

国家自然科学基金资助项目

GAME THEORY
and
METHODS OF DECISION

对策论与决策方法

张盛开 张亚东 著



东北财经大学出版社

国家自然科学基金资助项目

对策论与决策方法

GAME THEORY
and
METHODS OF DECISION

张盛开 张亚东 著



东北财经大学出版社

业
所
业
、
大
、
业
职
长
究
、
刊
、
二
193
、
进
际
、

图书在版编目 (CIP) 数据

对策论与决策方法/张盛开, 张亚东著. —大连: 东北财经大学出版社, 2000.12

国家自然科学基金资助项目

ISBN 7-81044-768-8

I. 对… II. ①张… ②张… III. 对策论 IV. O225

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 33628 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)4710523

发行部: (0411)4710525

网址: <http://www.dufep.com.cn>

读者信箱: dufep@mail.dlptt.ln.cn

大连海事大学印刷厂印刷 东北财经大学出版社发行

开本: 850 毫米 × 1168 毫米 1/32 字数: 439 千字 印张: 17 1/2 插页: 2
印数: 1—5 000 册

2000 年 12 月第 1 版

2000 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 田世忠 潘 权 责任校对: 迟 诚
封面设计: 张智波 版式设计: 单振敏

定价: 36.00 元

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

自然科学专家评审组

- 组 长** 钟万勰
(大连理工大学 院士、博士生导师、教授)
- 副组长** 王关林
(辽宁师范大学 博士生导师、教授)
- 成 员** 权伍畅
(大连海事大学 硕士生导师、教授)
- 张玉奎
(中科院大连化学物理研究所
博士生导师、研究员)
- 张鸿庆
(大连理工大学 博士生导师、教授)
- 张耀光
(辽宁师范大学 硕士生导师、教授)

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。当今世界各种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这些内容的大学生、硕士生、博士生开始学习的需要，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、官兴隆、乔彦臣、苏日红、闫慧臻、刘广智、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、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，钟万纆（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	9
§ 4 移动平均数预测方法	14
§ 5 指数平滑预测方法	16
§ 6 马尔柯夫预测方法	20
§ 7 其它预测方法	23
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
第 3 章	排序方法	48
§ 1	单机服务的排序方法	48
§ 2	以损失为指标的排序方法	51
§ 3	多机服务的排序方法	55
第 4 章	存贮方法	65
§ 1	连续存贮模型	66
§ 2	随机离散存贮模型	73
§ 3	设备数量的最优配置	78
第 5 章	矩阵对策的一般情形	85
§ 1	基本概念	85
§ 2	矩阵对策的数学模型	88
§ 3	混合扩充	97
§ 4	举例	105
第 6 章	矩阵对策的解的性质	114
§ 1	解存在的等价条件	114
§ 2	求解方法	117
§ 3	最优策略的结构	132
§ 4	对策求解的线性规划法	138
§ 5	最优策略集性质	148
§ 6	举例	155
第 7 章	连续对策的基础理论	162
§ 1	连续对策的一般定义及基本定理	162
§ 2	连续对策的若干定理	174
§ 3	举例	179
§ 4	补充	187

第 8 章	拓扑空间上对策的完全确定性	190
§ 1	策略的极大极小问题	190
§ 2	完全确定对策	195
§ 3	可分与离散概率空间	204
§ 4	对偶对策	214
§ 5	可离对策的性质	219
§ 6	可降低空间维数的可离对策	227
§ 7	凸赢得函数对策的解	231
第 9 章	定时对策	237
§ 1	定时对策的一般定义	237
§ 2	关于最优策略的一般条件	239
§ 3	关于 $f(x)$ 的积分方程	244
§ 4	具有正核的积分方程	246
§ 5	关于积分限的相关性	251
§ 6	最优策略	257
§ 7	简化线性微分方程	263
第 10 章	多人对策的一般理论	265
§ 1	无协作形式的多人对策	265
§ 2	合作形式的多人对策	278
§ 3	稳定集	285
§ 4	无稳定集的对策	296
§ 5	可列人对策	301
§ 6	Shapley 值与 Banzhaf - Coleman 势指标与线性扩充 的性质	307
§ 7	关于合成对策与反馈函数的性质	329
第 11 章	随机结盟对策	341
§ 1	引言	341
§ 2	随机结盟对策的值	345

§ 3	举例	357
§ 4	ZS-值与 Shapley 值及 Banzhaf - Coleman 值的比较	359
§ 5	随机结盟对策的凸线性扩充	360
§ 6	标准化对策	365
第 12 章	势力指标的应用	377
§ 1	引言	377
§ 2	Banzhaf - Coleman 的势力指标应用	380
§ 3	B - C 指标的进一步讨论	382
§ 4	D - P 指标	385
第 13 章	特殊对策结构	392
§ 1	凸线性合成对策	392
§ 2	网上平衡对策与流向对策值的存在性	398
§ 3	布局的合理性	405
§ 4	单调集对策及合成对策的边缘值	412
第 14 章	排列对策与凸集	421
§ 1	矩阵的运算	421
§ 2	矩阵相关性质	424
§ 3	排列对策的核的存在性	436
§ 4	凸集的性质	450
§ 5	凸锥与极锥	453
§ 6	函数的凸性	457
§ 7	凸函数的微分	460
第 15 章	不变测度的性质	471
§ 1	引论	471
§ 2	保测变换下测度的等价关系	474
§ 3	等价测度的相互等价条件	479
§ 4	应用问题	486

第 16 章 关于 Markov 过程不变测度的性质	489
§ 1 基本概念	489
§ 2 测度表示的等价条件	493
§ 3 不变测度等价性的证明	498
§ 4 举例	517
§ 5 补充	524
推荐有关参考文献	535

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其质的方面时刻都受到新的科学技术影响。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,预测的地位就越来越显得重要,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,以及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,如移动平均数方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

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

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 求微商, 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

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

来衡量的。

显然有

$$0 \leq |r| \leq 1$$

且 $|r|$ 愈小, x 与 y 之间的线性相关程度愈小;反之, $|r|$ 愈大, x 与 y 之间的线性相关程度愈大,必须注意,相关系数只表示 x 与 y 的线性关系的密切程度。当 $|r|$ 很小,甚至等于零时,并不一定表示 x 与 y 之间不存在其它关系,而只是表示 x 与 y 之间的线性关系很弱。

通过(1)式可以得到预测值 \hat{y} ,除此之外,还要知道实际值与预测值 \hat{y} 的差别有多大。同一个 x ,实际的 y 值按一定的分布波动(波动规律在一般情况下都认为正是正态分布),如果能算出波动的标准离差,回归方程的精度即可给出。标准离差由下式给出

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (10)$$

由正态分布的性质知,实际值 y 与预测值 \hat{y} 有如下关系:

实际值 y 落在区间 $[\hat{y} - \sigma, \hat{y} + \sigma]$ 内的概率约为0.68;