

模糊多属性决策方法及在大学评价中的应用研究

李兴国 著

燕山大学出版社
YANSHAN UNIVERSITY PRESS



作者简介

李兴国，任职于燕山大学高等教育发展研究中心，管理学博士，副研究员。兼任中国教育发展战略学会、中国高等教育学会院校研究分会和中国高等教育学会学习科学研究分会理事。近年来，先后主持教育部人文社科研究项目1项、河北省社会科学基金项目3项、河北省社会科学发展研究课题3项；出版专著1部、发表学术论文50余篇，其中核心期刊18篇，CSSCI检索9篇；撰写咨政报告6篇，其中4篇获省级领导批示，2篇获市级领导批示；获第十六届河北省社会科学优秀成果二等奖，河北省高教学会第十六届优秀成果一等奖，秦皇岛市第九届社会科学优秀成果一等奖。

模糊多属性决策方法及在大学评价中的应用研究

李兴国　著

燕山大学出版社
2019·秦皇岛

图书在版编目(CIP)数据

模糊多属性决策方法及在大学评价中的应用研究/李兴国著.—秦皇岛:燕山大学出版社,2019.12

ISBN 978-7-81142-978-7

Ⅰ.①模… Ⅱ.①李… Ⅲ.①模糊集理论-应用-高等学校-评价-研究-中国 Ⅳ.①G649.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 292151 号

模糊多属性决策方法及在大学评价中的应用研究

李兴国　著

出 版 人:陈　玉

责任编辑:唐　雷

封面设计:吴　波

出版发行:燕山大学出版社 YANSHAN UNIVERSITY PRESS

地　　址:河北省秦皇岛市河北大街西段 438 号

邮政编码:066004

电　　话:0335-8387555

印　　刷:北京虎彩文化传播有限公司

经　　销:全国新华书店

开　　本:700 mm×1000 mm　1/16　　**印　　张**:12.75　　**字　　数**:200 千字

版　　次:2019 年 12 月第 1 版　　**印　　次**:2019 年 12 月第 1 次印刷

书　　号:ISBN 978-7-81142-978-7

定　　价:52.00 元

版权所有　侵权必究

如发生印刷、装订质量问题,读者可与出版社联系调换

联系电话:0335-8387718

前　言

随着科技的发展和社会的进步，人类面临的决策环境越来越复杂，使人们所接触到的大量信息多数都是模糊和不确定的。同时，由于决策者自身偏好、知识结构和决策水平的限制，他们所作出的决策很大程度上具有不确定性或模糊性。面对上述决策问题，传统的数学工具往往无能为力，模糊多属性决策理论应运而生，在一定程度上弥补了决策方法的空缺，避免了信息的缺失。

模糊多属性决策是一门数学、运筹学、信息科学、管理学等相关学科交叉的学科，它的理论和方法在现代社会的各个领域得到了广泛的应用。几十年来，有关模糊多属性决策问题的研究引起了国内外学者的关注，取得了较丰硕的成果。然而，模糊多属性决策在理论上目前还面临着各种挑战，其理论的完备性和严密性均有待于进一步研究与完善。Zadeh(1965)首次提出了模糊集理论，为描述模糊现象提供了有效方法和工具，将取值仅为 1 或 0 的特征函数扩展为可在闭区间[0,1]任意取值的隶属函数。Atanassov(1986)对传统的模糊集进行了拓展，提出直觉模糊集的概念，直觉模糊集同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度三种特性，可以同时表述支持、反对和中立三种状态，克服了模糊集二分法的局限。Torra(2009)提出了反应决策者犹豫状态的犹豫模糊集，解决了决策者面临的在多个评价值之间产生的犹豫问题。Zhu 等提出了对偶犹豫模糊集，确定性程度和不确定性程度分别由隶属函数和非隶属函数表示，能完整地描述决策者的犹豫不决，更贴近决策者的认知现实。Smarandache(1999)从

哲学的角度提出了中智集的概念，构建了经典集、模糊集、直觉模糊集的广义形式框架，成为新的处理不确定性信息的数学工具。

本书针对模糊信息环境下的多属性决策问题，以模糊集理论发展历程为逻辑主轴，以多属性决策方法由浅入深为逻辑辅轴，分别构建了基于熵权 TOPSIS 的直觉模糊多属性决策模型、基于灰关联的犹豫模糊多属性决策模型、基于投影法的对偶犹豫模糊多属性决策模型、基于灰关联投影的中智犹豫模糊多属性决策模型。本书所建立的模型拓展了对模糊集理论的研究，补充了各种模糊信息集结、测度方法，实现了较为深入的模糊集基础理论的探索，丰富了模糊多属性决策理论及建模方法。

2015 年 10 月 24 日，国务院印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》，描绘了我国建设高等教育强国的时间表和路线图。该方案明确提出“建立健全绩效评价机制，积极采用第三方评价，提高科学性和公信度”。大学排名是高等教育发展的第三方评价结果，在“双一流”建设背景下，大学排行榜日益受到高校和社会的广泛关注。目前，国内知名度和影响力较大的大学评价体系有我国管理科学研究院评价体系、艾瑞深中国校友会网评价体系、武汉大学中国科学评价研究中心评价体系和上海软科公司评价体系等。

本书将模糊多属性决策方法拓展到高等教育领域，探寻传统多属性决策方法的应用空窗。本书基于客观数据和统计分析方法，将模糊多属性决策模型应用于大学评价体系实践研究，对中外大学评价体系的相关性、中国大学评价体系研究生培养评价要素、中国大学评价体系规模效应和中国大学评价体系的稳定性等问题进行了实证研究，并对模型决策结果进行了统计检验。不但体现了所建模型的实用性，还有助于为中国大学评价实践提供科学的指导借鉴。

本书的研究成果在企业并购、风险投资、战略、组织、资源、医疗、市场等诸多方面均有较大应用空间，可供相关人员参考。

李兴国　于燕山大学

2019 年 11 月 12 日

目　　录

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　研究的背景和意义 …… 1

1.1.1　研究背景 …… 1

1.1.2　研究意义 …… 2

1.2　国内外研究现状 …… 3

1.2.1　国外研究现状 …… 3

1.2.2　国内研究现状 …… 10

1.2.3　研究评述 …… 16

1.3　研究内容与方法 …… 17

1.3.1　研究内容 …… 17

1.3.2　研究方法 …… 18

第 2 章　相关基础理论 …… 21

2.1　模糊集理论 …… 21

2.1.1　直觉模糊集 …… 21

2.1.2　犹豫模糊集 …… 25

2.1.3　对偶犹豫模糊集 …… 27

2.1.4　中智犹豫模糊集 …… 31

2.2　多属性决策方法 …… 33

2.2.1　专家评判法 …… 33

2.2.2　TOPSIS 法 …… 34

2.2.3　灰色关联法 …… 36

2.2.4 投影分析法 …… 39
2.2.5 相关分析法 …… 42
2.3 指标体系设计原则 …… 44
2.3.1 名正性原则 …… 44
2.3.2 理论性原则 …… 44
2.3.3 具体性原则 …… 45
2.3.4 完备性原则 …… 45
2.4 本章小结 …… 45

第 3 章 中国大学评价体系现状分析 …… 46

3.1 中国大学评价指标体系分析 …… 46
3.1.1 广研院评价体系 …… 46
3.1.2 校友会评价体系 …… 48
3.1.3 中评榜评价体系 …… 50
3.1.4 软科评价体系 …… 53
3.2 中国大学评价体系存在问题 …… 54
3.2.1 评价体系科学性有待改进 …… 54
3.2.2 评价数据透明度有待提升 …… 55
3.2.3 评价体系多样性有待扩展 …… 55
3.2.4 评价结果稳定性有待提高 …… 56
3.3 本章小结 …… 57

第 4 章 基于熵权 TOPSIS 的直觉模糊多属性决策模型构建 …… 58

4.1 问题描述 …… 58
4.1.1 直觉模糊集的距离测度 …… 58
4.1.2 直觉模糊加权距离测度 …… 59
4.1.3 直觉模糊有序加权距离测度 …… 60
4.2 基于熵权 TOPSIS 的直觉模糊决策模型 …… 63
4.2.1 模型的构建 …… 63

4.2.2　属性权重的确定 …… 65
4.2.3　模型决策程序 …… 66
4.3　实例分析 …… 67
4.3.1　中外大学评价体系相关性问题描述 …… 67
4.3.2　模型的应用及求解 …… 67
4.4　中外大学评价体系相关性的实证检验 …… 70
4.4.1　研究数据的获取 …… 70
4.4.2　评价指标的选择 …… 71
4.4.3　相关性检验 …… 71
4.5　本章小结 …… 73

第 5 章　基于灰关联的犹豫模糊多属性决策模型构建 …… 74

5.1　问题的描述 …… 74
5.1.1　犹豫模糊集的距离测度 …… 74
5.1.2　灰色犹豫模糊集的概念 …… 77
5.2　基于灰关联的犹豫模糊决策模型 …… 78
5.2.1　模型的构建 …… 78
5.2.2　属性权重的确定 …… 80
5.2.3　模型决策程序 …… 80
5.3　实例分析 …… 81
5.3.1　研究生培养评价要素问题描述 …… 81
5.3.2　模型的应用及求解 …… 81
5.4　研究生培养评价要素的实证检验 …… 83
5.4.1　简单相关测度 …… 83
5.4.2　秩相关测度 …… 84
5.4.3　线性相关分析 …… 85
5.4.4　实证研究结论 …… 87
5.5　本章小结 …… 87

第 6 章　基于投影法的对偶犹豫模糊多属性决策模型构建 …… 88

6.1　问题描述 …… 88
6.1.1　对偶犹豫模糊集的距离测度 …… 88
6.1.2　属性权重的确定 …… 90
6.2　基于投影的对偶犹豫模糊决策模型 …… 93
6.2.1　模型的构建 …… 93
6.2.2　模型决策程序 …… 95
6.3　实例分析 …… 96
6.3.1　中国大学评价体系规模效应问题描述 …… 96
6.3.2　模型的应用及求解 …… 96
6.4　中国大学评价体系规模效应的实证检验 …… 98
6.4.1　本科生规模与其培养得分的关联度 …… 98
6.4.2　研究生规模与其培养得分的关联度 …… 99
6.4.3　大学规模与其评价总得分的关联度 …… 102
6.4.4　广研院与中评榜评价体系的关联度 …… 103
6.4.5　实证研究结论 …… 106
6.5　本章小结 …… 106

第 7 章　基于灰关联投影的中智集多属性决策模型构建 …… 108

7.1　问题描述 …… 108
7.1.1　中智犹豫模糊集的均值和方差 …… 108
7.1.2　中智犹豫模糊集距离测度 …… 109
7.1.3　中智犹豫模糊集相似测度 …… 110
7.2　基于灰关联投影的中智犹豫模糊决策模型 …… 111
7.2.1　模型的构建 …… 111
7.2.2　属性权重的确定 …… 113
7.2.3　时序权重的确定 …… 114
7.2.4　模型决策程序 …… 114

7.3　实例分析 …… 115
7.3.1　中国大学评价体系稳定性问题描述 …… 115
7.3.2　模型的应用及求解 …… 115
7.4　中国大学评价体系稳定性的实证检验 …… 120
7.4.1　中国大学评价体系自身稳定性 …… 120
7.4.2　中国大学评价体系间的相关性 …… 121
7.4.3　中国大学评价体系间的差异性 …… 123
7.4.4　实证研究结论 …… 124
7.5　本章小结 …… 125

第 8 章　多方合力完善中国大学评价体系 …… 126

8.1　政府方面 …… 126
8.1.1　建立高校信息公开数据库 …… 126
8.1.2　建立并完善评价监督制度 …… 126
8.2　高校方面 …… 127
8.2.1　理性认识中国大学评价 …… 127
8.2.2　合理运用大学评价结果 …… 128
8.3　机构方面 …… 128
8.3.1　适当增加定性评价指标 …… 128
8.3.2　公开指标体系和原始数据 …… 129
8.3.3　建立分层分类的评价体系 …… 130
8.3.4　保持指标和权重相对稳定 …… 130
8.3.5　完善国际化学科评估体系 …… 131
8.4　本章小结 …… 131

创新点与展望 …… 132

参考文献 …… 134

附录…… 154

附录 1 …… 154

附录 2 …… 157

后记…… 189

第1章 绪 论

多属性决策作为人们日常生活、工作、学习的一项基本活动，存在于人们和外部世界、事物发生联系的一切行动之中。多属性决策方法是一种定量认识客观世界的手段，使人们能够在纷繁的现象中迅速把握事物的整体水平，可广泛应用于各类社会经济现象的定量综合评价。

1.1 研究的背景和意义

1.1.1 研究背景

决策是人类日常生活中密不可分的科学，其思想和方法一直都被人们应用于实际决策过程。一般的决策是指多准则决策问题(MCDM)，而多准则问题又可分为多目标决策问题(MODM)和多属性决策问题(MADM)。多目标决策问题的决策空间是连续的，其决策目标是选择最好的方案或对象，研究的是未知方案的设计决策问题。多属性决策的决策空间是离散的，其决策目标是在给定的方案集中选择最优的结果或者对方案进行排序，研究的是已知方案集的选择与排序问题。

本书主要研究的是多属性决策问题，其中有限个备选方案，由一个或者多个评价者根据其属性、时段、权重等方面对各个方案进行综合分析并给出评价值，然后根据一种决策方式对评价信息进行融合和化简，得到各个方案的综合属性值，再通过有效的排序方式对综合属性值排序，最终得到理想方案。现代生活生产中，科学研究中的系统工程学、区域规划设计、运筹学等都离不开多属性决策。因为多属性决策可以有效快速地解决实际生活中错综复杂的问题，使多属性决策问题一次又一次成为热门研究领域。

随着科技的进步、社会的发展，人们面临的决策环境越来越复杂，决策者往往受到自身一些主观和客观因素的影响，如知识结构、决策水平和个人偏好等，所做出的决策很大程度上具有不确定性或模糊性。此外，在现实生活中，由于模

糊性现象大量存在于客观世界，决策问题自身的模糊性使人们所接触到的大量信息多数都是模糊和不确定的，使人们所要认识的对象数量方面并非总是以“0-1”这种二值逻辑的形式表现，致使决策者不能给出精确的评价值。而模糊环境下的多属性决策在一定程度上弥补了决策方法的空缺，避免了信息的缺失。

Zadeh(1965)[1]提出了模糊集理论，将取值仅为 1 或 0 的特征函数扩展为可在闭区间[0,1]任意取值的隶属函数。该理论的提出为人们描述模糊现象提供了有效的方法和工具，在现代社会的各个领域得到广泛应用。然而，模糊集的隶属函数值仅仅是一个单一的值，无法表达中立状态。也就是说，模糊集只能描述“亦此亦彼”无法描述“非此非彼”。例如在各种选举投票事件中，除了支持和反对，还经常有弃权情况发生，这时模糊集就显示出其局限性。Atanassov(1986)[2]对传统的模糊集进行了拓展，提出直觉模糊集的概念，直觉模糊集同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度三种特性，可以同时表述支持、反对和中立三种状态，克服了模糊集二分法的局限，比传统的模糊集更细腻地描述和刻画世界的模糊性和不确定性本质。在实际决策过程中，决策者往往会在多个评价值之间产生犹豫，而传统模糊集因不能完整地刻画犹豫信息而受到约束，为此，Torra(2009)[3-4]提出了反应决策者犹豫状态的犹豫模糊集，指出元素的隶属度是由若干个可能的值构成的。由于在运用犹豫模糊集理论进行决策时，仅用隶属函数表达了属性的确定性程度，忽略了不确定性程度的重要性，由此，Zhu 等(2012)[5]提出了对偶犹豫模糊集，确定性程度和不确定性程度分别由隶属函数和非隶属函数表示，能完整地描述决策者的犹豫不决，更贴近决策者的认知现实。Smarandache(1999)[6]从哲学的角度，借助三个组件(t,i,f)=(truth, indeterminacy, falsehood)提出了中智集的概念，中智集作为经典集、模糊集、直觉模糊集的广义形式框架，是处理不确定性信息的一个数学工具。

1.1.2 研究意义

1.1.2.1 理论意义

科学来自事实和基于事实的推理，一项研究的科学性，当以其方法与对象的适应性为前提。就数量方法在社会科学领域运用的科学性而言，相对于数学完美性及其在科学技术中的辉煌，数量方法与研究对象的契合度，更具有决定性的

力量。

本书丰富和拓展了模糊多属性决策理论及建模方法。从直觉模糊有序加权距离测度(IFOWD)、犹豫模糊集属性的灰色关联度、对偶犹豫模糊集的夹角余弦值、中智犹豫模糊集的相似度等多重维度对多属性决策理论进行更深层次的挖掘,基于系列距离和相似度测度公式,建立了基于熵权 TOPSIS 的直觉模糊多属性决策模型、基于灰关联测度的犹豫模糊多属性决策模型、基于信息熵和投影分析的对偶犹豫模糊多属性决策模型、基于中智模糊相似度的灰关联投影多属性决策模型,实现了对模糊多属性决策建模方法的拓展及完善。

1.1.2.2　实践意义

随着社会经济的发展,管理决策中充斥着复杂不确定性,决策者的认知存在局限性,传统决策方法已然无法指导管理实践活动。科学研究的意义在于能够指导实践活动,一个具有实践力量的研究,都应从对实践的分析中探求概念的数学抽象及相应的数量分析途径——基于这个认识,本书因循“实践 → 理论 → 实践”的路径,由管理决策中存在的复杂不确定问题分析出发,对解决该问题的多属性决策方法进行研究,提出科学合理的管理决策分析方法,进一步指导管理决策实践。

本研究将模糊多属性决策模型应用于高等教育领域的大学评价体系实践研究之中,并基于客观数据和统计分析方法,对模型的决策结果进行了实证检验。不但体现了所建模型的实用性,还有助于为我国大学评价实践提供科学的指导借鉴。

1.2　国内外研究现状

1.2.1　国外研究现状

学术界对模糊集理论和多属性决策方法均有相当多的研究成果,建立了系列的模糊多属性决策模型和方法。本章通过对现有文献的分析与总结,从直觉模糊多属性决策、犹豫模糊多属性决策、对偶犹豫模糊多属性决策、中智犹豫模糊多属性决策四个方面,归纳国外相关研究现状。

1.2.1.1　直觉模糊多属性决策

直觉模糊集的特点是同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度这三方面信息,

可描述“非此非彼”的模糊概念，更细腻地刻画客观世界的模糊性本质，是对 Zadeh 模糊集理论的扩充和发展，在处理模糊性和不确定性等方面更具灵活性和实用性。

关于直觉模糊集的理论研究主要集中在纯数学领域[7-12]。如 Li 等(2002)[7]、Grzegorzewski(2004)[8]、Mitchell(2004)[9]分别研究了直觉模糊集的性质、运算、相关性、相关系数以及聚类方法；YAGER(2009，2010)[10-11]、Jun(2009)[12]分别探讨了直觉模糊集的对偶与特性测度、水平集与表示定理以及转换半群等。直觉模糊集理论在决策科学领域引起了国际学术界的重视，其研究主要围绕着相似性测度[13-14]、属性权重的确定[15-18]、直觉判断矩阵[16-17]，经典多属性决策方法的拓展[14,19]以及得分函数、精确函数[20-21]等方面展开。

Xu(2007)[13]、Gong 等(2009)[14]分别定义了直觉模糊集的相似性测度并应用于 MADM 中。Li(2005)[15]建立了若干求解权重的线性规划模型，通过直觉指数加权平均最大化和距离测度，得到最优属性权重和方案的排序结果。Gong 等(2009)[14]通过建立线性目标规划模型来确定属性的最优权重，利用相似性测度计算相对接近度，并给出了决策方法。在直觉模糊判断矩阵方面，Dai 等(2007)[16]介绍了直觉判断矩阵、一致性直觉判断矩阵、残缺直觉判断矩阵、一致性残缺直觉判断矩阵等概念，建立了基于直觉判断矩阵的 MADM 模型。Xu(2007)[17]定义了加型、积型一致性直觉判断矩阵以及得分矩阵，利用两种转换函数建立线性规划模型以获得属性的权重，进而给出了一种基于直觉模糊偏好信息的 MADM 途径。由于当方案数目较大时，决策者要给出方案的两两比较信息，所需的工作量很大，这是基于直觉判断矩阵决策的不足。

在经典 MADM 方法的拓展方面，Gong 等(2009)[14]利用 TOPSIS 方法给出了方案的排序值。在得分函数和精确函数方面，Lin 等(2007)[20]定义了直觉模糊集的得分函数和精确函数，根据方案满足决策者要求的适合度，提出了直觉模糊 MADM 方法。Liu 等(2007)[21]通过引入直觉模糊点算子，定义了一系列的基于直觉模糊点算子的得分函数，并给出了相应的直觉模糊 MADM 方法。Wei(2009)[22]提出了动态的直觉模糊加权几何算子，并将其应用于动态 MADM 中。

由于客观事物的复杂性和不确定性，直觉模糊集的隶属度和非隶属度的值往往难以用精确的实数值来表达，而用区间数则比较合适。Atanassov 等