

谭吉玉 刘高常 朱传喜 © 著

模糊信息条件下的 多属性决策方法及应用

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

江西理工大学优秀博士论文文库出版基金资助

模糊信息条件下的多属性 决策方法及应用

谭吉玉 刘高常 朱传喜 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

模糊信息条件下的多属性决策方法及应用/谭吉玉, 刘高常, 朱传喜著. —北京: 经济科学出版社, 2019. 9

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0768 - 4

I. ①模… II. ①谭…②刘…③朱… III. ①决策方法 - 研究 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 167532 号

责任编辑: 程辛宁

责任校对: 王肖楠

责任印制: 邱 天

模糊信息条件下的多属性决策方法及应用

谭吉玉 刘高常 朱传喜 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

固安华明印业有限公司印装

710 × 1000 16 开 10.75 印张 180000 字

2019 年 9 月第 1 版 2019 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0768 - 4 定价: 52.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 打击盗版 举报热线: 010 - 88191661)

QQ: 2242791300 营销中心电话: 010 - 88191537

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

本书受到江西理工大学优秀博士论文文库出版基金、2015 年度江西省教育厅科学技术研究项目“犹豫模糊多属性决策方法及其应用研究”(编号: GJJ150690)以及 2017 年度江西省高校人文社会科学重点研究基地招标课题“新常态下矿业城市跨区域生态环境治理联动机制研究”(编号: JD17063)的资助。

模糊多属性决策是在经典多属性决策理论上的延伸和发展,其理论与方法已广泛应用于管理决策、医疗诊断、模式识别、机器学习、市场预测和矿区生态效率评价等诸多领域。由于实际决策问题本身包含的不确定性因素,以及决策者主观判断的模糊性,使得决策问题的属性权重信息以及属性值常常以模糊信息的形式出现。因此,探索模糊信息条件下的多属性决策理论及其方法的研究具有重要的理论意义和实际应用价值。本书针对模糊信息条件下的多属性决策问题,从以下 5 个方面进行了探索性研究和改进,并应用于企业中高层管理人员胜任力评价、矿区生态安全预警等领域。

(1) 区间值排序方法研究。针对任意有限个区间值,分别定义了一个正理想区间和一个负理想区间,基于区间值之间的欧氏距离,以及 TOPSIS 思想,运算每一个被比较的区间值相对于正理想区间的相对贴近度,相对贴近度大的区间值说明越贴近正理想区间,因而所对应的区间值就越大。

(2) 直觉模糊数排序法研究。针对直觉模糊数排序法中得分函数处于绝

对优先地位,迫使得分函数小一点点,而精确函数大很多的直觉模糊数较小的问题,基于直觉模糊海明距离和 TOPSIS 的思想,给出了直觉模糊数排序的贴近度公式,经过证明,贴近度公式能够同时蕴含得分函数和精确函数的排序原理。另外,利用直觉模糊数的贴近度公式,借助模糊互补判断矩阵的一致性,定义了加(积)型一致性直觉判断矩阵,并对直觉判断矩阵的排序方法、一致性问题进行了研究。

(3) 区间直觉模糊数排序法研究。区间直觉模糊数的隶属函数和非隶属函数都是区间的形式,使得很多排序方法对于中点相同而区间宽度明显不一样的区间直觉模糊数无法区分,针对这一问题,提出了基于欧式距离和 TOPSIS 的区间直觉模糊数排序法,并与多种现有的排序法进行比较分析,表明新的排序指标具有更高的区分能力。另外,对区间直觉判断矩阵的排序方法、一致性问题进行了研究。

(4) 犹豫模糊伪度量。针对不同的犹豫模糊元所包含的隶属度个数可能不同,从而给犹豫模糊距离的运算所带来的问题,我们提出了一种度量两个犹豫模糊元之间差异程度的伪度量。基于犹豫模糊伪度量测度,提出了一种基于伪度量贴近度的犹豫模糊多属性决策方法。另外,提出了犹豫模糊一致性指数的概念,并基于群体一致性分析,建立了群体一致性指数最大化的优化模型,对于犹豫模糊多属性决策问题的属性权重的求解提供了一种新的思路。

(5) 区间犹豫模糊可能度法。基于拓展原理,将区间数的可能度法扩充到区间犹豫模糊元的情形,给出了一个区间犹豫模糊元大于或等于另一个区间犹豫模糊元的可能度定义,并讨论了区间犹豫模糊元的可能度所具有的优良性质。将灰色关联分析法拓展到区间犹豫模糊信息的情形,提出了基于灰色关联分析法的区间犹豫模糊多属性决策方法。

本书是在朱传喜教授的指导下,由谭吉玉博士、刘高常副教授共同撰写完成,本书内容既包括谭吉玉博士学位论文的主要内容,也综合了导师及其团队成员的科研成果。在本书的写作过程中,非常感谢徐泽水教授、邓聚龙教授等学者在该领域丰富的研究成果,虽然我们主观上想对所有文献资料进行一一标注,但不可避免会存在遗漏,在此对他们表示真挚的感谢。同时,

也非常感谢四川大学黄南京教授、北京理工大学魏一鸣教授对本书提出的中肯评价和建议，感谢江西理工大学科技处、江西理工大学经济管理学院、江西省教育厅的资助以及所提供的科研条件和帮助。

作 者
2019 年 7 月

第 1 章	绪论 / 1
	1.1 选题背景及意义 / 1
	1.2 文献回顾与述评 / 4
	1.3 研究方法与内容安排 / 13
第 2 章	基于区间数的多属性决策方法及应用 / 16
	2.1 相关概念界定 / 17
	2.2 基于 TOPSIS 的区间数排序法 / 24
	2.3 属性权重和属性值均为区间数的多属性 决策方法 / 27
第 3 章	基于直觉模糊集的多属性决策方法及应用 / 32
	3.1 相关概念界定 / 32
	3.2 基于海明距离和 TOPSIS 的直觉模糊数排序法 / 34
	3.3 基于决策者偏好的直觉模糊多属性决策方法 / 39
	3.4 属性间具有优先级别关系的直觉模糊多属性 决策方法 / 47

| 第4章 | 基于区间直觉模糊集的多属性决策方法及应用 / 52

- 4.1 相关概念界定 / 52
- 4.2 基于欧氏距离和 TOPSIS 的区间直觉模糊数
排序法 / 55
- 4.3 属性权重已知的区间直觉模糊多属性
决策方法 / 59
- 4.4 属性权重为区间直觉偏好关系的多属
性决策方法 / 63

| 第5章 | 基于犹豫模糊集的多属性群决策方法 / 70

- 5.1 相关概念界定 / 71
- 5.2 基于贴近度和犹豫度的犹豫模糊元排序法 / 72
- 5.3 基于伪度量贴近度的犹豫模糊多属性
决策方法 / 76
- 5.4 犹豫模糊指数熵及其应用 / 83
- 5.5 基于群体一致性和灰色关联分析法的犹豫模糊
多属性决策方法 / 89

| 第6章 | 基于区间犹豫模糊集的多属性群决策方法 / 96

- 6.1 相关概念界定 / 96
- 6.2 区间犹豫模糊元的可能度及其性质 / 97
- 6.3 基于灰色关联分析法的区间犹豫模糊多属性
决策方法 / 101

| 第7章 | 模糊多属性决策方法综合应用 / 106

- 7.1 模糊多属性决策方法在企业中高层管理者素质
测评中的应用 / 106

绪 论

1.1 选题背景及意义

经济管理活动中，决策无处不在。决策活动与人类活动紧密相关，管理决策理论奠基人西蒙教授指出：“管理即决策”。决策不仅仅是指高层领导作出决定，也包括企业层面以及人们日常生活问题层面。例如，某个企业需要开发一个新产品，引进一条生产线；又如，某个人在选购一种商品或选择一种职业，都属于决策范畴。多属性决策是现代决策科学的一个重要组成部分，是针对互斥的多个属性，收集相关决策信息，采用科学决策的方法对各备选方案进行评价、权衡并选择较优方案的决策过程。然而，由于社会经济环境的日益复杂性和不确定性，人们遇到的诸如绩效评价、效率评价、风险投资项目选择、供应链管理的合作伙伴选择以及应急管理决策等决策问题通常包含多个难以量化的定性属性，在评价过程决策者由于时间、精力以及对客观事物认识上的不完全性等主客观因素的影响，往往存在着不同程度的犹豫或表现出一定程度的知识缺乏，从而使得评价结果表现为肯定、否定和介于肯定与否定之间“非此非彼”的犹豫性三个方面。

早在1957年，丘奇曼、阿科夫和阿诺夫就利用简单加权法处理了一个“选择企业投资方针”的多属性决策问题^[1]。1968年，麦克利蒙在总结多属

性决策方法和运用时,才继续研究了许多潜在的有用概念和方法^[2]。1973年,他对多属性决策理论与方法进行了第二次文献综述,增加了更多的方法,并且按照方法的结构、补偿性、输入偏好等进行了划分^[3]。但是学者麦克利蒙对多属性决策理论与方法的综述并没有引起研究者的太多注意,在一些多准则决策的综述^[4,5]中,对多属性决策的文献也只作了简短的论述。直到1981年,黄和尹非常系统地回顾和总结了前人关于多属性决策的大量研究成果,编辑和出版了第一本多属性决策专著,明确地将多准则决策(multiple criteria decision making, MCDM)问题分为多属性决策(multiple attribute decision making, MADM)和多目标决策(multiple objective decision making, MODM)两类^[6]。具体而言,多属性决策对应于离散的决策空间,具备有限个备选方案,决策的目标是评价与选择已知的备选方案;而多目标决策的决策空间是连续的,具有无限个备选方案,决策的目标是规划与设计最优的方案。

半个多世纪以来,有关经典的多属性决策理论与方法的研究成果已经相当丰富^[1-12]。然而,由于现实决策问题的复杂性,决策者对问题的认识常常难以把握,很难做出准确描述,具有很大的不确定性。这种不确定性一方面来自决策者认识的模糊性,另一方面来自模糊现象的内在不确定性,表现为事物发展过程中亦此亦彼的中间过渡状态。1965年,美国加州大学的扎德教授^[13]发表了著名论文“模糊集”,首次提出了用隶属函数表达事物模糊性的重要概念,从数学的角度刻画了客观事物本质上的模糊特性,表达了客观事物亦此亦彼的中介过渡状态。从而突破了19世纪末康托尔的经典集合理论,奠定了模糊理论的基础。1970年,贝尔曼和扎德在《管理科学》(*Management Science*)杂志上发表论文“模糊环境下的决策分析”^[14]把模糊集理论应用于决策分析,从而开辟了模糊决策的研究领域。1978年扎德^[15]提出了可能性理论,区分出随机现象和模糊现象,进一步确立了模糊集理论的学术地位。模糊集理论为不确定性问题的决策分析提供了一种新的思路,能够很好地模拟人脑思维处理信息的方式。此后,有关模糊集的理论研究与应用研究受到了学者们的广泛关注,并已广泛应用于模糊控制、模糊决策、模糊聚类、模糊模式识别、模糊预测、模糊博弈、模糊信息处理等诸多领域。

随着社会科学技术的快速发展,事情朝着两个方向不断演变:一是事物本身变得越来越复杂;二是变化速度的加快,未来变得越来越不确定。这就使得决策者在对事物做出判断的时候,思维模式发生了改变,为了慎重起见,往往变得犹豫不决。例如,在选举投票时拿不定主意时所做出的弃权决定。1983年,阿塔纳索夫教授^[16]从数学的角度来刻画了这种思维的模糊性,提出了直觉模糊集的概念。与扎德的模糊集相比,在处理模糊信息方面,直觉模糊集能够更好表达决策问题的完整信息,更具灵活性和实用性。因此,从提出以来至今,有关该理论的研究一直是国内外相关领域学者的研究热点。

近年来,群决策问题成为决策理论的研究热点,它在社会、经济、军事与科技等重大决策问题中发挥了举足轻重的作用。在群决策委员会中,不同的专家具有不同的知识背景,以及不同的决策经验,能够从更多的角度剖析问题的本质,使得对问题的认识更加深入和全面。因此,群决策可以有效减少决策偏见和决策失误、提高决策质量。然而由于个体认知差异,对于决策问题往往有不同的看法,由于彼此不能说服对方,使得最终的决策结果难以达成一致。2009年,托拉和卢卡瓦^[17]提出了模糊集的另一种拓展形式,即犹豫模糊集(hesitant fuzzy set, HFS),犹豫模糊集允许一个元素属于一个集合的隶属度可以是多个不同的值,从而很好地解决了多个决策专家很难达成一致意见的问题。因此,有关犹豫模糊集的理论研究和应用研究成为最近研究的热点。

由于实际决策问题本身包含的不确定性因素,以及决策者偏好和主观判断的模糊性,使得决策问题的属性权重信息以及属性值常常以模糊信息的形式出现。亚当·斯密的“经济人”理论依然是西方社会最有解释力的人性假设。该假设有三层含义:一是人的自利性,即每个人都要为自己打算,总是在追求自己认为有价值的东西。二是利益最大化原则,即人们总是寻求对自身利益的最大限度满足。三是人的理性假设,即人具有理性的知识和计算能力,能够收集必要的信息,对备选方案进行比较,会作出能更好地满足自身偏好的选择。个人对直接利益的追求不仅会达到自身增加福利的目标,而且能自动地促进财富的增长和社会的进步,其作用机制即供求规律。随着我国社会主义市场经济的不断发展,利己的合理性已经得到了广泛的认可,并日

益成为一种有效的激励机制,甚至成为一种主流的意识形态,实践于各类决策评价过程中。然而,人可能不是完全理性,而是有限理性,追求的也可能不是最优解,而是满意解。且决策者的行为很大程度上受其社会化因素(如社会风俗和价值观等)影响,加之有权参与决策的常常只是少数代表,由他们代表广大利益相关者表达利益诉求。倘若决策者偏好与集体利益偏离或者偏好信息互反,决策行为无序化、从众或者关联评价,以及决策者道德滑坡等,必将影响决策的科学性,结论与现实偏差甚远。

因此,为了减少因决策失误导致的经济损失,考虑到决策过程中引入决策者偏好因素的重要性,有必要改进模糊环境下的多属性决策模型,探索基于决策者偏好和模糊信息条件下的多属性决策理论与方法显得非常重要。在理论上,综合应用管理科学、运筹学、系统工程、模糊数学、计算机优化技术等多学科的知识,对模糊多属性决策的理论和方法进行系统的研究,可以进一步丰富多属性决策理论,具有较高的学术价值;在实际应用上,其理论与方法在经济、管理、工程和军事等诸多领域都有着广泛的应用,诸如投资方案评级选择、人力资源绩效评估、工厂选址、军事装备性能评定、招标投标、经济效益综合评价等。随着时代和科技的不断发展,人们对决策方法的要求日益提高。多属性决策理论在某些方面仍然存在不足或局限性,还有待研究人员进行更加深入的研究和探讨。因此,探究更科学合理的决策理论和方法,将其应用于现实的生产经营活动,具有较高的应用前景。

1.2 文献回顾与述评

求解多属性决策问题的实质是:利用已有的决策信息,通过一定的方式对有限个备选方案进行排序并择优,求解过程主要由两部分所组成:第一,决策信息的获取,决策信息一般包括属性值和属性权重两个方面的内容;第二,通过一定的方式对决策信息进行集结并对备选方案进行排序和择优。经过几十年的发展,多属性决策在理论研究和方法应用方面都取得了丰硕的研究成果,在大量的相关文献中,我们主要从以下几个方面进行梳理。

1.2.1 属性权重的确定方法

属性权重的大小对方案的排序起着非常重要的作用,属性权重的确定是多属性决策中的一个重要研究内容。目前确定属性权重的方法大致可分为主观赋权法、客观赋权法和主客观综合赋权法三类:

1.2.1.1 主观赋权法

主观赋权法是指决策者根据自己的经验及其对各属性的主观重视程度而赋权的一类方法。主观赋权法主要有:专家调查法(德尔菲法)^[7]、点估计值法^[18,19]、环比评分法^[20,21]、比较矩阵法^[22]、判断矩阵法^[26-34]等。其中,判断矩阵法是一种常见的主观赋权方法,它是指决策者根据一定的标度对各属性进行两两比较,构造出判断矩阵,然后按照一定的排序方法求解出属性的权重向量。判断矩阵一般又可分为互反判断矩阵^[8,23-26]、模糊互补判断矩阵^[27-42]、语言判断矩阵^[43-52]、(区间)直觉判断矩阵^[53-55]、(区间)犹豫模糊判断矩阵^[56,57]等。

1.2.1.2 客观赋权法

客观赋权法主要是基于决策矩阵信息,根据各属性间的相关关系或各属性值的变异程度,运用一定的数学理论依据而求解出权重的一类方法,该方法不包含人的主观因素。主要有:熵权法^[6,8,58-60]、离差最大化法^[61-63]、形心法^[64-67]、线性规划法^[68-71]、目标规划法^[72,73]、基于方案满意度法^[74]、基于方案贴近度法^[75]、两阶段法^[76]等。

1.2.1.3 主客观综合赋权法

运用主观赋权法确定权重,虽然反映了决策者的意向和经验判断,所确定出来的权重一般不会违反人们的常识,但是方案的排序结果可能有很大的主观随意性,也可能受到决策者的知识或经验缺乏的影响。而运用客观赋权法确定权重,虽然通常运用了完善的数学理论,但忽视了决策者的主观信息,

有时通过客观赋权法所确定的属性权重与属性的实际重要性程度相悖,解释性较差。于是将主观赋权法和客观赋权法进行综合或集成成为一种必然,主客观综合赋权法体现了系统分析的思想,从而使得决策结果更加真实、可靠。主客观综合赋权法主要有:方差最大化赋权法^[77]、最佳协调赋权法^[78]、组合目标规划法^[79]、组合最小二乘法^[80]等。

1.2.2 基于信息集结算子理论的方法

在统计学中,算术平均算子和几何平均算子是求一组数据的平均数的最常见的方法。随着社会的发展,各种信息量不断增加,且各种信息的重要性程度也不同,这时人们引入权重的概念,于是两种最原始的平均算子逐渐演变成了加权算术平均(WAA)算子^[81]、加权几何平均(WGA)算子^[82]。1988年,美国智能专家耶格尔发表了一篇题为“有序加权平均算子在多属性决策中的应用”的论文,文中详细介绍了有序加权平均(OWA)集结算子的概念、性质及其权系数的确定方法^[83],有序加权平均算子理论一经提出就引起了学者们的极大关注,并广泛应用于决策、神经网络、专家系统、市场研究、图像压缩等诸多应用领域。2002年,国内学者徐泽水教授提出了有序加权几何平均(OWGA)算子的概念^[84],在其博士论文《几类多属性决策方法研究》^[85]中,对有序加权平均算子进行了更加深入的研究,在既考虑每个数据自身的重要性程度,同时又考虑该数据所在位置的重要性程度的情况下,提出了组合加权算术平均(CWAA)算子和组合加权几何平均(CWGA)算子的概念。组合加权算术平均算子同时推广了加权算术平均算子和有序加权平均算子;同样地,组合加权几何平均算子也同时推广了加权几何平均算子和有序加权平均算子。

在现实多属性决策问题中,学者们发现有时候集结数据不是独立的,数据之间存在着某种相互依赖的关系。基于集结数据之间具有相互支持的关系,耶格尔提出了乘方平均(power average, P-A)算子^[86];基于集结数据之间的优先级别关系,耶格尔提出了优先集结算子(prioritized aggregation operators)^[87];邦费罗尼提出了邦费罗尼平均(Bonferroni mean, BM)算子^[88],

在此基础上,徐泽水等提出了几何邦费罗尼平均 (geometric Bonferroni mean, GBM) 算子^[89]并应用到多准则决策中;基于乔奎特积分,乔奎特^[90]介绍乔奎特积分集结算子。随着所研究问题的复杂性程度的不断增强,算子理论正沿着更加复杂的方向发展着。

随着集结对象的属性值从实数型逐渐拓展到模糊数(三角模糊数和梯形模糊数)、区间数、语言型、(区间)直觉模糊数以及(区间)犹豫模糊元的形式,上述算子的适用范围受到了限制,国内外学者对实数领域的集结算子进行拓展,提出了各种新的集结算子以适应新的应用环境。为了本书研究的需要,下面主要回顾直觉模糊信息集结算子和犹豫模糊信息集结算子。

1.2.2.1 直觉模糊信息集结算子

徐泽水教授在其所著的《直觉模糊信息集成理论及应用》^[91]一书中,对直觉模糊信息的集成方式进行了系统的研究,给出了直觉模糊信息的一系列集结算子,包括(区间)直觉模糊平均算子、(区间)直觉模糊加权平均算子、(区间)直觉模糊有序加权平均算子、(区间)直觉模糊混合平均算子、(区间)直觉模糊几何平均算子、(区间)直觉模糊加权几何平均算子、(区间)直觉模糊有序加权几何平均算子、(区间)直觉模糊混合几何算子。基于实数型的优先算子,余德建提出了直觉模糊优先加权平均(IFPWA)算子和直觉模糊优先几何平均(IFPWG)算子^[92],随后,他又提出了区间直觉模糊优先集结算子^[93]。基于幂算子,徐泽水教授^[94]提出了直觉模糊幂平均(IFPA)算子、直觉模糊幂几何(IFPG)算子、直觉模糊幂加权平均(IFPWA)算子、直觉模糊幂加权几何(IFPWG)算子、直觉模糊幂有序加权平均(IFPOWA)算子和直觉模糊幂有序加权几何平均(IFPOWG)算子,并且将其拓展到区间直觉模糊信息的情形。基于邦费洛尼平均算子,徐泽水和耶格尔^[95]提出了直觉模糊邦费洛尼平均(IFBM)算子和加权直觉模糊邦费洛尼平均(WIFBM)算子。基于乔奎特积分,谭和陈^[96]提出了直觉模糊乔奎特积分算子,并讨论了一系列性质;徐泽水^[97]提出了区间直觉模糊乔奎特积分算子。

1.2.2.2 犹豫模糊信息集结算子

基于犹豫模糊集的拓展原理,夏梅梅和徐泽水^[98]提出了(广义)犹豫模糊加权平均算子、(广义)犹豫模糊加权几何平均算子、(广义)犹豫模糊有序加权平均算子、(广义)犹豫模糊有序加权几何平均算子、(广义)犹豫模糊混合平均算子、(广义)犹豫模糊混合几何算子。卫贵武^[99]提出了犹豫模糊优先加权平均(HFPWA)算子和犹豫模糊优先加权几何(HFPWG)算子。张^[100]提出了犹豫模糊幂平均(HFPA)算子、犹豫模糊幂几何(HFPG)算子、广义犹豫模糊幂平均(GHFPA)算子、广义犹豫模糊幂几何(GHFPG)算子、加权广义犹豫模糊幂平均(WGHFPA)算子、加权广义犹豫模糊幂几何(WGHFPG)算子、犹豫模糊幂有序加权平均(HFPOWA)算子、犹豫模糊幂有序加权几何(HFPOWG)算子、广义犹豫模糊幂有序加权平均(GHFPOWA)算子、犹豫模糊幂有序加权几何(GHFPOWG)算子。基于准算术平均算子,夏等^[101]提出了准犹豫模糊加权平均(QHFWA)算子;基于有序加权平均算子,提出了一系列犹豫模糊有序集结算子;基于诱导序变量,提出了一系列诱导犹豫模糊有序集结算子。朱和徐^[102]提出了犹豫模糊邦费洛尼平均(HFBM)算子和加权犹豫模糊邦费洛尼平均(WHFBM)算子并应用到多准则决策中。结合几何平均算子的特点,朱等^[103]提出了犹豫模糊邦费洛尼几何平均(HFGBM)算子和犹豫模糊乔奎特邦费洛尼几何平均(HFCG-BM)算子。

1.2.3 基于级别优先序理论的排序方法

级别优先序理论是以属性之间的优先序为基础建立级别高于关系的方法,主要有 ELEC RTE 法和 PROMETHEE 法。ELEC RTE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) 法是法国人罗伊(Roy)等在 20 世纪 60 年代提出的^[104],随后,罗伊(Roy),内坎普(Nijkamp),范德夫特(van Delft)等人将 ELEC RTE 法不断地发展和完善^[105-109]。1984 年,布兰斯(Brans)^[110]提出了 PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment

Evaluations) 法, 与 ELEC RTE 法一样, PROMETHEE 也是建立在级别优先关系上的排序方法。其他多属性决策方法都以各属性的定量计算为基础, 定量计算的本质是基数性质的价值 (或效用) 函数的运算, 并根据计算结果建立方案集上的完全序。而这两种方法 (ELEC RTE 法和 PROMETHEE 法) 以属性之间的优先序为基础建立级别高于关系, 最终的方案排序也是一种较弱的次序关系。这两种方法起源于欧洲, 在欧洲获得了十分广泛的应用, 因此, 这类方法又被称为欧洲学派方法或法国学派方法。另外, 1984 年, 国内学者金良超和李为柱^[111]提出了优序法的概念。1985 年, 金良超和顾基发^[112]将优序法进行推广, 提出了广义优序法。徐玖平^[113]从反映指标 (属性) 数值绝对数量的大小及与理想点和反理想点的偏离影响的角度, 提出了双基点优序法。谭宏等^[114]提出了一种新的优序数定义, 并给出了新的优序数定义下的多目标最优化直接算法。寿玉亭等^[115]提出了模糊环境下的多目标决策的均值优序法。基于灰色关联分析的思想, 陈春芳等^[116]将方案间对比的优劣程度进行分级, 给出了等级偏好占优关联系数的概念, 利用等级偏好占优关联系数代替传统优序法中的优序数, 提出了等级偏好优序法。张小芝等^[117]在文献 [116] 的基础上, 将方案间的优劣程度进一步细分, 将两方案间的优劣等级数拓展至分数情形, 提出了广义等级偏好优序法。

1.2.4 基于测度理论的排序方法

从几何的角度, 一个具有多个属性的方案代表决策空间中的一个有限维向量, 理想方案是指各个属性都达到最优值的虚拟方案, 虽然理想方案在现实中不存在, 但是作为一个被参考的对象, 在方案的选择过程中具有非常重要的意义。通过比较各方案与理想方案之间的距离或贴近程度可以实现对方案的有效排序, 这类排序方法主要有理想点法 (TOPSIS)、多准则妥协解排序法 (VIKOR)、灰色关联分析 (GRA) 法等。

1.2.4.1 TOPSIS 法

1981 年, 黄和尹提出了基于理想点的 TOPSIS 方法。TOPSIS (technique