

# 工程管理专业“运筹学”教学探索

张伟,张潇,吴贤国

(华中科技大学 土木工程与力学学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:**“运筹学”是工程管理专业的核心课程,但在教学中却面临课程内容多、课时少、教学方式枯燥单一等困难。为克服这些困难,华中科技大学土木工程与力学学院运筹学课程组结合工程管理专业需求,梳理了运筹学知识体系,设计了工程管理运筹学教学案例,绘制了运筹学建模和计算流程图表,提升了课程教学的系统性和实践性,取得了良好的教学效果。

**关键词:**运筹学;系统性;实践性;教学模式

**中图分类号:**G642

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-5884(2019)01-0049-06

依据《高等学校工程管理专业本科指导性专业规范》,工程管理专业知识包括土木工程或其他工程技术基础知识,管理学、经济学、法学的理论与方法,以及计算机及信息技术知识。其中“运筹学”是管理学理论与方法的核心课程,也是一门实践性和应用性很强的学科,其主要内容一般包括线性规划、目标规划、动态规划、图与网络、存储论、决策论等,学习这些内容时还需要充分运用线性代数、概率论等前序课程的知识作为工具,建立和求解数学模型<sup>[1]</sup>。因此,如何让学生对深奥而枯燥的运筹学基本思想和各类数学模型产生兴趣,并将其运用到工程建设管理决策的实践中,是教学中需要充分解决的问题,为此结合专业特点进行科学、合理的教学模式和课程设计至关重要。

## 1 工程管理专业“运筹学”课程价值

运筹学,是运用数学方法研究各种系统的优化途径及方案,为决策者提供科学决策依据的学科或课程。“凡事预则立,不预则废”,就是希望通过预先的筹划,达到“最优化”的目标。它不仅

锻炼学生的思维能力,而且传授实用的解决实践问题的方法。

### 1.1 增强系统思维,剖析复杂问题

运筹学是系统科学的重要组成部分。系统科学包括整体论、还原论、控制论等理论,运筹学综合地运用了其中的思想,指导各生产行业全面、系统地思考问题。它提倡将一个复杂的问题进行目标、阶段、因素等分解,考虑不同因素之间的关联,并构建数学模型来表达这种关联。这实际上隐含了一种“复杂问题简单化、复杂关系清晰化”的思维。如果只考虑一个决策阶段、较为简单的线性数量关系,可构建单目标线性规划模型;如果考虑多个阶段,则演变为动态规划模型;如果再考虑多个目标,构成多目标规划模型;如果再考虑不同时间、不同空间的规划问题,则构成图与网络的模型。因此,学习“运筹学”的过程实际上也是一个不断锻炼和提升思维方式与习惯的过程,有利于增强学生的系统思维能力。

### 1.2 运用科学模型,解决专业问题

运筹学与高等数学、线性规划、概率论等课程

收稿日期:20180407

基金项目:国家自然科学基金项目(51308240)

作者简介:张伟(1980-),男,湖北松滋人,副教授,博士,主要从事工程项目管理、工程系统分析研究。

一样需要大量的数学训练,但与这些课程有很大差别的是,运筹学更为贴近于生产和社会实践。运筹学不是纯粹的数学推算,它本身就是在解决实际问题的过程中诞生的,其理论和方法是用来解决实际问题的<sup>[2]</sup>。在几十年的发展历程中,运筹学已经形成一套较为成熟的解决实际问题的方法和模型,且还在不断发展。学生需要学习和扎实掌握这些方法和模型,并用来分析工程实践问题。例如,土木工程、工程管理专业的核心课程“工程项目管理”中讲授的网络图计划,就是图与网络方法在工程进度管理中的应用。将运筹学与其他专业课程和工程实践紧密结合,形成实践型教学模式,有利于提升学生解决实际问题的能力<sup>[3]</sup>。

## 2 工程管理专业“运筹学”教学面临的困难

尽管运筹学具有很高的课程价值,但授课教

师普遍反映这门课的教学难度较大,主要表现在教学内容重点不突出、教学方式单一、学生有畏难情绪等<sup>[4-6]</sup>。结合作者十年来的运筹学教学体会和工程管理专业特点,对运筹学课程教学的困难归纳如下。

### 2.1 课程容量大,课时数量偏少

《高等学校工程管理本科指导性专业规范》建议运筹学课程设置为48学时,主要内容和学时安排如表1所示<sup>[7]</sup>。48学时看起来似乎不少,在实际教学中却十分紧张,部分内容只能要求学生到达了解或熟悉程度。与之相比,由邓成梁主编的《运筹学的原理和方法》(第3版)与《专业规范》要求的教学内容相当,却建议“讲授全书约需80学时”<sup>[8]</sup>。在48学时中要讲完教材建议80学时的内容,十分仓促,教师讲得快,忙于赶进度;学生练习少,来不及充分掌握和理解,就会觉得学起来越来越难。

表1 “运筹学”课程内容与学时的推荐方案

序号	知识单元	知识点	要求	推荐学时
1	运筹学引论	运筹学的发展和应用概况	了解	2
		运筹学的研究对象及特点	了解	
2	线性规划	线性规划问题解的性质与几何意义	了解	12
		线性规划建模	熟悉	
		单纯形法	掌握	
		线性规划解的灵敏度分析	掌握	
3	运输问题与整数规划	线性规划的对偶问题	掌握	8
		运输问题	掌握	
4	动态规划及其应用	整数规划	了解	4
		动态规划模型及其求解方法	掌握	
5	图论基础知识	动态规划在管理决策中的应用	掌握	8
		图的概念和特点	掌握	
		最短路、最长路问题	掌握	
		最小树问题	掌握	
6	存储论	最大流问题	掌握	8
		不允许缺货条件下确定性存储模型	掌握	
		随机型存储模型的建立和求解	了解	
7	决策论	其他类型存储问题	了解	6
		确定型决策	掌握	
		风险型决策	掌握	
		多目标决策	熟悉	

## 2.2 数学计算较多,讲授难度较大

运筹学各章节的数学建模、推导和计算量较大。其中单纯形法的矩阵推导、对偶问题解的推导、对偶问题的互补松弛定理、目标规划求解、0-1规划求解、动态规划求解、最大流问题等,都具有较高的难度。而且,运筹学的知识模块、数学模型、知识点都比较多,且不同章节的知识点相互穿插。学生如果学的好,可以前后呼应;反之如果没学好,就会思路更为混乱,感觉学起来越来越难。

## 2.3 教学方式单一,课堂较为沉闷

在运筹学授课中,教师很容易、也很自然地按照纯数学课的方式来讲解,只讲数学公式、模型、推导和计算,而不和专业知识结合起来,不仅课堂较为沉闷,而且导致学生只会计算,不会建模,不会分析和解决实际问题。实际上,土木工程的建设和管理中有着大量的经济分析、方案决策、管理优化等问题,都是运筹学分析和建模的良好案例,合理利用这些工程实践案例,既可以强化和夯实专业基础知识,也能增强运筹学课程教学的趣味性<sup>[9]</sup>。

## 3 “运筹学”知识点梳理与案例教学探讨

当前高校各专业的教学课时普遍较为紧张,工程管理专业还有房屋建筑学、土木工程施工、工程造价等大量专业课程,为运筹学分配 60 甚至

80 个学时是不现实的。在有限的课时分配下,要讲好运筹学课程,就只能通过努力完善课程设计、优化知识体系、丰富教学方式、提高教学效率,增强课程教学模式的系统性和实践性来实现。

### 3.1 全面梳理知识体系,确保授课的系统性

多年的运筹学教学中发现,课程教学的难点并不在于计算,反而在于数学模型的构建、原理与推导。因此,全面、系统地梳理运筹学的主要知识点,便于师生共同掌握。再者,根据知识点的不同特点,将其分为原理型、计算型两大类,便于区别学习,如表 2 所示。知识模块对应于课程的主要章节,原理型与计算型知识点也相互呼应,形成清晰的知识脉络。

### 3.2 不同知识穿插配合,提高课程的易懂性

在理清课程知识体系后可以发现,线性规划及单纯形法求解是整个课程的基础,其概念、原理和求解方法会在灵敏度分析、运输问题、目标规划、整数规划等章节中反复出现<sup>[10]</sup>。尽管单纯形法、对偶定理、对偶单纯形法的相关概念、模型和求解确实较为繁琐,有较高的难度,需要不断复习和巩固。这也对教师的教学提出了很高的要求,教师需要充分熟悉不同知识点及相互之间的关联,梳理出课程知识脉络图,并有意识地回顾前面所讲过的知识点,帮助学生举一反三、融会贯通。对于知识点划分和穿插配合的建议如表 2 所示。

表 2 “运筹学”课程的原理型知识点与计算型知识点

知识模块	原理型知识点	计算型知识点	知识点穿插配合
线性规划建模	线性规划建模,包括选取决策变量、列出目标函数、约束条件、变量约束	线性规划的图解法	无
单纯形法	写出线性规划的标准型,包括目标函数转为求极大、约束条件转为等式、变量约束转为非负	线性规划的单纯形法计算;大 M 法计算、两阶段计算	结合图解法,解释可行域、无界解、无穷多最优解的概念
	价值系数、右端常数、技术系数;系数矩阵、基阵、非基阵、基变量、非基变量、松弛变量、剩余变量、人工变量、检验数;基本解、可行解、基本可行解、可行域、最优解		
	写出线性规划的典式		
对偶问题	对偶问题的概念、对称性对偶问题;对偶问题的对称性定理、弱对偶定理、主对偶定理、互补松弛定理和推论;对偶问题的经济解释、影子价格;正则解	对偶单纯形法	复习线性规划的矩阵变换;在单纯形表中,同时找出原问题和对偶问题的解

续表 2

知识模块	原理型知识点	计算型知识点	知识点穿插配合
灵敏度分析	无新的原理型知识	灵敏度分析的计算	复习价值系数、右端常数、技术系数矩阵、检验数的概念以及单纯形法和对偶单纯形法
运输问题	运输问题的概念;对偶模型;闭回路;确定初始基可行解;闭回路法;位势法	运输问题的表上计算	复习线性规划的典式、检验数的概念
目标规划	目标规划的概念;正、负偏差;绝对约束、相对约束;目标优先级;几何意义	目标规划的单纯形法计算	复习单纯形法计算
整数规划	无新的原理型知识	整数规划的计算、分支定界法、0-1规划、指派问题计算	复习单纯形法、对偶单纯形法
动态规划	动态规划的概念;阶段变量、决策变量、状态变量、策略;状态转移方程	动态规划问题求解	无
图与网络	图与网络的概念,包括顶点、边、圈、链、通路、图、子图、树、网络	最小树、最短路、最大流、最小费用最大流的计算	复习动态规划
存储论	存储论的相关概念,包括存储系统、费用、策略	确定型经济订货批量模型、单周期随机需求模型的计算	复习动态规划

### 3.3 合理设计课程案例,增强课堂的趣味性

综合借鉴工程项目管理、土木工程施工、工程经济学、项目投资与融资、工程设计等专业课程的教学内容,归纳了工程管理的一些实践问题,以及

运用运筹学的方法和模型来解决的基本思路,如表3所示。其中部分问题如土方调配、钢筋下料、进度计划等已被用于课堂教学中,受到了学生的欢迎,提高了课堂的趣味性。

表3 工程管理专业“运筹学”课程案例设计

“运筹学”知识模块	工程管理的实践问题	基本解决思路
线性规划	土方调配问题	划分场地网格,以各地块的填方量或挖方量作为决策变量,以开挖或回填后达到规定标高为约束条件,以总挖方量和填方量最小为目标,建立线性规划模型
	施工场地规划问题	考虑施工现场的建筑材料堆放、施工作业区域、塔吊布设、工人生活区等布置,使人流、物流等带来的总费用最小
	钢筋下料问题	列出钢筋下料的方案,以各方案的数量作为决策变量,以不同尺寸钢筋数量达到需要为约束条件,以总钢筋数量最小或剩余料头最小作为目标,建立线性规划模型
	项目投资方案组合问题	以不同投资方案的金额为决策变量,以各部分投资额度满足项目需要为约束条件,以总投资收益最高为目标,建立线性规划模型
对偶问题	建设项目经济评价	采用劳动力、材料、设备等各类资源的影子价格,进行国民经济评价,计算经济净现值、经济内部收益率等指标
运输问题	建筑材料运输问题	解决从不同工厂或仓库,运输钢筋、混凝土、水泥、砂石料等建筑材料到一个或多个施工场地,使总运输成本最小的问题
	施工设备调配问题	解决同一个建筑企业承担的不同工程项目之间,调配大型施工机械设备、提高机械使用率、降低机械使用成本的问题
目标规划	工程项目目标优先度	工程项目的质量、安全、进度、成本等目标对立而统一,在兼顾各目标系统实现的同时,设定实现目标的优先度
0-1规划	班组工作任务分配	依据各班组或工人的技能特长,进行合理的工作任务指派,使得整体作业效率最高
动态规划	施工设备维修保养问题	随着施工机械设备使用年限增加,维护成本提高,解决是购买或租赁新设备,还是继续使用老设备,使总成本最小的问题

续表 3

“运筹学” 知识模块	工程管理的实践问题	基本解决思路
图与网络	公路地铁等工程选线	最短路或最小树问题。在工程设计阶段,提出公路、铁路等线性工程的选线方案,在满足线路通达性条件的同时,使得线路最短、或建设成本最低、或沿线征地拆迁量最小、社会矛盾最小等
	交通运输网络规划	最大流问题或最小费用最大流问题。通过合理的交通路线规划和道路流量设计,使总体的交通运输量最大,或在满足交通运输量要求的前提下,使得交通运输的总费用最小
	工程项目进度计划	构建工程项目进度网络图,通过合理设定工作任务的持续时间和逻辑关系,使得关键线路的持续时间最短
存储论	建筑材料采购与存储问题	考虑建筑材料、构配件的订货、存储、需求三个环节,在避免缺货的前提下,减少库存,使订货、运输、存储的总费用最小
决策论	工程项目立项决策	考虑不同的项目方案、预期收益与概率,以综合预期收益最大的方案作为最终选定方案
	工程项目风险分析	设定不同风险态度,预测工程项目实施过程中各种事件可能发生的先验概率,采用期望效果最好的方案作为最优决策方案
敏感性分析	工程项目经济分析	在进行工程项目经济分析时,选取变量(如劳动力成本、材料价格),设定变化幅度,分析项目经济指标的变化幅度
	投资风险分析	在进行工程项目投资风险分析时,选取利率、价格指数、成本指数等变量,设定变化幅度,分析项目投资经济效益指标的变化幅度

### 3.4 巧用图表总结归纳,巩固学习的有效性

为使枯燥、繁琐的数学模型求解过程更加清晰、易懂、好记,我们在教学过程中专门绘制了展示计算过程、步骤的流程图,如图 1 所示。每个独

立的数学模型求解单元结束后,以一个这样的流程图来归纳整个求解过程,便于学生理清思路、巩固知识点,具有较好的效果。

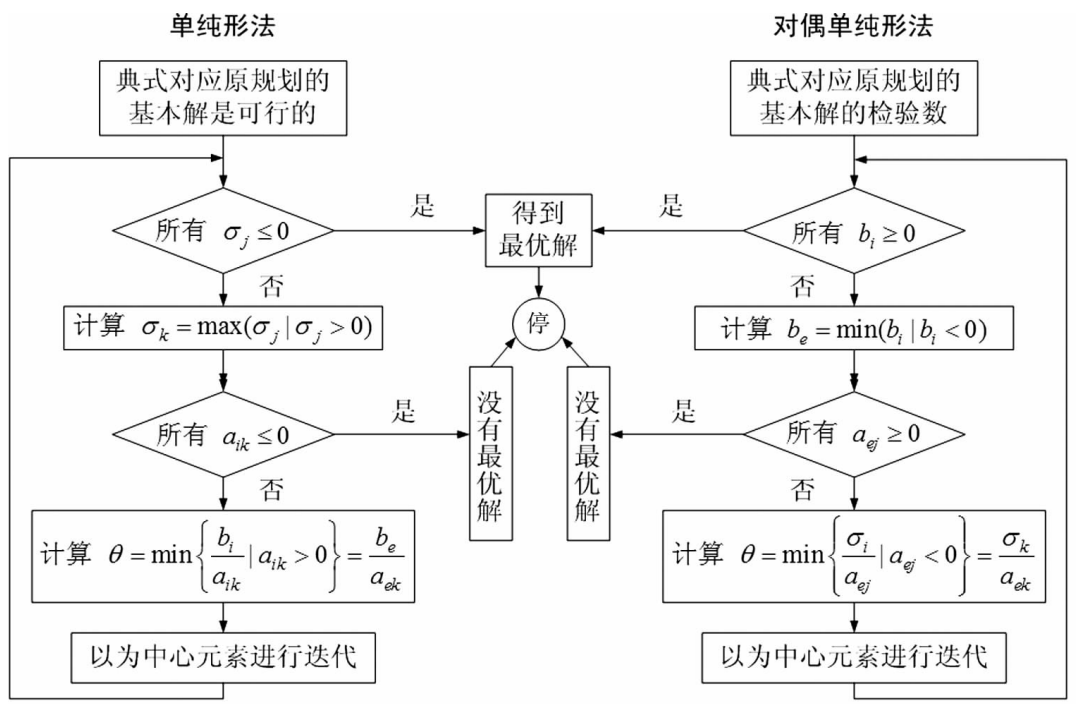


图 1 线性规划单纯形法与对偶单纯形法计算流程图

#### 4 结语

总体而言,运筹学作为工程管理专业的一门专业必修课,有利于锻炼学生的系统思维 and 解决实践问题的能力,具有很高的课程价值。但由于课程知识体系繁杂、课时数量少、内容较为枯燥等原因,运筹学的教学难度也很大。为克服这些困难,在有限的课时限制下尽可能优化课程内容、理清知识体系、合理运用案例教学方法、提高课堂教学效果,本文提出了明晰课程知识体系、增加案例分析的建议,并在教学中进行了试验。经采用这些措施,能够完成专业规范规定的运筹学教学内容,学生兴趣度较高,知识点掌握较好,近两年工程管理专业运筹学考试的平均成绩达到86左右,反映整体教学效果较好。今后还将进一步改进教学方法、丰富工程案例分析,以便提高教学的趣味性,改进课程教学效果。

#### 参考文献:

- [1] 李继超.“运筹学”教学方法的改革与实践[J].价值工程,2014(5):235-236.
- [2] 覃毅延,东方.管理类专业中运筹学课程教学探索[J].物理工程与管理,2018(1):179-180.
- [3] 张伟,仲景冰,孙峻.复合型与实践型工程项目管理教学模式探索[J].高等建筑教育,2012(6):89-92.
- [4] 吴贤国,张立茂.工程管理专业研究生运筹学教学方法探讨[J].高等建筑教育,2014(3):97-99.
- [5] 彭卓华.高校运筹学课程教学研讨[J].当代教育理论与实践,2015(9):43-45.
- [6] 李晓洁.基于问题导向教学的运筹学课程教学设计研究[J].高教学刊,2018(4):101-103.
- [7] 高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会编制.高等学校工程管理本科指导性专业规范[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [8] 邓成梁.运筹学的原理和方法(第3版)[M].武汉:华中科技大学出版社,2014.
- [9] 杨茂盛,孙凡楼,张炜.以科研促进运筹学教学改革与探讨[J].西安建筑科技大学学报,2006(2):52-54.
- [10] 彭卓华.高校运筹学课程教学研讨[J].当代教育理论与实践,2015(9):43-45.

## Teaching Mode of Operation Research Course for Engineering Management Major

ZHANG Wei, ZHANG Xiao, WU Xianguo

(School of Civil Engineering & Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Operation Research (OR) is a key course for Engineering Management Major, but it faces a lot of problems in teaching practice, such as limited time, large amount of content, unattractive teaching method. Therefore, combining the requirements of Engineering Management majors, the OR course team, from Huazhong University of Science and Technology, sorts out the knowledge system of OR, designs engineering case study, and draws flow charts for the modelling and calculation processes, which makes the course teaching more systematical and practical.

**Key words:** Operation Research; systematical; practical; teaching mode

(责任校对 王小飞)