行商问题在生产物流以及运输与配送领域具有十分广泛的应用。

第二节 决策问题与管理技术

一、决策问题的构成要素

上述决策问题尽管表现形式不同,但都由如下基本的要素所组成。

1. 决策变量

决策变量通常为优化问题要求解的未知量,一般可以用 n 维向量 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 表示,当对其赋值后得到该优化问题的一个解。

2. 目标函数

目标函数通常为该问题所要优化(最大化或最小化)的目标的数学表达式,为决策变量的函数式,一般可以简记为 $f(\mathbf{x})$ 。

3. 约束条件

约束条件即对决策变量的限制条件 $g_j(\mathbf{x}) >, =, < 0$, 是 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 允许的取值范围。其表现形式通常为关于 $\mathbf{x}$ 的等式或不等式,分别称为等式约束与不等式约束。

具有上述三个基本要素,决策问题可以表述为如下一般形式:

$$\text{opt. (min or max)} z = f(\mathbf{x}) \tag{1-17}$$

$$\text{s. t. } g_j(\mathbf{x}) >, =, < 0, j = 1, \dots, m \tag{1-18}$$

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T, \mathbf{x} \in \Omega$$

二、决策问题的解决途径

决策问题的解决总体上有三条途径:启发式规则;定性分析;定量分析。如图 1-5 所示。

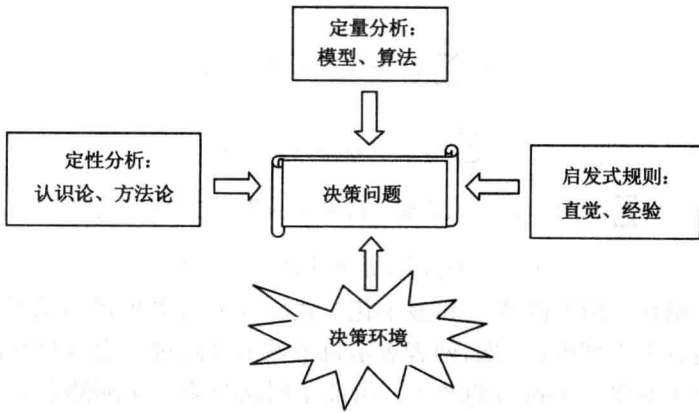


图 1-5 决策问题解决途径