

Group Decision Approaches Based
on Rough Sets and Bayesian Theory

基于粗糙集与贝叶斯理论
的群决策方法研究

毕文杰 著

基于粗糙集与贝叶斯 理论的群决策方法研究

毕文杰 著

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于粗糙集与贝叶斯理论的群决策方法研究/毕文杰著. —长沙:
中南大学出版社, 2009

ISBN 978-7-81105-924-3

I. 基... II. 毕... III. ①粗糙集-应用-群体-决策学-研究②贝叶斯推断-应用-群体-决策学-研究 IV. C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 096744 号

基于粗糙集与贝叶斯
理论的群决策方法研究

毕文杰 著

☐责任编辑 陈应征

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 湖南大学印刷厂

☐开 本 850 × 1168 1/32 ☐印张 6 ☐字数 146 千字

☐版 次 2009 年 6 月第 1 版 ☐2009 年 6 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-924-3

☐定 价 20.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

“管理就是决策”，诺贝尔经济学奖得主西蒙的著名论断揭示了决策在管理活动中的重要地位。一方面，随着决策问题的日益复杂，以及人们对决策民主性和科学性要求的不断提高，目前，群体决策已成为政府、企业等进行重大决策的主要方式。另一方面，在信息爆炸的今天，决策者面临的是大量动态、不确定、随机、模糊的甚至是有噪声的信息。因此，研究不确定信息的群体决策问题显得十分必要和紧迫。

信息的不确定性一般包括三种类型，即信息的粗糙性、模糊性和随机性。现有的不确定信息决策分析主要集中在模糊信息多属性决策及群决策方法的研究，对偏好信息具有粗糙性及随机性的群决策问题研究十分不够。而现实生活中的产品研发、信用评价、投资方案评估、竞争力评价等群决策问题中都存在大量具有粗糙性和随机性的信息需要集结。本书的目的是在粗糙集和贝叶斯理论基础上，对这两类不确定信息的多属性群决策问题进行深入探讨，以完善不确定信息群决策研究。全书共分为 8 章，具体内容安排如下：

第 1 章论述了本书的研究背景，思路和结构安排；第 2 章对国内外不确定信息群决策方面的研究进行了总结和评述；第 3 章和第 4 章在粗糙集的基础上，探讨了群体分类和分级决策问题；第 5 章和第 6 章研究了基于贝叶斯理论的随机信息多属性群决策方法。第 7 章介绍了本书所提出的群决策方法在矿产资源竞争力评价方面的应用。第 8 章为结论与展望。

本书作者特别感谢博士生导师陈晓红教授多年的精心指导，以及国家自然科学基金重点项目组成员的帮助；感谢中南大学出版社的大力支持，感谢陈应征编辑对本书提出的宝贵意见。

本书的出版得到了国家自然科学基金重点项目(70631004)、湖南省自然科学基金项目(09JJ3130)、湖南省社科基金项目(08YBA022)的资助，作者在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请专家、读者批评指正。

作者

2009年3月15日

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 研究背景	(2)
1.3 研究目的与意义	(6)
1.4 研究内容	(8)
1.5 本书研究的主要创新点	(11)
第2章 相关研究评述	(13)
2.1 引言	(13)
2.2 不确定理论与不确定信息决策方法	(15)
2.3 基于粗糙集的多属性决策与群决策研究现状 ...	(17)
2.3.1 基于粗糙集的多属性决策方法	(17)
2.3.2 基于粗糙集的群决策方法	(20)
2.4 随机多属性群决策方法研究进展	(22)
2.5 贝叶斯决策理论与方法研究进展	(25)
2.6 复杂大群体决策方法研究进展	(29)
2.7 本章小结	(30)
第3章 基于可变精度粗糙集的群体分类决策方法	(32)
3.1 引言	(32)
3.2 可变精度粗糙集与多决策表分析	(33)

3.2.1	可变精度粗糙集	(33)
3.2.2	分类模式	(34)
3.2.3	基于粗糙关系函数的可变精度粗糙集	(36)
3.2.4	多决策表分析	(37)
3.3	群体分类决策步骤	(42)
3.4	算例分析与方法比较	(43)
3.4.1	算例分析	(43)
3.4.2	与规则合并方法的比较	(49)
3.5	本章小结	(50)

第4章 基于扩展优势关系粗糙集的群体分级决策方法

		(52)
4.1	引言	(52)
4.2	基于优势关系的粗糙集模型	(55)
4.3	面向群决策的扩展优势关系粗糙集	(57)
4.4	群体分级决策步骤	(62)
4.5	实例分析与方法比较	(63)
4.5.1	实例分析	(63)
4.5.2	方法比较	(66)
4.6	本章小结	(69)

第5章 群体随机偏好信息的贝叶斯集结与蒙特卡洛模拟

	方法	(70)
5.1	引言	(70)
5.2	问题描述及符号说明	(71)
5.3	基于贝叶斯理论的分布集结模型	(72)
5.4	基于随机模拟的多属性决策方案排序	(77)
5.4.1	属性权重的表述和集结	(77)

5.4.2 基于模拟的方案排序方法	(80)
5.5 随机偏好多属性群决策步骤	(83)
5.6 实例分析与方法比较	(84)
5.6.1 实例分析	(84)
5.6.2 方法比较	(89)
5.7 本章小结	(90)
第6章 大群体决策中随机信息判断矩阵的贝叶斯集结方法	(92)
6.1 引言	(92)
6.2 问题描述	(93)
6.3 基于贝叶斯理论的群体偏好集结方法	(95)
6.3.1 确定性偏好的贝叶斯后验分布	(95)
6.3.2 随机偏好后验分布的 Gibbs 抽样方法	(96)
6.4 异构大群体的划分	(100)
6.4.1 $P. \alpha$ 问题子群体划分算法	(101)
6.4.2 $P. \gamma$ 问题子群体划分算法	(102)
6.4.3 基于偏好相似程度的划分算法	(102)
6.5 随机偏好大群体决策方法与步骤	(105)
6.6 实例分析与方法比较	(105)
6.6.1 实例分析	(105)
6.6.2 方法比较	(112)
6.7 本章小结	(115)
第7章 实证研究：矿产资源竞争力评价群体决策	(116)
7.1 引言	(117)
7.2 问题背景	(117)
7.3 矿产资源竞争力评价方法及步骤	(119)

7.4 矿产资源竞争力评价群体决策过程	(121)
7.4.1 矿产资源竞争力评价指标体系的建立	(121)
7.4.2 指标权重确定	(123)
7.4.3 矿产资源竞争力评价及排序	(128)
7.4.4 结果分析与方法比较	(141)
7.5 本章小结	(142)
第8章 结论与展望	(143)
8.1 研究总结	(143)
8.2 研究展望	(145)
附录 A 矿产资源竞争力评价指标权重调查问卷	(147)
附录 B Matlab 计算程序	(150)
参考文献	(166)

第1章 绪论

1.1 引言

群决策是决策分析领域的一个重要分支,随着社会的发展和科技的进步,人们面临的问题越来越复杂,涉及的领域越来越多,许多问题已无法由个体进行决策,必须依靠群体的智慧才可能完成。因此,对群体决策的研究受到普遍关注,一直是决策分析研究的前沿。尽管多年来人们在群体决策领域中的研究取得了丰硕的成果,但由于群体决策具有问题复杂、决策者多、问题处理非结构化、处理方法集成化以及方案的不可实验性等特点,使得群体决策问题尚未形成完整的框架体系。群体决策的很多方面都需要进一步的研究和丰富。

自 Arrow 提出不可能性理论以来,经过几十年的研究和发 展,基于序数和基数偏好的确定性群决策问题,已经形成了成熟的理论和方法,积累了丰富的研究成果。然而,随着决策问题的复杂性不断增加,决策者由于时间压力、认知水平及环境的不确定性等原因,往往难以准确表达自己的偏好信息,所以,近年来,不确定信息的决策问题和群决策问题引起了学术界的兴趣,成为研究的热点^[1]。

按国内学者刘宝碇^[2]对不确定性的定义和分类,不确定性指客观事物联系和发展过程中无序的、或然的、模糊的、近似的属性,其表现形式是信息的随机性、模糊性、粗糙性及多重不确定

性。其中粗糙性是由于人们对客观事物缺乏分辨力产生的,其特点是,信息有一个部分肯定、部分可能的非精确范围;模糊性是指事物类属的不确定性,即事物所呈现的“似是而非”的特性;随机性是指事物各种可能发生的结果的不确定性。现有的不确定性决策研究主要集中在对模糊信息多属性决策及群决策方法的研究,对决策信息存在粗糙性以及随机性的多属性群决策问题研究十分不够。而现实中的产品研发、信用评估、战略规划方案评估、投资方案评价等决策中存在大量粗糙信息和随机信息的集结问题需要解决。所以,通过对这两类不确定偏好信息的研究,提出一系列相应的群决策理论和方法,不仅可以充实和完善不确定性决策理论,而且可以为群体决策提供实用的方法指导。

1.2 研究背景

本书的研究内容来自两方面:一是理论和方法研究是国家自然科学基金重点资助课题“面向复杂大群体的群决策与支持平台”的一部分。该课题包括了对大群体决策行为、复杂大群体决策理论与方法、网络环境下群体决策支持平台及群体协调机制等研究内容。其基本理论和方法是建立在课题组多年来在层次模型理论^[3]、决策支持系统开发平台^{[4][5]}、不完全信息决策理论与方法^[6]以及大群体决策方法的研究基础之上的。作为一个新的研究领域,课题前期的研究对复杂大群体给出了基本界定^[7]:复杂指决策问题存在不确定性,即决策者的偏好信息存在粗糙性、模糊性和随机性;大群体一般指参与人数在 20 人以上的决策群体,且决策者的偏好可能存在分歧,群体中可能包含多个代表不同利益、偏好一致的子群体。这些界定和假设是本书研究的基本假设。另一方面,本书实证研究的内容来自“十一五”国家科技支撑计划重点项目“大型金属矿产基地资源综合利用关键技术研究”

的子课题“大型金属资源基地可持续发展潜力分析及科技支撑体系研究”。该子课题中一个重要内容是对五大金属资源基地的矿产资源竞争力进行评价,因此需要制定矿产资源竞争力评价指标体系,然后确定各指标的权重,最后确定各指标评价等级,并根据专家打分和统计数据评估各基地的矿产资源竞争力。考虑到专家所提供偏好信息的不确定性,本书应用所提出的一系列不确定信息群决策方法对金属资源基地矿产资源竞争力评价的群决策过程进行了案例分析,并与现有的评价方法进行了定量比较。

在投票机制和社会选择理论提出后,群决策理论和方法一直是经济学和管理决策领域研究的重点。群决策方法研究的主要内容是决策者偏好信息的描述与集结。在偏好信息的表达方面,传统的方法有序数形式、效用函数、互反判断矩阵、互补判断矩阵等,粗糙集提出后,决策表也成为一种主要的偏好信息描述方式。偏好信息分确定信息和不确定信息,确定信息如整数序数、AHP 两两比较矩阵的 1-9 标度值,效用函数值等。不确定信息主要包括粗糙信息、模糊信息和随机信息。三种不确定信息的产生的原因和处理的方式是不同的,信息的随机性的含义是指决策问题各种可能发生的结果的不确定性,是由于因果律的亏缺而产生的,处理随机性主要用数理统计中的概率/分布函数方法;模糊性是指事物类属的不确定性,即事物所呈现的“亦是亦非”或“似是而非”的特性,主要是由于排中律的破坏而产生的,是清晰性的反面,描述模糊性的是隶属度函数;粗糙性是知识存在粒度而产生的,是精确性的对立面,其特点是,现象有一个部分肯定、部分可能的非精确范围,粗糙性信息主要用粗糙集合研究,用上、下近似来刻画分辨率不确定性的数量大小。

确定性信息的群决策问题已经形成了较为成熟的理论和方法^[8]。自 Zadeh 提出模糊集以来,基于不确定信息的决策问题和群决策问题也迅速成为理论研究热点^[9]。现在不确定信息群决

策方法的研究中最多的是基于模糊信息的偏好集结方法,如三角模糊数、梯形模糊数、语言值、直觉模糊数的群决策方法等。而对于不确定偏好信息的另外两类问题,即基于粗糙信息和随机信息的多属性群决策问题国内外研究还很少。

在群决策过程中,信息的粗糙性主要由知识的粒度和决策者对事物缺乏分辨能力引起。一方面当连续信息在离散化时,由于原来属性值不同的两个对象可能有了相同的离散值,从而形成了更粗粒度的信息;另一方面是决策者在做对象分类(或分级)时,由于信息的粒度、认知的偏差或者犹豫,可能存在不一致的情况。这种不一致性分两类,第一类是由于不可分辨关系引起的不一致性,即两个决策方案属性值(条件属性)完全一样,但被决策者分到不同类型中(决策属性不同);第二类是由于违背 Pareto 规则引起的不一致性,即决策方案 A 的所有属性值都不劣于方案 B,却被决策者分到了比 B 更低一级的类别中。按 Greco 的观点^[10],这两类具有粗糙性的偏好信息,不能简单认为是决策过程中的错误或噪音,将其忽略,其中往往包含了重要的决策信息,应该在群体决策时将其考虑进去。处理这类具有粗糙性偏好信息的数学工具是由 Pawlak 提出的粗糙集^[11]。经典的粗糙集在处理分类决策方面比较有优势,但在处理存在噪音和偏好关系的多属性决策方面缺乏有效方法,所以,不同学者对其进行了各种扩展。其中, Ziarko 提出的可变精度^[12]和 Greco 提出的优势关系粗糙集影响最广^[10]。目前,基于扩展粗糙集多属性决策取得了一些成果,但基于粗糙集的群决策理论和方法正处于探索阶段。现有的一些基于粗糙集群决策方法主要是结合其他多属性决策方法,如 AHP、语言判断矩阵等^[13~15],粗糙集只是在群决策中辅助确定专家权重或约简属性,未体现粗糙集基于集合的观点处理群决策问题的优势。因此,如何从信息的粗糙性特点出发,扩展决策表的形式及上下近似的概念,并在此基础上提出处理群决策问

题的方法,是一个值得深入研究的问题。

群决策中偏好信息的随机性一般是由外部环境的不确定性造成的。如在投资决策中,由于对可能产生的结果无法准确预知,所以决策者难以给出确定偏好信息,而是用概率或分布函数(即随机变量)来描述决策后果、效用值、属性值或方案两两比较值。在随机信息群决策方面,传统的方法主要是基于期望效用理论的^{[16][17]},但基于效用理论的群决策方法在实用方面一直没有得到推广,其主要原因有三点:一是决策者不能精确地描述自己对某个不确定后果的效用,即很难给出效用函数的解析表达式;二是对属性效用函数需要确定属性权重及决策者权重相关的很多参数,如何确定这些参数的值一直是实际决策的难题;三是人际间的效用存在不可比性,且效用理论存在一些悖论,无法解释实际决策中的一些现象。

另一种求解随机信息多属性决策问题的方法是基于随机模拟的方法,即 Monte Carlo 模拟方法^{[18][19]}。随机模拟的优势在于它可以给出偏好信息的统计解释,便于决策者分析和判断,但随机模拟往往每个方法针对一个具体问题,且大多假设已知决策方案的属性分布函数,缺乏通用性。总之,与基于模糊集的一些通用集结算子不同,基于随机偏好信息的群决策问题一直缺乏比较通用的偏好信息集结方法。

近年来,贝叶斯理论和随机模拟方法,尤其是与 MCMC (Markov 链 Monte Carlo) 方法^[20]的结合成为学术界新的研究热点,并可望为随机信息多属性群决策问题提供一个较为通用的模型。贝叶斯决策理论一直是主观概率和信念集结领域比较成熟的一种方法,应用广泛,以前未能在群决策问题中得到充分应用,主要原因是多元贝叶斯分析往往涉及多重积分,计算复杂度高。而 MCMC 在计算多维积分和多元贝叶斯后验分布抽样方面有独特优势。随着 MCMC 方法的推广,贝叶斯方法在多属性决策领域

越来越多地引起了学者的重视。一方面,贝叶斯方法符合决策者的习惯和人们认识问题的规律,另一方面,贝叶斯方法概念清晰,推导过程规范。因此,基于贝叶斯理论的多属性决策方法和群决策方法,尤其是结合 MCMC 方法的贝叶斯偏好集结方法的研究是一个非常值得研究的方向。

此外,随着互联网的发展,人们参与公共管理事务日益频繁,国外有学者(如 Moreno - Jimenez)提出了 E - Democracy 的概念和模式^[21],很快引起了学术界和政府部门的兴趣。E - Democracy 的核心问题是让公众参与到市政建设、环境保护、施政方案评价等政府决策事务中去。我国香港政府施政方案的网上意见征集,以及国内一些行业改革方案(如医保)广泛咨询各阶层的意见都显示出 E - Democracy 的良好前景。E - Democracy 在实施方面最大的问题就是如何提供一个方便、科学的异构(不同利益群体的参与者)大群体(数量不定)的决策平台和方法,让民众可以很好地表达偏好信息,让决策者可以更好地集结民众意见,分析方案优劣,做出更民主、更科学的决策。所以,本研究拟进一步将随机多属性决策的理论方法扩展到复杂大群决策问题求解,为互联网时代的民主决策提供一些可供操作的工具和方法。

正是在这些背景下,本书以两类不确定偏好信息:粗糙信息和随机信息的多属性群决策问题为研究内容,既切入了国内外该领域的前沿的热门课题,又与实际群决策迫切需要解决的问题相一致,既可以丰富和完善不确定信息群决策理论和方法,又可以为复杂问题的群体决策提供更实用和方便的工具,因此,本书的研究具有重要的理论和现实意义。

1.3 研究目的与意义

- (1) 丰富和完善不确定信息群决策理论和方法。

偏好信息具有粗糙性和随机性的多属性群决策问题是不确定信息决策中非常重要的两类问题,本书将系统研究这两类问题偏好信息获取、集结和方案选优的一般形式,提出一类既有理论基础又具易用性的群决策方法,旨在丰富和完善不确定信息群决策的理论和方法。

(2) 提高复杂群体决策方法的实用性和灵活性。

在深入分析国内外相关文献的基础上,用粗糙集的概念构建群体分类和分级决策方法,处理粗糙信息信息描述和集结问题。该方法用决策样例(决策表)获取决策者偏好信息,较传统方法,决策者更易于理解和接受。对于随机信息群决策问题,在贝叶斯理论的框架下,运用蒙特卡洛模拟等方法计算群体随机偏好和实现方案排序。由于贝叶斯集结方法用专家信息做观测值,更新决策者的先验知识为后验知识,这种方式很符合国内群决策中先民主后集中的决策模式,所以这类方法将具有良好的实用性和灵活性。

(3) 为不确定偏好大群体决策问题提供可操作的方法。

针对大群体决策可能存在偏好不确定、群体一致性程度差等情况,提出基于贝叶斯理论的大群体不确定偏好集结方法和子群体划分算法,为互联网时代出现的 E - Democracy 提供一种可操作的工具和方法。

(4) 提供求解不确定性多属性偏好集结的方法和算法。

针对不确定性偏好信息的特点,构建多种不确定性偏好集结的求解方法和算法,如方差已知和未知条件下的随机偏好 Bayes 集结算法;包含均匀分布(区间值)判断矩阵集结的 Gibbs 抽样算法;随机多属性的方案排序算法等。所有算法在 Matlab2007 环境下编制相应函数或文件,并通过实例模拟计算验证了其有效性和合理性。

本研究具有重要理论和实际意义。在理论上,综合运用可变精度粗糙集、扩展优势关系粗糙集、主观概率理论、贝叶斯决策

理论、蒙特卡洛模拟技术等多学科知识,对粗糙多属性群决策、随机多属性群决策和大群体决策问题的理论和方法进行系统研究,可以丰富和完善不确定多属性群决策的理论和方法。在实际应用上,本书将系统提出粗糙信息群决策和随机多属性群决策的偏好获取、集结、结果分析等整套方法,能够为政府、企业提供更具操作性的不确定环境下群体决策方法;研究得到的一些具有实际应用价值的研究成果,可以为政府、企业等组织决策的科学性、合理性和有效性提供有力的数量分析和方法支持。最后本书将提出的随机偏好多属性群决策方法应用到矿产资源竞争力的评价,既验证了所提出方法的可行性,又为该类问题的求解提供了一种可借鉴和使用的群体决策方法和工具。

1.4 研究内容

综上所述,本书主要研究和拟解决的问题是:

如何处理多个决策表中存在的分类误差?如何集结多个决策表中的分类信息进而得到群体分类决策的决策规则?

如何处理属性值有偏好关系,决策者存在偏好不一致的群体分级决策问题?

如何处理属性权重和属性值都为随机变量的群体偏好信息集结和方案排序问题?

如何处理判断矩阵中偏好信息为随机变量的大群体决策问题?

本书的研究思路和研究框架如图 1-1 所示。

各章主要内容如下:

第 1 章 绪论,概括说明本书的研究背景、目的和意义,并在此基础上指出本文的研究内容、结构安排及创新点。

第 2 章 文献评述,本章主要综合回顾不确定信息决策理论