

MODULES IN APPLIED MATHEMATICS

政治及有关模型

(美) WILLIAM F. LUCAS 主编



■ 国防科技大学出版社



MODULES IN APPLIED MATHEMATICS

政治及有关模型

(美) WILLIAM F. LUCAS 主编

国防科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

政治及有关模型/(美)W. F. Lucas 主编; 王国秋, 刘德铭译;
沙基昌校. —长沙: 国防科技大学出版社, 1996. 12.

ISBN 7-81024-403-5

- I 政治及有关模型
- II Lucas, W. F.
- III ①数学模型②政治模型
- IV O29

责任编辑: 戴东宁 何 晋

责任校对: 文 慧

封面设计: 陆荣斌

国防科技大学出版社出版发行

电话: (0731) 4555681 邮政编码: 410073

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 15.75 字数: 395 千

1996年12月第1版第1次印刷 印数: 3000册

ISBN 7-81024-403-5

O·56 定价: 27.00元

791/214/08

内 容 简 介

本书是美国应用数学权威 W. F. Lucas 教授主编的四卷本应用数学丛书的第二卷。本卷从现实社会的政治现象出发,全面介绍了政治科学中的社会选择、投票体制、委员会决策、联盟行为、公平分配和团体势力等常用的定量模型,并用其结果深刻分析了美国、加拿大等国的总统选举、修改宪法和党派势力等政治现象的实质,指出了西方社会民主口号下的一些不民主事实。全卷各章自成体系,具有高中以上数学知识和政治科学常识的读者可自由选读各自感兴趣的章节。

本书的许多章节是为文科学生所写的。对于爱好数学的读者,通读全卷不仅可以学到许多应用数学的方法和技巧,还能站到对一系列实际问题理论研究的前沿;政治科学工作者能从本卷里寻找到许多现象的“所以然”。本书也是社会学工作者和行政人员不可多得的读物和工具书。

版 权 声 明

Originally published in English under the title: “Modules in Applied Mathematics. Vol. 2; Political and Related Models”, edited by Lucas, W. F. Copyright©1983 Springer-Verlag New York, Inc. All rights Reserved.

本书英文版名为《Modules in Applied Mathematics. Vol. 2; Political and Related Models》,由 Lucas, W. F. 编著。本书中文版由 Springer-Verlag 授权出版。未经出版者书面许可,本书的任何部分不得以任何形式或任何手段复制或传播。

译者序

近半个世纪以来，数学的形象有了很大的变化。数学已不再单纯是数学家和少数物理学家、天文学家、力学家等人手中的神秘武器，它越来越深入地应用到各行各业之中了。几乎在人类社会生活的每个角落它都在展示无穷威力；这一点尤其表现在生物、政治、经济、军事等数学应用的非传统领域。

与这种发展相比，目前我国高等教育中如何运用数学工具解决实际问题就显得过于薄弱，同时也缺乏合适的教材，以至不少数学工作者缺乏从实际问题中提炼数学模型的能力。同时各行各业中的不少实际工作者也缺乏运用数学工具以建立模型处理问题的能力。这与我国社会、政治、经济发展的要求极不相适应。

卢卡斯教授主编的这一套应用数学模型丛书从各种实际问题出发，提炼一系列数学模型，并给出了求解方法。从应用范围看，包括自然科学、工程技术、医学、生物、生态、环境、政治、经济、军事、文化、体育、交通等人类社会生活的许多领域；从方法论看，其启发性很强；从数学内容看，要求适中，具有普通理工科大学数学基础的学生和实际工作者都能看懂。

我们翻译这套书的目的就是希望通过这套书的出版有利于培养各专业大学生建立数学模型的能力，有利于促进数学工作者与实际工作者的相互理解与沟通，有利于推动数学在我国现代化建设各个领域中的应用。

我们十分感谢卢卡斯教授为翻译出版这套丛书提供的方便和帮助，并为中文版作序。刘德铭教授负责与卢卡斯教授的联系。沙基昌教授主持全套四卷丛书的翻译工作，并负责对译文进行审校。

第一卷第一至第十四章由周宇虹翻译，第十五至第二十三章

由朱煜民翻译。

第二卷第一至第八章由王国秋翻译，第九至第十四章由刘德铭翻译。

第三卷第一与第二章由余滨翻译，第三与第四章由沙基昌翻译，第五与第六章由何袁平翻译，第七与第八章由孟实华翻译，第九、第十一与第十二章由成礼智翻译，第十、第十三与第十四章由王炎生翻译。

第四卷第一至第三章由翟晓燕翻译，第四与第五章由许若宁翻译，第六至第十三章由黄振高翻译。

对于其他为本书出版作过有益工作的许多人士无法在此一一列举。谨向为本书翻译出版付出辛勤劳动的各位人士致以诚挚的感谢！

鉴于译校者水平所限，译文中错误不妥之处在所难免，敬请各位读者指正。

沙 基 昌

1988年5月1日

于长沙

中文版序

编辑这套四卷本丛书的目的是为了提供一大批令人信服的例子来说明解决当今世界各种实际问题时数学的巨大威力，同时也是为了纠正数学教学中普遍存在的两种极端倾向。

第一，我们已习惯于将数学作为古已有之的经典教条来教学，尚不是象物理学或生物学那样作为活生生的发展着的学科。学生们倾向于将数学视为历史悠久而值得尊重的学科，必须用练习和机械的方式来学习，并且数学也确实是理解许多其它现代科学的重要预备知识。普遍推迟体会学习数学对于个人和社会的价值是完全不必要的。

第二个极端是近几十年来对纯粹数学的过分强调，而在数学教学中坚持理论与应用相结合将会更恰当些。我们常以过分简单的“二元论”方式看待事物，把数学或者数学家分为纯粹的和应用的，连续的或离散的，或者研究人员和教师。有些人观察事物忽略了在这些极端之间的中间情况。伟大的英国分析学家 G. H. Hardy 在《一个数学家的自白》(*A Mathematician's Apology*, Cambridge University Press, 1940)中认为，纯粹数学是更为自我满足和依靠内在动力的学科。

相反地，美国著名的拓扑学家 Raymond L. Wilder 在《数学概念的演变》(*Evolution of Mathematical Concepts*, Halstead Press, John Wiley and Sons, 1918)中论述了数学的发展与同时期大社会之间的许多密切的内在联系。事实上，许多数学内容都是因社会需要而产生的，同时，如果没有数学，现代技术世界中的绝大部分也是不可能存在的。但在 60 年代，包括美国在内的西方世界都是纯粹数学的观点支配了数学教育。有意义的纯粹学科，如

逻辑、近世代数等都有了超越过去世纪的巨大发展，并且完全变成了这个时期的“新数学”。而其它二十来种有意义的、重要的、但不太抽象的数学分支则被忽略了。

70年代美国产生了一个相反的运动。曾经有一个在大学水平的课程中安排讲授较为现代的课题以及当代应用的计划。许多人都感到用较为平衡的观点来看待纯粹数学与应用数学、古典数学和现代数学更好些。这既不需要在美妙与有用之间，也不需要在新与老之间发生任何冲突。这四卷书就是这种尝试的一个结果。它们是来自美国数学协会指导下的两个计划的成果，并且得到美国国家科学基金的资助。具有类似目标的其他计划和书籍亦已问世，而且有几所大学已经着手引进关于“数学构模”的独立的新课程，以便强调这一数学中的重要组成部分。不少人会认为关于建模（或关于数学的历史与文化）的单独的课程并非最适当，如果能在整个课程安排中使数学的所有这些风采各异的不同方面成为一个整体将是最理想的。无论如何，插入这样的新的建模课程对于在整个课程中恢复纯粹数学与应用数学之间的平衡是必要的（也许仅仅是暂时的）措施。

本套丛书中选用的63篇文章的作者们高兴地听到了他们的著作即将在中国出版。我们衷心希望读到这本书的学生和教师会发现他们既有趣又有用。

W.F. 卢卡斯

1987年10月1日

原 序

这套四卷本丛书的编写目的是为大学师生提供一批能用于本科教学的、关于数学实际应用的重要例子。我们希望通过这些例子。我们能够说明现代数学是如何被实际应用于解决当代有关问题的。虽然这些章节是为公共数学教师而写的，但是，它们对于许多应用领域的学生、教师和科学工作者也将是有益的。每章都提供了所需的预备知识以及对教师的提示。许多章节在不同的班级实验过，所有章节亦都经过广泛的审查和修改。多数章节还有例题和练习。有些单元可在1学小时内完成，而另一些单元则需要几周才能讲完。

第一卷的23章与微分方程有关，而其中最后四章涉及偏微分方程问题。其应用问题来自医学、生物、交通系统和其它一些领域。第二卷的14章主要研究政治科学中的问题，同时也涉及到社会学与生态学方面的问题。包括选举系统、带权选举、比例代表制、联盟值和委员会问题。第三卷14章的重点是离散数学模型，例如图论、组合论和网络理论中的问题。这些技术可用于研究经济、交通理论、运筹学、决策理论以及其它领域。第四卷的12章讨论生命科学中的数学模型。其中包括群体增长和行为、生物医学（流行病学、遗传学与生物工程）以及生态学等方面的问题。

这套丛书是美国数学协会(MAA)两个教育计划实施的结果，它们还部分地受到国家科学基金(NSF)的资助。这两个计划的目的是编写本科教育的教材。第一个计划由MAA的本科数学大纲委员会(CUPM)负责，对本科高年级学生应用数学教学所需的素材和事例进行研究。它得到NSF自1972年9月1日到1977年5月31日的资助(SED72—07370)。这个计划在Donal Bushaw的指

导下完成了。在此期间, Bushaw 和 W. F. 卢卡斯担任 CUPM 的主席, 而 George Pedtrick 是 CUPM 的执行负责人。该计划的成果是 1976 年末发表的由 Maynard Thompson 编辑的报告, 题为“应用数学中的事例研究”。其中包括 11 位作者编写的 9 章以及绪论与该材料课堂试用的报告。

第二个计划由 MAA 的学会和专题研究委员会(CIW)发起, 这就是 1967 年康奈尔(Cornell)大学举行的为期四周的夏季“应用数学模型”专题研究。1975 年 5 月 1 日至 1978 年 9 月 30 日它得到 NSF 的 SED75—00713 资助以及 SED77—07482 的一小部分补充资助。在专题研究小组工作期间, W. F. 卢卡斯担任 CIW 的主席和这个计划的负责人。这项活动的成果是产生了由 37 位作者编写的 60 个用于教学的模型。

这套丛书共有 63 章, 其中包括“应用数学中的事例研究”的 11 章中的 9 章和应用数学模型专题研究小组 60 个模型中的 52 个——这些都已作了必要的修订, 以及后添的二章(第二卷第七章和第十四章)。Steven Brams 所写的与 1976 年 MAA 的专题研究小组有关的第二卷第三章的最初版本标题为“一个人, n 张选票”, 而这里提供的扩充了的版本与美国政治科学协会(APSA)的教材革新计划有关, 该计划由 Sheilah K. Mann 负责, 部分地由 NSF 的 SED77—18486 资助。该单元标题为“比较选举制”, 原来是作为单行本发表的, 供教师和学生课堂上试用。这一章的版本属于 APSA, 1978, 此处是经允许后采用的。

由 Edwin Beckenbaeh, Leonard Gillman, W. F. Lucas, David Roselle 和 Alfred Willcox 组成的 MAA 的一个专门委员会负责管理出版工作以及某些需要得到 NSF 标准的以这种形式出版的更广泛的尝试。必须提到 Willcox 博士自始至终所作的重要贡献。George Springer 也作了关键性的努力。然而必须强调指出, 本书中任何意见和建议都属于各位作者本人, 而与 NSA、MAA 编者

或者这个计划的任何参与者的观点没有必然联系。

许多人以各种方式为这四卷书的出版作出了他们的努力。在此无法一一提及。然而，除了作者、编者以及上面提到的名字以外，还有两个人为这几卷书的出版作出了特殊贡献，应该得到真正的荣誉。Katherine B. Magann 在 CUPM 办公室关闭前几年一直在 CUPM 工作，完成了报告——“应用数学中的事例研究”。Carolyn D. Lucas 协助管理 1976 年 MAA 的专题研究小组，负责 60 个模型的完成以及担任这四卷书的责任编辑。没有她坚持不懈的努力，或许就不能有这一庞大计划的最后完成。

W. F. 卢卡斯

1982 年 7 月

第二卷的序

最近几十年，数学发展的一个主要方面是将数学方法渗透于许多其它学科和许多其它新领域。社会科学是这种发展趋势的一个主要推动者。诸如经济学之类的学科早已高度数学化了。政治科学领域里数学模型应用的发展相对说来较缓慢，但也早有了许多有趣和有用的结果；这个领域的成熟有待于数学的进一步高度发展。社会选择、投票体制委员会决策、联盟行为、公平分配和策略的相互作用这样一些课题已形成了数学的一个主要分支。从分析的角度来看，这些课题是非常有趣的。本卷含有投票规则、委员会决策的制定、联盟的值与公平分配、加权投票系统和分配问题等章节。除了这些政治科学题材外，还有几章涉及到环境、生态和社会科学问题。

Thompson 的第 1 章广泛讨论了数学应用的一般过程和数学建模的分类。Thrall 和 Perry 合写的第 6 章与 Maceli 的第 8 章给社会科学家就他们所需的研究工具作了一个典型的介绍。前者以社会、决策及运筹学所具的风格对向量和矩阵作了一个基本的介绍。这与纯粹数学或物理学中用更一般的术语和概念所作的（向量与矩阵的）表述形成了对比。Maceli 的第 8 章用随机回答技术解决了如何从可能不愿诚实地回答敏感问题的个人那里采集真实数据这一难题。

第 2 和 3 章分析了一些特定的选举制度。Bolger 主要讨论了支撑比例代表制的几种投票规则，而 Brams 对不同的不用排序的选举规则作了比较，对所谓“赞成选举”程式作了强调，说明了这种选举方式很适合诸如总统初选之类的多候选人竞选。Rice 的

第 12 章为委员会决策建立了一些重要的模型。

Lucas 与 Billera 的第 4 章与 Heaney 的第 5 章讨论了(个人或机构的)联盟、相应的联盟的值及参与者集团的消费(或获益)的公平分摊(或分享)。这两章(及第 2 和 3 章)尤其适合于初级水平的自由建模讨论。第 4 章对多人合作对策的性质作了一个简单的介绍,学习本章只需具有高中的数学知识。第 5 章谈及了一个环境问题及城市间的合作问题。

第 9、10 和 11 章对加权投票系统中的势力度量作了十分详细的介绍。势力是政治科学中的一个基本概念,加权投票系统的势力指标多少能确定势力的一种合理的度量,从而这些指标能为实际所用。Lucas 与 Straffin 所写的章节主要覆盖了著名的 Shapley-Shubik 指标以及 Banzhaf-Coleman 指标,而 Deegan 与 Packel 所写的章节提出了另外一种势力度量。这些势力指标已应用于许多实际的投票系统。有些法院接受了这些势力指标。例如,纽约州有一半左右的县政府在过去的十五年内使用了加权投票系统。源于加权投票情形的简单对策理论已具有了相当基本的数学结构,这种结构也常出现在其它纯粹和应用数学的文献里。

本卷最后一章提出的分配问题讨论了离散量的合理分配。这个问题源于立法委员会(如美国众议院)将代表数分配给每个地区。当然,这个问题也来源于许多其它的离散领域,如统计、数值分析、最优分配问题和公平分配理论。最近由 M. L. Balinski 和 H. P. Young 所提出的公理化方法提供了有关建模(尤其是社会科学和决策科学中的建模)的基本公理的规则的一个极好的例子。

Cobb 的第 13 章介绍了一些随机差分方程的基本概念,并就社会学给了一些有趣的解释。Hayslett 的第 7 章荟萃了生态和环境方面的材料。这些材料适合于课堂讲授和自学。这两章和本卷的其它大部分章节都含有许多例题、练习和研究课题,这些内容

对现行的数学建模课程极为合适。

Steven J. Brams

William F. Lucas

Philip D. Straffin, Jr.

1982年7月

目 录

第 1 章 应用数学的过程	(1)
1. 引言	(1)
2. 数学应用的过程	(2)
3. 数学模型的构造和应用	(6)
4. 行星的运动：模型的演化	(10)
5. 一个心理学实例	(13)
6. 结语与注记	(16)
参考文献	(17)
第 2 章 比例代表制	(22)
1. 引言	(22)
2. 累积选举法	(24)
3. 一次性转移选票法	(26)
4. 有剩余转移的累积选举	(29)
5. 有剩余转移的累积选举与得票较少的候选人当选资格的取消 ...	(33)
6. 累积选举的一个例子	(35)
7. STV 与 CTV 的比较	(36)
参考文献	(36)
教师参考	(37)
第 3 章 选举法的比较	(38)
1. 预演：不同的对策规则能导致不同的结果吗?	(38)
2. 引言	(41)
3. 两人竞选中的负票	(44)
4. 不加决定性竞选的三人竞选中的负票	(46)
5. 追加决定性竞选的允许负票的三人竞选	(49)
6. 赞成选举的优点	(52)
7. 赞成选举的一般结论	(55)

8. 民意测验可能导致混乱的结果	(61)
9. 赞成选举制与总统选举	(66)
10. 摘要和结论	(73)
习题选解	(75)
参考文献	(77)
教师参考	(78)
第4章 联盟的值模型	(80)
1. 引言	(80)
2. 基本概念	(82)
3. 一些试验	(88)
4. 一些污染模型	(94)
5. 公平的用户收费	(99)
6. 经济市场	(103)
7. 商业对策	(107)
参考文献	(112)
教师参考	(115)
第5章 城市污水管理规划	(116)
1. 引言	(116)
2. 问题的描述和方案	(117)
3. 环境工程计划	(118)
4. 经济分析	(118)
5. 财政分析	(120)
6. 影响环境的报告——生态问题	(123)
7. 公众参与	(123)
8. 政治科学	(125)
9. 尾声	(127)
教师参考	(127)
第6章 日常的矩阵运算	(129)
引言	(129)
1. 向量和矩阵的引出	(130)

2. 向量的加法、减法与它和数量的乘积·····	(134)
3. 向量的内积·····	(137)
4. 矩阵和向量的乘法·····	(140)
5. 矩阵的加法、减法和乘法·····	(142)
6. 矩阵运算的性质和特殊的矩阵·····	(149)
7. 矩阵和利润·····	(154)
练习·····	(156)
参考文献·····	(160)
教师参考·····	(160)
第7章 生态和环境学科中适于课堂教学的	
数学应用选材 ·····	(161)
1. 引言·····	(161)
2. 概率论·····	(163)
3. 矩阵和线性代数·····	(170)
4. 微积分·····	(176)
5. 微分方程·····	(180)
6. 对策论·····	(184)
7. 图论·····	(188)
8. 最优控制理论·····	(189)
9. 其它·····	(190)
参考文献·····	(192)
第8章 怎样调查敏感问题而不至于碰壁 ·····	(205)
1. 引言·····	(205)
2. 定义·····	(206)
3. 随机回答法·····	(207)
4. 不相关问题模型·····	(210)
5. 随机回答法和不相关问题模型的使用·····	(213)
6. 课堂上的建议·····	(214)
7. 补充与问题·····	(215)
附录：随机回答调查·····	(217)