

复杂多属性决策研究

张 全 著



東北大學出版社
Northeastern University Press

复杂多属性决策研究

张 全 著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 张全 2008

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂多属性决策研究 / 张全著 .— 沈阳: 东北大学出版社,
2008.6

ISBN 978-7-81102-559-0

I. 复… II. 张… III. 多目标决策—研究 IV. C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 088947 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳中科印刷责任有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 140mm×203mm

字 数: 155 千字

印 张: 5.75

出版时间: 2008 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 牛连功

责任校对: 郎 坤

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-559-0

定 价: 15.00 元

前 言

多属性决策也称有限方案多目标决策，普遍应用于工程、社会和经济系统等领域中。由于在各领域中有着深刻的理论意义和广泛的实际应用背景，多属性决策问题的研究始终是人们关注的重要课题。本书针对复杂多属性决策的若干理论与方法进行了分析和研究。

第1章介绍了多属性决策的有关概念，简述了多属性决策的研究现状和发展前景，并提出了本书所要研究的问题。

第2章回顾了决策矩阵的规范化方法和经典的方案排序方法。

第3章研究了权重确定的主客观信息的集成问题。首先，分别给出了计算主观权重与计算客观权重的数学规划模型、基于两个模型的目标函数的加权集成和一种权重确定方法，并针对主、客观权重计算模型的相对重要程度进行了灵敏度分析；其次，分别基于计算方案综合评价值的加权法和理想点法讨论了将主观权重与客观权重按其相对重要程度进行集成的方法，并针对这两种方法分别给出了算例分析。

第4章研究了多属性决策中的灵敏度分析。

第5章是关于多群体双因素人员评价模型的进一步研究。通过对双因素评价数据样本进行二维正态分布的检验，对一个具有多群体双因素的人员统计评价模型进行了改进，为该模型的建立和推广提供了科学的、可靠的理论依据。

第6章研究了多属性决策中主观不确定性信息的融合方法。基于 Dempster-Shafer 证据组合理论，针对一类具有主观不确定性判断信息的多人多属性决策问题，给出了一种通过对不确定性信息进

行二次证据组合的算法, 将该问题转化为普通的确定性多属性决策问题。

第7章研究了区间数决策矩阵的规范化方法及方案的区间数综合评价值的计算。基于误差传递理论与比重变换法, 给出了区间数决策矩阵规范化的误差传递法; 基于区间数的有关运算, 给出了区间数决策矩阵规范化的比重变换法和极差变换法, 并分别给出了算例; 针对多个决策者以区间数的形式给出的判断矩阵, 给出了基于误差传递理论的区间数判断矩阵的集结算法; 针对一个计算决策方案区间数综合评价值的线性规划模型进行了改进, 给出了模型改进的目标规划模型和目标集成模型。

第8章研究了具有区间数的多属性决策中方案的排序问题。首先, 在决策者能够给出承担风险的态度度的情况下, 给出了方案排序的映射法和效用值法; 其次, 针对方案的评价值在其所被估计的区间上分别服从均匀分布和正态分布的情况, 讨论了方案排序的可能度方法以及优势的概念, 并给出了算例分析。

本书是在我的博士论文的基础上改写而成的, 在此衷心感谢东北大学博士生导师潘德惠教授和樊治平教授, 感谢他们的悉心指导和关怀。

本书的出版得到了沈阳工业大学博士启动基金的资助, 在此表示衷心的感谢。

张 全
2008年3月

目 录

前 言

第 1 章 绪 论	1
1.1 决策的概念	1
1.2 多属性决策问题	4
1.3 多属性决策的研究现状	9
1.4 本书研究工作概要.....	13
第 2 章 多属性决策的基础理论	16
2.1 决策矩阵的规范化方法.....	16
2.2 方案综合评价值的计算方法.....	19
第 3 章 多属性决策中权重确定的主客观信息集成方法	35
3.1 基于主客观目标加权的集成方法.....	36
3.2 基于主客观权重加权求和的集成方法.....	45
3.3 基于理想点法的主客观权重集成方法.....	52
3.4 小 结.....	56
第 4 章 多属性决策中的灵敏度分析	58
4.1 属性权重的灵敏度分析.....	59
4.2 属性值的灵敏度分析.....	66
4.3 满足决策者偏好的属性权重最小变化量的二次 规划模型.....	80
4.4 小 结.....	84
第 5 章 具有多群体双因素人员评价模型的进一步研究	86
5.1 人员评价模型.....	87
5.2 模型的检验.....	90
5.3 案 例.....	94

5.4 小 结	97
第 6 章 多属性决策中主观不确定性信息的融合方法	98
6.1 具有主观不确定性判断信息的多属性决策问题	99
6.2 D-S 证据组合理论	100
6.3 基于 D-S 证据组合的不确定性信息融合方法	103
6.4 算 例	104
6.5 小 结	107
第 7 章 区间数决策矩阵的规范化与方案区间数评价	
值的计算方法	108
7.1 误差传递理论	109
7.2 基于误差传递理论的区间数决策矩阵的规范化	112
7.3 区间数决策矩阵规范化的比重变换法	116
7.4 区间数决策矩阵规范化的极差变换法	118
7.5 基于误差传递理论的区间数群体判断矩阵的集结	119
7.6 区间数综合评价计算的 B&M 模型及其改进	124
7.7 B&M 模型改进的目标规划模型	133
7.8 B&M 模型改进的目标集成模型	140
7.9 小 结	144
第 8 章 区间数多属性决策中的方案排序方法	146
8.1 基于风险态度因子的排序方法	147
8.2 基于乐观、悲观效用值的排序方法	149
8.3 带有可能度的排序方法 (1)	151
8.4 带有可能度的排序方法 (2)	158
8.5 小 结	164
结论和建议	165
参考文献	169

第1章 绪 论

决策，古已有之。“田忌赛马”是春秋战国时代优秀的决策典范，《孙子兵法》《三十六计》是决策思想在军事战术领域中的杰出应用。改革开放的总设计师邓小平同志倡导并推行了农村家庭联产承包责任制，这一重大举措彻底解放了农村生产力，推动了我国经济的飞速发展。第二次世界大战后的日本由于正确决策从一个资源贫瘠的小国一跃成为经济大国。可以说，决策不仅涉及一个国家的经济、政治、军事、文化、科学技术、人口、资源、环境等宏观诸方面，而且还涉及微观的经济问题和社会问题，如一个企业的生产方向、投资、产品销售、技术革新、新产品研制、人事管理等。正确的决策可以造就巨大的成功，错误的决策可能会导致严重的失误。

决策是现代管理的核心问题。随着现代社会的巨大进步，科学技术的迅猛发展，竞争日益激烈，我们面临着一个挑战与机遇并存的环境。如何在这种充满竞争的社会环境中取得发展是摆在我们面前的重要课题。如何适应环境，把握时代的脉搏，以讲科学、重效益的准则来处理问题，学习和推广决策科学的理论与应用是当务之急。研究与应用决策科学的理论和方法，使之适应现代科技与社会发展的需要，在当今高速发展的信息社会是十分必要的。

1.1 决策的概念

1.1.1 概 念

关于决策的概念，至今尚无统一的定义。在《美国现代经济词

典》中，决策的定义为：“决策，是指公司或政府在确定其政策或选择实施现行政策的有效方法时所进行的一整套活动，其中包括收集必要的事实以对某一建议作出判断，以及分析可以达到预定目的的各种可供选择的方法等活动。”在《苏联大百科全书》中，决策的定义为：“决策，是自由意志行动的必要元素……和实现自由意志行动的手段。自由意志行动要求先有目的和行动的手段，在体力动作之前完成智力行动，要考虑完成或反对这次行动的理由，等等。这个过程以制定一项决策而告终。”

决策是行动之前选择最佳行动方案的过程。

决策是人们针对需要解决的特定问题，运用科学的理论和方法，系统地分析主客观条件，提出各种可行方案，并从中选择出最佳方案的一整套活动过程。

虽然决策的思想和方法自古就被人们所接受并应用于实际问题，但是“决策”作为一个科学的概念引入管理理论是在 20 世纪 30 年代。美国近代管理学家巴纳德(C. I. Barnard)于 20 世纪 30 年代创立了基于“决策人”假设的现代管理理论，认为“无论是经营者还是职工都是决策者”，着重研究了组织的决策过程。基于心理学、社会学、社会心理学与组织学等理论，美国卡内基-梅隆大学教授西蒙(H. A. Simon)继承并发展了巴纳德的管理理论，突出了决策在管理中的地位，提出了管理决策的基础理论，给出了“管理就是决策”的定义，阐述了程序化决策与非程序化决策、以满意的准则代替最优化原则等观点。正是由于他对经济组织内部的决策程序进行了开创性的研究，西蒙于 1978 年获得了诺贝尔经济奖，“决策”这一概念由此在国际上广为流传。

1.1.2 决策问题的构成

决策问题通常是指人们在实际工作中遇到的、可以通过数学的方法和手段抽象成模型而得以解决的方案的选择问题。

一般情况下,决策问题应包含以下几个方面。

(1) 若干可供选择的备选行动方案。

方案可以是明确提出的且数目有限的,可以是不明确的,如用约束条件来描述的,也可以是无限的。

(2) 所有可能的自然状态。

这些自然状态在求解问题的过程中不能改变,不以决策者的主观意志为转移,人们只能用数学的方法描述它们或预测它们发生的概率。

(3) 属性函数。

它确定在备选方案与自然状态的集合上,包含了各种自然状态对诸备选方案的影响或属性。

1.1.3 决策问题的分类

由于决策问题、决策主体、决策目标、决策手段、决策条件等因素存在着广泛的差别,所以可以根据不同的标准对它进行分类。

(1) 根据参与决策的管理者的数量及合作关系,决策问题可分为个人决策和群体决策。

个人决策是指由一个人或主要领导者作出决策,而群体决策是指全体成员直接参与并达成共识的决策方式。

(2) 从决策问题出现的重复程度和解决问题的可用技术角度,决策问题可以分为程序化决策和非程序化决策。

程序化决策是指决策问题经常出现,决策过程的每一步骤都有规范的固定程序来重复地使用以解决同类的问题。非程序化决策是指没有固定的程序和常规处理办法,决策问题难以量化,没有数学模型,只能靠决策者的经验和知识解决。

(3) 根据决策问题所处的条件(或自然状态的种类)可以划分为确定型决策、不确定型决策和风险型决策。

确定型决策是指各备选方案在诸自然状态下的属性已知,决策

者可以按照评价方法选择最优方案。

不确定型决策是指决策者对不同方案可能出现或面临的自然状态没有把握,无法预测自然状态出现的概率。

风险型决策是指决策能否达到预期的目标取决于自然状态发生的概率,这种概率可以预测,又称统计型决策或随机型决策。

(4) 根据决策目标的数量,决策问题可以分为单目标决策和多目标决策。

(5) 根据决策要素是否可以量化,决策问题可以分为定量决策和定性决策。

定量决策问题是指决策问题的要素可以量化,并可建立数学模型;定性决策问题是指决策问题的要素的性质难以量化,或要素太多、太复杂,难以进行数量处理,只能依靠决策者的分析判断。

通常,实际的决策问题可能是上述几种决策问题的综合,如多目标不确定型的群体决策问题。也就是说,我们面临的决策问题需要同时考虑多种因素,但是,归根结底,解决任何类型的决策问题最终都是选择最优的备选方案。

1.2 多属性决策问题

1.2.1 基本概念

多属性决策(Multiple Attribute Decision Making, 简记为MADM),也称有限方案多目标决策,是在考虑多个属性或指标的情况下,选择最佳备选方案或排序有限备选方案的决策问题。

通常,每个多属性决策问题都包含以下五个要素(陈珏 1987)。

(1) 决策单元和决策人。

决策人可以是一个人或一群人,直接或间接地提供最终的价值

判断, 据此选择最优或排列可行方案。决策单元包含决策人、其他的决策分析者和机器, 是信息的处理器。

(2) 属性集 P 。

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, 每个备选方案都具有 $n(n \geq 1)$ 个属性 $P_j (j=1, 2, \dots, n)$ 。刘树林与邱菀华(1998a)在总结现有属性规范化方法的基础上, 提出了一类新的属性——偏离区间型属性, 并给出了新属性的规范化方法。

(3) 备选方案集 S 。

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, 每个决策问题有 $m(m \geq 1)$ 个可行方案 $S_i (i=1, 2, \dots, m)$ 可供选择或排序。

(4) 决策情况。

多目标决策问题的决策情况是指问题的结构和决策环境。一般可分为有限方案多目标决策和无限方案多目标决策。

(5) 决策规则。

一般可分为两类: 最优化准则和满意准则。满意准则把可行方案划分为若干有序子集, 牺牲了最优性, 使问题简化, 寻求令人满意的方案。

多属性决策问题的两个显著特点是属性间可能存在不可公度性和属性间的矛盾性。所谓不可公度性是指各个属性没有统一的度量标准, 难以进行直接比较。矛盾性是指如果采用一种方案去改进某一属性上的属性值, 可能会使另一属性上的属性值变坏(陈珽 1987)。

定义 1.1 多属性决策的正理想点 S^+ 和反理想点 S^- 分别为

$$S^+ = (a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+) \quad (1-1)$$

$$S^- = (a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-) \quad (1-2)$$

其中,

$$a_j^+ = \max \{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}\}, j=1, 2, \dots, n \quad (1-3)$$

$$a_j^- = \min \{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}\}, j=1, 2, \dots, n \quad (1-4)$$

其中, a_{ij} 为决策信息矩阵 A 中的元素:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1-5)$$

在矩阵 A 中, 元素 a_{ij} 表示第 i 个方案 S_i 关于第 j 个指标 P_j 的属性值。

如果在 m 个备选方案中存在一个方案 S^+ , 即它的 n 个属性值分别等于 a_j^+ ($j=1, 2, \dots, n$), 那么称它为最优解或理想方案。通常, 这种最优解不一定存在。

定义 1.2 优势原则、劣解和非劣解。

考察两个备选方案 S_u 和 S_v , 如果存在

$$a_{uj} \geq a_{vj}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1-6)$$

则称方案 S_u 优于 S_v , 这时称方案 S_v 为劣解, 可以将其淘汰。

如果式(1-6)至少有一个 j 成立, 则称方案 S_u 不劣于 S_v 。

对于某一方案 S_k , 如果不存在其他方案 S_i ($i=1, 2, \dots, m, i \neq k$) 优于 S_k , 则称 S_k 为非劣解或有效解。

定义 1.3 满意解。

如果决策者给出了偏好信息, 那么满足决策者偏好的那些非劣解就称为满意解。满意解并非最优解, 它是在某种决策规则下最优的非劣解。

值得指出, 刘树林与邱菀华(1998a)把只含效益型和成本型属性的多属性决策问题的解的概念进行了拓展, 使其对效益型、成本型、固定型、区间型、偏离型和偏离区间型这六种属性都存在的多属性决策问题仍然适用, 并证明了扩展后的解仍保持它们之间原有的关系不变。

1.2.2 复杂多属性决策问题

通常所说的多属性决策问题是指确定型的,即决策信息是确定的、明确的,包括决策矩阵 A 中的数据和决策者给出的偏好信息。但是,实际情况并非如此,我们经常会遇到具有不确定性决策信息的多属性决策问题,即复杂多属性决策问题。下面叙述一下复杂多属性决策问题的内容。

(1) 动态多属性决策问题。

动态多属性决策问题又称有时序多属性决策问题,它在决策过程中考虑了时间的因素,使决策分析过程具有动态特性。

(2) 多人多属性决策问题。

多人多属性决策问题又称群体多属性决策问题。它是关于多个决策者共同参与、协商解决的决策方式,即一种联合行动抉择。在多人多属性决策过程中,每个决策者均给出关于方案或属性的偏好信息,将各个决策者的偏好信息进行综合以形成群体的共同偏好,进而作出方案的选择或排序。

(3) 不确定性多属性决策问题。

这类决策问题通常包括区间数多属性决策问题和模糊多属性决策问题。由于客观事物的复杂性,加之人们知识、能力的局限,人们对实际问题的认识只能停留在一定的水平上。换句话说,实际问题常常具有模糊性或不确定性。例如,决策矩阵中的元素(属性值)不是以确切的数值点而是以区间数的形式给出的,或是以模糊数的形式给出的。利用模糊数学的有关知识,模糊多属性决策问题已经被广泛地解决(Buckley, Chanas 1989; Chen 1985; Campos Ibanez, Gozalez Munoz 1989; Chang, Chen 1994; 胡秦生,郑春,王惠卿 1994; 范荣化,周绍华 1996)。关于区间数多属性决策问题的研究是目前人们关注的热点之一(Yoon 1989; 樊治平,郭亚军 1997; Bryson, Mobolurin 1996; Sajjad Zahir 1991; 曾文

艺, 罗承忠 1997; 樊治平, 张全 1998), 本书将着重讨论这方面的有关内容。

(4) 定性定量信息混合的多属性决策问题。

这类决策问题的属性集中既包括定性属性又包括定量属性。例如, 方案在有些属性上的决策信息是具体的数值, 而在有些属性上决策者给出的是方案的排序(序数值)或语言评价值(语言变量)。通常, 定性属性与定量属性的概念和意义不同, 一般不具有可比性。如何综合考虑定性数据与定量数据使方案的排序结果科学、合理是一项值得研究的课题。

(5) 具有不完全信息的多属性决策问题。

在多属性决策问题的解决过程中, 决策者可以给出自己的偏好信息, 这种偏好信息包括方案排序的偏好信息和属性优先顺序或属性权重大小的偏好信息。有时决策者不能完全给出关于方案或属性的偏好信息, 这样, 决策方案的排序结果不一定可靠。如何既满足决策者的偏好又科学合理地给出决策方案的排序结果是摆在我们面前的一个复杂问题。

(6) 多属性决策问题的灵敏度分析。

由于人们对客观事物的认识具有一定的片面性和局部性, 同时, 由于客观事物本身随着时间的推移而变化, 人们所获得的决策信息不一定可靠, 可能会出现偏差, 因此由获得的决策信息所确定的属性权重也不一定可信。这样, 决策者需要了解决策信息的变化对方案的排序结果的影响(包括最优方案是否变化), 即决策结果的稳定性, 因此, 关于方案的排序, 针对决策信息(属性值和权重)进行灵敏度分析是十分必要的——可以使决策者及时根据实际情况的变化来调整行动方案。有时, 决策者也可能根据实际需要调整决策信息, 以使方案的排序结果满足他的偏好。

1.3 多属性决策的研究现状

决策科学的发展最初与属性和主观概率密切联系在一起。1931年拉姆西(Ramsay)把决策论建立在属性和主观概率的基础上,开始了决策理论的研究(Ramsay 1931)。1944年冯·诺依曼(Von Neumann)和摩根斯坦(Morgenstern)建立了在不确定情况下制定决策的现代属性理论(Von Neumann, Morgenstern 1944)。20世纪50年代初,瓦尔德(Wald)和赛维齐(Savage)分别研究了统计决策问题,发表了专著(Wald 1950)并提出了相应的公理体系(Savage 1954)。20世纪60年代初, Schlaifer 研究了贝叶斯决策理论(Raiffa, Schlaifer 1961),进一步发展了统计决策理论。1966年 Howard 在论文中提出了决策分析的概念(Howard 1966)。与此同时,很多学者从不同角度(心理和行为)研究了决策理论(Simon 1957)。

20世纪60年代以来,决策理论在实际问题中的应用逐渐广泛起来(Charnes, Cooper 1961; Charnes 1968; Dalkey 1969; Dawes 1964)。进入20世纪70年代以后,多目标决策、群决策、序贯决策、模糊决策以及决策支持系统成为人们研究的重点。关于多属性决策问题的研究已经有了一些成熟的方法,例如,当方案的数目太多时用于筛选方案的优选法(Calpine, Golding 1976)、连接法(Dawes 1964)和分离法(Dawes 1964),用于确定属性权重的最小平方法(Chu, Kalaba, Springarn 1979)和本征向量法(Satty 1977),用于方案排序的最常用的简单加性加权法(杨自厚,李宝泽 1989;宣家骥 1989)和层次加性加权法(Satty 1980),按属性权重大小选择方案的字典式法(Luce 1956),基于理想解概念的TOPSIS(逼近于理想解的排序方法)(Hwang, Yoon 1981)和LIN-MAP法(多维偏好分析的线性规划方法)(Srinivasan, Shocker

1973), 此外还有基于估计相对位置的方案排队法 (Navarrete, Fukushima, Mine 1979)、线性分配法 (Bernado, Blin 1977)、ELECTRE 法 (Roy 1971, 1973, 1977; Duckstein, Gershon 1983)(Elimination at Choice Translating Reality)。

20 世纪 90 年代以来, 复杂多属性决策问题是人们研究的重要课题。以下几个方面成为复杂多属性决策问题主要研究方向(樊治平 1996)。

(1) 关于有时序多属性决策问题的研究。

关于这类多属性决策问题的研究并不多见(樊治平, 肖四汉 1993a, 1993b, 1995), 但已引起了重视(肖新平, 李为政 1995; 杨益民 1997a, 1997b; 王应明 1997)。樊治平与肖四汉 (1993a, 1993b, 1995)分别给出了有时序多指标决策的理想矩阵法、二阶段法和关联分析方法。在此基础上, 肖新平与李为政 (1995) 给出了该问题的灵敏度分析, 杨益民(1997a)提出满意度矩阵法, 王应明 (1997)提出了理想点决策方法, 杨益民(1997b)提出了新关联分析法, 查金茂(1996)、史晓新与夏军(1997)、史晓新与王姚敏(1997)分别从灰色系统理论角度对该问题进行了研究并将其应用于实际问题。

(2)关于不确定性多属性决策问题的研究。

这类问题中, 关于方案选择的模糊数排序问题的研究较为普遍 (Buckley, Chanas 1989; Chen 1985; Campos Ibanez, Gozalez Munoz 1989; Chang, Chen 1994), 成熟的结果有模糊数排序的快速排序方法 (Buckley, Chanas 1989)、最大最小集合方法 (Chen 1985)、主观排序方法 (Campos Ibanez, Gozalez Munoz 1989)和乐观指标法 (Kim, Park 1990)等, 采用人工神经网络对模糊数自动排序的方法 (Requena, Delgado, Verdegay 1994), 模糊环境下产品选择的证据组合算法 (Korvin, Shipley 1993)。具有不确定性区间数的多属性决策问题的研究不多见 (Yoon 1989; 樊