

## 项目名称：

复杂信息测度理论与决策方法研究

## 提各单位意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合四川省科学技术奖励工作办公室填写要求。

该项目通过研究复杂信息的测度理论和决策方法，为解决现实中复杂不确定决策问题提供了新颖的观点和有效工具，也为不确定决策的研究和推广做出了重要贡献。该项目的基础理论研究兼具开创性与系统性：在复杂信息环境下，从定量和定性的角度对不完整、不确定的信息进行建模，分别建立了基于直觉模糊信息、犹豫模糊信息和犹豫模糊语言信息的测度理论和决策方法，构建了测度理论框架和群决策方法体系，为研究复杂信息测度理论与决策方法提供了新的突破口和思路，得到了国内外学术同行的广泛引用和高度评价。

提名该项目为四川省科技进步奖。

## 项目简介：

在大数据时代背景和不确定决策环境下，大量复杂多变的信息喷涌而出。如何全面细致地表述和处理决策系统中的复杂信息，保证在不丢失原始表达信息的基础上比较和集成信息，是复杂决策问题中一项基础且关键的任务。因此，对基于复杂信息的测度理论和决策方法进行了深入系统的研究，是国内外长期研究的焦点。多年来，在多个相关国家自然科学基金的支持下，本项目深入系统地研究了基于直觉模糊信息、犹豫模糊信息和犹豫模糊语言信息等多种复杂信息的测度理论、融合技术和决策方法，取得了一系列原创性研究成果。主要研究内容和科学发现点如下：

1. 创建了基于直觉模糊信息的测度理论与决策方法。从决策者的认知情境出发，对不完整、不清晰的信息进行建模，创新性地提出了直觉模糊信息及其扩展信息的表达方式、运算法则和融合技术等，为智慧决策奠定了坚实基础。

2. 建立了基于犹豫模糊信息的测度理论与决策方法。在不确定决策环境下，创新性地提出了以犹豫模糊信息为基础的集成技术、融合方法和聚类算法等，系统地构建了基于犹豫模糊信息的测度理论，深入研究了犹豫模糊环境下的多属性决策理论和排序方法，拓展了复杂决策的理论空间。

3. 给出了基于犹豫模糊语言信息的测度理论与决策方法。在复杂不确定环境下，从人们的思维和认知出发，深入系统地研究了基于犹豫模糊语言的测度理

论、融合技术与决策方法，奠定了基于犹豫模糊语言决策信息的定性决策方法的理论基础。

本项目广泛深入地对复杂信息测度理论与决策方法进行研究，不仅具有重要的理论价值，而且有广泛的实用前景。上述理论研究成果已被成功应用到空调系统选择、航空公司选择、能源政策选择、医疗诊断、水资源管理、可替代燃料汽车选择、电影推荐系统管理、川酒品牌管理等关系社会民生的实际案例中。

本项目 8 篇代表性论文在 Web of Science 中被引 1613 次，他引 1246 次，在 Google 学术中被引 2100 余次，其中 7 篇为 ESI 高被引论文。IEEE Fellow、IFSA Fellow、印度科学院和工程院院士 Nikhil. R. Pal 教授，加拿大皇室科学学院院长、IFSA 前主席 Witold Pedrycz 教授，IEEE Fellow、IFSA Fellow、IET Fellow Shyi-Ming Chen 教授，西班牙皇家工程院院士、IFSA Fellow Francisco Herrera 教授，IEEE Fellow、AAAS Fellow、加拿大皇家科学院院士 Keith W. Hipel 教授，中国工程院院士陈晓红教授，国际系统与控制科学院院士、教育部长江学者特聘教授徐玖平教授等国内外知名学者在他们的学术论著中引用了我们的研究成果且给予高度好评。成果完成人一为全球高被引科学家 (2014-2018)，中国高被引学者(2014-2016, 2018 年蝉联计算机科学领域榜首)，同时获得计算机科学与工程两个领域汤森路透中国引文桂冠奖-高被引科学家奖(2014)。另外，成果完成人一为迄今中国大陆第一位同时获得 IEEE Fellow、IFSA Fellow、IET Fellow、BCS Fellow、RSA Fellow 五项殊荣的学者。本项目为《2016 研究前沿》及《2018 研究前沿》报告中的“犹豫模糊集理论及其在决策中的应用”、“群体决策一致性的模糊语言建模”、“大数据背景下的管理学问题研究”等研究前沿做了大量奠基性工作。

## 客观评价：

8 篇代表性学术论著在 Web of Science 中被引用 1613 次，他引 1246 次，在 Google 学术中被引 2100 余次，其中 7 篇为 ESI 高被引论文。成果完成人为“汤森路透中国引文桂冠奖—高被引科学家奖(2014 年)”获得者，全球高被引科学家(2014-2018)。以下简单介绍部分他人引用情况：

国际电气和电子工程师协会(IEEE) Fellow、国际模糊系统协会(IFSA) Fellow、印度科学院和工程院院士 Nikhil. R. Pal 教授在论文(Divergence measures for intuitionistic fuzzy sets, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2015, 23: 444-456)中研究直觉模糊集的散度测量及应用时肯定了代表性论文 1 的工作。

立陶宛科学院院士、立陶宛科学奖获奖者、维尔纽斯格迪米纳斯技术大学(VGTU)校长、可持续建设研究所所长 Edmundas Kazimieras Zavadskas 教授在其论文(Distributed feature selection: A hesitant fuzzy correlation concept for microarray high-dimensional datasets, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 2018, 173: 51-64)中引用了代表性论文 2。加拿大皇室科学学院院长、IFSA 前主席、国际权威 SCI 期刊《Information Sciences》主编 Witold Pedrycz 教授在其论文(Hesitant fuzzy Maclaurin symmetric mean operators and its application to multiple-attribute decision making, International Journal of Fuzzy Systems, 2015, 17(4): 509-520)中引用了成果完成人在犹豫模糊环境中关联测度

(代表性论文2)的工作：“Chen et al. [9] derived some correlation coefficients for HFS and utilized them in clustering analysis under hesitant fuzzy environment.”。

中国工程院院士、湖南商学院院长、国家杰出青年科学基金获得者、万人计划哲学社会科学领军人才、国家创新研究群体和教育部“长江学者创新团队”负责人陈晓红院士在多篇论文中引用了代表性论文的成果。其中在论文(Fermatean fuzzy linguistic set and its application in multicriteria decision making, International Journal of Intelligent Systems, 2019, 34(5): 878-894)中肯定了毕达哥拉斯模糊集在航空公司服务质量评价中的应用价值(代表性成果 3): “Since the PFS was brought up, it has been widely applied in different fields,..., service quality of domestic airline<sup>10</sup>”。

**IEEE Fellow、IFSA Fellow、英国工程技术协会(IET)Fellow、国际期刊《Granular Computing》主编、《IEEE Transformations on Fuzzy Systems》副主编、《Information Sciences》副主编、Shyi-Ming Chen 教授**在其论文(Multiple-attribute group decision-making based on q-rung orthopair fuzzy power maclaurin symmetric mean operators, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2018 (99): 1-16)中肯定了成果完成人在直觉模糊集成算子上的理论贡献: “Xu and Yager [35] proposed the Bonferroni mean (BM) operators; the q-ROFPMSM operator becomes the intuitionistic fuzzy BM (IFBM) operator [35]”, 并肯定了成果完成人提出的 BM 算子的价值: “In actual decision-making environment, the interrelationship between different attributes is ubiquitous. Obviously, the BM operator [35] and the HM operator [41] can successfully deal with this situation.”。

波兰琴希托霍瓦工业大学知名学者、国际模糊集管理与经济协会(SIGEF) **Fellow Pavel Sevastjanov 教授**在其论文(Generalised operations on hesitant fuzzy values in the framework of Dempster–Shafer theory, Information Sciences, 2015, 311(1): 39-58)中明确指出了成果完成人在直觉模糊集结算子的贡献(代表性论文 5): “The similar expression was first obtained in [44]”。**IEEE Fellow、AAAS Fellow、加拿大皇家科学院院士 Keith W. Hipel 教授**在其论文(Coalition fuzzy stability analysis in the Graph Model for Conflict Resolution, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2015, 29(2): 593-607)中肯定了成果完成人在不确定偏好方法和应用方面的贡献: “For other approaches to modeling uncertain preferences and their applications to various decision problems, see [25,42-44]”。

**加拿大皇室科学学院院士、IFSA 前主席、国际权威 SCI 期刊《Information Sciences》主编 Witold Pedrycz 教授**在其论文(Multi-attribute group decision making based on extended TOPSIS method under interval-valued intuitionistic fuzzy environment, Applied Soft Computing, 2018, 69:554-567)中表明基于区间直觉模糊集的相似性测量具有重要意义, 同时引用并肯定了成果完成人在该方面的贡献(代表性成果 6): “The similarity measure is an important tool for measuring the

degree of resemblance between objects by comparing information captured by the IVIF sets. Definition 4 [40, 41]...”。

西班牙皇家工程院院士、IFSA Fellow、国际权威 SCI 期刊《Information Fusion》主编 Francisco Herrera 教授在论文 (Teranga Go!: Carpooling Collaborative Consumption Community with multi-criteria hesitant fuzzy linguistic term set opinions to build confidence and trust, Applied Soft Computing, 2018, 67: 941-952) 中肯定了代表性论文 7 在决策领域的应用价值: “The definition of HFLTSSs has motivated a continuous research development with the definition of new measures and operators for aggregation [19, 28, 38], its use in DM [4, 15, 20, 21] or in GDM applications [23, 30, 32, 37].”。

2016 年社会风险分析(中国)最佳贡献奖(SRA)获得者、土耳其著名学者 Cengiz Kahraman 教授在其一篇综述性论文(Fuzzy multicriteria decision-making: A literature review, International Journal of Computational Intelligence Systems, 2015, 8(4): 637-666)中引用并肯定了代表性论文 8 在犹豫模糊距离测量方面的贡献: “Liao and Xu [82] develop hesitant normalized Manhattan Lp-metric, the hesitant fuzzy group utility measure, the hesitant fuzzy individual regret measure, and the hesitant fuzzy compromise measure.”

### 代表性论文专著目录

| 序号 | 论文专著<br>名称/刊名<br>/作者  | 年卷页<br>码 (xx<br>年 xx 卷<br>xx 页) | 发表<br>时间<br>(年<br>月<br>日) | 通讯<br>作者<br>(含<br>共<br>同) | 第一作者<br>(含共<br>同) | 国内<br>作者               | SCI<br>他引次<br>数 | 他引总<br>次数 | 论文署<br>名单位<br>是否包<br>含国外<br>单位 |
|----|---|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------|
| 1  | Some similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and their applications to multiple attribute decision making, Fuzzy Optimization and Decision Making, ZS Xu | 6 (2)<br>(2007)<br>109-121      | 2007<br>年 6<br>月 1<br>日   | 徐泽<br>水                   | 徐泽水               | 徐泽<br>水                | 185             | 345       | 否                              |
| 2  | Correlation coefficients of hesitant fuzzy sets and their applications to clustering analysis, Applied Mathematical Modelling, N Chen, ZS Xu*, MM Xia             | 37 (2013)<br>2197-2211          | 2012<br>年 5<br>月 22<br>日  | 徐泽<br>水                   | 陈娜                | 陈娜、<br>徐泽<br>水、夏<br>梅梅 | 191             | 318       | 否                              |
| 3  | Extension of TOPSIS to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets, International Journal of Intelligent Systems, XL Zhang, ZS Xu*              | 29 (2014)<br>1061-1078          | 2014<br>年 12<br>月 1<br>日  | 徐泽<br>水                   | 张小路               | 张小<br>路、徐<br>泽水        | 193             | 294       | 否                              |
| 4  | Intuitionistic fuzzy Bonferroni means, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, ZS Xu*,   | 41 (2)<br>(2011)                | 2011<br>年 4<br>月 1        | 徐泽<br>水                   | 徐泽水               | 徐泽<br>水                | 178             | 279       | Iona<br>College,               |

|     |  |                       |             |     |     |         |      |      |  |
|-----|--|-----------------------|-------------|-----|-----|---------|------|------|--|
|     | RR Yager   | 568-578               | 日           |     |     |         |      |      | USA  |
| 5   | Intuitionistic and interval-valued intuitionistic fuzzy preference relations and their measures of similarity for the evaluation of agreement within a group, Fuzzy Optimization and Decision Making, ZS Xu*, RR Yager | 8 (2009) 123-139      | 2009年3月24日  | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水     | 160  | 250  | Iona College, USA  |
| 6   | An overview of distance and similarity measures of intuitionistic fuzzy sets, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, ZS Xu*, J Chen  | 16 (4) (2008) 529-555 | 2008年8月1日   | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水、陈剑  | 142  | 236  | 否  |
| 7   | Qualitative decision making with correlation coefficients of hesitant fuzzy linguistic term sets, Knowledge-Based Systems, HC Liao, ZS Xu*, XJ Zeng, JM Merigó   | 76 (2015) 127-138     | 2014年12月15日 | 徐泽水 | 廖虎昌 | 廖虎昌、徐泽水 | 110  | 212  | University of Manchester, UK; University of Chile, Chile |
| 8   | A VIKOR-based method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making, Fuzzy Optimization and Decision Making, HC Liao, ZS Xu*  | 12 (2013) 373-392     | 2013年5月3日   | 徐泽水 | 廖虎昌 | 廖虎昌、徐泽水 | 98   | 194  | 否  |
| 合 计 |  |                       |             |     |     |         | 1257 | 2128 |  |

### 主要完成人情况表:

|  |      |    |   |      |      |      |     |
|--|------|----|---|------|------|------|-----|
| 姓名   | 徐泽水  | 排名 | 1 | 行政职务 | 无    | 技术职称 | 教授  |
| 工作单位   | 四川大学 |    |   | 完成单位 | 四川大学 |      |     |
| <p>对本项目主要学术贡献:</p> <p>为本项目的负责人,对“重要科学发现”中一、二、三项均做出贡献:创建了基于直觉模糊信息的测度理论与决策方法,创新性地提出了直觉模糊信息及其扩展信息的表达方式、运算法则和融合技术等;创建了基于犹豫模糊信息的测度理论与决策方法,系统地构建了基于犹豫模糊信息的测度体系;创立了基于犹豫模糊语言信息的测度理论与决策方法,奠定了基于犹豫模糊语言决策信息的定性决策方法的理论基础。为本项目8篇代表性论文的第一作者或通讯作者,以上工作占完成人同期总工作量的80%以上。</p> |      |    |   |      |      |      |     |
| 姓名   | 廖虎昌  | 排名 | 2 | 行政职务 | 无    | 技术职称 | 研究员 |

|   |      |      |      |
|---|------|------|------|
| 工作单位  | 四川大学 | 完成单位 | 四川大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>该项目第二完成人，对“重要科学发现”中第二、三项均做出贡献：在不确定决策环境下，创新性地提出了以犹豫模糊信息为基础的集成技术、融合方法和聚类算法等，深入研究了犹豫模糊环境下的多属性决策理论和排序方法；在复杂不确定环境下，从人类的思维和认知出发，深入系统地研究了基于犹豫模糊语言的测度理论、融合技术与决策方法。为该项目代表性论文 7、8 的第一作者，以上工作占完成人同期总工作量的 60% 以上。</p> |      |      |      |

### 完成人合作关系说明：

本项目第一完成人是项目负责人，四川大学商学院长江学者特聘教授、博士生导师。本项目第二完成人在项目中期是第一完成人的博士生，后期为四川大学商学院研究员，在项目完成期间与第一完成人合作发表多篇与本项目相关的论文。

### 完成人合作关系情况汇总表

| 序号 | 合作方式 | 合作者              | 合作时间             | 合作成果   | 证明材料    | 备注 |
|----|------|------------------|------------------|--|---------|----|
| 1  | 论文合著 | 廖虎昌(1)<br>徐泽水(2) | 2014 年 12 月 15 日 | Qualitative decision making with correlation coefficients of hesitant fuzzy linguistic term sets | 代表性论文 7 |    |
| 2  | 论文合著 | 廖虎昌(1)<br>徐泽水(2) | 2013 年 5 月 3 日   | A VIKOR-based method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making                           | 代表性论文 8 |    |