

第 1 章 绪 论

1.1 运筹学的起源

自工业革命以来,各类组织机构已经发生了深刻的变化。组织机构的规模和复杂程度明显增加,早期名不见经传的小作坊已经演变成为当今价值数十亿美元的集团公司。与这种革命性变化相伴生的就是不断细化的劳动分工和管理职能,但也产生了许多新的问题,而且有些问题正在发生。其中的一个问题就是组织机构中的一些部门倾向于按照自身的目标和价值体系实现独立自主,这必然导致该部门的目标无法与组织机构的整体目标相契合,一个部门实现利益最大化的同时,通常会损害其他部门的利益,导致各部门因纠结于利益冲突而无法顺畅运转下去。这就相应地产生了另外一个问题,随着组织机构复杂性和专业化程度的增加,从组织机构的全局角度对可用资源的最有效配置越来越难实现。这类问题的存在及解决需求为运筹学的诞生与成长提供了环境条件。

运筹学的起源可以追溯到数十年前^①,那时人们试图运用科学方法解决组织机构的管理问题,而这一活动称为运筹,要源于其在第二次世界大战早期中提供的军事服务。为了取得预期作战效果,急需把稀缺资源有效地分配给不同的军事行动及其内部活动,因而英国和美国的军事管理部门先后召集一大批科学家运用科学方法来解决这样或那样的战略战术问题。事实上,科学家们被要求对(军事)行动开展研究,这些科学家小组就是最初的运筹小组。英国赢得空战,多亏了这些小组创建了运用新式雷达的有效方法。得益于在更好的组织护航和反潜行动方面的研究,这些小组在赢得北大西洋战争中发挥了重要作用,在太平洋岛屿战役中也发挥了同样作用。

战争结束后,运筹学在战争中取得的巨大成功也激发了人们将其应用于其他领域的兴趣。随着战后工业浪潮的兴起,由日益复杂化和专业化的组织机构所引发的的问题再次成为人们关注的焦点,包括战时曾供职于运筹小组的商业咨询人员和机构在内,越来越多的人感到,这些问题与军事领域的同类基础性问题是一样的,只是应用背景不同。在 20 世纪 50 年代早期,运筹学被引荐到各类组织机构中,包括商业、工业和政府部门。随后,运筹学得到广泛传播(参考文献[6]讲到了运筹研究领域的开发过程,介绍了 43 位运筹先驱者的生平和贡献)。

可以肯定的是,这一时期运筹学的快速发展,至少有两个因素发挥了重要作用。一个因素是早期在改进运筹方法技术中取得的坚实成果。战后,许多曾经参加运筹小组的科学家或听说过这项工作的人们受到启发,开展相关领域的研究,技术发展水平取得了重大进步。一个典型例子就是 1947 年由乔治·丹茨格(George Dantzig)创建的用以解决线性规划问题的单纯形法。在 20 世纪 50 年代末期,用以解决线性规划、动态规划、排队论和存储论等问题的许多运筹学标准化工具,已经得到相当完善的开发。

第二个推动运筹学发展的动因就是计算机革命的冲击。运筹学所考虑的典型复杂问题的解决离不开大量的计算,手工计算根本不可能解决问题。因此,数字式电子计算机的发展,尤其是

^① 参考文献[7]提供了一个关于运筹学起源于 1564 年的有趣故事,并列举了从 1564 年到 2004 年间影响运筹学发展的可观事例。参考文献[1-6]也为这段历史提供了进一步注解。

其超出人类上百万倍的算术计算能力,为运筹学的发展带来了巨大福音。到了20世纪80年代,个人计算机的巨大增长和运筹学软件的开发完善进一步推动了运筹学的发展。从20世纪90年代直到21世纪,越来越多的人很容易地使用运筹学解决问题,这也加速了运筹学的发展。例如,Excel等电子表格软件的广泛使用,为多种运筹学问题提供了解决手段。如今,确实有大量的人使用运筹学软件。因此,从大型机到笔记本计算机,大量的计算机被习惯性地用来解决运筹学问题,甚至是大规模的运筹学问题。

1.2 运筹学的本质

正如其名字所蕴含的那样,运筹学是指“对运作进行的研究”。也就是说,运筹学主要适用于研究解决那些引导和调整组织机构内运行(活动)的问题,而所谓的组织活动在本质上是非物质的。事实上,运筹学已被广泛应用于各个领域,如制造、运输、建筑、电信、金融计划、健康管理、军事和公共服务,举不胜举。因而,运筹学的应用领域相当广泛。

运筹学本身的研究主要是指,运用一种类似于科学领域已经建立的方法那样来处理问题。在相当程度上,科学方法常被用来研究其所关心的问题(事实上,“管理学”这一术语有时作为运筹学的同义词使用)。需要特别强调的是,运筹学方法的处理过程以细心的观测和明确的描述问题作为开始,并收集所有相关数据。下一步就是构建科学模型(通常是数学模型)描述实际问题的本质,并假设这一模型能够精确代表问题的本质特征,而且模型的结论(答案)就是实际问题的有效解。接下来,要通过某些经验或案例对模型假设进行验证,并根据需要对模型进行修正,最终证明得到了正确假设(这一步通常称为模型验证)。从某种意义上讲,运筹学蕴含了对组织机构运作的本质特征进行创造性科学研究的过程。然而,运筹学的研究并不尽于此,其对组织机构的实际运行管理也有专门性研究,因而,运筹学必须在决策者需要时能够为其提供易于理解的正确解决方案才能算得上成功。

运筹学的第二个特点就是其具有宽广的视角。如前面所述,运筹学是从组织性的视角研究问题,因而,运筹学是站在组织机构整体利益最大化的角度来解决组织内各部门间的利益冲突。这并不意味着对组织方方面面存在的每个问题都必须给予明确的考虑,而是其各方面所追求的目标必须与组织机构整体利益目标相一致。

运筹学的第三个特点就是其通常要为从现实问题中抽象出的模型寻找一个最佳解决方案(或一个最优解)。(我们说一个最佳方案而不直接说最佳方案,是因为有时问题对应多个最佳方案。)我们的目标不是对组织机构现状进行简单改进,而是要确定最佳的组织机构运行活动过程。尽管要根据管理的现实需要,对寻优做细致的阐释,但寻求最优化是运筹学一个重要的主题。

根据运筹学的前三个特点可以推出其第四个特点。显而易见,个人不可能成为运筹工作全领域的专家,这就需要一群具有不同背景和技能的人员来开展运筹工作。对一个新问题的运筹研究,基本的条件就是要有团队攻关。典型的运筹小组包括在以下领域受到过高度训练的人员:数学、统计与概率论、经济学、商业管理、计算机学、工程、物理、行为科学和运筹专业技能。运筹小组也要有必要的经验和各项技能来恰当地处理组织机构中的许多分枝问题。

1.3 分析和运筹的兴起

近年来,商界中的“分析学”(或称为商业分析)以及在管理决策中引入分析的重要性引起了人们巨大的争论。这一争论源于托马斯·H. 达文波特(Thomas H. Davenport)发表的一系列论著,他作为

知名的头脑领袖,曾经帮助过上百家世界企业实现生意上的复兴。他的一篇论文《分析的竞争》发表于2006年1月出版的《哈佛商业评论》杂志,在论文中首先提出了“分析”的概念,该论文入选该杂志创刊90年十大必读论文。这篇论文随后被冠以书名《分析的竞争:取胜的新科学》和《工作中的分析:更聪明的决策会取得更好的效果》出版发行成为两本畅销书(参见章末的参考文献[2,3])。

那什么是“分析”呢?简单地回答就是运筹的另一个名字,但二者研究的侧重点不同。进一步说,分析随着时间推移逐渐融入到运筹方法中,这也有益于分析的长远发展。

“分析”认为,我们已经进入大数据时代,许多企业和组织机构通常用大量的数据来进行辅助管理决策。当前,数据潮主要来自于对装载、售卖、供应商和消费者以及电子邮件、网络流量与社交网络等进行的复杂计算追踪。正如如下定义所描述的那样,分析的关注点在于如何使数据发挥最有效的作用。

“分析是为决策者进行优化决策时提供洞察数据的一种科学方法。”

分析的应用范围可划分为三类。第一类是“描述分析”,就是运用创新性技术来收集相关数据并建立兴趣模型以便更好地描述和理解正在发生的事情。一项重要的技术就是数据挖掘(参考文献[8]有描述),一些在描述分析方面的分析专家也被称作数据科学家。

第二(更高级的)类是“预测分析”,就是运用数据来预测将来会发生什么。统计预报方法(如第27章所述)在预测分析中被突出运用,模拟仿真方法(第20章)也发挥了重要作用。

第三(最高级)类是“规则分析”,就是运用数据来指出将来应该做什么。本书多个章节介绍的运筹学强大的优化技术正是规则分析所需要的。

运筹分析人员对这三类都涉猎到,但第一类涉猎极少,第二类涉猎一些,第三类涉猎最多。因此,运筹学被认为重点关注于高级分析——预测活动和规范活动——在这些活动中,与运筹分析人员相比,分析学专家可能更投入于整个商业过程,包括第一类(发现需求)之前和第三类(实现)之后的商业活动。放眼未来,分析和运筹随着时间的推移逐渐融合。对大多数人来说,由于“分析”(或商业分析)一词与“运筹”一词相比含义更广泛,我们会看到“分析学”有可能最终取代“运筹学”成为这一综合性学科的通用名称。

尽管“分析”最初被作为重要的工具介绍给主要的商业组织,但其在其他相关领域也是一个强大的工具。举个例子,分析(与运筹一起)在2012年美国总统竞选中发挥了重要作用。奥巴马的竞选管理雇佣了一个多学科人员组成的团队,包括统计学家、预测建模师、数据挖掘专家、数学家、软件编程师和运筹分析师,其建立的整个分析部门规模是2008年竞选的6倍。基于这一分析方面的投入,借助于运用定制信息的方式从微观潜在选民和捐助人那里直接获取的大量数据,奥巴马团队发起了全方位和全面靠前的竞选。选举曾被认为双方势均力敌,但是关于奥巴马获胜的描述分析和预测分析推动了奥巴马的“地面竞选”。根据这次经验,两大政党毫无疑问地将在未来重要的政治竞选中充分地发挥分析的作用。

另一个关于分析应用的知名例子在《点球成金》(参考文献[10])这本书中进行了描述,随后在2011年拍成了同名电影。它们讲述了一个真实的故事,奥克兰运动家棒球队如何取得了巨大的成功,尽管在美国职业棒球大联盟中只有很小的预算,但通过运用各类非传统数据(称为棒球资料统计分析)在球员招募中更好地评价球员的潜能。尽管这些评价经常与传统棒球观念相悖,但描述分析和预测分析都能找出那些被忽视的可能对球队大有帮助的球员。在见证了分析产生的巨大作用之后,许多棒球职业联盟球队也马上雇佣分析专家。其他的运动队也开始运用分析了(参考文献[4,5]有17篇文章描述分析在各种运动中的应用)。

以上两个以及其他数不清的关于分析和运筹力量的成功故事,必然使得它们未来的应用不断增加。与此同时,运筹还具有更有力的影响,接下来的章节对其进行描述。

1.4 运筹的影响

运筹对提升全球众多组织的运行效率产生了深刻影响。在此过程中,运筹对于多个国家经济产出的增长做出了重要贡献。现在国际运筹联合会(IFORS)有几十个成员国家,每个国家各自也有运筹学会。欧洲和亚洲也有运筹联合会,在各自的大洲里联合举办国际会议、出版国际期刊。另外,运筹与管理科学学会(INFORMS)是一个国际性社团,总部设在美国。正如在许多其他发达国家一样,运筹在美国是一个重要的职业。从美国劳动统计局 2013 年统计情况看,约 6.5 万运筹分析人员在美国工作,平均薪水约为 7.9 万美元。

由于分析业的快速增长,运筹与管理科学学会接受了将分析方法作为决策的重要方法,并大大融合以及进一步丰富了运筹学方法。所以,这一领袖学会目前将商业分析和运筹年会列入了其主要会议。它也为达到一定标准并通过考试的个人提供分析职业认证书。另外,运筹与管理科学学会出版了许多业内领先的期刊,其中一个为 *Analytics*,另一个为 *Interfaces*,定期发表文章描述主要的运筹研究成果及其对组织机构产生的影响。

为了更好地理解运筹的广泛应用,我们在表 1.1 中列出了 *Interfaces* 杂志中提到的实际应用例子。注意:表的前两列给出了组织机构和应用的差异性与多样性。第三列给出了应用案例的章节,这些章节用了诸多笔墨来描述应用案例,并列举了包含具体细节的参考文章(你将在本章看到第一个应用案例)。最后一列给出了这些应用所产生的年均数百万美元的经费节约额。此外,未在表中列出的附加收益(如改进的顾客服务和改良的管控)有时被认为比金钱收益更重要(在随后的习题 1.3-1、习题 1.3-2 和习题 1.3-3 中,你将有机会研究这些无形收益)。在我们的网站上有具体描述这些应用的文章链接, www.mhhe.com/hillier。

表 1.1 运筹应用案例列表

机 构	应 用 领 域	章节	年均节省经费/美元
联邦快递公司	物流运输计划	1.4	未估算
大陆航空公司	正常航空计划表被打乱时对机组的再分配	2.2	4000 万
Swift 公司	提高销售与生产绩效	3.1	1200 万
纪念斯隆-凯特琳癌症中心	放射治疗设计	3.4	4 亿 5900 万
Welch's 公司	优化原材料的使用与搬运	3.5	15 万
INDEVAL 证券公司	处理墨西哥的证券交易	3.6	1500 万
三星电子	压缩生产时间和库存水平	4.3	增收 2 亿
太平洋木业公司	长期森林生态管理	7.2	净现值 3 亿 9800 万
宝洁公司	生产与分发系统的再设计	9.1	2 亿
加拿大太平洋铁路公司	铁路货运运行图调整	10.3	1 亿
惠普公司	产品组合管理	10.5	1 亿 8000 万
挪威公司	海底天然气管线网络的最大流	10.5	1 亿 4000 万
美国联合航空公司	计划被打乱时重新为航线安排飞机	10.6	未估算
美国军方	“沙漠风暴”行动中的后勤规划	11.3	未估算
MISO	管理 13 个州的电力输送	12.2	7 亿
荷兰铁路	优化铁路运行网	12.2	1 亿 500 万
塔可钟	制订餐厅员工工作计划表	12.5	1300 万
美国废物管理公司	为废物归集处理开发了路径管理系统	12.7	1 亿
工人银行	为投资顾问开发了决策支持系统	13.1	增收 3100 万

(续)

机 构	应 用 领 域	章节	年均节省经费/美元
DHL	优化市场资源利用	13. 10	2200 万
西尔斯	为上门服务和宅送进行车辆路径规划和调度	14. 2	4200 万
英特尔公司	设计安排生产线	14. 4	未估算
康菲石油公司	评估石油开发项目	16. 2	未估算
工人赔偿局	管理高风险的残疾索赔和康复项目	16. 3	400 万
美国西屋电器	评估研发项目	16. 4	未估算
美国科凯国际集团	提高银行柜员服务效率	17. 6	2000 万
通用汽车	提高生产线的效率	17. 9	9000 万
迪尔公司	整个供应链的库存管理	18. 5	减少 10 亿库存
时代公司	杂志分发渠道管理	18. 7	增加利润 350 万
洲际酒店	营收管理	18. 8	增收 4 亿
第一银行	管理信用额度和信用卡利率	19. 2	增加利润 7500 万
美林证券	金融服务价格分析	20. 2	增收 5000 万
沙索公司	提高其生产工序效率	20. 5	2300 万
美国联邦航空局	管理恶劣天气中的航空流	20. 5	2 亿

尽管多数常规的运筹研究得出的收益比表 1.1 中列举的应用收益更保守,但表中最右列的数据的确准确反映出大型的、精心设计的运筹会产生巨大的作用。

应用案例

联邦快递公司是世界最大的快递服务公司。每个工作日,公司担负了全美及上百个国家及地区数以百万计的文件、包裹和其他物品的快递业务。有时,这些货物势必经过通宵运输一直到次日上午 10:30。

提供快递服务所面临的物流方面的挑战是令人震惊的,在相当短的时间内,数以百万计的日常货物量必须进行独立分拣并输送到正确的集散位置(通常用空运),然后分发到精确的目的地(通常用机动车)。这怎么才能做到?

运筹成为这家公司的技术引擎。公司自 1973 年成立以来,运筹就为其主要商业决策提供帮助,包括设备投资、线路分布、计划编排、金融及设施选址等。在早期证明运筹确实能拯救公司之后,邀请运筹代表出席每周的高层管理例会成为公司的惯例,事实上,公司中有的副总也来自于优秀的公司运筹团队。

联邦快递公司已成为世界级知名公司,其在《财富》杂志举办的年度“世界最受尊敬的公司”榜单中位列前茅,并被评选为 2013 年百强企业。公司也是第一个(1991 年度)“运筹与管理科学学会奖”的获得者,该年度奖项主要奖励那些致力于将运筹开创性、多元化、新颖和持续地融入到组织管理决策中的人和单位。直到如今,联邦快递公司对运筹仍有巨大的依赖。

来源:R. O. Mason, J. L. McKenney, W. Carlson, and D. Copeland, “Absolutely, Positively Operations research: The Federal Express Story”, *Interfaces*, 27(2):17-36, March-April 1997. (我们网站上提供了文章链接:www. mhhe. com/hillier.)

1.5 算法和运筹课件

本书的一个重要部分就是描述运筹学中解决某些类型问题的主要算法(系统的解决过程)。一些算法是相当有效的,并被用来解决含有成百上千变量的问题。你将会看到这些算法是如何工作的,是什么原因使这些算法如此有效率。你将用这些算法在计算机上解决各类问题。本书网站(www. mhhe. com/hillier)提供的运筹课件是完成这些工作的关键工具。

运筹课件的一个特征就是包含称为 OR Tutor 的程序。这个程序是帮助你学习算法的私人老师,它囊括了许多示例来演示和解释算法,这些示例成为本书的补充示例。

另外,运筹学课件包含一个称为运筹交互教程(IOR Tutorial)的专用软件包,运行在 Java 环

境,设计这一创新性的软件包专门用来提高使用本书的学生的学习经验。IOR 教程包括许多交互程序,它们以很方便的形式交互地执行算法。当你专注于学习和执行算法逻辑时,由计算机来负责所有的常规计算。你会发现,这些交互程序是完成课后问题的、具有启发性的有效方法。IOR 教程还包含许多其他有用的程序,包括一些自动程序自动地执行算法,以及一些程序能够用图形演示算法如何根据问题的数据变化求解。

实际上,这些算法通常由商业软件执行。我们认为,让学生熟知这些软件是非常重要的,因为这些软件在他们毕业后将用到。所以,你的运筹学课程随后包含了大量的材料,将向你介绍四个相当流行的软件包。这些软件将使你能够有效求解本书中遇到的几乎所有的运筹学模型。我们还在无法应用这些软件的案例 IOR 教程中,增加了我们自己的自动计算程序。

现今利用 Excel 等电子表格软件建立小型的运筹学模型也越来越为大众所欢迎。标准的 Excel 程序自带了一个 Solver 插件(Frontline Systems 公司的一款产品),可以用来求解这类模型。你的运筹学课件包含了为本书中几乎每一章独立建立的 Excel 文件。每章提出一个能用 Excel 求解的例子,完整的电子表格建模和求解通过该章的 Excel 文件给出。对于本书中的许多模型,我们也提供了 Excel 模板,这个模板囊括了求解模型所必需的全部方程。

本版教材的新做法就是提供了一个来自 Frontline System 公司强大的软件包,称为分析求解平台教学版(ASPE),其能够完全兼容 Excel 和 Solver 插件。最新发布的分析求解平台软件包含了 Frontline System 公司其他三个流行产品的所有功能:①优秀的求解平台,提供了强大的优化计算表格,包括线性规划、混合整数规划、非线性规划、非平滑和全局优化五个方面的求解模型;②专业的风险计算,能够进行模拟和风险分析;③XLMiner 插件,提供了基于 Excel 的数据挖掘和预测工具。ASPE 还具备求解非确定性和资源决策优化模型的能力,能进行灵敏度分析和建立决策树,还提供了超高性能的线性混合整数优化工具。学生版的分析求解平台(ASP)包括了处理小规模问题的所有功能。本书中 ASPE 的特殊之处在于大大提高了 Excel 中 Solver 插件的版本(详见 3.5 节),能够用 Excel 建立决策树(详见 16.5 节),并提供了用 Excel 建立模拟模型的工具(详见 20.6 节)。

多年之后,LINDO(及其同类建模语言 LINGO)仍然并将继续成为受欢迎的运筹学软件包。学生版的 LINDO 和 LINGO 软件可以从网站 www.lindo.com 上免费下载,在你的运筹学课件中也有提供。至于 Excel,我们每次都会给出用其求解的示例,具体在你的运筹学课件相应章节的 LINGO/LINDO 文件中有详细描述。

当处理大型和疑难运筹学问题时,通常要运用建模系统来高效阐述数学模型并录入计算机。MPL 是一个用户友好型的建模系统,它包括了大量精选的求解插件来高效地解决这类问题。这些求解插件包括 CPLEX、GUROBI、CoinMP 和 SOLUM 用于求解线性和整数规划(详见第 3 章~第 10 章、第 12 章),以及 CONOPT 用于求解凸规划(详见第 13 章部分内容)和 LGO 用于求解全局优化(详见 13.10 节)。学生版的 MPL,连同学生版的求解工具,也能从网站上免费下载。为便于学习,在运筹学课件中也包括了这一学生版本的工具(包括刚提到的 6 个求解插件)。同样,运用软件求解的示例,在运筹学课件相应章节的 MPL/Solvers 文件中有具体描述。此外,学术用户可以到有关的网站接收 MPL、CPLEX、GUROBI 的完整版。这意味着,任何学术用户(教授或学生)能够获得含有 CPLEX 和 GUROBI 的 MPL 专业版,并用于其课程作业。

我们稍后将进一步介绍这四个软件包及其运用方法(在第 3 章、第 4 章的结尾部分),附录 1 也提供了运筹学课件的相关文档,包括 OR Tutor 和 IOR Tutorial。

为了提示你学习运筹学课件中的相关资料,从第 3 章开始每章结尾部分列出了网站上该章的学习辅助资料清单,并在习题部分的开头进行了说明,在左侧题号及部分材料(包括示例和交

互程序)中有标注的地方,会为你的学习提供帮助。

我们网站还提供了学习辅导途径,就是在第3章开始提供解题例集。如果需要,这些完整例题将是书上例题的补充;如果不需要看附加的例题,它们也不会打断书上正常的例题描述。在准备考试的时候,你也许会发现这些附加例题可能会很有用。如在本书网站的解题例集部分,包括了当前主题的求解例题,我们也会给出提示。为使你不忽视这一提示,我们每次会将词语附加例题(或类似词语)加粗显示。

网站也列出了各章术语集。

参 考 文 献

- [1] Assad, A. A., and S. I. Gass (eds.): *Profiles in Operations Research: Pioneers and Innovators*, Springer, New York, 2011.
- [2] Davenport, T. H., and J. G. Harris: *Competing on Analytics: The New Science of Winning*, Harvard Business School Press, Cambridge, MA, 2007.
- [3] Davenport, T. H., J. G. Harris, and R. Morison: *Analytics at Work: Smarter Decisions, Better Results* Harvard Business School Press, Cambridge, MA, 2010.
- [4] Fry, M. J., and J. W. Ohlmann (eds.): Special Issue on Analytics in Sports, Part I: General Sports Applications, *Interfaces*, **42** (2), March–April 2012.
- [5] Fry, M. J., and J. W. Ohlmann (eds.): Special Issue on Analytics in Sports: Part II: Sports Scheduling Applications, *Interfaces*, **42** (3), May–June 2012.
- [6] Gass, S. I., “Model World: On the Evolution of Operations Research”, *Interfaces*, **41** (4): 389–393, July–August 2011.
- [7] Gass, S. I., and A. A. Assad: *An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History*, Kluwer Academic Publishers (now Springer), Boston, 2005.
- [8] Gass, S. I., and M. Fu (eds.): *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 3rd ed., Springer, New York, 2014.
- [9] Han, J., M. Kamber, and J. Pei: *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd ed., Elsevier/Morgan Kaufmann, Waltham, MA, 2011.
- [10] Lewis, M.: *Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game*, W. W. Norton & Company, New York, 2003.
- [11] Liberatore, M. J., and W. Luo: “The Analytics Movement: Implications for Operations Research,” *Interfaces*, **40** (4): 313–324, July–August 2010.
- [12] Saxena, R., and A. Srinivasan: *Business Analytics: A Practitioner’s Guide*, Springer, New York, 2013.
- [13] Wein, L. M. (ed.): “50th Anniversary Issue,” *Operations Research* (a special issue featuring personalized accounts of some of the key early theoretical and practical developments in the field), **50** (1), January–February 2002.

习 题

1.3-1 从表 1.1 中选择一个运筹学应用案例,阅读第三列提到的相关文章(所有文献在网站 www.mhhe.com/hillier 上都有链接),写一份关于运筹学应用与获益(包括非金融收益)的总结,篇幅两页。

1.3-2 从表 1.1 中选择三个运筹学应用案例,阅读第三列提到的相关文章(所有文献在网站 www.mhhe.com/hillier 上都有链接),针对每个案例,分别写一份关于运筹学应用与获益(包括非金融收益)的总结,篇幅一页。

1.3-3 阅读 1.4 节应用安全中列举的完整描述运筹研究的参考文献,列出其研究给出的各种金融与非金融性收益。