**“复熵决策理论及其应用”公示材料**

**1.项目名称：复熵决策理论及其应用**

**2.提名者及提名意见：**

1、姓名：芮筱亭

工作单位：南京理工大学

技术职称：教授

学科专业：兵器系统与运用工程

推荐意见：该项目提出了复信息熵决策概念、知识与验证体系，形成了信息决策及其应用熵学新学科方向，攻克了国产大客机C919风险决策等多个国家重大工程应用背景的信息联配关键问题，实现了决策系统集成与精准、信息和决策的实时控制并成功应用，取得了国际认可的理论突破，处于国际领先水平。成果完成人把诺贝尔经济学奖获得者Harsanyi提出的决策方法拓展到不确定、语言和模糊等各种状态，建立了系列直觉模糊数集成融合基础理论，解决了语言信息决策集成的国际性难题。推荐该项目为国家自然科学奖 二 等奖。

2、姓名：周建平

工作单位：中央军委装备发展部

技术职称：研究员

学科专业：航空、航天系统工程

推荐意见：成果完成人针对决策分析亟待解决的负数决策建模和求解的难题，将信息论之父香农创建的信息熵定义域从正数(0,1]拓展到[-1,1]，解决了决策理论的负数支撑问题；提出了复熵概念及相关的理论和方法，可有效用于解决复杂系统可靠性及冗余度设计等难题，从而降低其风险；创立了得到国际同行认可的理论研究与应用新领域，丰富和发展了信息与决策学科的理论和方法，成果具有首创性。推荐该项目为国家自然科学奖 二 等奖。

3、姓名：郭万林

工作单位：南京航空航天大学

技术职称：教授

学科专业：计算机辅助设计

推荐意见：该项目将信息熵引入风险决策研究领域，提出了期望效用─熵风险的概念，建立了新风险测度方法以及风险决策模型与算法，对两位诺贝尔奖得主Allais和Kahneman提出的国际上公认的决策悖论难题进行了客观解释，达到了决策领域研究的国际前沿学术水平。完成人发展了一套系统的语言信息辩识、属性实时聚分、集成和决策建模等方法，构建了国际同行公认的虚拟语言决策模型，扩展了群决策的信息集成和融合方式，得到国际认可和广泛应用，连续三年蝉联计算机科学领域中国高被引学者榜首，四篇代表性论著入选ESI全球前1%的高被引论文。推荐该项目为国家自然科学奖 二 等奖。

**3.项目简介**

信息熵定义一直被禁锢在正数域内。完成人发现并挖掘了信息熵决策研究的深层内在自然规律，攻克了决策科学理论上长期悬而未决的负数求解国际性难题，拓展其定义域实现了信息研究从量大小到质优劣的飞跃，规避了经典风险决策模型的局限性，在信息熵、单群决策上取得了国际领先水平的开拓性理论、技术方法创新成果，创立了国际认可的、已形成热点的理论研究与应用新领域（加拿大皇家科学院Hipel院士评价）；构建了国产大客机C919等六个国家重大工程的多行业、多学科、多层次的多语言信息辩识、集成决策模型与方法，提出复熵解决了核心系统可靠冗余度等多项科学难题，降低复杂系统研制风险，为服务国家和国防建设做出了突出贡献。

项目拓展信息论之父香农(C.E.Shannon)信息熵解决负数求解重大难题，揭示不同数值取向与圆周率π的内在自然规律，提出复信息熵知识与验证体系及信息全准确度(质量定量研究)基础理论和优化、应用方法，发现并纠正经典贝叶斯(Bayes)风险决策模型结论局限性，开创信息决策和应用熵学研究新领域。

将诺奖得主Harsanyi的决策模型拓展为不确定型多类语言信息辩识与集成方法，构建了国际公认的虚拟语言决策与直觉模糊信息群决策模型，克服了模糊数学创始人Zadeh院士提出的模糊数信息丢失之缺陷；提出了期望效用─熵风险新测度方法，解决了两位诺奖得主Allais和Kahneman的决策悖论难题。

设计了C919等六个国家重大工程复杂系统国际联配的复信息熵决策技术确保系统冗余度，构建了通用风险决策核心模块与算子，实现决策系统集成与精准、信息和决策的实时控制并成功应用。

主要成果发表于Inform. Sci.、IEEE Trans. Fuzzy Syst.等国际权威期刊，其中SCI收录论文191篇；近十年就有44篇入选ESI全球前1%的高被引论文，四篇列入代表性论著3~6；连续三年蝉联中国高被引学者榜首；八篇代表性论著SCI他引1234次，总他引6401次，论著3单篇SCI他引428次并获中国百篇最具影响国际学术论文奖，论著1单篇总他引2178次，产生广泛国内外重要影响。

被权威学术组织美国国际电气和电子工程师协会(IEEE)风险技术委员会、美国科学院Luce院士、美国工程院Satty院士、加拿大皇家科学院Hipel院士以及我国教育部、两院院士顾诵芬等国内外15位院士、领域权威人士引用和高度评价：“提出一种基于熵的三维风险评价方法，是原创性成果”，“建立的全方位综合测度信息的复熵具有原创性，在国际上对决策和信息理论产生了重要影响”，“复熵决策涉及当代决策理论前沿，有独创性，居国际领先水平”，“对建立‘广义熵理论’及‘应用熵学理论’有重要学术价值”。

相关成果及团队成员获国家中长期(2006-2020)科学和技术发展规划战略研究重要贡献奖、教育部自然科学一等奖以及科技进步二等奖、教育部长江特聘教授、第29届国际奥运会科技奥运先进个人、国家杰出青年基金和中国青年科技奖各一次，全国百优博士学位论文两篇。

**4．客观评价**

成果主要发表于Inform. Sci.等国际权威期刊，共计被SCI收录191篇，2007年至今已有44篇论文入选ESI全球前1%的高被引论文，八篇代表性论著SCI他引1234次，总他引6401次，代表性论著3~6亦入选ESI高被引论文，论著3获中国百篇最具影响国际学术论文奖，连续三年蝉联计算机科学领域中国高被引学者榜首，被国际著名学术组织IEEE、我国教育部和国内外15名院士等权威人士引用、客观肯定和高度评价，六千余项他引涉及四十余国家的五十多领域，由此产生了新的研究热点(加拿大皇家科学院Hipel院士评价)和重要国内外影响。

获国家中长期(2006-2020)科技发展规划战略研究重要贡献奖、教育部自然科学一等奖及科技进步二等奖、教育部长江特聘教授、第29届国际奥运会科技奥运先进个人、国家杰出青年基金和中国青年科技奖各一次，全国百优博士学位论文两篇。现按重要科学发现序概述如下。

(一) 重要科学发现(1)

1．层次分析法创始人、美国工程院院士Saaty高度评价项目成果：“建立的全方位综合测度信息的复熵是原创性成果，在决策和信息理论中产生了重要影响”(Saaty为北航校学术委员会提供的综合评审意见)。

2．美国国家科学奖获得者、美国科学院院士Luce认为邱“提出了新风险测度方法，并证明其相关性质，是项有趣且独创性成果，明显优于现有的均值方差方法”(Luce为北航校学术委员会提供的综合评审意见)。

3．中国两院院士顾诵芬等11位院士高度评价：“成果的数学模型改进了国外的方法，是国内首创”；“复熵决策、不确定信息下多目标决策，涉及当代决策理论前沿，有独创性，居国际领先水平”；“对熵理论的前瞻提供了21世纪熵时代的基本框架，对建立‘广义熵理论’及‘应用熵学理论’有重要学术价值”。

4. 教育部专家组评价为：“该成果具有显著的创新性，处于同类研究的国际先进水平，对推动决策科学具有重要意义和应用前景”。

(二) 重要科学发现(2)

5．国际模糊系统两大顶尖期刊IEEE Trans. Fuzzy Syst.和Fuzzy Set Syst.的副主编Beliakov评价该项目论文“提出的平均算子是对国际权威Atanassov定义的直觉模糊集和区间值模糊集的一个扩展，在此基础上通过研究中值算子将上述两个模糊集联系起来，是当今一个充满活力的研究领域”。

6．IEEE终身会士Mendel认为“提出的不确定语言有序加权平均是排序加权平均在模糊集上的一个扩展，将模糊集排序方法统一起来，扩展了传统模糊集基础理论”。

7．IEEE终身会士、模糊系统领域国际权威Yager评价为，“Xu基于有序加权平均算子建立的一族介于最大最小值之间的集成算子决策理论方法，是完善动态信息集合算子的有效途径”。

8．韩国中央大学Ahn教授认为“对目前已有主流集成算子进行了归纳和扩展，这些研究对集成算子决策方法的推广和应用做出了重要贡献”。

9．IEEE会士Shyi-Ming Chen教授评价：“Xu给出新的信息集成形式和决策方法，建立基于不确定语言变量的独裁式决策方法，解决了区间语言标度仅能表示某型决策者语言偏好的缺陷，实现了群决策理论上的突破”。

10．加拿大皇家科学院院士、IEEE会士Hipel教授指出，“Xu建立语言混合平均算子的方法解决了语言信息决策的排序问题，该方法在现实中已被广泛应用，成为一个热点方向”。

11．IEEE会士、国际模糊系统协会会士Shyi-Ming Chen教授认为“Xu提出了区间语言标识的概念，建立了不确定性语言序加权平均算子，提出了基于群推荐的独裁式决策方法，克服了决策者偏好排序不一致的问题”。

12．南京大学工程管理学院院长、国务院特殊津贴专家周晶教授评价为“将熵的概念和熵的优化原理运用于决策分析，并取得了许多很好的研究成果”，“邱菀华等学者基于相对熵的概念得到一个新的群决策集结模型—相对熵集结模型并证明此相对熵集结模型得到的集结公式与Bordely利用公理得出的公式在形式上非常相似”。

(三) 重要科学发现(3)

13．IEEE风险技术委员会鉴定为，“提出一种基于熵的三维风险评价方法，是原创性成果，对国际风险分析领域具有重要意义”。

14．中国航天科技集团、中国航空工业集团等的效益表明，项目创建的决策核心模块为国产大客机C919、某型航空发动机、嫦娥探月卫星一期、卫星C3I系统、空间飞行器（含神舟）以及L-15飞机等六个国家重大工程攻克了多项关键技术，解决了资源合理配置的决策科学前沿问题，达到了国内领先水平，为服务国家空天项目发展产生了积极而深远的影响。

15．国防科大陈英武教授等认为邱徐等提出的项目风险组织设计与分析是项目界面风险管理的基础，并由此建立了项目界面风险动态评估与管理的模型，为高技术项目风险的多维分析和全寿命管理提供了一个新的思路。

16．美国国家科学奖获得者、美国国家科学院院士Luce评价为“期望效用─熵风险决策模型是对诺贝尔奖得主Allais提出悖论的客观解释，并研究了风险博弈行动的修正信息熵线性加权效用，得到更优的信息熵表达式，极大丰富和完善了风险博弈行动效用的有关熵度量理论”。

17．中国工程院杨善林院士等使用论著8的多属性分类决策法建立了商业银行操作风险多属性评价方法，有效降低了银行业务操作的风险。

**5．代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著  名称/刊名  /作者 | 影响因子 | 年卷页码  （xx年xx卷  xx页） | 发表时间（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | SCI  他引次数 | 他引总次数 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | 管理决策与应用熵学/机械工业出版社/邱菀华 |  | 2002/1 | 2002年01月01日 | 邱菀华 | 邱菀华 | 邱菀华 |  | 2178 | 否 |
| 2 | 现代项目风险管理方法与实践/科学出版社/邱菀华等，主要作者：邱菀华、徐泽水 |  | 2003/07（至2014年共四次印刷） | 2003年07月01日 | 邱菀华,徐泽水等 | 邱菀华 | 邱菀华,徐泽水等 |  | 1190 | 否 |
| 3\* | Intuitionistic fuzzy aggregation operators /IEEE Transactions on Fuzzy Systems /徐泽水 | 8.75 | 2007年 15卷 1179-1187页 | 2007年12月01日 | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水 | 428 | 878 | 否 |
| 4\*\* | An overview of operators for aggregating information / International Journal of Intelligent Systems /徐泽水，达庆利 | 2.05 | 2003年 18卷 953-969页 | 2003年09月01日 | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水,达庆利 | 291 | 633 | 否 |
| 5\*\* | A method based on linguistic aggregation operators for group decision making with linguistic preference relations / Information Sciences/徐泽水 | 4.038 | 2004年 166卷 19-30页 | 2004年11月01日 | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水 | 272 | 498 | 否 |
| 6\*\* | Uncertain linguistic aggregation operators based approach to multiple attribute group decision making under uncertain linguistic environment / Information Sciences /徐泽水 | 3.36 | 2004年 168卷 171-184页 | 2004年02月01日 | 徐泽水 | 徐泽水 | 徐泽水 | 217 | 517 | 否 |
| 7 | A measure of risk and a decision-making model based on expected utility and entropy/ European Journal of Operational Research /杨继平，邱菀华 | 2.36 | 2005年 164卷 792-799页 | 2005年08月01日 | 杨继平 | 杨继平 | 杨继平,邱菀华 | 26 | 87 | 否 |
| 8 | 多属性决策基础理论研究/系统工程理论与实践/刘树林，邱菀华 | 2.214 | 1998年 18卷 38-43页 | 1998年1月01日 | 刘树林 | 刘树林 | 刘树林,邱菀华 |  | 420 | 否 |
| 合 计 | | | | | | | | 1234 | 6401 |  |

**6．主要完成人情况**

1、姓名：邱菀华

排名：第一

职务：无

技术职称：教授

工作单位：北京航空航天大学

完成项目时所在单位：北京航空航天大学

对本项目主要学术贡献：

①拓展信息熵为复熵，提出决策分析应用熵学原理、复熵决策理论；定义信息全准确度及信息质量，建立传递熵决策模型和算法，信息质量管理基础理论（重要发现（1），代表性论著1）。

②用相对熵集结专家群组的评判值，提出可接受价值判断准则概念，建立相对熵群决策模型和新群组决策特征根法（重要发现（2）中之③和④，代表性论著1）。

③构建复杂系统熵风险决策模型，得到改进贝叶斯风险决策方法；将价值工程引入航天领域，拓展二维风险测度模型为三维（重要发现（3）之①，代表性论著1、2）。

上述成果提供了多个国家重大工程决策的理论依据，为服务国家和国防发展做出突出贡献。

2、姓名：徐泽水

排名：第二

职务：无

技术职称：教授

工作单位：四川大学

完成项目时所在单位：东南大学

对本项目主要学术贡献：

①定义了直觉模糊数的概念，给出了直觉模糊数的表达方式和基本运算法则，提出一套符合决策者行为习惯的决策者偏好识别方法和群体偏好的集成方法，详细研究了其一系列基本性质，建立了直觉模糊信息群决策理论模型及算法（重要科学发现（2）之①，代表性论著3）。

②将诺贝尔经济学奖获得者Harsanyi以及模糊系统领域国际权威Yager提出的决策方法拓展到不确定、语言和模糊等各种环境，定义了语言决策标度和语言术语集，给出了语言术语的基本运算法则，构建了语言信息的一系列融合方式，提出了虚拟语言变量等不确定型群决策理论与方法（重要科学发现（2）之②，代表性论著4~6）。

3、姓名：杨继平

排名：第三

职务：无

技术职称：教授

工作单位：北京航空航天大学

完成项目时所在单位：北京航空航天大学

对本项目主要学术贡献：

将信息熵原理引入到风险决策中，把决策者的主观偏好和状态的客观不确定性结合起来，提出了期望效用─熵风险的概念，拓展了期望效用决策准则、度量方法，构建了基于风险决策行为的期望效用─熵风险决策模型与算法，客观解释了诺贝尔经济奖获得者Allais和Kahneman先后提出的悖论难题，规范化了描述客观现实的风险决策模型，解决了决策分析国际权威Levy认定的决策难题（重要科学发现（3）之②，代表性论著7）。

4、姓名：刘树林

排名：第四

职务：无

技术职称：教授

工作单位：对外经济贸易大学

完成项目时所在单位：北京航空航天大学

对本项目主要学术贡献：

构建了经典决策五类属性的新标准化方法，提出了第六类“偏离区间型”新属性概念并给出规范化方法，论证了六类属性间的核心特征并把多属性决策问题的几种解的概念拓展到适合六种属性的情形，提出了经典与拓展决策理论的关键特性及内在联系（重要科学发现（3）之③，代表性论著8）。

**7．完成人关系说明**

“复熵决策理论及其应用”项目共四位完成人，邱菀华（排名第一），徐泽水（排名第二），杨继平（排名第三），刘树林（排名第四）。他们的合作关系如下。

**（1）邱菀华与徐泽水合作关系说明**

1）邱菀华与徐泽水等于2011~2018年共同立项“东安公司WZ16发动机项目管理研究”，并于2016年12月20日首飞成功。

2）邱菀华与徐泽水等合著代表性论著2《现代项目风险管理方法与实践》(科学出版社，2003至2014年第一版共四次印刷)。

3）邱菀华与徐泽水等的合作项目“熵决策基础理论与应用”，共获2007年教育部自然科学一等奖，邱菀华排名第一，徐泽水排名第二。

4）邱菀华与徐泽水等于2015年在期刊Front. Eng. Manage上共同发表论文“Value engineering/value management model and application of aerospace projects”，邱菀华为第一作者，徐泽水为第三作者。

5）邱菀华与徐泽水等合著代表性论著2《现代项目风险管理方法与实践》的第二版(中国电力出版社，2016年)。

**（2）邱菀华与杨继平合作关系说明**

杨继平是邱菀华指导的博士研究生（1997-2001），已密切合作取得多项成果。

1）邱菀华与杨继平于2005年在国际著名期刊Eur. J. Oper. Res.上共同发表代表性论文专著7“A measure of risk and a decision-making model based on expected utility and entropy”，杨继平为第一作者，邱菀华为第二作者。

2）邱菀华与杨继平于2014年在国际知名期刊Entropy上共同发表论文“Normalized expected utility-entropy measure of risk”，杨继平为第一作者，邱菀华为第二作者。因网上可查证并限于篇幅未列入附件。

3）邱菀华与杨继平于2017年在国际知名期刊Entropy上共同发表论文“Stock selection for portfolios using expected utility-entropy decision model”，杨继平为第一作者，邱菀华为第三作者。因网上可查证并限于篇幅未列入附件。

**（3）邱菀华与刘树林合作关系说明**

刘树林是邱菀华指导的博士研究生（1994-1997），已密切合作取得多项成果，如1998年在《系统工程理论与实践》上共同发表代表性论文专著8“多属性决策基础理论研究”，刘树林为第一作者，邱菀华为第二作者。

**8．知情同意证明**

“复熵决策理论及其应用”项目申报2018年度国家自然科学奖所采用的8篇代表性论文的第一作者或通讯作者均为四位项目完成人。