

现代对策(博弈)论 与工程决策方法

Modern Game Theory and Technical Decision Methods

(《对策论与决策方法》增改版)

张盛开 张亚东 著

FE 东北财经大学出版社
Donghai University of Finance & Economics Press

国家自然科学基金资助项目

现代对策（博弈）论与工程决策方法

Modern Game Theory and Technical Decision Methods

（《对策论与决策方法》增改版）

张盛开 张亚东 著

FE 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

大 连

© 张盛开 张亚东 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

现代对策 (博弈) 论与工程决策方法 / 张盛开, 张亚东
著. — 大连: 东北财经大学出版社, 2005. 3

ISBN 7-81084-593-4

I. 现… II. ①张… ②张… III. ①对策论 ②决策论
IV. 0225

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 016855 号

东北财经大学出版社出版

(大连市黑石礁尖山街 217 号 邮政编码 116025)

总编室: (0411) 84710523

营销部: (0411) 84710711

网 址: <http://www.dufep.cn>

读者信箱: dufep@vip.sina.com

大连海事大学印刷厂印刷 东北财经大学出版社发行

幅面尺寸: 148mm × 210mm 字数: 505 千字 印张: 17 3/4 插页: 2

印数: 1—3 000 册

2005 年 3 月第 1 版

2005 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 田世忠 孙 平

责任校对: 孙 禾

封面设计: 张智波

版式设计: 孙 萍

定价: 38.00 元

作者简介

张盛开，大连轻工业学院教授。1962 年研究生毕业后，一直从事数学教学与科研工作，主要研究方向为对策论、不变测度理论、排序问题与交通问题等。先后招博士生 5 期，硕士生 9 期。在国内外重要刊物上发表论文 110 余篇，出版专著七部、会议论文集（英文版）两部，21 次出国讲学和参加国际会议，访问过加、美、阿（根廷）、澳、日、匈、比、希、意、德、新、马、英及中国香港和台湾等国家和地区，是两届国际学术会议 ICIS（1992，1995）主席。1987 年在加拿大被选为“世界交通运筹信息统一组织”副主席，升中国国旗。1987 年首次提出了城市交通“单向环流”理论，1988 年提出“随机结盟对策的 ZS 一值”——被国际上划为对策论 45 个分支之一。

张亚东，1993 年毕业于大连轻工业学院运筹研究所，获硕士学位。1998 年毕业于厦门大学经济研究所，获经济学博士学位。曾任大连大汽企业集团副总经理、总经理，大连高新技术产业园区管委会主任助理、副主任，普兰店市市长，（国家级）大连开发区管委会第一副主任、副书记等职。几年来，对运筹学的研究颇有造诣，先后在国内外刊物上发表学术论文 30 余篇，出版专著两部，参与国家自然科学基金项目两项。1993 年在意大利 Bergamo 大学进行学术研究，四次参加国际学术会议，访问过美、日、意、德、法、澳等国。

大连市学术专著资助出版评审委员会

名誉主任:楼南泉

主 任:钟万勰

副 主 任:邱 东 吴兆麟 刘国恒

委 员:赵国藩 丁德文 沈闻孙

何鸿斌 孔宪京 赵亚平

汪榕培 杨德新 金 涛

肖正扬 赵宝昌 司玉琢

夏德仁 李寿山 王子臣

王逢寿 武春友 于 立

张 晶

增改版前言

《对策论与决策方法》出版后，得到了广大读者的鼓励，许多专家与读者提出很多有意义的意见和建议。根据相关方面的意见与建议，增改版适当增加了相关内容。第2章增加了对设备更新问题的一般性理论推导；第5章增加了对齐王赛马问题各种情况的讨论；在连续对策部分增加了连续对策上的计策理论，即第9章；在集对策的研究中，增加了两节新内容，即第14章写入的集对策的广义情况研究。

增改版补充内容很多工作是由张凤荣、王艳、姜殿玉、孙康完成的，再次对他们的贡献和劳动表示感谢，还要感谢王众托（院士）教授、武春友教授、邱东教授等对本书再版的关心。作者也要感谢大连轻工业学院林茂全书记、余加祐院长对本书出版的支持，并对国内外同行的意见表示感谢。

张盛开 张亚东
2004年12月

第一版前言

预测、决策、对策是现代经济管理与科学管理的基础方法和理论，同其他学科一样，对现代科学技术的发展起着重要的作用。当今世界各国新技术的成长与发展，都必须考虑到其在社会实践中的地位与作用。要使它更好地适应社会发展的需要，就应当对实践问题进行科学的预测，做出有科学根据的决策，保证在发展过程中取得最大效益应采取的各种对策。因此本书侧重决策与对策方面的论述。

对策论在中国是 1960 年始被人重视，真正在中国进入研究阶段也是在这个时期之后。它的理论是 1944 年由 J. Von Neumann 和 O. Morgenstern 写的 *Theory of Games and Economic Behavior* 之后形成体系，与决策理论的发展几乎是平行而进。1949 年 A. Wald 的长篇论文 *Statistical Decision Functions* 发表之后，1950 年又出版了他的专著《统计决策函数》(*Statistical Decision Functions*)，从而把对策论与决策理论的研究提高到一个新高度。对策论与决策理论在欧美国家都与经济发展紧密相联，20 世纪三四十年代，由于欧洲经济的飞速发展，加之第二次世界大战的催促，使运筹学 (Operational Research) 发展更快。在此期间，为使战争前方的兵力布署合理，使后方的生产与经济发展更加迅

速, 资金利用更加节省, 进而推动着科学技术新成果接连出现。对策论与决策理论就是受到这种世界性形势的促进发展起来的, 并且很快在许多领域得到应用。第二次世界大战之后, 一些发达国家始终没有间断其研究, 进入 20 世纪 70 年代之后, 美国、意大利等国将对策论及决策理论与经济发展的研究结合得更紧密, 美国的对策论专家 J. Nash 等人, 因应用对策论预测经济发展获得了诺贝尔奖, 可见对策论在国外的发展情况。对经济学的深刻分析离开应用数学工具是不可能的, 经济学要在社会实践中得到应用, 离开对策论思想的指导也几乎是不可能的。世界第一台电子计算机就是对策论的奠基人 J. Von Neumann 设计的, 与此同时他曾设想应用计算机解决对策论中的巨大计算问题, 以解决经济学中的一些问题。当然, 对策论对经济学的规律分析不像纯经济学的分析, 它强调的是定量问题, 强调在不好中取得好效果。它的思想是不采用任何冒险行为, 在可能及最大可能的情况下争取最大效益, 以稳妥的心理状态去研究经济规律, 这就是人们常说的最小最大问题。

在写法上, 本书每一部分都有相当数量的例题, 很多内容是通过例题讲述一般方法, 这是为了照顾那些需要管理科学方法的工程技术工作者的要求, 使他们通过学习掌握方法, 并能用到实际工作中去, 收到好的效益。本书另一个特点是, 每一部分开始的理论都是一些基础性的, 这是为了方便那些需要学习这些内容的本科生、硕士生、博士生, 使他们学到的这些内容具有一个较好的理论体系。另外, 本书介绍了一些近代理论, 这是为了那些青年科学家通过学习很快接触科学研究的前沿, 使他们很快做出好的成果来。书中很多章节是独立体系, 阅读时可根据需要挑选。

本书部分内容除了选取作者《现代对策论方法》、《对策论及其应用》与《管理数学方法》等书部分内容外, 还有很多是作者与叶田祥、赵景柱、宫兴隆、乔彦臣、苏日红、闫慧臻、于华、刘文龙等同志合作的内容, 在此对他们表示谢意。另外还有一些材料是作者在加拿大 U. B. C 大学、意大利 Bergamo 大学、匈牙利科技大学、Loraud 大学、日本德山大学、新加坡国家大学、美国宾州大学, 以及中国台湾交通大学与中国台湾清华大学等的讲稿。

作者感谢国内外的一些友人曾为本书的取材给予了很大帮助，他们是意大利的 G. Gambarelli 教授、美国的 M. Mintz 教授、匈牙利的 S. Tamas 教授、加拿大的 I. Haver 教授、日本的奥野志伟教授，国内的刘德铭教授、张嗣瀛（院士）教授、王众托（院士）教授、江嘉禾教授、夏尊铨教授、王启义教授、刘振宏教授和韩继业教授。另外，钟万勰（院士）教授、林励吾（院士）教授、丁德文（院士）教授对本书部分内容给予了较高评价（《现代对策论方法》一书评奖的评语）。作者感谢张亚松为本书的取材整理付出的巨大心血。作者还应当感谢国家自然科学基金委、大连市科委、大连市著作出版委等的资助。最后，感谢大连轻工学院领导对我们工作的大力支持，它也是本书成形的重要条件。作者还要特别感谢出版社的有关同志，他们高度认真负责的精神、友好的态度，也是本书较快出版的重要条件。

由于作者水平所限，书中难免有不妥之处，甚至是错处，希读者批评指正，作者不胜感谢。

张盛开 张亚东
2000 年 4 月 26 日

目 录

第 1 章 预测方法	1
§1 引 言	1
§2 回归分析预测方法	2
§3 计量经济学预测方法	8
§4 移动平均数预测方法	14
§5 指数平滑预测方法	15
§6 马尔柯夫预测方法	19
§7 其他预测方法	21
第 2 章 简单决策方法	24
§1 引 言	24
§2 简单决策类型	25
§3 风险情况的决策	26
§4 用决策树选取最优策略	29
§5 乐观与悲观准则	35
§6 理智乐观准则	37

§ 7 决策问题的可靠性分析·····	41
§ 8 设备更新问题·····	43
第 3 章 排序方法 ·····	52
§ 1 单机服务的排序方法·····	52
§ 2 以损失为指标的排序方法·····	54
§ 3 多机服务的排序方法·····	58
第 4 章 存贮方法 ·····	67
§ 1 连续存贮模型·····	67
§ 2 随机离散存贮模型·····	75
§ 3 设备数量的最优配置·····	79
第 5 章 矩阵对策的一般情形 ·····	86
§ 1 基本概念·····	86
§ 2 矩阵对策的数学模型·····	89
§ 3 混合扩充·····	96
§ 4 举 例 ·····	104
§ 5 齐王赛马对策的解 ·····	110
第 6 章 矩阵对策的解的性质 ·····	115
§ 1 解存在的等价条件 ·····	115
§ 2 求解方法 ·····	118
§ 3 最优策略的结构 ·····	131
§ 4 对策求解的线性规划法 ·····	136
§ 5 最优策略集性质 ·····	146
§ 6 举 例 ·····	152
第 7 章 连续对策的基础理论 ·····	158
§ 1 连续对策的一般定义及基本定理 ·····	158
§ 2 连续对策的若干定理 ·····	168
§ 3 举 例 ·····	173
§ 4 补 充 ·····	180
第 8 章 拓扑空间上对策的完全确定性 ·····	183
§ 1 策略的极大极小问题 ·····	183

§ 2	完全确定对策	187
§ 3	可分与离散概率空间	195
§ 4	对偶对策	204
§ 5	可离对策的性质	208
§ 6	可降低空间维数的可离对策	215
§ 7	凸赢得函数对策的解	218
第 9 章	连续对策上的计策理论	224
§ 1	判断块	224
§ 2	判断下的最优策略集	230
§ 3	对策解与判断间的关系	235
§ 4	$D[0, 1]$ 的扩张闭凸集的紧策略集的相对 最优紧凸子集	239
§ 5	计策的几个预备概念	244
§ 6	连续对策判断的准确性	249
§ 7	中计概率与识破计策的概率	251
第 10 章	定时对策	254
§ 1	定时对策的一般定义	254
§ 2	关于最优策略的一般条件	256
§ 3	关于 $f(x)$ 的积分方程	260
§ 4	具有正核的积分方程	262
§ 5	关于积分限的相关性	267
§ 6	最优策略	272
§ 7	简化线性微分方程	277
第 11 章	多人对策的一般理论	279
§ 1	无协作形式的多人对策	279
§ 2	合作形式的多人对策	290
§ 3	稳定集	296
§ 4	无稳定集的对策	305
§ 5	可列人对策	309
§ 6	Shapley 值与 Banzhaf-Coleman 势指标与线性扩充的	

	性质	315
§ 7	关于合成对策与反馈函数的性质	334
第 12 章	随机结盟对策	344
§ 1	引 言	344
§ 2	随机结盟对策的值	347
§ 3	举 例	358
§ 4	ZS - 值与 Shapley 值及 Banzhaf-Coleman 值的比较	360
§ 5	随机结盟对策的凸线性扩充	360
§ 6	标准化对策	365
第 13 章	势力指标的应用	376
§ 1	引 言	376
§ 2	Banzhaf-Coleman 的势力指标应用	378
§ 3	B-C 指标的进一步讨论	380
§ 4	D-P 指标	382
第 14 章	特殊对策结构	389
§ 1	凸线性合成对策	389
§ 2	网上平衡对策与流向对策值的存在性	395
§ 3	布局的合理性	401
§ 4	单调集对策及合成对策的边缘值	407
§ 5	关于多个广义集对策的合成对策	413
§ 6	关于限制结盟单调集对策的边缘值	419
第 15 章	排列对策与凸集	427
§ 1	矩阵的运算	427
§ 2	矩阵相关性质	430
§ 3	排列对策的核的存在性	441
§ 4	凸集的性质	453
§ 5	凸锥与极锥	456
§ 6	函数的凸性	460
§ 7	凸函数的微分	462

第 16 章	有限制对策的 Banzhaf 值	472
§ 1	引 言	472
§ 2	有限制对策	472
§ 3	有限制对策的 Banzhaf 值的公理化	475
§ 4	有限制对策的多重线性扩充	479
§ 5	举 例	480
第 17 章	不变测度的性质	483
§ 1	引 论	483
§ 2	保测性变换下测度的等价关系	486
§ 3	等价测度的相互等价条件	490
§ 4	应用问题	496
第 18 章	关于 Markov 过程不变测度的性质	499
§ 1	基本概念	499
§ 2	测度表示的等价条件	503
§ 3	不变测度等价性的证明	507
§ 4	举 例	524
§ 5	补 充	530
参考文献		540

第 1 章 预测方法

§ 1 引 言

一个好的管理者,必须能及时地做出好的决策,而决策是以预测为依据的,只有预测得准确无误,才能够及时地做出正确的决策。

所谓预测,就是根据现已占有的资料估计未来。科学的预测方法是运用科学知识和手段根据已知推测未知。

现代经济活动在量及质的方面时刻都受到新的科学技术的影响。目前,科学技术日新月异地发展,新的科学技术从出现到应用所需要的时间越来越短。这样,预测的地位就显得越来越重要,也越来越为众多的人们所了解和重视。可以毫不夸张地说,从事任何一项现代经济活动,离开科学的预测都是无法获得成功的。

由于预测应用具有广泛性、复杂性和多样性等特点,当前有关预测的研究开展得又很活跃,所以预测方法种类繁多、不胜枚举。但常用的预测方法只有十几种,其余的预测方法都是由这十几种预测方法演变而来的。

如果按时间分类,那么预测可以分为短期预测、中期预测和长期预测。所谓短期预测,一般是指 1 年或 1 年以内的预测,而中期预测和长期预测是指 3 年到 5 年,甚至 10 年到 20 年以上的预测。但是,短期预测、中期预测和长期预测的划分并无固定标准。

如果按预测对象来分,预测方法可分为市场预测、技术预测、社会预测和军事预测等。

如果按数学观点来分,预测方法可分为数学预测方法和非数学预测

方法。本书介绍的是数学预测方法。数学预测方法可分为内部和外部两类。内部预测方法是把过去和现在的发展规律继续到将来,如移动平均数法和指数平滑法等属于内部预测方法;而外部预测方法则是针对被预测现象的发展规律,如计量经济学预测方法和回归分析预测方法等属于外部预测方法。

§ 2 回归分析预测方法

回归分析是一种处理变量之间相互关系的一种数理统计方法。这种方法用途很广,历史也比较长,但用于预测的时间还是比较短的。回归分析主要解决以下两个方面的问题:

(1°)确定几个特定的变量之间是否存在相互关系,如果存在的话,找出它们之间合适的数学表达式;

(2°)根据一个或几个变量的值,预测另一个变量的取值,并且求出预测所能达到的精确度。

回归分析预测的种类主要有一元线性回归预测、多元线性回归预测和非线性回归预测。

2.1 一元线性回归预测

如果只有一个变量影响被预测对象,且该变量与被预测对象成线性关系,那么可以用一元线性回归分析法来进行预测,这种预测方法称为一元线性回归预测方法。

一元线性回归预测的基本公式为

$$\hat{y} = a + bx \quad (1)$$

其中, $\hat{y}$ 为预测值, a 和 b 为回归系数, x 为变量。

(1)式还可以写成如下形式:

$$y = a + bx + u \quad (2)$$

其中, y 为实际值, u 为预测误差值(简称为误差)。

显然,预测方程(1)的精度越高,误差 u 将越小。

一元线性回归预测问题的一般提法是:如何根据已有的 n 组观测值 $(x_i, y_i) (i=1, 2, \dots, n)$ 确定回归系数 a 和 b ,使误差的平方和

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (3)$$

达到最小。

由数学分析中的极值原理知,要使 S 达到极小,只需(3)式中分别对 a, b 求偏导,令它们等于零。于是 a, b 满足

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)x_i = 0 \quad (5)$$

由(4)得

$$na = \sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i$$

所以

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (6)$$

其中

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (7)$$

$\bar{x}, \bar{y}$ 分别为 $x_i, y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的平均值。由(5)得

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0$$

将(6)和(7)代入上式,经整理可得回归系数 b 的计算公式

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (8)$$

由于(6)和(8)中的所有量都可以从观测数据中得出,所以回归预测方程(1)就可确定。

前面已经指出,一元线性回归预测方程(1)只对具有线性关系的两个变量成立,而两个变量之间的线性相关程度是用相关系数