



浙江省哲学社会科学规划  
后期资助课题成果文库

# 多阶段语言信息集结 方法及应用研究

Duojieduan Yuyan Xinxi Jijie  
Fangfa Ji Yingyong Yanjiu

郝晶晶 刘远 著

中国社会科学出版社



浙江省哲学社会科学规划  
后期资助课题成果文库

# 多阶段语言信息集结 方法及应用研究

Duojieduan Yuyan Xinxi Jijie  
Fangfa Ji Yingyong Yanjiu

郝晶晶 刘远 著



中国社会科学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

多阶段语言信息集结方法及应用研究 / 郝晶晶, 刘远著. —北京: 中国社会科学出版社, 2019. 3

(浙江省哲学社会科学规划后期资助课题成果文库)

ISBN 978-7-5203-3785-4

I. ①多… II. ①郝…②刘… III. ①语言信息处理学-研究 IV. ①TP391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 295104 号

---

出版人 赵剑英  
责任编辑 宫京蕾  
责任校对 秦 婵  
责任印制 李寡寡

---

出 版 中国社会科学出版社  
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号  
邮 编 100720  
网 址 <http://www.csspw.cn>  
发 行 部 010-84083685  
门 市 部 010-84029450  
经 销 新华书店及其他书店

---

印刷装订 北京君升印刷有限公司  
版 次 2019 年 3 月第 1 版  
印 次 2019 年 3 月第 1 次印刷

---

开 本 710×1000 1/16  
印 张 12  
插 页 2  
字 数 200 千字  
定 价 58.00 元

---

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社营销中心联系调换

电话: 010-84083683

版权所有 侵权必究

# 前 言

多阶段决策是静态决策工作在时间维度的拓展和延伸，主要面向时间跨度较长或阶段特征较为明显的决策问题，例如工程项目建设、五年规划经济发展效果、风险投资项目评价等。由于决策环境的多样性、决策对象的复杂性和决策主体的有限理性，评价方案的绩效，尤其是在定性指标下的表现，往往难以用准确数值进行描述。语言信息能够较好地反映出决策者的思维习惯和逻辑判断，已经广泛地应用到很多决策问题之中。多阶段决策问题通常时间跨度较长，可能包含多源多类别的异构信息，且这些多源异构信息间必然存在一定的联系和差异。现有多阶段多源异构语言信息集结研究尚处于探索阶段，没有形成成熟的理论体系，无法满足实际工作的迫切需求。

本书针对语言信息决策和多阶段决策问题的交叉领域，研究多阶段语言信息的集结方法，为语言信息下的多阶段决策工作提供理论依据和技术支持。根据从简单至复杂的进度安排，分别针对主观阶段偏好下的决策信息挖掘、多阶段风险偏好变化、双重异构语言信息联动、群体意见交互修正、大规模群体决策等情形，设计多阶段语言信息的集结方法，通过测算阶段权重等关键参数，集结备选方案在各阶段下的表现，以全评价周期的视角衡量方案的综合表现，进而实现方案的优选排序。理论研究之后，结合浙江省、上海市和南京市社会信用体系的多阶段评价工作，对上述关键模型及方法进行验证，为浙江省提升社会信用体系建设提供理论依据。

本书共分8章，按照由浅入深、由易至难的研究思路，针对不同情形下语言信息多阶段集结问题安排相关章节。

第一章介绍语言信息下多阶段决策问题的内涵和应用背景，评述现有研究的主要成果和可能存在的不足，针对若干常见情形下的语言信息多阶

段问题，由浅入深地展开本书研究思路。

第二章研究了一类不确定语言信息下多阶段决策问题，在综合考虑各阶段下决策信息特征和主观时序偏好的基础上，设计一类基于 TOPSIS 分析思路的多阶段语言决策信息集结方法。

第三章基于前景理论的思想研究多阶段随机多准则决策中的信息集结问题，参照发展速度的思想，设计一种多阶段动态参考点的设置方法及其在多阶段决策领域的应用。

第四章面向双重结构语言信息共同存在下的多阶段决策问题，设计一类针对双重结构语言信息的融合方法，对备选方案的动态综合绩效和专家偏好信息进行集结，实现方案的选优决策。

第五章针对双重信息下的多阶段群体决策问题，测算各阶段下专家群体偏好与综合偏好矩阵之间的累积偏差量，分析其与阶段权重之间的关联关系，并通过阶段权重集结各阶段下方案的综合偏好矩阵。

第六章研究了语言信息下大规模群决策问题，以综合相似关系表征双重信息下的专家相似关系并进行编网聚类分析，依据群体双重信息融合度设置阶段权重，集结各阶段群体信息。

第七章搜集“十二五”期间上海市、江苏省和浙江省在社会信用体系建设的相关成就，分别在决策依据信息和双重信息等情形下评估各地社会信用体系的建设效果，并有针对性地形成提升浙江省社会信用体系建设效果的对策和建议。

第八章对全文进行总结，并对本领域未来研究方向进行展望。

本书由浙江师范大学经管学院的郝晶晶博士负责总纂和编著，她为本书的编写设计了总体思路并撰写了后续章节。在本书的策划与编写过程中，编者一方面总结自身多年科研实践的经验，另一方面广泛吸收近年来出版的相关教材、高水平科研论文中许多有益的内容。感谢文中所引用文献的各位著、编、译者，你们的研究成果是本书能够完成的基础。

本书的出版先后得到了浙江省哲学社会科学规划后期资助课题（17HQZZ06）、教育部人文社会科学研究青年项目（15YJC630030）、国家自然科学基金项目（71603242）、浙江省自然科学基金青年基金项目（LY17G010006）等项目的资助。在本书的撰写过程中，许多领导、专家和本领域的研究同仁对作者的工作给予了鼎力支持，中国社会科学出版社

的领导和编辑更是通力合作。在此，作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免。敬请广大读者和同行批评指正。

编 者

2017年9月

# 目 录

|   |      |
|---|------|
| 第一章 语言信息下的多阶段决策问题 .....                         | (1)  |
| 第一节 研究背景 .....                                  | (1)  |
| 一 实际决策问题往往包含着大量语言信息,语言变量的处理<br>方法尚不成熟 .....     | (2)  |
| 二 复杂决策问题通常呈现出动态演化特性,多阶段评价研究<br>亟须加强 .....       | (2)  |
| 三 多阶段决策问题中充斥大量的多源异构信息,信息联动及<br>动态集结方法有待突破 ..... | (3)  |
| 四 信息时代下群体决策问题较为普遍,多阶段情形下群体信息<br>集结问题难度激增 .....  | (3)  |
| 第二节 研究目的及意义 .....                               | (4)  |
| 第三节 相关理论及研究综述 .....                             | (4)  |
| 一 语言变量信息研究 .....                                | (5)  |
| 二 基于语言变量信息的决策方法 .....                           | (7)  |
| 三 不确定信息群体决策方法 .....                             | (11) |
| 四 大规模群决策理论与方法的研究 .....                          | (12) |
| 五 多阶段决策理论与方法 .....                              | (13) |
| 六 社会信用体系的国内外研究现状 .....                          | (15) |
| 第四节 研究方案及思路 .....                               | (20) |
| 一 主要研究内容 .....                                  | (20) |
| 二 研究思路及方法 .....                                 | (23) |
| 第五节 创新点 .....                                   | (24) |

|  |      |
|--|------|
| 第六节 本章小结·····                                | (26) |
| <b>第二章 基于 orness 测度的多阶段不确定语言信息集结方法研究</b> ··· | (27) |
| 第一节 问题描述及预备知识 ·····                          | (27) |
| 一 基本定义·····                                  | (28) |
| 二 问题描述及分析思路 ·····                            | (28) |
| 第二节 不确定语言信息下阶段权重测算模型研究 ·····                 | (29) |
| 一 多阶段不确定语言动态贴近度测算 ·····                      | (29) |
| 二 基于综合贴近度最小差异的阶段权重测算模型 ·····                 | (30) |
| 第三节 多阶段不确定语言信息决策的拓展模型及参数分析 ·····             | (33) |
| 一 方案综合贴近度变动范围估算模型 ·····                      | (33) |
| 二 不确定语言信息多阶段决策步骤 ·····                       | (34) |
| 三 orness 测度参数分析 ·····                        | (34) |
| 第四节 应用研究·····                                | (36) |
| 一 决策过程及结果 ·····                              | (37) |
| 二 结果分析与方法比较 ·····                            | (40) |
| 第五节 本章小结·····                                | (41) |
| <b>第三章 基于前景理论的多阶段随机多准则语言决策方法</b> ·····       | (42) |
| 第一节 问题描述及预备知识 ·····                          | (42) |
| 一 问题描述·····                                  | (42) |
| 二 预备知识·····                                  | (43) |
| 第二节 动态语言参考点设置方法 ·····                        | (47) |
| 第三节 各阶段多准则方案前景值测算 ·····                      | (50) |
| 第四节 多阶段随机多准则决策方法 ·····                       | (51) |
| 一 准则权重设置模型 ·····                             | (51) |
| 二 各阶段前景价值范围估算模型 ·····                        | (52) |
| 第五节 应用研究·····                                | (54) |
| 第六节 本章小结·····                                | (58) |
| <b>第四章 基于双重语言信息联动的多阶段决策模型研究</b> ·····        | (59) |
| 第一节 问题描述及预备知识 ·····                          | (59) |
| 一 问题描述·····                                  | (59) |
| 二 预备知识·····                                  | (60) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 第二节 单阶段双重语言信息下属性权重确定方法 .....       | (62)  |
| 一 双重语言信息联动集结分析框架 .....             | (62)  |
| 二 决策依据信息的导出偏好矩阵设计 .....            | (63)  |
| 三 基于双重语言信息融合的属性权重确定方法 .....        | (65)  |
| 第三节 双重语言信息联动下多阶段决策模型 .....         | (67)  |
| 一 基于双重语言信息融合的阶段权重设计框架 .....        | (67)  |
| 二 多阶段双重语言信息下阶段权重测算模型 .....         | (68)  |
| 三 双重语言信息联动下多阶段决策过程 .....           | (71)  |
| 第四节 应用研究 .....                     | (72)  |
| 第五节 本章小结 .....                     | (74)  |
| 第五章 基于双重语言信息交互修正的多阶段群体决策方法研究 ..... | (76)  |
| 第一节 问题描述及预备知识 .....                | (76)  |
| 一 问题描述 .....                       | (76)  |
| 二 预备知识 .....                       | (79)  |
| 第二节 语言判断矩阵和决策评价矩阵的预处理 .....        | (80)  |
| 一 语言判断矩阵预处理 .....                  | (80)  |
| 二 基于决策依据信息的导出偏好矩阵生成 .....          | (81)  |
| 第三节 双重语言信息下专家偏好信息修正方法研究 .....      | (82)  |
| 一 弱有效性专家的辨别方法 .....                | (82)  |
| 二 弱有效性专家意见的交互修正模型 .....            | (84)  |
| 第四节 基于修正后专家偏好信息的多阶段决策方法研究 .....    | (87)  |
| 一 阶段权重设置模型 .....                   | (87)  |
| 二 多阶段决策步骤及流程图 .....                | (90)  |
| 第五节 应用研究 .....                     | (92)  |
| 一 背景分析 .....                       | (92)  |
| 二 单阶段专家群体意见修正和集结过程 .....           | (93)  |
| 三 阶段权重设计及多阶段信息集结 .....             | (96)  |
| 第六节 本章小结 .....                     | (97)  |
| 第六章 大规模群体语言信息的融合聚类及多阶段集结方法研究 ..... | (99)  |
| 第一节 问题描述 .....                     | (99)  |
| 第二节 群体分类偏好下双重信息融合聚类方法 .....        | (102) |

|     |                                       |       |
|-----|---------------------------------------|-------|
| 一   | 专家相似关系测度 .....                        | (102) |
| 二   | 聚类融合目标下的属性权重测度方法 .....                | (103) |
| 三   | 群体分类偏好下的双重信息融合聚类步骤 .....              | (107) |
| 第三节 | 基于双重信息聚类结果的群体集结模型 .....               | (108) |
| 一   | 类内专家权重设置方法 .....                      | (108) |
| 二   | 类间专家权重设置方法 .....                      | (110) |
| 三   | 双重信息群体集结模型 .....                      | (111) |
| 第四节 | 多阶段大规模群体双重信息集结研究 .....                | (112) |
| 一   | 阶段权重设置方法 .....                        | (112) |
| 二   | 多阶段大规模群体双重信息集结步骤 .....                | (113) |
| 第五节 | 应用研究 .....                            | (114) |
| 第六节 | 本章小结 .....                            | (128) |
| 第七章 | 长三角地区社会信用体系建设绩效的多阶段语言信息评价<br>研究 ..... | (129) |
| 第一节 | 社会信用体系建设及研究意义 .....                   | (129) |
| 第二节 | 我国社会信用体系的框架及基本要素 .....                | (131) |
| 第三节 | 社会信用体系建设绩效评估指标体系设计 .....              | (137) |
| 一   | 社会信用体系建设绩效评估指标体系设计的原则 .....           | (137) |
| 二   | 社会信用体系建设绩效评估指标体系构建 .....              | (138) |
| 第四节 | 长三角社会信用体系建设绩效的多阶段评价研究 .....           | (139) |
| 一   | 长三角主要省市社会信用体系建设情况调研 .....             | (139) |
| 二   | 语言决策信息下长三角社会信用体系建设绩效多阶段<br>评价 .....   | (147) |
| 三   | 双重信息情形下长三角社会信用体系建设绩效多阶段<br>评价 .....   | (152) |
| 四   | 结论与启示 .....                           | (156) |
| 第五节 | 本章小结 .....                            | (157) |
| 第八章 | 结论与展望 .....                           | (158) |
| 第一节 | 主要结论 .....                            | (158) |
| 第二节 | 研究展望 .....                            | (160) |

---

|   |       |
|---|-------|
| 参考文献 .....                                    | (162) |
| 本书相关的研究成果 .....                               | (177) |
| 附录 “十二五”期间长三角地区社会信用体系建设效果的调研<br>问卷 .....      | (178) |
| 第一部分 “十二五”期间长三角主要省市社会信用体系建设<br>效果的多指标调研 ..... | (178) |
| 第二部分 “十二五”期间长三角主要省市社会信用体系建设的<br>整体效果调研 .....  | (182) |

## 第一章

# 语言信息下的多阶段决策问题

## 第一节 研究背景

决策科学主要研究人的抉择思维和步骤，依据科学的理论和方法，从多个备选方案中选择出一定意义下的“最优”方案，为方案的后续实施提供科学依据<sup>①</sup>。作为现代管理的核心活动，决策工作是个人、企事业单位和政府机构日常经营和运作过程中的一种必要行为，几乎贯穿了整个管理活动，直接关系到管理工作效果。自从 20 世纪 50 年代以来，随着社会化大生产和科学技术的迅猛发展，科学决策逐渐取代传统的经验决策，在世界政治、军事、经济和科学技术等领域发展中起到举足轻重的作用。在市场竞争日益激烈的现代社会，社会活动日益复杂，环境条件变化多端，影响因素千头万绪，组织规模日趋庞大。上述因素所造成的复杂度对决策工作提出了新的挑战，是制约现代管理活动顺利开展的瓶颈和短板。分析国内外诸多事例不难发现，无论是大型工程项目建设（如阿斯旺水坝工程、运十飞机项目）、军事行动（如朝鲜战争、诺曼底登陆）还是市场开拓（如石英手表推广、Android 手机系统研发），决策活动的成功与否直接关系到个人的成败得失、组织的生死存亡乃至国家的兴衰荣辱。虽然决策结果通常不可能完全符合预期要求，但是尽可能减少决策偏差既是决策科学研究的效果和价值，也是衡量管理者水平高低的重要因素之一。

由于各种主客观原因，评价方案的实际表现通常难以获得精确的评估信息，越来越多的决策问题中包含着众多不确定信息。随着决策科学的快速发展和现实决策工作的需要，区间数、模糊数、灰数和语言信息下的不

<sup>①</sup> 汪应洛：《系统工程理论、方法与应用》，高等教育出版社 1997 年版。

确定决策问题受到国内外学者的广泛关注。其中，语言信息更为贴合人类的思维习惯，表现形式简单，操作处理比较灵活，已经广泛应用于当今很多决策问题之中。需要说明的是，本书涉及的语言专指人类日常使用的自然语言，是人类交流和思维的主要工具。而语言信息是从自然语言中提炼出的表达术语，如非常重要、较好、一般、较弱、非常差等。

现如今，一些较为复杂的决策问题，例如大型工程项目建设评估、区域经济“十二五”发展评价、供应商绩效考核等，时间跨度较长，决策对象的表现呈现出较强的动态演化特性，不可能仅凭借单一时期的决策行为而获得全面、科学的评价结果。因此，研究多阶段语言信息下的决策问题，剖析方案在不同阶段间的变化特点，设计多阶段语言信息的动态集结方法以确定备选方案的总体绩效，是当今决策科学中值得深入探讨的一个重要领域。

### 一 实际决策问题往往包含着大量语言信息，语言变量的处理方法尚不成熟

由于决策对象的复杂性、决策环境的不确定性以及决策者思维的有限理性，客观事物的特征及其变化有时无法直接用实数进行准确描述。在实际决策问题中，决策者针对某些定性指标（如候选人的综合素质、武器装备性能、供应商合作关系等）进行评估时，往往会直接给出定性的评估信息（如差、中、良、优等自然语言形式）。这样一来，实际决策问题（如绩效考核、风险投资、系统性能评估、拍卖活动、供应链管理、医疗诊断等）充斥着大量语言信息，即以确定或不确定语言变量的形式描述决策者的主观意见。虽然语言信息能够很好地模拟与贴近决策者的思维和判断逻辑，但在信息集结和运算过程中可能出现信息丢失和扭曲等问题。现有语言计算模型较难体现语言信息的模糊性和不确定性，语言信息决策工作面临着新的难题和考验。

### 二 复杂决策问题通常呈现出动态演化特性，多阶段评价研究亟须加强

为了提高决策工作的科学性和准确性，许多复杂评价问题需要经过长期、多轮的动态评价过程，即对传统静态决策过程在时间维度上进行有效的推广和拓展。多阶段决策问题需要综合考虑各阶段的评价信息，并结合

行为科学、心理学、系统科学等理论对多阶段信息进行科学集结，进而得到合理的全阶段（周期）评价结果。然而，各阶段的评价信息之间往往存在复杂的关联关系，决策者的风险态度对决策结果也存在显著影响。相对于静态决策问题而言，多阶段决策问题存在更多的不确定性和风险性，动态决策研究亟须加强。

### 三 多阶段决策问题中充斥大量的多源异构信息，信息联动及动态集结方法有待突破

由于信息来源渠道的多样性，一些复杂决策问题中通常存在着大量的多源异构信息，在表现形式、内在含义和处理方法上均存在较大的差异。此处的异构主要表示语言信息呈现方式的结构化差异。例如，对于包含  $m$  个评价方案和  $n$  个评价指标的决策问题，语言信息既形成  $m \times m$  的判断矩阵，也可以呈现出  $m \times n$  的评价矩阵。依据评价信息的特点和意义，评价信息主要可以分为两类：一类是决策专家在主观上对事物整体表现优劣做出的两两比较与评价结论，另一类则反映决策者进行主观决策判断的背景依据信息。上述两类信息之间既存在一定关联性，又存在结构形式的不一致性。在多阶段决策问题中，双重信息的关联性表现得更为复杂和多样。由于不同阶段的评价重点可能存在差异，决策专家给出的决策信息在结构、内涵、表现形式等方面可能出现一定的冲突。本着信息全面利用的原理，需要对不同渠道、不同类型的多源语言信息进行有效整合和合理集结，进而反映备选方案的整体绩效。由于各阶段下多源语言信息之间通常存在复杂的信息继承和派生关系，多源异构语言信息的融合及动态集结方法面临较大挑战，这也是开展多阶段科学决策的一个重要方向。

### 四 信息时代下群体决策问题较为普遍，多阶段情形下群体信息集结问题难度激增

群体决策是一种集思广益、提高决策科学性的常用决策方法。特别是随着信息技术的发展和因特网的日益普及，群体决策的范围和效率得到了拓展和提升，已经广泛应用于日常决策工作之中。评价信息的集结工作是指将不同纬度或不同主体的评价信息进行合理的凝集和归并，使之能够反映评价对象整体表现。多阶段群体决策问题面对群体意见的静态协调和动态演化，其中属性权重、专家权重、阶段权重、信息偏好等变量均是影响

决策结果的关键因素。随着群体规模的扩大和信息渠道的增多,多主体、多元异构信息的动态交互以及动态大规模群体决策对多阶段群体决策问题提出新的挑战,研究的难度增加。由此衍生出的新问题(如多阶段下群体决策冲突协调、群体决策一致性的动态修正、多阶段群体聚类形成的异质团队决策等),目前尚缺乏成熟的解决方案。

## 第二节 研究目的及意义

本书结合多阶段决策问题的实际特征,研究多阶段语言信息的动态集结方法;分别针对主观阶段偏好已知下的决策信息挖掘、决策风险动态变化下的风险决策、双重异构语言信息联动、群体意见交互修正、大规模群体决策等情形下语言信息多阶段决策问题,分析其具体特征,以全评价周期的视角有效测算备选方案的动态表现,通过测算方案的整体绩效进而实现优选决策,完善不确定信息下多阶段决策理论和方法,为语言信息下多阶段决策的实际工作提供强有力的理论支持。

鉴于上述研究背景和目的,本书的研究意义主要集中在以下四个方面:

- (1) 探索语言信息下多阶段决策新理论,有利于语言信息决策理论在时间维度上实现动态拓展;
- (2) 设计不同情形下多阶段语言信息集结方法,有利于以全评价周期的视角分析经典的决策问题;
- (3) 分析双重异构语言信息交互作用机理,有利于剖析多元语言信息对决策结果的影响效果;
- (4) 建立多阶段语言信息集结流程,有利于为不同情形下的语言信息多阶段决策问题提供切实有效的分析思路和解决方案。

## 第三节 相关理论及研究综述

语言信息下的决策问题已经受到国内外广大学者的普遍关注,有较丰富的研究成果。实际决策问题往往涉及多个阶段,体现多阶段动态特征。动态决策过程累积了多个阶段的评价信息,不能依靠单阶段信息进行简单处理,需要结合多个阶段的决策信息以其综合衡量方案的动态绩效。动态多阶段决策信息的集结问题,已越来越被国内外专家学者所重视,是一个重要的研究领域。相关理论综述主要有以下几个方面:

## 一 语言变量信息研究

作为一类表征不确定信息的有效方法,语言变量已经成为专家评价的主要手段。国内外学者对各类语言标度形式及其处理方式进行了大量的研究,取得丰富成果。

扎德(Zadeh)于1975年提出了语言变量的概念,认为变量值可以由自然或人工语言中的词语或句子组成,并将语言变量定义为一个五元组 $(X, T(X), U, G, M)$ <sup>①</sup>,为语言变量的构成提供了一个清晰的框架。许多学者围绕着此框架做了大量的研究。埃雷拉(Herrera)和埃雷拉·别德玛(Herrera-Viedma)提出了语言决策框架的三个步骤,包括设计语言术语及其语义、选择语言信息集结算子和选择最优方案<sup>②</sup>。在语言术语标度方面,文献[4]设计了一种下标为非负整数、术语个数为奇数的语言标度;徐泽水提出了一种新型的语言变量形式,其语言变量下标以零为中心对称,在一定程度上保证直接利用语言变量基本运算的科学性和合理性<sup>③</sup>。以上两种语言变量为加性语言标度,且下标为均匀的,即任意相邻两个标度之间的距离相同。为了满足实际决策问题的需求,徐泽水又提出了非均匀积性语言标度<sup>④⑤</sup>。戴跃强等对几种常见的非均匀数值语言标度进行比较后,证明10/10—18/2标度的性能最好<sup>⑥</sup>。非均匀语言标度是语言标度表现形式的有力补充,然而其现实意义如何体现仍是待研究的主要内容。考虑语言变量自身存在的犹豫模糊特性,罗德里格斯(Rodríguez)等提出了犹豫模糊语言集<sup>⑦</sup>用

① Zadeh L A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 1975, 8 (3).

② Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115: 67-82, 2000.

③ 徐泽水:《不确定多属性决策方法及应用》,清华大学出版社2004年版。

④ Xu Z S. EOWA and EOWG operators for aggregating linguistic labels based on linguistic preference relations. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2004, 12 (6).

⑤ Xu Z S. Interactive group decision making procedure based on uncertain multiplicative linguistic preference relations. Technical Report, 2006.

⑥ 戴跃强、徐泽水、李琰、达庆利:《语言信息评估新标度及其应用》,《中国管理科学》2008年第16期。

⑦ Rodríguez RM, Martínez L, Herrera F. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2012, 20 (1).

以表征专家犹豫不决时的评估变量,并将其运用到多属性决策问题中<sup>①</sup>。总体来说,关于语言评估标度的研究成果较为丰富和成熟,然而由于语言存在固有的模糊性和不确定性,设计更具灵活性和更贴近人类直觉思维的语言标度和句式表征是值得进一步探索的研究方向。

在语言计算模型方面,埃雷拉和马丁内斯(Martinez)将处理具有语言评价信息的决策模型分为三类<sup>②</sup>:①基于扩展原理的近似计算模型<sup>③</sup>:该模型将语言变量转化为区间数、三角模糊数、梯形模糊数等形式,再按照各类模糊数的运算规则进行近似计算;②有序语言计算模型<sup>④⑤</sup>:该模型主要利用max和min算子、OWA算子或round算子进行近似计算;③二元语义计算模型[11]:该模型使用二元语义表示方式及其运算算子对语言评价信息进行处理。其中类型①需要主观确定隶属函数,且参数较多,有较大的不确定性;类型②在处理过程中易丢失信息,结果存在较大的风险性;类型③能避免信息集结过程中的信息丢失和扭曲,在计算精度和可靠性方面优于前两种类型,然而计算过程较难体现语言的不确定性,且实质上为下标数据的计算。除此之外,徐泽水将离散的语言集推广到连续的语言集合,命名离散语言集为原始语言集,命名连续语言集合为虚拟语言集,并在此基础上提出了语言符号计算模型<sup>⑥</sup>,该模型计算简便,但较难体现语言变量固有的模糊性质。自李德毅院士提出定性定量信息转化不确定性模型即云模型<sup>⑦</sup>后,基于

① Rodríguez RM, Martínez L, Herrera F. A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets. *Information Sciences*, 2013, 241 (20).

② Herrera F, Martínez L. The 2-tuple linguistic computational model: Advantages of its linguistic description, accuracy and consistency. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2001 (9).

③ Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. A model for linguistic partial information in decision making problem. *International Journal of Intelligent Systems*, 1994, 9 (4).

④ Yager R R. Fusion of ordinal information using weighted median aggregation. *International Journal of Approximate Reasoning*, 1998, 18 (1-2).

⑤ Herrera F, Herrera-Viedma E. Aggregation operators for linguistic weighted information. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1997, 27 (5).

⑥ Xu Z S. A method based on linguistic aggregation operators for group decision making with linguistic preference relations. *Information Sciences*, 2004, 166 (1-4).

⑦ 邸凯昌、李德仁、李德毅:《云理论及其在空间数据挖掘和知识发现中的应用》,《中国图像图形学报》1999年第4期。