

# 多目标决策

● 宣家骥 编著

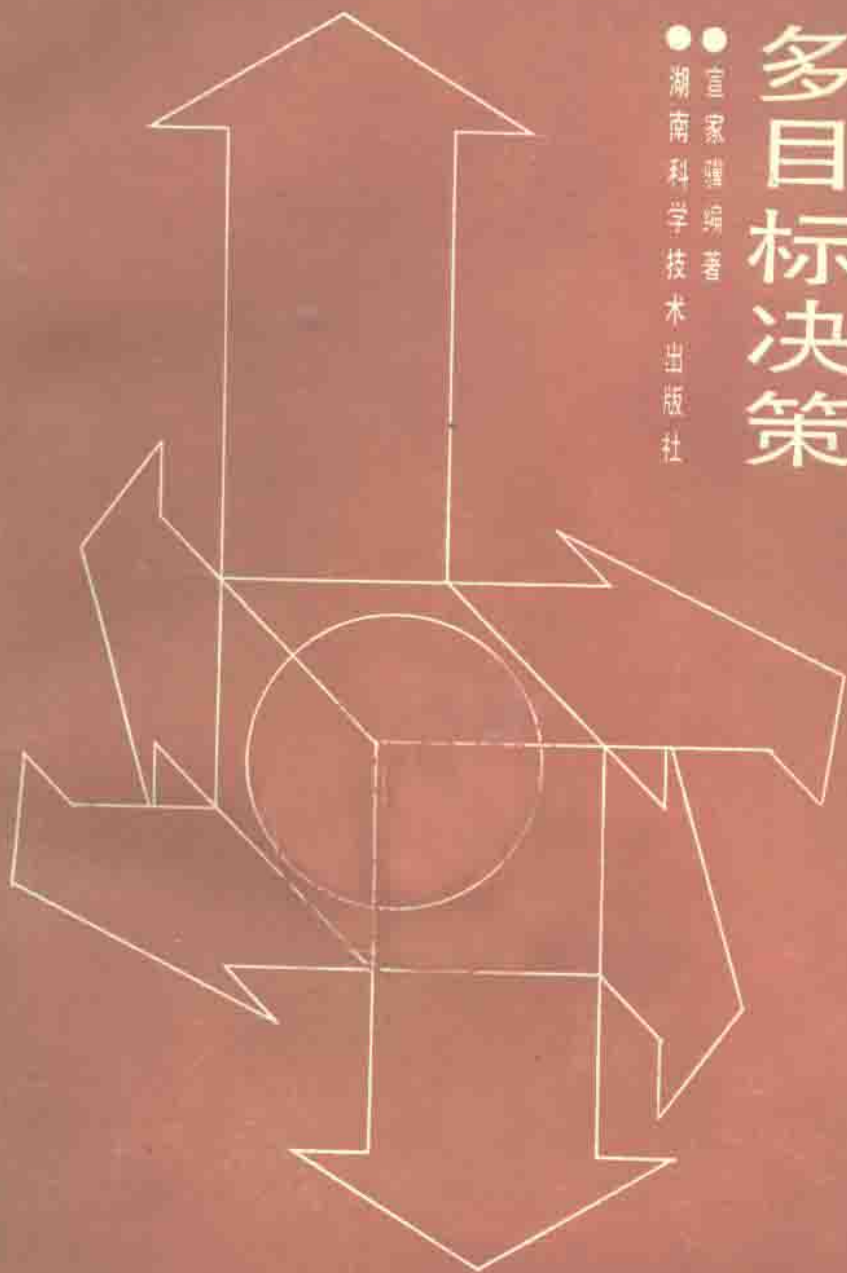
● 湖南科学技术出版社



# 多目标决策

● 田家强 著

● 湖南科学技术出版社



# 多目标决策

董家祺 编著

责任编辑：陈一心

\*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

\*

1989年9月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：15.375 插页：1 字数：400,000

印数：1—1,200

ISBN 7-5357-0569-3

F·63 定价：7.50元

地科89-29

# 前 言

为了加快实现四个现代化，必须实现决策民主化和决策科学化。

当今的世界，生产规模日益扩大，科学技术日新月异，国际经济和政治活动变化多端。传统的经验决策已经远远不能适应社会化大生产的需要。特别是当前全球性新技术革命的兴起，人们迫切地感到，必须严肃认真地对待一个充满竞争、富于挑战和千变万化的未来。正是在这种历史关头，我们中华民族必须抓住机会，迎接挑战，积极参与国际竞争，适应世界发展潮流，迎头赶上世界先进水平。因此，积极推广符合我国国情的现代化管理的科学决策方法，已是当务之急。

多目标决策是最近十几年才迅速发展起来的科学决策方法，是现代化管理科学的重要内容。自从50年代以来，单目标最优化方法（线性规划、非线性规划、动态规划等）的巨大作用，已经得到了世界的公认，它们已经成为现代管理科学的基础。在世界任何一个国家的大学中，最优化方法都是管理类专业大学生和研究生最重要的必修课之一。但是，社会的发展和管理的实践已经证明——实际生活中广泛存在的是多目标决策问题，单目标决策已经无能为力；“最优化原则”是一种理想的原则，而“满意化原则”则是一种现实的原则。因此，最近十几年来，世界各国对于多目标决策高度重视，理论研究不断深入和完善，应用范围日益扩大和广泛，成果层出不穷，发展迅速，引人注目。

多目标决策的研究和应用，我国从70年代中后期才开始。考虑到目前为时，国内尚无一本多目标决策的专著或教科书，为了促进多目标决策的科研和教学，使多目标决策为加速四化建设服

务，所以编写了此书。

本书是在为我校进修教师和研究生讲授《多目标决策》讲义的基础上改写的，通过五年多的教学和科研实践，又增加了许多新内容。本书尽量收集了多目标决策的国内外最新成果，其中也包括了作者近年来的研究和应用成果。全书自成体系，系统地介绍了多目标决策的基本概念和基本原理、各种模型和方法、应用实例、习题和文献索引。本书可供各级政府机关、经济计划管理部门、企事业单位和国防、军事部门、高等院校的各类管理人员进修使用，也可供运筹学、管理工程、系统工程、应用数学、技术经济、工商管理、经济学、计算机科学、工程设计等专业的大学生和研究生、教师、科研人员学习参考。

本书是作者多年从事多目标决策教学和科研工作的结晶。本书的出版，作者受到了许国志教授、桂湘云教授、应枚茜研究员、廖基发研究员、魏权龄教授的热情指导和大力帮助，受到了湖南科技出版社的鼓励和支持，借此机会，表示衷心的感谢。

作者水平有限，错误难免，欢迎批评指正。

宣家骥

1988年6月长沙市岳麓山

# 目 录

<b>第一章 决策分析基础</b> .....	( 1 )
§ 1.1 引言 .....	( 1 )
§ 1.2 风险型决策 .....	( 6 )
§ 1.3 序列决策.....	( 11 )
§ 1.4 风险型决策的风险估计 .....	( 14 )
§ 1.5 不确定型决策 .....	( 18 )
§ 1.6 贝叶斯决策 .....	( 22 )
§ 1.7 自适应决策 .....	( 31 )
§ 1.8 马尔可夫决策 .....	( 36 )
<b>第二章 多目标决策的基本原理</b> .....	( 51 )
§ 2.1 多目标决策的概况 .....	( 51 )
§ 2.2 多目标决策的基本概念 .....	( 57 )
§ 2.3 多目标规划的基本性质 .....	( 66 )
§ 2.4 非劣解的基本性质 .....	( 73 )
§ 2.5 多目标规划的其它等价模型 .....	( 77 )
§ 2.6 各种非劣解的关系 .....	( 80 )
<b>第三章 多目标规划的解法</b> .....	( 85 )
§ 3.1 分量加权和方法 .....	( 85 )
§ 3.2 确定加权系数的方法 .....	( 94 )
§ 3.3 分量最优化方法 .....	(102)
§ 3.4 分量排序方法 .....	(105)
§ 3.5 理想点法 .....	(110)
§ 3.6 目标规划法 .....	(118)
§ 3.7 最大熵技术 .....	(126)

§ 3.8	效用函数法 .....	(139)
§ 3.9	其它方法 .....	(151)
<b>第四章</b>	<b>多目标线性规划</b> .....	<b>(166)</b>
§ 4.1	基本概念和基本原理 .....	(166)
§ 4.2	单纯形算法 .....	(173)
§ 4.3	步骤法 .....	(187)
§ 4.4	GPSTEM法 .....	(193)
§ 4.5	双目标线性规划的有效解法 .....	(197)
§ 4.6	多目标线性规划的对偶性 .....	(201)
§ 4.7	多目标线性规划的稳定性 .....	(205)
§ 4.8	多目标运输问题 .....	(212)
<b>第五章</b>	<b>特殊的多目标规划</b> .....	<b>(224)</b>
§ 5.1	多目标整数规划(MOIP) .....	(224)
§ 5.2	多目标分式规划(MOFP) .....	(240)
§ 5.3	多目标参数线性规划 .....	(250)
§ 5.4	多目标二次——线性规划 .....	(253)
§ 5.5	多目标模糊规划 .....	(257)
§ 5.6	多目标几何规划 .....	(261)
§ 5.7	MAX (MIN) 问题 .....	(263)
§ 5.8	动态交互作用模型 .....	(270)
<b>第六章</b>	<b>多指标决策原理</b> .....	<b>(276)</b>
§ 6.1	基本概念 .....	(276)
§ 6.2	指标的标准化处理 .....	(279)
§ 6.3	层次分析法 .....	(283)
§ 6.4	最小距离原则 .....	(290)
§ 6.5	嫡技术 .....	(293)
§ 6.6	无信息的决策原则 .....	(298)
§ 6.7	多指标贝叶斯决策 .....	(299)
§ 6.8	评价相对有效性的DEA方法 .....	(305)
<b>第七章</b>	<b>给出指标信息的决策方法</b> .....	<b>(314)</b>

§ 7.1	水平法	(314)
§ 7.2	字典序法	(315)
§ 7.3	全排列法	(315)
§ 7.4	线性分派法	(319)
§ 7.5	加权法	(322)
§ 7.6	选择法	(327)
§ 7.7	理想点法	(336)
§ 7.8	总体综合评价	(341)
§ 7.9	评价定界技术	(345)
<b>第八章</b>	<b>给出方案信息的决策方法</b>	(349)
§ 8.1	多维偏好分析的线性规划技术	(349)
§ 8.2	多维偏好分析的交互作用技术	(358)
§ 8.3	多维模式法	(363)
<b>第九章</b>	<b>多指标问题的群体决策</b>	(368)
§ 9.1	多人决策的综合评价	(368)
§ 9.2	优序数法	(372)
§ 9.3	群体决策原理	(377)
<b>第十章</b>	<b>多目标决策在工程设计中的应用</b>	(389)
§ 10.1	导弹系统设计中的应用	(389)
§ 10.2	行星减速器的优化设计	(392)
§ 10.3	硅系耐热球铁的多指标优化	(395)
§ 10.4	城市排水系统的优化设计	(399)
<b>第十一章</b>	<b>多目标决策在工业外贸中的应用</b>	(403)
§ 11.1	风险投资的多目标决策分析	(403)
§ 11.2	外贸出口结构优化的宏观分析	(415)
§ 11.3	国际市场竞争力分析的AHP模型	(421)
§ 11.4	出口生产体系的多目标规划模型	(431)
<b>第十二章</b>	<b>多目标决策在经济管理中的应用</b>	(442)
§ 12.1	长期经济发展规划的研究	(442)
§ 12.2	教育基金的合理分配	(447)



§ 12.3 发展制糖工业的政策分析.....(452)

§ 12.4 多指标综合评价的应用.....(456)

附录1 习题 .....(467)

附录2 参考文献 .....(481)

# 第一章 决策分析基础

## § 1.1 引言

### 一、什么叫决策？

什么叫决策？众说纷纭，争论很多。目前，世界上比较流行的一致看法有两种：一种是由现代管理科学创始人之一、世界著名经济学家赫·阿·西蒙（H. A. Simon）提出的“管理就是决策”；另一种是由中国社会科学院副院长、著名学者于光远提出的“决策就是作决定”。这两种不同的定义，从不同角度深刻揭示了决策的基本内容。

人是理想和意图的“万物之灵”，人类的实践活动是在理想和意图的支配下，为达到一定目的而进行的。人类的语言、思维和有目的的行为，是人类区别于其它动物的重要标志。这个“有目的的行为”就是决策过程。现代化管理就是一个决策程序，它从提出问题、确定目标开始，然后寻找为达到目标可供选择的各种方案，比较并评价这些方案，进行最优方案的选择并作出决定；最后是执行这个决定，并在执行过程中进行查核和控制，以保证实现预定的目标。

决策自古有之。张良“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外”，为汉朝的建立和巩固谋划了很多英明的决策；诸葛亮作“隆中对”，三分天下；朱元璋采纳刘伯温“广积粮、高筑墙、缓称王”的建议，创立了明王朝。孙臧为田忌赛马献策而胜齐威王；李冰父子设计了都江堰水利工程，妥善解决了分洪、排沙、引水等一系列兴利除害的问题；丁渭领导的重建北宋汴宫工程，就地取土，把土建施工用土、开凿运河工程、处理残渣废物等任务统筹安排，

节约了大量人力、物力和时间。这些决策的共同特点都是领导者的经验决策。决策的成功与否主要取决于领导者的智慧、阅历和才能、胆略是否超群。经验决策是与小生产方式相适应的，并没有规范化、程序化、科学化，也没有被多数人所掌握。

随着人类社会的进步，科学技术飞速发展，生产规模不断扩大，社会活动日益复杂、瞬息万变，经验决策已经远远不能适应社会化大生产的需要。如果不讲究决策的科学化，决策失误就势在难免，这样的教训举不胜举。世界闻名的美国克莱斯勒汽车公司，是仅次于通用和福特两家汽车公司的大型企业，由于经营决策失误，在1978年世界“石油危机”中，存货山积，每天损失200万美元，企业濒临破产。1979年9个月中亏损7亿美元，打破了美国有史以来的最高记录。埃及70年代初期竣工的阿斯旺水坝，表面上给埃及人民带来了廉价的电力，控制了水旱灾害，灌溉了农田；但是由于破坏了尼罗河流域的生态平衡，遭到了一系列未曾料到的自然报复，使埃及付出了沉重的代价，例如由于尼罗河的泥沙和有机质沉积到水库底部，使两岸的绿洲失去了肥源，土壤日益盐渍化、贫瘠化；由于缺乏来自陆上的盐份和有机物，致使下游入海口盛产沙丁鱼的渔场毁于一旦；由于尼罗河河口供砂不足，河口三角洲平原从向海伸展变为朝大陆退缩，使工厂、港口、国防工事有跌入地中海的危险；由于大坝阻隔，使下游奔流不息的活水变成了相对静止的“湖泊”，为血吸虫和疟蚊提供了生存条件，致使水库一带居民的血吸虫发病率高达80%；在旷日持久的“中东战争”环境中，阿斯旺大坝是敌方攻击的最好目标，犹如一枚随时待发的巨型原子弹；……我国1958年大炼钢铁，大量砍伐森林；60年代片面强调“以粮为纲”，大搞围湖造田、围海造田，也破坏了生态平衡，带来了严重后果。这些历史教训，我们必须牢记。

现代化管理必须用科学决策取代经验决策，这是社会发展的需要。由于现代电子计算机的推广和应用，信息论、系统论、控制论的产生，为确立一套科学的决策方法奠定了基础。1960年，

美国H. A. 西蒙发表《管理决策新科学》一书〔1〕，提出了应用电子计算机和新的决策方法于社会组织和经济组织管理的可能性。1975年他又修改再版此书，提出了一套管理决策新科学的基础理论。由于H. A. 西蒙对于决策科学进行了开创性研究而荣获了1978年诺贝尔经济学奖。近年来，世界各国研究和推广决策科学方法的学派和机构越来越多，一门独立的新学科——“决策科学”（或“决策学”）正在逐步形成。

从经验决策上升到科学决策是势在必行，科学决策必须做到：（1）严格实行科学决策程序；（2）依靠专家运用科学的决策技术；（3）领导者用科学的思维方法作出决断。科学决策并不排斥领导者个人的阅历、智慧、才能和胆略。恰恰相反的是对他们提出了更高的要求。科学决策也不是万能的，它的作用是弥补经验决策的不足，使可能产生的决策失误尽量减少到最低程度。

## 二、决策程序和决策要素

### 1. 决策程序

科学决策的程序见图1.1所示。

### 2. 决策要素

目前国内外对决策尚无统一的定义，但基本概念是大同小异的。决策必须包含下列要素：

（1）必须有一个或几个决策者。决策必须由人来进行，决策人中只提出和分析、评价方案，而不作出决断的，称为“分析者”；决策人中有责有权，能作出最后决断、拍板的称为“领导者”。

（2）必须至少有一个希望达到的既定的目标，没有目标就无从决策。

（3）必须讲究决策的效益，在一定的条件下寻找优化目标和优化地达到目标，不追求优化，决策是没有意义的。

（4）必须至少有2个可行方案可供选择。一个方案，无从选择，也就无从优化。

方案有2种类型：

①明确方案——有限个明确的具体方案。

②不明确方案——只说明产生方案的可能约束条件；方案个数可能有限个，也可能无限个。

(5) 结局，又称自然状态。每个方案选择之后可能发生的1个或几个可能结局（自然状态）。如果每个方案都只有1个结局，就称为“确定型”决策；如果每个方案至少有2个以上可能结局，就称为“不确定型”决策。

(6) 效用，每一个方案各个结局的价值评估称之为效用。我  
(决策技术) (决策程序)

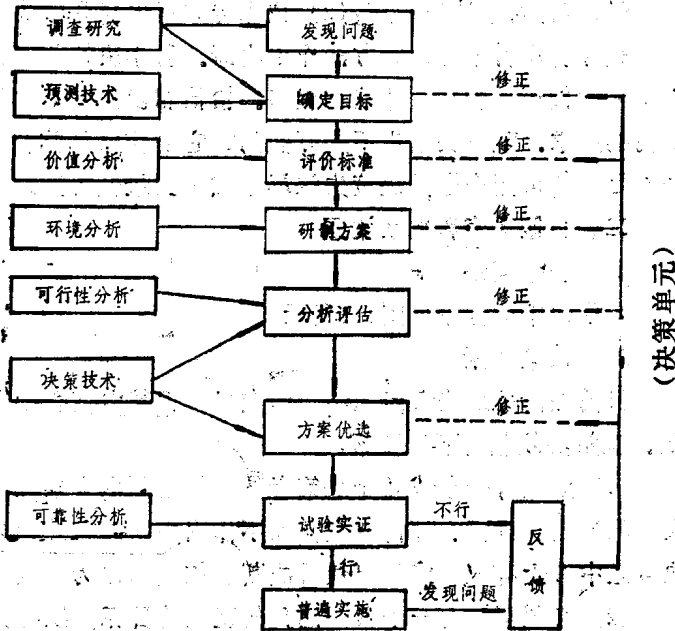


图1.1 科学决策程序

们就是根据各个方案的效用值大小来评价方案的优劣。

### 三、决策的分类

根据决策的基本要素，可以把常用的决策方法进行如下分类：

#### 1. 根据决策者的多少分类

①单人决策——这时决策者是1个人，或是利害关系完全一致的几个人组成的1个群体。

②多人决策——这时决策者至少有2个人，而且他们的利益、目标不完全一致，甚至互相冲突和矛盾。如果几个决策者的利益和目标互相对抗，就称为“对策”；如果几个决策者的目标不完全一致，又必须互相合作，共同决策，则称为“群体决策”。

## 2. 根据决策目标的多少分类

①单目标决策——顾名思义，只有1个明确的目标。方案的优劣，完全由其目标值的大小决定。在追求经济效益的目标中，目标值越大，方案就越好。

②多目标决策——至少有2个目标；这些目标往往有不同的度量单位，而且是互相冲突、不可兼而得之的。这时，仅仅比较1个目标值的大小已无法判断方案的优劣。

## 3. 根据方案的明确与否分类

①规划问题——如果只说明产生方案的约束条件，这一类决策问题，称为“规划问题”，例如我们熟悉的线性规划、非线性规划、动态规划等等。

②决策问题——如果只有有限个明确的具体方案，我们就称之为“决策问题”。

## 4. 根据结局的多少分类

①确定型决策——这时每个方案只有1个结局。

②随机型决策——又称“风险决策”，每个方案至少有2个可能结局，但是各种结局以一定的已知概率发生。

③不确定型决策——每个方案至少有2个可能结局，但是各种结局的发生概率是未知的。

## 四、几点说明

正如马克思所说，“一种科学，只有在成功地运用数学时，才算达到了完善的地步”〔65〕，本书目的在于介绍科学决策中的决策技术——首先介绍决策分析的基本方法，然后重点介绍多目标决策的理论、方法和应用。

1. 第一章介绍决策分析的基本方法。假定只考虑如下的问题。

- ①只有1个决策者和1个目标,
- ②有 $m$ 个明确的方案 $A_1, A_2, \dots, A_m$ ,
- ③有 $n$ 个可能的结局 $R_1, R_2, \dots, R_n$ ,
- ④方案 $A_i$ 、结局为 $R_j$ 时,效用值为:

$$u(A_i, R_j) = u_{ij} \quad (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)$$

2. 第二章——第十二章都研究多目标决策问题,因为至少有2个决策目标。

3. 第二章——第五章研究多目标规划,即假定决策方案都是不明显给出的,只给出一组约束条件。这时,假定决策者只有1人。

4. 第六章——第九章研究多指标决策,即假定只有有限个明确的具体方案。其中第六章——第八章只考虑单人决策,第九章介绍多人决策。

5. 第十章——第十二章介绍多目标决策的12个应用实例。

## §1.2 风险型决策

这一节介绍决策分析的基本模型之一——“风险型决策”,又称“随机型决策”。

### 一、风险型决策的几个假定

(1) 假定决策时,有 $m$ 个明确的方案 $A_1, A_2, \dots, A_m$ 要进行比较,选择一个最优方案。

(2) 假定每一个方案都有 $n$ 个可能的结局 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 。

(3) 假定已知如果采用方案 $A_i$ ,结局为 $R_j$ 时,经济效果价值为 $\mu(A_i, R_j) = \mu_{ij}$ 。这里 $\mu = \mu(A, R)$ 称为效用函数。 $(1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)$

(4) 假定每个方案选择后,可能出现的 $m$ 个结局 $R_j (1 \leq j \leq n)$ 的发生概率 $P(R_j) = P_j$ 为已知,而且 $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$

根据以上四个假定,可以构造一张效益矩阵表(见表1-1)。

### 二、最大期望效益值决策(EMV决策)

计算每一个方案 $A_i (1 \leq i \leq m)$ 的期望效用(平均效用),

表1-1

效 益 矩 阵 表

方案 \ 结局	$R_1$	$R_2$	...	$R_j$	...	$R_n$
$A_1$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	...	$\mu_{1j}$	...	$\mu_{1n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_i$	$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	...	$\mu_{ij}$	...	$\mu_{in}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_m$	$\mu_{m1}$	$\mu_{m2}$	...	$\mu_{mj}$	...	$\mu_{mn}$
发生概率	$p_1$	$p_2$	...	$p_j$	...	$p_n$

$$\begin{aligned}
 E[\mu(A_i)] &= \sum_{j=1}^n P_j(R_j)\mu(A_i, R_j) \\
 &= \sum_{j=1}^n P_j \cdot \mu_{ij} = EMV_i \quad (1 \leq i \leq m)
 \end{aligned}$$

则最优方案 $A^*$ 满足:

$$E[\mu(A^*)] = \max_{1 \leq i \leq m} E[\mu(A_i)] = EMV^*$$

由此可见, 风险型决策的最优方案 $A^*$ 满足条件——期望效益值最大。

〔例1〕某工厂成批生产某种产品, 批发价为0.05元/个, 成本0.03元/个。这种产品每天生产, 当天销售。如果当天卖不出去, 每个损失0.01元。已知这个工厂每天的产量可以是: 0个, 1000个, 2000个, 3000个, 4000个。根据市场调查和历史记录表明, 这种产品每天的市场需要量及发生概率为:

市场需要量(个)	0	1000	2000	3000	4000
概 率	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1

试问工厂领导应该怎样决策?

〔解〕由题意可知, 这个工厂每天的生产计划(产量)都有五个方案可供选择, 记为 $A_i$ , ( $1 \leq i \leq 5$ )。无论选择哪一个方案, 都可能遇上市场需要量的5个结局, 记为 $R_j$ , ( $1 \leq j \leq 5$ )。现在已知



$P(R_j)$ , 因此可以构造一个效益矩阵表。(见表1—2)

注意: 每售出1个产品, 可盈利0.02元,

每售出1000个产品, 可盈利20元。

当天未售出1000个产品, 损失10元。

表1—2 效 益 矩 阵 表

$A_i \backslash R_j$	0	1000	2000	3000	4000	$EMV_i$
$A_1$	0	0	0	0	0	0
$A_2$	-10	20	20	20	20	17
$A_3$	-20	10	40	40	40	28*
$A_4$	-30	0	30	60	60	27
$A_5$	-40	-10	20	50	80	20
概 率	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	

计算每个方案 $A_i$ 的期望效益 $EMV_i$ 可知:

$$EMV^* = EMV_3 = \max_{1 \leq i \leq 5} EMV_i = 28(\text{元})$$

所以工厂领导应该采取方案 $A_3$ , 即每天生产2000个产品, 最大平均利润可达28元。

### 三、全情报价值

在风险型决策的条件下, 企业单位可以组织一些人专门搞市场调查和预测, 提供情报, 随机应变地生产, 做到既充分保证市场需求, 又不生产过剩的产品。

假定预测情报完全准确, 能得到的最大收益称为全情报最大期望效益值, 记为 $E_{PPI}$ , 它应该等于:

$$E_{PPI} = \sum_{j=1}^m P_j (\max_{1 \leq i \leq n} \mu_{ij})$$

显然,  $E_{PPI} > EMV^*$

**定义** 全情报价值 $E_{VPI} = E_{PPI} - EMV^*$

$E_{VPI}$  就表示了花钱搞情报所能得到的最大期望收益。所以, 如果情报开支 $< E_{VPI}$ , 就说明是合算的, 即情报工作是成功的。