



系统评估、预测、决策与优化研究论丛

群决策信息分析 及集结模型研究

朱建军 著



科学出版社

系统评估、预测、决策与优化研究论丛

群决策信息分析及集结模型研究

朱建军 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书研究群体决策中多类型偏好信息的一致性分析及集结决策模型,主要包括基于互反判断矩阵和互补判断矩阵的一致性检验、改进及权重排序方法,互反判断矩阵和互补判断矩阵的集结模型,基于信息联动角度的判断矩阵和决策矩阵的集结模型,二维混合决策矩阵及其信息集结模型,基于证据推理的不完全决策矩阵的信息集结模型。

本书可作为决策管理人员的工具书,以及管理科学、系统工程、运筹学、信息科学等专业领域高年级本科生、研究生、教师、研究人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

群决策信息分析及集结模型研究/朱建军著. —北京:科学出版社,2012

(系统评估、预测、决策与优化研究论丛)

ISBN 978-7-03-033689-7

I. ①群… II. ①朱… III. ①判断矩阵-研究 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 036733 号

责任编辑:赵静荣 林 建 / 责任校对:郑金红

责任印制:张克忠 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 4 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2012 年 4 月第一次印刷 印张:9 1/2

字数:190 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

在市场竞争日益激烈的今天，企业与个人都经常面临着复杂的决策问题，这时，不仅需要快速作出决策，而且需要解决决策过程中由多种不确定性所带来的困难。开展决策分析的理论与方法研究，不仅对管理科学的发展具有重大的理论意义，而且对解决许多复杂决策问题也有重要的现实意义。

决策成为学术界普遍认可的专门研究领域始于 20 世纪 50 年代的统计决策理论，L. J. Savage、Abraham Wald、R. A. Fisher 等学者是决策领域具有代表性的科学家。1966 年，Howard 在第 4 届国际运筹学会议上首次提出“决策分析”的概念，决策分析即成为决策科学研究的代名词。我国对决策分析方法的研究始于 20 世纪 70 年代末，魏权龄发表的《多目标规划的稳定性》、顾基发发表的《多目标决策问题》、吴沧浦发表的《多指标动态规划》等都是代表性学术论文。20 世纪 80 年代起，我国决策分析研究人员开始撰写专著和教材，如 1987 年科学出版社出版了陈廷的《决策分析》，1989 年湖南科技出版社出版了宣家骥的《多目标决策》等。这些成果对我国决策理论的研究起到了重要的奠基作用。

随着人类社会活动的日益复杂，实际问题研究过程中涉及的系统越来越庞大和复杂，系统不确定性特点表现得越发突出，经典的确定性描述方法显得无能为力。经过众多学者多年的研究，模糊数学、灰色系统、未确知数学、粗糙集等不确定性数学理论得到发展，其在决策领域的应用也促使决策理论研究不断完善。不确定性数学伴随着不确定性决策理论的成长，在复杂决策环境下，多种不确定性数学理论的综合集成应用将成为解决复杂问题的突破口。

决策问题的不确定性和复杂性特点推动群体决策方式的广泛应用，最早的群体决策研究可追溯到中世纪的社会选择理论。诺贝尔经济学奖获得者 K. J. Arrow 提出了著名的不可能性定理，标志着现代社会选择理论的形成，这一结果成为群体决策研究的经典结论。1975 年，群体决策作为一个明确的概念被 Bacharach 和 Keeney 提出，之后得到了学术界的广泛重视。近年来，国内外百余位研究人员把群决策理论作为学术主攻方向，在偏好理论、群体效用理论、社会选择理论、委员会决策理论、投票理论、一般对策论、专家评估分析、量化因子集结、随机性和模糊群体决策理论、经济均衡理论，以及群决策支持系统等方面取得了研究进展。由于问题的复杂性特点，群体决策理论和方法的研究还没有形成一个统一而严密的体系，重点研究问题可概括为如下几个方面：群体决策的动态过程研究；群体决策的组织理论研究；群体成员间的交流与影响问题；偏

好集结规则选择和集结模型的建立；群体决策中的策略行为；群决策支持系统平台的开发和应用研究等。

由于复杂决策问题涉及的评估因素众多、决策者对事物的认识存在差异、决策过程受到内外部环境的影响，因而群决策过程中往往难以有效集结群体的决策信息，导致决策意见分散，甚至评价结论截然相反，严重影响决策进程，贻误“战机”。此外，随着通信与计算机技术相结合的智能决策支持系统的发展，开放的综合集成研讨体系迫切需要提高群决策技术的实用性和灵活性。因此，如何科学有效地集结决策群体的各类决策信息，成为群决策中亟须解决的问题。

本书聚焦于群体决策过程的信息集结研究，针对常用的判断矩阵和决策矩阵等决策信息，在决策信息一致性分析、群体信息质量分析等基础上，研究信息的集结决策模型。本书第1章回顾相关领域的研究进展，第2章和第3章分别研究互反判断矩阵和互补判断矩阵的一致性及其决策方法；第4章研究互反判断矩阵和互补判断矩阵的集结模型；第5章研究判断矩阵和决策矩阵的集结模型；第6章提出一类混合决策矩阵的决策模型；第7章研究基于不完全决策矩阵的证据推理与决策模型。

本书融合了作者的博士学位论文、博士后研究报告和所指导研究小组的最新研究成果，胡宏宇、田飞、张丽丽和张彩芬对本书的撰写和编校做了许多工作。本书得到国家自然科学基金（70701017、71171112）、南京航空航天大学基本科研业务费专项科研基金（NS2010209）、江苏省高校哲学社会科学基金（09SJD880033）和南京航空航天大学出版基金（NR2011045）的资助。本书的出版得到南京航空航天大学刘思峰教授的热情鼓励和大力帮助。借此书出版之际，作者特此表示由衷的感谢。

本书可以作为决策管理人员的工具书，也可作为管理科学、系统工程、运筹学等领域的研究人员和工程技术人员的参考书。

由于作者的学术水平和能力有限，书中难免存在学术误解甚至错误，恳请读者不吝批评指正。

朱建军

2012年1月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 背景和研究目的	1
1.2 国内外研究现状概述	2
1.3 本书内容章节安排	10
第 2 章 互反判断矩阵的一致性分析及权重模型	11
2.1 引言	11
2.2 互反判断矩阵的次序一致性改进研究	12
2.3 互反判断矩阵的基本一致性改进研究	16
2.4 互反判断矩阵的灵敏度分析方法	27
2.5 不完全互反判断矩阵的一致性分析	30
2.6 不完全互反判断矩阵的权重求解方法	32
2.7 本章小结	37
第 3 章 互补判断矩阵的一致性分析及权重模型	39
3.1 引言	39
3.2 互补判断矩阵的次序一致性改进研究	40
3.3 互补判断矩阵的满意一致性改进研究	41
3.4 互补判断矩阵的互反转换特性研究	44
3.5 区间数互补判断矩阵的一致性改进研究	48
3.6 区间数互补判断矩阵的排序及集结方法	53
3.7 本章小结	55
第 4 章 互反判断矩阵和互补判断矩阵的集结模型	57
4.1 引言	57
4.2 四类不确定性判断矩阵的集结模型	57
4.3 三端点语言判断偏好和互补偏好信息的集结模型	62
4.4 本章小结	71
第 5 章 判断矩阵和决策矩阵的集结决策模型	72
5.1 引言	72
5.2 基于区间数判断矩阵和决策矩阵的模糊决策分析	73
5.3 基于多判断矩阵和决策矩阵的集结决策模型	78

5.4	基于贝叶斯网络推理的双重信息集结决策模型	85
5.5	基于决策矩阵的实时决策信息集结决策模型	93
5.6	本章小结	103
第6章	二维混合决策矩阵的集结决策模型	104
6.1	引言	104
6.2	二维混合决策矩阵的集结模型	104
6.3	多阶段二维混合决策矩阵的集结模型	112
6.4	本章小结	118
第7章	冲突指标情境下决策矩阵的证据推理集结模型	119
7.1	引言	119
7.2	冲突指标情景下相异决策矩阵的证据推理模型	120
7.3	冲突指标情景下相同决策矩阵的证据推理模型	127
7.4	本章小结	135
参考文献		136

第 1 章 绪 论

1.1 背景和研究目的

决策是人们对事物的评价与选择，其相关理论方法建立在人类认识活动的基础之上，反映了人们分析和处理事物的思辨过程。因此，决策常常依赖于决策者的判断信息，常见的形式有判断矩阵和决策矩阵。由于决策环境的不确定性，决策者往往采用区间数、模糊数和语言变量等不确定性形式来表达判断和决策信息。

科学管理的创始人之一、著名经济学家 H. A. Simon 提出“管理就是决策”，决策是人们为了达到某种目的或完成某种任务而进行的有意识、有选择的行动过程。随着社会的发展、科学技术的进步，知识和信息量大大增加，多个决策者参与的群决策情况越来越多。近年来，决策呈现如下三个方面复杂性特点：

(1) 决策信息的不确定性。辩证地讲，不确定性是绝对的，确定性是相对的。决策群体总是在复杂的、动态的决策空间对事物进行认知、预测和判断，即使是确定性的决策信息，也不可避免地含有某种不确定性的特点。在很多情况下，用不确定形式来表达的决策信息更贴切、操作性更强，更易得到决策者的认可和使用。

(2) 决策信息的异构性。Internet 技术的广泛应用使众多决策者参与复杂问题的决策成为可能，由于各决策者在社会文化背景、生活阅历、工作经验、心理素质、判断水平、外部环境和个人偏好等方面的差异，不同决策者对同一决策问题，即使在同一时空也可能给出不同形式的决策信息。同时，由于决策信息的不完全性和不对称性、决策对象结构的复杂性等特点，决策者往往给出多种结构形式的不确定性偏好。

(3) 决策过程的动态特性。决策者对客观事物的认识遵循由浅入深的规律，而事物也处于不断发展变化之中，决策过程中应采用全面、联系、运动的观点看问题。此外，决策者往往需要研究决策问题的多个阶段特点以进行综合评估，例如，项目后评价中需要结合项目的预可行性研究、可行性研究、方案设计、工程研制等多个阶段的信息。

由于复杂决策问题涉及众多评估因素、决策者对事物的认识不尽相同、决策者通过多元的渠道获得各种差异信息等，导致群决策过程中往往难以有效集结群体的决策信息。因此，如何科学有效地集结决策群体的多种异构决策信息，成为

亟须解决的问题。在现有研究基础上,本书主要研究基于判断矩阵和决策矩阵的决策方法及群体信息的集结问题。

1.2 国内外研究现状概述

1.2.1 多属性决策方法研究概述

多属性决策作为决策分析问题中的重要组成部分,在实际生活中广泛存在。例如,购买房子需要综合考虑房子的价格、面积、层位、位置和周边环境等多种因素;在虚拟企业的组织过程中,盟主必须在综合考虑核心装备、产品报价、生产能力、管理水平、商务信誉、财务信誉、企业文化等指标的基础上从备选企业中选择最佳的合作伙伴^[1-4]。

根据决策者提供信息的环节和充分程度不同,常将多属性决策分成三类^[5],即无偏好信息决策、有属性偏好信息决策和给定方案之间偏好信息决策。在有属性偏好信息决策中,已知属性权重基数信息的决策应用最为广泛,形成了线性分配法、简单加权法、层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)、TOPSIS法、ELECTRE法、PROMETHEE法等经典决策方法。线性分配法要求的基本信息是属性的权重和每个属性下方案的优先次序,其基本思想是:若某方案在较多的属性方面排在前面,那么总体上排在前面的可能性就大。简单加权法建立在多属性效用理论基础,以属性值的加权和为选择依据。AHP^[6-7]把复杂问题分解为各个组成因素,并将这些因素按支配关系构成递阶层次结构,通过成对比较方式确定同一层次中各因素的重要性(形成判断矩阵),然后综合决策者的判断,确定备选方案的相对重要性总排序。TOPSIS法^[8]首先规范多属性决策问题的决策矩阵,然后计算每一个方案与正理想点、负理想点之间的加权距离,以最接近正理想点,同时又远离负理想点的方案作为最优方案。ELECTRE法^[9]根据某种指标构造各方案之间的“级别高于”关系,淘汰部分级别较低的方案,决策者愿意承担某种风险的态度决定着方案的淘汰和选择。PROMETHEE法^[10]是另一种“级别高于”方法,与ELECTRE方法相似,通过扩展属性的思想来构造“级别高于”关系,能比较方便地确定方案集上的偏序和全序关系。此后,研究人员又提出了基于人工智能技术、神经网络、遗传算法和粗糙集理论的多属性决策方法,如文献[11]提出了基于规则的分类模型;文献[12]提出了基于粗糙集理论的多属性分类方法;文献[13]提出了用证据推理理论来处理不确定性混合多属性决策问题的方法;文献[14]将决策者的偏好信息用知识表示出来,并结合相应的规则知识,自动确定方案之间的优劣关系;文献[15]提出了基于黑板模型的多属性决策模式;文献[16-18]分别提出了基于小波神经网络、遗传神经网络的多属性决策方法;文献[19]与文献[20]等提出了灰靶决策方法,在石

油开发、军事决策、装备状态监测与磨损模式识别等领域得到广泛应用。虽然多属性决策方法得到了快速发展,但是关于各种决策方法优劣的评价研究较少。文献 [21-23] 基于单个评价准则设计实验比较各种方法的优劣,但多属性决策方法的优劣评价需要同时考虑多个准则,如文献 [24] 提出了“精确性、公正性、可靠性、效用性、俭省性、实用性”等准则。若单从某一个准则出发进行比较,则无法体现决策方法的综合效能和优劣。从多属性决策研究来看,有三个问题值得关注:第一,不确定环境下的决策分析方法;第二,决策方法的适用性分析、方法的比较及适用情景需要进一步明确;第三,决策结果的确信度分析,尽管可以通过多种分析方法得到决策建议结果,但是决策的风险依然存在,这是决策分析不可回避的问题。

1.2.2 判断矩阵的一致性及其灵敏度分析

判断矩阵的概念及完整的数学处理来源于层次分析法。从目前来看,这种判断矩阵形式不单限于 AHP 的方法框架,已经成为决策者表达偏好意见的重要形式。一致性是判断矩阵的核心问题,若判断矩阵不具有一致性,则将判断矩阵导出权重作为决策依据的可靠性得不到保证。文献 [25]、文献 [26] 等提出用一致性比例 CR 来检验判断矩阵是否具有一致性,若 $CR \leq 0.1$,则判断矩阵具有满意一致性;否则,该判断矩阵不具有满意一致性。到目前为止,用 CR 来检验判断矩阵的一致性应用最为广泛,但也有学者认为用 0.1 作为临界值缺乏理论依据。文献 [27]、文献 [28] 等提出一种新的一致性检验方法,但均没有给出相应的临界值。文献 [29-31] 提出检验判断矩阵一致性的统计检验方法,其关键在于设计“统计量”,并对“统计量”的分布作出假设。统计检验方法的优点在于临界值的确定有一个客观标准,缺点是需对“统计量”的分布有较强的假设。文献 [32] 通过检查判断矩阵内满足 $a_i > a_j > a_k > a_i$ 和 $a_{ij}a_{jk} \neq a_{ik}$ 条件元素的比例来检验判断矩阵的一致性,该方法需要遍历检查判断矩阵内所有的元素,其临界值的设置也没有充分的理论依据。文献 [33] 与文献 [34] 等通过几何平均法求解权重,并提出了一个新的一致性检验方法,给出了临界值指标,但该方法仅适合于特定的权重求解方法,适用性较差。

尽管不少学者对 Saaty 的一致性指标定义和临界值的设置提出疑议,但均没有提出更合理的检验方法和更具说服力的临界值指标。很多学者(如文献 [35-40]等)就判断矩阵的一致性改进方法进行了研究,他们一般采用数学变换将判断矩阵转变为一致性矩阵,但缺点在于:没有在改进模型中考虑保持决策者的原始判断信息,而对判断矩阵的调整来说,保持决策者原始判断信息至关重要,否则改进方案可能无法反映决策者真正的偏好,导致所得到的结果与实际情况不相符。

判断矩阵的灵敏度分析一般研究两个方面的问题:①当判断矩阵受扰动时的

排序向量及一致性的变化。在决策者进行决策时,往往得不到完全一致的判断矩阵,这个不完全一致的判断矩阵可以看做是完全一致的判断矩阵受到一定扰动而形成的。②在保持原有排序不变的情况下,判断矩阵元素可以变化的范围。如果元素在一定范围内进行变动但排序依然不变,则能使决策者更加确信方案的排序。文献 [42] 与文献 [43] 采用 Hadamard 方法研究判断矩阵受扰动后得到扰动矩阵的排序向量。文献 [44] 对判断矩阵排序的行和归一化方法进行了灵敏度分析,给出了在某个准则下,任意两个方案排序位置不变的情况下判断矩阵中各个元素变化范围的计算公式,公式简单、直接,对于进一步分析判断矩阵权重的稳定性具有重要意义,但所得到的公式仅针对特定的排序方法,适用性较差。文献 [45] 通过 $a_{ij} \rightarrow a_{ij}^\alpha, \alpha \geq 0$ 的变形来研究排序的变化情况。文献 [46] 采用特征值方法解决判断矩阵扰动问题,得到方案保序和反序情况下的元素取值范围。文献 [47] 给出一种灵敏度分析的方法,并提出判断矩阵一致性调整的方法。

基于现有文献的研究成果,可以归纳出解决灵敏度分析的常用思路^[48-51]:

①采用数学手段,分析特征值、特征向量和特征多项式。这类方法需要较强的数学基础,应用复杂。②采用特定的排序方法研究在保持原有排序不变的情况下元素可以变化的范围,如采用几何平均法、列和平均法等。虽然方法简单,但是这些权重方法本身的合理性尚没有得到保证,并且不同的排序方法有不同的计算结果,这是采用这类方法的主要缺点。

1.2.3 判断矩阵的排序方法概述

基于决策者给出的判断矩阵进行方案权重优劣的分析,是基于判断矩阵决策分析的另一关键问题。文献 [52] 对判断矩阵的排序方法进行了综述,大致分为近似计算和最优化排序两大类。近似计算排序方法包括:列和求逆归一化方法、行和归一化方法、和积法、方根法、特征根法、左主特征向量法,以及右主特征向量法等。最优化排序方法包括:最小二乘法、对数最小二乘法、几何最小二乘法、混合最小二乘法,以及二次规划方法等。之后,排序方法有了新的发展,例如,文献 [53] 将判断矩阵转化成偏好矩阵,然后求解转化后的矩阵的权重,这种求解方法能很好地处理判断矩阵受扰动的情况。可以证明,在判断矩阵具有一致性的条件下,各种方法导出的权重大致相同。判断矩阵一致性越差,各种方法的结果差别越大。一些文献基于最优拟合思想研究各种排序方法的有效性,并提出了若干种排序方法,但文献 [54-55] 认为,评价方法优劣的标准首先要考虑的是能否真正揭示相对重要性排序,就这一点而言,特征根方法是最为理想的。

面对复杂的决策问题,试图完全用数学模型进行精确刻画是不现实的,即使对某些问题可行,但求解与分析也是非常困难的。因此,从 20 世纪 90 年代开始,人们就借助新发展的信息技术来处理或支持处理复杂的决策问题。区间数判

断矩阵和不完全判断矩阵是其中研究和应用得最为广泛的两种形式。在区间数判断矩阵研究方面,区间数判断矩阵的一致性研究仍存在问题,文献 [56-58] 给出了区间数判断矩阵完全一致的定义,但在实际应用中,完全一致的区间数判断矩阵并不容易得到。文献 [59-62] 研究了模糊数判断矩阵的一致性。文献 [63] 给出了区间数判断矩阵的满意一致性概念,它由一个具有完全一致性的区间数判断矩阵及其扰动矩阵相乘得到,但扰动矩阵的临界值不容易确定,因此无法通过该定义来判定区间数判断矩阵是否一致。

在权重分析方面,文献 [64-65] 依据权重可行域建立线性规划模型,但如果判断矩阵的阶数较大,求解所有极点比较困难,那么,很难准确表示区间数判断矩阵的权重范围。文献 [66] 提出了求解区间数判断矩阵权重的凸锥方法,该方法计算量较大,且没有检查区间数判断矩阵是否满足一致性条件。文献 [67-68] 研究一类元素是随机变量的判断矩阵的权重求解,但判断矩阵并不满足互反性,这与 AHP 的经典理论相违背。文献 [69] 采用随机模拟方法求解权重,需进行大量计算,在有限次的模拟中未必能找到权重数值分布范围。文献 [70-76] 建立了求解模糊数判断矩阵权重向量的模型,但没有考虑一致性对权重的影响,因此将这些结果作为决策依据的可靠性得不到保证。现有很多区间数判断矩阵权重求解方法均没有考虑一致性特点,决策者无法估计评价结果的可靠程度。

在决策过程中,时常由于信息不全或个人偏好等原因,得到一些具有空缺元素的不完全判断矩阵^[77-80],目前研究集中在不完全判断矩阵的排序、一致性度量 and 有效性研究等方面。在排序方法方面,Harker 提出的采用等价判断矩阵求解权重的方法应用得最为广泛,但等价判断矩阵是对不完全判断矩阵的一种推断,没有充分估计不完全判断矩阵内含不确定性的特点,可能造成决策误导,有必要提出修正方法。同样,对于不完全判断矩阵的一致性研究也存在类似问题,即采用等价判断矩阵研究不完全判断矩阵的一致性。因此,研究不完全判断矩阵,无论在理论上和应用上都具有较大意义。

1.2.4 群体决策信息的不确定性数学表征及处理工具

随着实际问题研究过程中涉及的系统日益庞大和复杂,不确定性特点表现越发突出,各种不确定性数学理论在群决策领域得到了广泛应用。决策过程中必须高度重视随机特性,文献 [81] 提出了基于前景理论的灰色随机多准则决策方法,文献 [82] 研究了多目标随机环境下的库存管理决策问题,文献 [83] 提出了基于两两比较的随机决策方法。模糊决策方面的研究,集中在模糊偏好集结决策^[84]和直觉模糊信息决策(如排序、一致性、分类)^[85]等方面。此外,未确知数^[86]、集对分析^[87]、熵理论^[88]、前景理论^[89]、粗糙集理论^[90-91]等都得到广泛应用,灰色系统理论方面,刘思峰教授等组织了 IEEE International Conference on

Grey Systems and Intelligent Services (GSIS) 会议 (2007 年、2009 年和 2011 年于南京), 在聚类、关联和小样本预测等领域取得了丰硕成果。

在复杂决策环境下, 决策不确定性将继续得到广泛关注, 多种不确定性数学理论的综合集成应用将成为研究的突破口。

1. 2. 5 不确定性条件下的群体信息集结 (融合) 模型

基于结构差别的群体偏好信息集结模型研究得到了学者们的关注, 据统计, 现有文献已涉及约 30 余种偏好信息的结构形式, 文献 [92-93] 等研究了基于 OWA 及其扩展的集结方法, 文献 [94] 研究了多类型的语言偏好信息集结, 文献 [95] 研究了直觉模糊数的集结方法, 文献 [96] 提出了两类三端点区间数判断矩阵的集结方法。值得一提的是, 该领域中基于语言的研究取得了丰硕成果 (如文献 [97] 与文献 [98] 等), 集中在语言信息的一致性、多粒度语言信息集结和基于语言变量的多属性决策等方面。此外, 大规模复杂群体下的信息集结也得到关注 (如文献 [99] 等)。在信息的处理类别方面, 文献 [100] 等将决策信息分为纯主观、纯客观和半客观半主观信息, 众多文献 (如文献 [101] 等) 研究了基于决策者主观偏好和客观数据信息的决策方法, 文献 [102] 分析了基于离线和在线数据的决策方法。

现有研究表明, 国内关于决策者信息的集结研究取得了较大进展, 一些研究已经处于国际领先地位, 但对信息的不确定性和复杂性特点 (信息的形式异构、信息的质量可靠性差异、信息的粒度差异等) 考虑不够, 更多有类型差异和性质差异的信息集结问题亟须解决。“信息融合”来源于物理传感器数据融合和信号处理, 文献 [103] 总结了该领域的研究问题, 文献 [104] 研究移动机器人控制的信息融合, 河海大学、中国矿业大学、东北师范大学等高校的学者在国家自然科学基金资助下研究了多源信息融合方法。在信息集结 (融合) 方面, 多源、复杂、异构、动态等将成为研究重点。

1. 2. 6 群体信息集结的规则与满意度研究

群体满意度是群体集结研究的基础, 多采用群体一致性指标来测度。例如, 文献 [105] 提出用粗糙集分类规则研究一致性, 文献 [106] 提出模糊大多数指标度量一致性, 文献 [107] 用模糊相似性测度提出了一致性集结准则。在群体满意度与一致性的研究上, 以下两个方面将成为研究重点: 一是不同的群体一致性测度将得到不完全相同的集结结果, 应着力于群体一致性指标的适应性研究, 在一些情况下高一一致性并不意味着高可靠性, 还应寻求更多有价值的集结规则和测度指标; 二是不同层次和利益的群体有不同关注点, 应侧重于从群体差异角度来研究一致性测度, 特别是针对大规模、复杂群体内涵的研究, 尚需进一步研究大

群体分类情形下的决策协调规则。

不同决策者的判断水平和认知分析能力确有差异,但确定成员决策权重是一件困难和敏感的事情,众多文献研究了专家逆判问题,如文献 [108] 提出了冲突均衡分析的决策者利益分析方法,文献 [109] 提出了基于意见集中性和相似性的权重确定准则。一方面,应考虑决策者所属阶层和代表利益,通过更多次的判断统计信息进行合理的权重设置;另一方面,应该把握决策者的变化与发展,动态设置决策者权重,并关注决策者权重和属性权重可能存在的耦联关系,而现有研究并没有给予过多关注。

1.2.7 考虑时序信息的动态集结与决策方法研究

动态多阶段决策问题可分为多阶段优化和多阶段信息集结两类,前者包括复杂系统优化决策和最优控制问题。实际上,满足最优化原理和无后效性的多阶段优化可以用动态规划求解,对于状态转移方程和约束条件都很复杂的情况,需重点解决难以解析化递推方程带来的计算和存储量问题^[110]。在多阶段信息集结方面,实质是在静态基础上引入时间因素,以构成具有时间、指标及方案三维结构的集结^[111],文献 [112] 系统总结并提出了多种多阶段动态评价方法,文献 [113] 等提出了基于时间集结算子的多阶段语言信息集结方法,文献 [114] 提出了基于情景生成的多阶段决策方法。在与时间有关的信息集结方面,研究重点可归结为:一是集结模型要合理体现随时间的动态发展与变化,体现适度激励的集结和评价思想;二是各时间点信息的质量和可靠性不可能完全一致,应致力于多个时间点信息充分挖掘和推理基础的研究,以获得事物发展的本质规律。

1.2.8 主从递阶协同决策和基于冲突分析的决策方法

具有多层主从结构的递阶决策是由 Von-Stackelberg 于 1952 年提出的,之后得到快速发展^[115],内容包括在线性和非线性模型的求解算法方面^[116],此外,文献 [117] 等提出了自上而下的监督式分层决策方法;文献 [118] 等围绕上下层目标冲突对策等对其作出了改进;文献 [119] 则研究了不确定随机环境下的上下层决策协调方法。当前研究热点是对双层决策中不确定性的分析和解决,一类是目标函数和约束条件的参数中存在不确定性;另一类是目标函数和约束函数的形式存在不确定性。由于大规模群体具有随机性和不确定性,考虑决策者层次差异(利益和信息等)的协调集结是下一步研究的重点。

冲突研究大致可分为以下几个方面:①以博弈论(game theory)和冲突分析(如加拿大滑铁卢大学 Hipel 教授等提出的 conflict analysis)为代表的非完全理性规范基础上的数学分析方法,如文献 [120] 提出了基于博弈理论的不确定性多属性决策方法,文献 [121] 采用矩阵方法对冲突问题局势进行分析;②基

于认知和社会因素的冲突协调方法,如文献 [122] 构建了一种新的模糊混合协商机制;③基于决策者差异的冲突协调,如文献 [123] 建立了群体冲突决策交互式模型以达到一致性意见;④基于证据分析来促使决策者通过认识和改变来解决冲突,如文献 [124] 分析了多种基于修改证据组合规则和基于修改原始证据源的冲突解决方法。

群体决策过程中的冲突无处不在,群体信息集结过程实质上是决策者之间的博弈过程。因此,信息集结过程应当充分体现这种内在博弈,重点关注群体决策结果的均衡并以此为目标寻求更为有效的信息集结方案。

1.2.9 D-S 证据理论的研究

近年来,证据理论的研究和应用越来越广,其典型成果包括:文献 [125] 提出了基于证据权的证据组方法;文献 [126] 提出了基于证据理论的供应商选择模型;文献 [127] 提出了区间信度的多属性决策方法;文献 [128] 分别基于专家的主观判断和客观数据两个角度研究了证据组方法;文献 [129] 提出了基于证据理论的上下文本体建模与推理方法,提到了基于过程(证据和结论)的信息集结概念。此外,上海交通大学的邓勇和西北工业大学的蒋雯等学者在国家自然科学基金资助下对证据理论进行了深入研究。

证据理论的研究重点可概括为:①研究和完善复杂情景下证据的组合问题,包括不同冲突的证据组合,以及具有逻辑推理网络(链)的证据组合问题;现有研究对冲突证据融合有了很多成果,但一般仅适用于有决策总体协调人角色的情况。②研究具有模糊、不精确对象或目标的证据推理及融合,以解决信任函数对某些模糊元显著变化不敏感及不能有效获取更多信息的问题。当证据属性空间维数增加时,需要根据实际问题寻求快速算法。

1.2.10 研究现状评述

从现有研究来看,多属性决策、群体决策理论与方法、不确定性数学等领域得到快速发展。上文综述了各研究领域的研究重点和趋势,总体来看,以下三个方面值得关注。

第一,基于决策群体或者决策者的决策信息逻辑分析。目前,从专家提供的信息决策过程来看,一般假设专家具有理性,在特定问题分析领域有足够的知识和判断能力。实际上,由于问题的复杂性,包括决策环境的复杂性、利益冲突、决策者自身素质等,这一假设有时很难成立,很大程度上难以确保决策的科学性和公平性,很多决策问题又无法从“后评价”的视野来分析。因此,基于决策者决策信息内在特征的分析是决策领域的难点问题。一般有三种方式来应对这种困难,首先,基于决策者提供决策信息的数学分析,从数学分析角度挖掘一些

“蛛丝马迹”，这方面得到很多研究人员的关注，本书在这个方面也做了一些工作。需要说明的是，数学的信息挖掘分析处理不是万能的，却是必要的。其次，基于决策者的大脑活动分析（如生物电分析等）。这种研究已经得到很多研究人员的关注，并出现了一些实验的结果，其研究结果对复杂群体决策有参考作用，也可以从某种角度探索决策者的真实决策思维，但是，由于决策个体千差万别，这种方式还存在很多实际应用的问题。最后，从后评价的角度分析决策群体的正误。这是一种现实的做法，特别是可对决策者赋权提供借鉴意义，本书也对此进行了探索。实际问题解决过程发现，由于决策环境的不断变化，有时候也很难准确追溯决策者原先判断的正误。

第二，基于复杂形式的多种信息集结和决策方法研究。Internet 技术的广泛应用使众多决策者参与复杂问题的决策成为可能，由于决策环境的差异（来源于决策者或者决策对象等），不同决策者很可能给出不同形式的偏好信息。同时，由于决策信息的不完全性和不对称性、决策对象结构的复杂性等特点，决策者往往给出多种结构形式的不确定性偏好。辩证地讲，不确定性是绝对的，确定性是相对的，决策群体总是在复杂的、动态的决策空间对事物进行认知、预测和判断，即使是确定性的偏好，也不可避免地含有某种不确定性的特点，在很多情况下，用不确定形式来表达的偏好更贴切、操作性更强，更易得到决策者的认可和使用。因此，有效集结决策群体的多种类、不确定性的偏好信息，是一个值得研究的问题。

第三，基于多重信息联动推证的信息集结研究。随着人类认识和改造世界的程度不断深入，决策者感知的内容越来越多，涉及的信息越来越复杂，信息的传播和变异又导致信息来源更为多样且具有某种程度的冲突性，本书称之为多重决策信息。不同时间、不同性质的信息都可能被决策者记录、储存和感知，不同的决策者在感知信息的过程中往往存在不一致和不确定性，不同的感知与理解方式可能对决策者产生不同程度的影响。作为“有限理性”的决策者，难以拥有全面和可靠的决策信息（充斥着冲突、不完全、不对称和似是而非的决策信息），面对庞大、不确定性问题的多轮长时间论证，他们在沉重的决策压力下（任务重、时间紧、社会影响大等）极易受到扰动，决策者的偏好信息在结构上具有多样性和不确定性，在内容上则呈现极强的随机性和不稳定性。

从现有的群决策过程来看，在一些关键决策阶段往往专注于专家给出的判断偏好信息，聚焦于如何有效集结专家的偏好，关注于决策结果是否被群体接受或者多大程度上被群体接受。这些在群决策过程中确实具有相当重要的意义，但尚有难点问题无法得到有效解决：一方面，决策问题复杂性和众多决策者偏好差异导致群体意见难以达成一致，协调过程繁复，常常导致众多重要决策无果而终，甚至严重影响决策进程，贻误战机；另一方面，群体偏好信息的集结模型难以改

变偏好信息的不稳定性和随机性的本质，群体决策结果的高度一致或者被广泛接受并不能确保决策的可靠和正确性，难以解决“真理掌握在少数人手中”的问题。对此，在群体决策过程中，应收集所有相关的决策信息，从联动推证的角度挖掘信息的质量，进而进行有效决策。从这个角度，之前的“主客观”结合在一定程度上体现了这种集结，但是，这个方面需要进一步深入研究。

1.3 本书内容章节安排

决策领域尚有很多问题值得研究，本书围绕决策矩阵和判断矩阵的集结展开研究。根据研究问题的差异性，各部分方法有所不同，但各章具有如下的逻辑关系，内容章节安排阐述如下（图 1.1）。

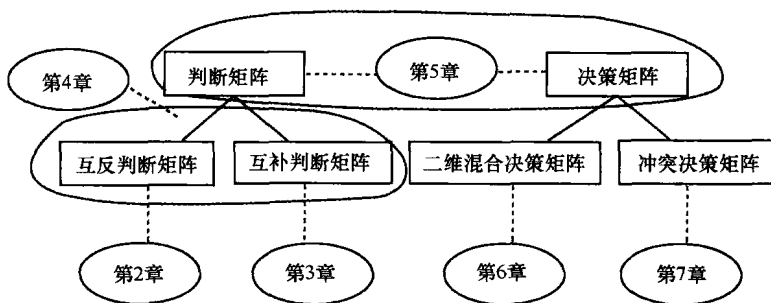


图 1.1 本书框架结构安排示意图

第一，决策群体内在判断信息的分析。包括第 2 章和第 3 章，分析了两类常用的决策信息表达方式，即互反判断矩阵和互补判断矩阵的一致性问题的，此内容是后续研究的基础。

第二，多类型异构信息的集结。包括第 4 章和第 5 章，第 4 章提出了多类型判断信息的集结方法，第 5 章提出了判断矩阵和决策矩阵的集结方法，这里的决策矩阵侧重于通常形式的决策矩阵。

第三，基于复杂决策矩阵的信息集结。包括第 6 章和第 7 章，第 6 章提出了一种新型的不确定决策矩阵的表达形式及其信息集结方法，第 7 章提出了基于证据理论的决策矩阵决策方法，也体现了决策信息和判断信息的综合。