左 军 编著

浙江大学出版社

多目标决策分析

MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING

多目标决策分析

左　军　　编著

浙江大学出版社

(浙)新登字10号

多目标决策分析

左 军 编著

责任编辑 李玲如

浙江大学出版社出版

浙江省新华书店发行

浙江省嵊县印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张10.75 字数269千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数：0001—2000册

ISBN 7—308—00844—4/F·069 定价 3.30元

前　　言

多目标决策分析不仅是解决现实社会中众多错综复杂问题的有效分析方法，而且也是当今系统工程、运筹学、区域规划等许多学科领域的热门研究内容。

作者从研究生学习阶段就开始致力于多目标决策理论、方法及应用的探讨。经过多年对多目标决策的教学和科研，逐步积累了不少宝贵的经验和成果，在此基础上，编写出了这本《多目标决策分析》教材，从而比较全面系统地展示了多目标决策的理论、方法及应用。

本教材的全部内容为浙江大学管理系的几届研究生讲授过，部分内容曾为管理系本科生讲授过，另外在几次全国性的多目标决策培训班上也讲授过全部内容。由于本教材在内容上具有覆盖面广、难度适中、理论结合实例等优点，因而倍受学习者的欢迎。可以说正是在广大学习者的强烈要求下，作者才产生了编写本教材的想法。

呈现在读者面前的这本教材的另外两大特点是：1、包含了作者的许多科研成果；2、收录了大量的参考文献，这无疑有益于读者的学习、研究及应用。

本教材一方面可供管理工程、应用数学、运筹学、经济学、工商管理、计算机科学及工程设计等专业的本科生、研究生、教师和科研人员学习参考，另一方面也可为各级政府政策研究部门、经济计划部门、企事业单位和国防军事等各种实际管理和咨

询人员自学使用。

在本教材的编著过程中，黄擎明教授、蒋绍忠副教授、顾基发研究员、蔡旸讲师、倪平助理研究员等给予了许多帮助和鼓励，不少研究生还帮助编制软件和实例应用。在本教材的出版过程中，我们系主任黄擎明教授给予了极大的鼓励和支持，对所有那些给予作者以鼓励、支持和帮助的人们，作者就此表示衷心的感谢。

由于作者的学识和经验有限，因而书中难免有误笔或不当之处，对此作者热诚欢迎读者批评指正。

作者：左　军

1991年8月于浙江大学

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

目　　录

绪　论……（1）

第一编　多目标属性决策分析

1　多目标属性决策分析基本概念……（19）
　§1　多目标属性决策问题及其要素……（19）
　§2　多目标属性决策分析方法分类……（24）
　§3　多目标属性决策分析过程……（27）
2　目标准则关系与方案属性值的量化……（29）
　§1　量化标度……（29）
　§2　定性目标属性或模糊属性值的量化……（31）
　§3　不同量纲目标属性值的规范化……（33）
　§4　目标准则间关系的量化……（37）
3　目标准则间关系不定时MADM的分析方法……（52）
　§1　不确定型决策分析方法的移植……（52）
　§2　基准属性值法……（55）
　§3　属性边际替换率法(层次权衡法)……（57）
4　目标准则关系为基数形式的MADM分析方法……（65）
　§1　简单加权和法……（65）
　§2　多属性效用函数法……（68）
　§3　线性分配法……（71）
　§4　ELECTRE法……（78）
　§5　TOPSIS法……（88）
　§6　基数型排列法……（91）

5 目标属性关系为序数形式的MADM分析方法……（97）
§1 字典序法……（97）
§2 序数型排列法……（99）
§3 Monte Carlo模拟法……（101）
§4 双序数型信息模拟法……（105）
6 两两比较式的MADM分析方法……（110）
§1 层次分析法……（110）
§2 改进层次分析法……（119）
§3 LINMP法 ……（133）
§4 心理偏好奖罚法……（140）

第二编 多目标优化决策分析

7 多目标优化决策分析基本概念……（151）
§1 多目标优化决策问题……（151）
§2 多目标优化决策中的术语……（156）
§3 多目标优化决策方法分类……（161）
8 非劣解产生方法……（164）
§1 加权法……（164）
§2 约束方法……（173）
§3 自适应搜索法……（178）
§4 多目标线性规则方法……（185）
9 无交互过程的MODM分析方法 ……（206）
§1 全局准则法……（206）
§2 多目标效用函数法……（211）
§3 字典序优化方法……（218）
§4 目标规划……（220）
10 显式交互过程的MODM分析方法……（260）
§1 Geofrion 法 ……（261）
§2 替代价值权衡法……（273）

§ 3　满意目标法……（284）
§ 4　Zionts-Wallenius 法 ……（288）
11　隐式交互过程的 MODM分析方法……（300）
§ 1　STEM法……（300）
§ 2　SEMOPS法 ……（309）
§ 3　GPSTEM法 ……（321）
§ 4　理想点置换法……（329）
参考文献……（335）

绪 论

§1 多目标决策问题

多目标决策是根据多个目标准则来比较、排序多个方案，从中选择出一个或几个方案的决策过程。

在我们所生活的世界里，多目标决策问题可以说是比比皆是。下面就举一些例子。

在日常生活中，当你选购一件外套时，你就面临这样一个多目标决策问题：通过权衡式样、尺寸、彩色、质地和价格等方面的情况确定买什么外套；一个青年在择偶时，就得考虑潜在对象的智力、外貌、性格、社会地位、经济收入等；若你准备外出远足旅行，则在选择交通工具时必须考虑交通工具的费用、时间、舒适性和安全性等。

在企业经营管理中，当制定新产品开发策略时，必须考虑企业的$R\&D$ 能力、投资能力、市场引力、潜在获利、营销能力、风险程度等；在确定广告策略时，则既须考虑策略效果（包括覆盖面、延续时间、新颖程度、吸引能力等），又要考虑策略的费用，还要虑竞争对手的策略等。

在工程方案和科研项目确定中，如水库坝址方案的选定，就

涉及到发电量、防洪效益、淹没损失、工程投资和环境生态影响等多方面的因素；技术引进方案的确定，则要考虑引进费用、引进技术的先进性、引进的消化能力、引进后的经济效益、引进后的转移与扩散的可能、费用的支付方式、输出方的合作态度等多个目标属性；科研项目的选择，既要考虑科技水平、研究费用和研究周期，又要顾及经济效益和社会效益等。

在科学实验与工程设计中，为了提高化工厂的化工产品的转化率，须进行试验确定最佳生产条件，这时，就须考虑反应塔中的温度和压力、加入的用碱量和催化剂的种类和数量等；在船舶的长度、排水量等的设计中，一般希望四个目标达到最佳：航速、吨成本、投资回收年限和造价；在车辆悬挂系统参数（如轮胎刚度、悬挂系统的阻尼和弹簧的刚度等）的设计中，一般须考虑振动加速度、撞击概率、车轮变形和相对动载四个目标。

在材料的配方和配比中，为寻找满足力学、工艺和贮存性能的填料填充硫化橡胶的配方，则须考虑使最大压力、填料体积分数、使用系数和产品密度等性能指标达到满意要求；在生产各种规格的棉纱时，要求各种不同的原棉适当搭配，这时，则要求下述七个指标达到规定要求：品级、长度、细度、强力、疵点、短绒率和成本。

在社会公共事业的计划与规划中，当对一个地区的水资源进行规划时，应该考虑的目标有：提高水的质量、减少污染、提供旅游娱乐机会、保护野生动物的栖息、减少洪水的危害、保证农田用水，增加农作物产量，使水土资源管理的成本尽可能少等等；在核电站的选址计划中，要考虑的因素包括：安全性（离人口稠密区的距离、离水源的距离等）、环境效应（热核污染）、社会经济效应、投资、可靠性等；在区域教育规划中应考虑的因素有：提高不同层次教育的升学率、提高不同层次师资的质量和数量、保证有一定的教育事业费与基建投资、满足区域内对各层

次、各类型专门人才的需要等等。

在国防军事计划和规划中，武器系统（如导弹、飞机、军舰等）的研制或购买，往往需要考虑可靠性、精确性、易维护性、易保护性、机动性、体积、重量和成本等多个目标属性；在考虑裁军计划中，一般要考虑本国的国防实力、其他国家的军事实力与扩张企图、裁军后人员消化能力与费用、社会影响与效果等等。

§2 多目标决策中的几个术语说明

从上面所举例子可以看出，多目标决策问题中包含三个最主要的组成部分：决策者、目标和方案。下面分别就其中的一些术语加以说明。

1 目标

在前述例中，提到目标时，我们有时说“考虑…因素”、“根据…指标”，有时又说“达到…要求”、“使…最优（最大或最小）”，这主要是因为“目标”这个词含有四个方面的含义：：目标属性、目标优化、目标达成和目标准则。

与之相对应，在论及“目标”时，英文可用许许多多的词来表示，如criteria，objectives，attributes，goals，yardsticks，standards，norms，rules，targets，aims，characteristics，purposes，aspects，distinctions，这主要是由于多目标决策研究的历史较短，还没有形成统一的口径，但是现在比较集中地使用前四个名词，这些词也主要是表示这四种含义。

目标属性（attributes）：是指目标的特性，具有一定的客观性，它们的确定和计量与决策者一般没有多大关系。如购衣

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

时，式样如何，尺寸大小，价格多少等都是已经确定的，也即衣服的属性是已知的。属性是目标的静态指示器。

目标优化（objectives）：当目标属性已知后，决策者就须确定哪些属性在什么水平上达到最大或最小，也即优化。这里就涉及到决策者了。如某人购衣，可能就会要求式样最时髦，尺寸最合身，价格最便宜，也就是目标优化。目标优化一般表示沿着目标属性两个方向的寻优，最大或最小，这也就是目标的动态变化过程。

目标达成（goals）：事先由决策根据目标属性确定出特定的属性值，然后要求达到这些属性值。如购衣中，购衣者准备在价值不超过20元的范围内进行选购，也即设置属性值，使购衣尽可能在靠近20元处进行选择。目标达成是目标的静动结合的过程。

目标或目标准则（criteria）：目标准则包含了目标属性、目标优化和目标达成三种意思，是目标的总称（见图1）。

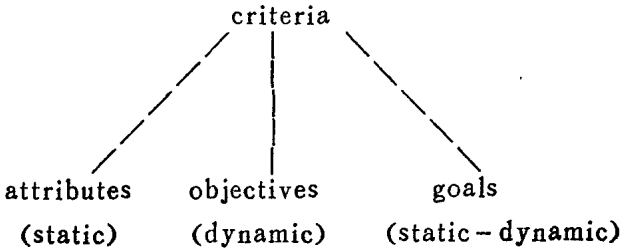

图1　目标含义图

与此相对应，多目标（Multiple Criteria）也有多目标属性(Multiple Attributes)和多目标优化(Multiple objectives)之称（但无Multiple Goals之说）。

目标除了含义上的区别外，还有下面二个特点。

（1）多目标中的相互冲突性。

在多目标决策中，许多相互之间是冲突和矛盾的，如购衣中

的式样时髦与价格多少之间，交通工具中费用和舒适性之间，科研项目的理论价值与经济效益之间等等。

（2）多目标的计量单位不一致性。

多目标决策中的目标计量单位，一般是不一样的，如购衣中的式样计量为时髦程度，尺寸关键部位的厘米数表示，价格用人民币值计量等。

2 方案

方案（alternatives）是多目标决策中的决策对象，是一种广义的说法。它除了有方案的含义外，还可表示：策略（strategies）、项目(projects，items)、子系统(subsystems)、选择项（options）、行动（actions）、工具（means）、具体的选择对象（objects or choice）等。

在多目标决策中，有的方案数目是有限的、可数的，如衣服数目、择偶对象、科研项目、交通工具等，有的方案数目则是无限的、不可数的，如配方方案、配比、船舶的长度、排水量、反应塔的生产条件等。

另外方案还可分为确定的方案和不确定方案。确定方案是指方案的目标属性值和结果都是确定的，不确定方案则其目标属性值和结果有一个或多个，是不能确定的，或以概率取值，或可能有多种取值。

3 决策者

决策者（decision maker）是直接或间接地比较或排序方案价值，并从中选定一方案为实施方案的人。决策者可以是一个人，也可能是几个人（一个决略团体）。

对于复杂的多目标决策，决策者往往需要借助于决策分析者、有关专家和计算机来进行信息收集、处理、分析，进而作出

决策。由决策者、决策分析者、有关专家和计算机可构成所谓的决策组织（decisionmaking unit）。最小的决策组织只有决策者本人一人参加的组织。

根据目标的多少和方案的确定程度，决策者的决策任务可分成四种形式：

（1）在方案是确定的、单目标下的评价：计算比较；

（2）在方案是不确定的、单目标下的评价：判断比较；

（3）在方案是确定的、多目标下的评价：折衷比较；

（4）在方案是不确定的、多目标下的评价：灵感比较；

计算比较也就是传统的运筹学中的方式，也即利用线性规划、非线性规划、管理会计中的方法、动态规划等进行计算比较。作为一个决策组织，一旦决策者确定了优化目标后，分析者就能十分独立地进行分析，决策者一般不必提供进一步的信息。

判断比较可以说是经典的决策分析方式，它通过对历史统计资料的分析和决策者的经验。对不确定性进行判断（一般用概率来反映），进而进行决策分析比较。

折衷比较也即在各目标下求得平衡的方式，它涉及到多目标决策分析方法。其思路首先是确定好的方案，然后从中再选更好的方案，最后由决策者来进行抉择。折衷比较是本书将介绍的主要内容之一。（这是本书的主要内容）

灵感比较一般是较高层次的一种最常用的决策方式。在决策过程中，决策者必购发现新的方案，依靠创造性思维进行决策。除了应用常规的多目标决策分析方法外，还须具有启发式的、创造性求解问题的直觉和灵感。

§3 多目标决策的类型、模式及过程

1 多目标决策的类型

现在较为普遍的多目标决策（Multiple Criteria Decision Making简写MCDM）分类是按照目标性态来划分的，一般分为两类：多目标属性决策（Multiple Attribute Decision Making，简写MADM）和多目标优化决策（Multiple Objective Decision Making，简写MODM）。前者是解决一类选择评价性的多目标决策问题，后者则是解决一类设计性的多目标问题。表1为这两类多目标决策的特性对照表。

表1 MADM与MODM特性比较

	MADM	MODM
目标准则（Criteria）	属性（Attribute）	优化（Objective）
目标优化程度（Objective）	隐含（Implicit）	明显（Explicit）
目标属性程度（Attribute）	明显（Explicit）	隐含（Implicit）
约束程度（Constraint）	不太起作用	起作用
方案数目（Alternative）	可　数	不可数
方案表示	离散且事先给出	连续且在过程中出现
与决策者的交互过程	不太多	很　多
用途（Usage）	选译、评价	设　计

多目标属性决策（MADM）中的方案一般事先已经给定，且数目有限，各方案的属性值也可事先确定，为离散值。我们将在第1编中讨论MADM的分析理论和方法。

多目标优化决策（MODM）中的方案由于在约束范围内其数目是无限的。因而事先不可能一个一个地列举出来，各方案的属性值也为连续变化的值，只有在决策过程中逐步寻找出优化的方案来。MODM的分析理论和方法将在第2编讨论。

2、多目标决策的模式

多目标决策可分成多目标属性决策（MADM）模式和多目标优化决策（MODM）模式两种。

（1）MADM模式

设x_j表示第j个目标属性，A_i表示第i个方案，$u_{ij}=P(A_i, x_j)$表示第i方案在第j目标属性下的偏好函数值，则MADM模式可表示为：

$$DR[A_1(u), A_2(u), \cdots, A_m(u)] \tag{1}$$

$$u \in U$$

$$U=\{u \mid u_{ij}=P(A_i, X_j), i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots, n\}。$$

其中DR为Decision Rule的缩写。式（1）含义为按一定的决策规则比较和排序各方案。不同的DR和不同的U就构成了许多不同的MADM方法。

（2）MODM模式

设$\mathbf{x}=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$为决策变量，则不同的$X$定义不同的方案，MODM问题就是在$X$构成的方案集$X=\{\mathbf{x} \mid g_i(\mathbf{x}) \leqq 0, i=1, 2, \cdots, m\}$中寻找较优解，其中$g_i(\mathbf{x})$为第$i$个方案约束函数。若设$f_k(\mathbf{x})$为第$k$个寻优目标函数，则MODM模式为：

$$DR[f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \cdots, f_l(\mathbf{x})] \tag{2}$$

$$\mathbf{x} \in X$$

$$X=\{\mathbf{x} \mid g_j(\mathbf{x}) \leqq 0, i=1, 2, \cdots, m\}$$

式（2）表示按一定的寻优规则进行设计寻优。最常见的规则有求最大（Maximize）和求最小（Minimize）。

3　多目标决策过程

多目标决策过程一般分成五个部分：初始阶段、问题形成阶段、系统建模阶段、分析评价阶段和执行阶段。整个过程如图2所示。

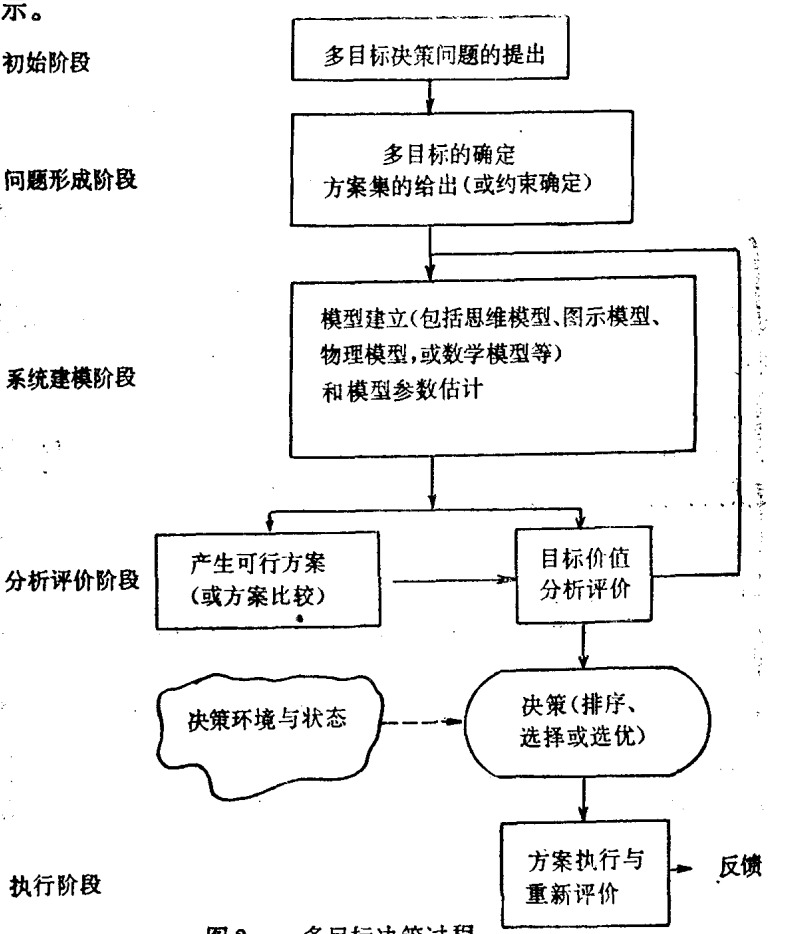

图2　　多目标决策过程

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com