

科技进步奖公示信息

一、项目名称

面向真实医疗复杂情景特征的智能决策理论与方法

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

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，并按照要求对该项目的基本情况进行了公示，公示期间无异议。

该项目属于信息科学、临床医学、应用数学与管理科学的交叉研究领域。面向人民生命健康和国际学术前沿，该项目立足于真实的医疗管理实践活动，通过分析其复杂情景特征凝练出具有一般共性特征的管理科学问题，综合运用粒计算思想、机器学习模型和智能决策理论，开展基础理论模型与应用方法研究。系统性构建了面向真实医疗复杂情景特征的智能决策理论与方法，确立了数据与知识驱动的不确定性医疗决策问题研究的基本框架体系，为求解现实复杂医疗决策问题提供了可解释性科学依据及有价值的参考方案。

根据《陕西省科学技术厅关于 2025 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照科学技术进步奖评定条件和评定标准，提名该项目参评陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

本项目属于信息科学、临床医学、应用数学与管理科学的交叉研究领域。面向人民生命健康和国际学术前沿，本项目立足于真实的医疗管理实践活动，在深入剖析医疗管理实践活动复杂情景特征的基础上凝练出具有一般共性特征的科学管理问题，进而通过综合运用粒计算思想、大数据分析技术、决策科学理论、数学科学原理、信息科学方法和管理科学模型等基础科学原理与方法开展面向现实医疗决策问题的智能决策理论与方法研究。主要聚焦医疗管理实践活动中疾病早期预警、临床诊断、医疗费用分配等具体的不确定性决策问题，融合粒计算、机器学习与智能决策理论系统地构建了基于真实医疗复杂情景特征的粒化建模方法，确立了数据与知识驱动的医疗决策问题研究的基本框架体系，为求解现实复杂医疗决策问题提供了可解释性科学依据及有价值的参考方案。本项目在国家 and 省级自然科学基金项目的资助下历经近 10 年的学术积累，主要包含如下三个方面的创新性工作：

(1) 粒计算的基础理论研究

不同于传统粒计算的研究工作，本项目在医疗决策背景下将具有不确定性、多粒度、多决策、异质性、混合性和冲突性等特征共存的复杂多属性信息纳入到粒计算基础理论模型的研究过程中，同时引入模糊集理论、概率论、灰色系统理论等不确定性处理的数学理论深入系统地拓展了已有的粒计算理论体系。具体地，运用多属性决策理论创新性地探讨了复杂医疗数据信息的粒化策略，实现了对具有上述特征复杂信息的量化处理。在此基础上，构造了多决策多粒度（模糊）概率粗糙集、基于三支聚类的邻域粗糙集、序贯三支群体冲突模型等粒计算基础理论模型，为融合具有异质冲突的多粒度和多属性信息提供了新的方法工具。与此同时，给出了这些模型的基本数学性质。不难发现，本项目的研究工作既丰富和完善了传统的粒计算模型与方法，又发展了基于医疗管理实践的粒计算数学理论，使得粒计算基础理论研究更加贴合真实的复杂医疗决策场景。

(2) 融合粒计算与机器学习和智能决策理论的粒化建模方法研究

医疗管理决策问题不仅具有一般性决策问题的不确定性、不完备性和不精确性等特征，更具有难识别、难诊断、难管理进而难决策等特点。如何依据科学的理论和方法构建医疗决策问题的管理理论与方法，致力于临床决策的科学诊断和精确施治，是本项目研究的关键内容。为此，在中西医结合多学科会诊的临床背景下，本项目通过从真实的医疗管理实践活动中抽象出一类具有复杂信息特征的群体决策问题，采用基础理论与现实决策问题应用交互融合模式，创新性地将粒计算思想与机器学习模型引入到传统决策理论与方法中，构建了融合粒计算、机器学习与智能决策理论的粒化建模方法体系。为表征具有复杂特征的群体信息，通过构造多决策多粒度粗糙集理论和三支群体冲突分析理论实现了群体专家偏好信息的有效融合，规避了传统群体决策模型结果高度依赖于聚合算子的局限性，创立了一种区别于传统以偏好关系、判断矩阵等数学方法为核心的不确定性群体决策问题的全新研究思路和理论工具。这些工作不仅形成了面向医疗决策问题的粒化建模研究范式，而且为求解医疗实践活动中的群体决策问题提供了有价值的理论支撑。

(3) 数据与知识驱动的面向真实医疗复杂情境特征的应用方法研究

在前面的研究基础上，本项目进一步聚焦医疗管理实践活动中疾病早期预警、临床诊断、医疗费用分配等具体的不确定性决策问题，从数据与知识驱动的视角将粒计算思想、机器学习算法与多属性决策理论进行了有机融合，构建了面向真实医疗复杂情境特征的智能决策理论模型与应用方法，如异构多属性群体决策的医疗辅助诊断方法、多粒度序贯三支医疗群体冲突分析方法、基于核函数的极限

学习机潜在患者预测模型、基于供应链与博弈论思想的多方费用分配模型等。与此同时，以具体的慢性疾病种类(如痛风和类风湿关节炎等)为例，运用真实的临床案例数据验证了这些应用方法的适用性、有效性和稳定性。从实验仿真结果中不仅首次发现了临床医学实验研究中尚未发现的新结论，而且为常见的一般性临床结论提供了佐证数据。这次研究成果初步形成了数据与知识驱动的医疗辅助决策支持体系。

作为跨学科交叉研究，本项目将理论、模型、方法、算法与现实医疗决策问题紧密结合，5篇代表性论文发表在信息科学与管理科学领域主流期刊 Expert Systems With Applications、Applied Soft Computing、Computers & Industrial Engineering、Information Sciences、《系统工程理论与实践》上，他引总次数111次。引用者包括欧洲科学院院士、IEEE Fellow、国家优青/杰青获得者、长江学者及相关研究领域领军人物等，引用杂志有 IEEE Transactions on Cybernetics、Information Processing & Management、European Journal of Operational Research 等顶级杂志。研究成果部分已应用于临床诊疗决策实践，并产生了显著的社会效益。基于在医疗决策领域的突出成果和贡献，第一完成人2023-2024连续两年入选美国斯坦福大学全球前2%顶尖科学家榜单，并成功入选2024年中国知网高被引学者。同时，2024年作为特邀专家受邀参加了由广东省中医院承办、由国家级中医药继续教育项目支持的第二届中医证据资源建设与临床实践指南转化技术培训班授课。此外，本项目培养硕士研究生20多名、博士研究生8名和博士后1名，所指导的研究生获校级优秀博士学位论文资助2项、校级优秀博士学位论文1篇以及校级优秀硕士学位论文7篇。

四、客观评价

（一）科技创新一的代表性评价

代表性论文[1]针对具有异构属性的医疗群体决策问题，提出了一种差异多属性群体决策方法，突破了传统多属性群体决策方法在异构数据融合与多决策偏好共存方面的局限性，SCIE 累计他引12次。欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术学院院士、国际系统与控制科学院院士、国家杰出青年科学基金、中国青年科技奖获得者徐泽水教授等在计算机类 top 期刊 Engineering Applications of Artificial Intelligence 137 (2024) 109120 中指出“Ye et al. (2023) (即代表性论文[1]) proposed a new MAGDM method in the framework of granularity computing”，将代表性论文[1]作为了基于异构属性信息的代表性研究。

代表性论文[3]以中医和西医临床诊疗优化为研究背景，提出了一种新的多

粒度序贯三支群体冲突决策模型，得到了国内外学者的认可和肯定，SCIE 他引累计 20 次。国际粗糙集学会常务理事兼指导委员会主席，IEEE 高级会员，中国人工智能学会常务理事兼粗糙集与软计算专业委员会主任委员王国胤教授等在图书情报领域 top 期刊 *Information Processing & Management* 31(4)(2023) 103365 中发文指出“Chu et al. (2020) (即代表性论文[3]) proposed a multigranularity sequential three-way group conflict decision with a preference degree”，肯定了代表性论文[3]在三支决策研究领域的积极贡献。另外，国外学者在管理学顶级期刊 *European Journal of Operational Research* 316(1)(2024) 268-281 中将代表性论文[3]作为了三支决策在医疗诊断决策中的典型应用进行引用。

(二) 科技创新二的代表性评价

代表性论文[2]将粒计算理论与机器学习方法相融合的思想应用于临床实践中的实际问题，得到了充分的肯定和广泛的关注，SCIE 他引累计 18 次。国际粗糙集学会高级会员，重庆邮电大学副校长张清华教授在计算机类 top 期刊 *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 31(11)(2023) 3959-3973 将代表性论文[2]作为粗糙集在医疗决策的典型应用加以引用。加拿大皇家科学院院士、IEEE Life Fellow、加拿大智能计算首席科学家 Witold Pedrycz 教授等在计算机类 top 期刊 *IEEE Transactions on Cybernetics* 55(5)(2025) 2151-2164 中指出“Due to their versatility and practicality, neighborhood rough sets have been extensively studied and widely used in many fields [16] (即代表性论文[2])”。四川师范大学张贤勇教授在期刊 *Applied Soft Computing* 148 (2023) 110842 中将代表性论文[2]作为邻域粗糙集处理混合数据的典型应用进行引用。

代表性论文[4]面向医疗实践中的真实问题，构建了数据和知识相融合的粒计算基础理论模型，论文的发表受到了广泛的关注，SCIE 他引累计 51 次。IEEE 高级会员，CCF 高级会员，南通大学信息科学技术学院院长丁卫平教授在计算机类 top 期刊 *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 36(1)(2025) 1719-1733 将代表性论文[4]作为三支决策与高维空间中欧氏距离的拓展工作加以引用。西南交通大学李天瑞教授团队在 *Knowledge-Based Systems* 224(2021)107076 中指出“In addition, NRST-based methods have been applied effectively in related fields, such as image annotation [36], data classification [37,38].……”([38]即为代表性论文[4])。国际粗糙集学会常务理事兼指导委员会主席，IEEE 高级会员，中国人工智能学会常务理事兼粗糙集与软计算专业委员会主任委员王国胤教授在计算机类 top 期刊 *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 31(2023)3959-3973 将代表性论文[4]列为粗糙集在疾病诊断中的典型应用。电子科技大学梁德翠教授在的 *Expert Systems with*

Applications 188(2022)116051. 文章中指出“.....3WD can always give the decision-making scheme with the minimum expected loss. Recently, 3WD has been widely applied in many fields, including the medical diagnosis (Chu, Sun, Li, et al.....”(即代表性论文[4])。

（三）科技创新三的代表性评价

代表性论文[5]聚焦于精准扶贫背景下贫困人口的医疗费用分配问题，旨在解决基本医保、大病保险和医疗救助在额外报销费用分担中的冲突，为后脱贫时代的医疗保障提供理论支持。该成果自正式发表累计他引 10 次。上海财经大学经济学院张征宇教授等人在《系统工程理论与实践》2024, 44(09): 3006-3022 发文指出“中国农村地区的医疗水平和居民健康都长期落后于城镇[3]，是我国医疗卫生体制改革的重难点区域[38] (即为代表性论文[5])”，充分肯定了代表性论文[5]的研究背景和研究结论。山东大学教授、中国计算机学会理事崔立真教授团队在其指导的硕士学位论文（2021, DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2021.005341）中指出：“医疗保险资金的分配者需要将有限的资金分配给所有的疾病，保证每个疾病都具有一定的保率下限（这是符合现实情况的，目前我国的最低报销率已推进至百分之 50），尽可能的最大化社会总福利，类似的做法之前也有学者进行研究[62] (即代表性论文[5])”。

五、应用情况

本项目的主要技术应用对象为罗定市中医院、濮阳美年大健康咨询有限公司综合门诊部、广州市研培生物科技有限公司以及广州巢素科技有限公司。具体应用情况如下表所示。

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	罗定市中医院	痛风患者与患者自身肝功和肾功之间内在关系的新结论	全院的痛风临床患者	2021.01.01 -- 2025.09.08	邬之苹
2	濮阳美年大健康咨询有限公司综合门诊部	融合粒计算与群决策的智能决策理论模型与方法	体检中心	2023.01.01 -- 2025.09.08	赵爱玲

3	广州市研培生物科技有限公司	融合粒计算与群决策的智能决策理论模型与方法	公司客户的生物样本检测报告及健康数据	2023.11.20 -- 2025.09.08	王露
4	广州巢素科技有限公司	融合粒计算与群决策的智能决策理论模型与方法	海量基因组学、蛋白质组学及历史试验数据	2023.01.01 -- 2025.09.08	方思南

罗定市中医院：本项目的基础理论研究成果对罗定市中医院类风湿科的临床诊疗实践工作起到实质性的指导价值，提升了临床医生的诊疗效果，产生了非常有价值和重要的社会效应。其中 2020 年发表在 *Information Sciences* 535 (2020) 28-41 上的论文得出的关于痛风患者与患者自身肝功和肾功之间内在关系的新结论，已在罗定市中医院风湿科开展转化应用研究。本结论受到罗定市中医院痛风临床医生的高度认可，门诊医生的诊断思维也从传统的只关注尿酸的指标值转变为分类综合观察男性的尿酸、肾功与女性的血脂、肝功。研究结论的门诊应用能够显著降低痛风的误诊率、减少过度检查项目、缩短就诊时间，并且提高了门诊决策效率。

濮阳美年大健康咨询有限公司综合门诊部：面对海量健康体检数据与多元化服务需求，濮阳美年大健康咨询有限公司综合门诊部成功将本项目的基础理论研究成果深度应用于企业运营与健康服务的核心环节，实现了从数据驱动到智能决策的跨越。在实践应用中，基于本项目的代表性论文构建了集数据采集、清洗、挖掘与可视化于一体的智能决策支持系统。该系统核心在于运用机器学习与多目标优化算法，对千万量级的体检数据进行深度分析，精准挖掘潜在健康风险因子、地域性疾病谱系以及人群健康趋势，为公共卫生研究提供了宝贵的决策依据。实践证明，面向真实医疗复杂情景特征的智能决策分析理论的系统化应用，不仅极大提升了公司运营效率与服务品质，更强化了公司“早筛查、早评估、早干预”的核心能力，为构建数智化健康管理新范式奠定了坚实基础。

广州市研培生物科技有限公司：本项目的基础理论研究成果为广州市研培生物科技有限公司健康服务体系的构建提供了科学的理论支撑。其中 2023 年发表在 *Expert Systems With Applications* 228 (2023) 120296 上的论文提出了一种临床数据标准化的处理方法，并通过粒化策略模拟了医生的认知行为，设计出了辅助临床工作者的智能诊断模型。该成果已在广州市研培生物科技有限公司开展应用实践，帮助了公司对客户的生物样本检测报告及健康数据进行深度解读与评估，不仅实现了海量健康信息的标准化与智能分析，而且为个性化干预方案的制定提供了精准的数据支撑。实践证明，将智能决策理论与生物科技创新

深度融合的应用管理模式能够在有效提升个体健康水平的同时为公司创造良好的口碑和市场竞争能力。

广州巢素科技有限公司：本项目所构建的智能决策理论与方法已被成功引入到公司的研发端。通过系统利用融合粒计算与群决策的智能决策理论模型与方法，对海量基因组学、蛋白质组学及历史试验数据进行分析，智能预测候选药物的成药概率及潜在毒副作用，优化试验方案，从而大幅降低了早期研发的失败率，加速了候选药物向临床的转化。实践证明，智能决策分析理论是公司实现创新突破及构建核心竞争力的关键引擎，为公司在新药研发和市场竞争中赢得了先机。

六、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	论文	Valued outranking relation-based heterogeneous multi-decision multigranulation probabilistic rough set and its use in medical decision-making	中国	doi.org /10.1016/j.eswa.2023.120296	2023年5月8日	Expert Systems With Applications	西安电子科技大学	Jin Ye, Bingzhen Sun, Xiaoli Chu, Jianming Zhan, Jianxiong Cai
2	论文	Neighborhood rough set-based multi-attribute prediction approach and its application of gout patients	中国	doi.org /10.1016/j.asoc.2021.1108127	2021年11月26日	Applied Soft Computing	西安电子科技大学	Juncheng Bai, Bingzhen Sun, Xiaoli Chu, Ting Wang, Hongtao Li, Qingchun Huang
3	论文	Preference degree-based multi-granularity sequential three-way group conflict	中国	doi.org /10.1016/j.cie.2020.106393	2020年3月5日	Computers & Industrial Engineering	西安电子科技大学	Xiaoli Chu, Bingzhen Sun, Qingchun Huang,

		decisions approach to the integration of TCM and Western medicine						Yan Zhang
4	论文	Neighborhood rough set-based three-way clustering considering attribute correlations: an approach to classification of potential gout groups	中国	doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.039	2020年5月15日	Information Sciences	西安电子科技大学	Xiaoli Chu, Bingzhen Sun, Xue Li, Keyu Han, Jiaqi Wu, Yan Zhang, Chunqing Huang
5	论文	精准扶贫背景下贫困人口医疗费用分配模型	中国	doi:10.12011/SETP2019-0860	2021年1月25日	系统工程理论与实践	西安电子科技大学	赵可彤, 孙秉珍, 宋兆宇

七、主要完成人情况

姓 名	孙秉珍	性别	男	排 名	1	国 籍	中国
出生年月	1979 年 11 月			出 生 地	甘肃庆阳	民 族	汉
身份证号				归国人员	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	归国时间	
技术职称	教授			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	同济大学			毕业时间	2013 年 6 月	所学专业	管理科学与工程
电子邮箱				办公电话		移动电话	
通讯地址	西安市雁塔区太白南路 2 号					邮政编码	710071
工作单位	西安电子科技大学					行政职务	经济与管理学院副院长
二级单位	经济与管理学院					党 派	中国共产党
完成单位	西安电子科技大学					所 在 地	陕西省西安市

		单位性质	学校
参加本项目的起止时间	2012 年 1 月 1 日 至 2024 年 12 月 31 日		
对本项目技术创造性贡献： 孙秉珍作为项目第一完成人，是代表性论文[1]、[2]、[3]、[4]和[5]的通讯作者。主要贡献为构建了基于核函数的极限学习机多属性混合信息预测模型，形成了具有一定可解释性的慢性病群体识别与分类的方法论与研究范式；研究了基于供应链与博弈论思想的多方费用承担模型，为解决医疗保障体系中的报销比例计算与额外报销部分的分担问题提供了崭新的研究视角与方法论参考。主要贡献对应“四、主要科技创新”所列“科技创新二”与“科技创新三”。			
曾获科技奖励情况： 1. 2024 年，陕西高等学校科学技术研究优秀成果，二等奖，基于粒计算的复杂信息智能决策方法与应用研究，1/5。 2. 2025 年，陕西高等学校科学技术研究优秀成果，二等奖，临床诊疗实践中不确定性决策问题的粒计算模型与方法研究，1/4。			

姓 名	楚晓丽	性别	女	排 名	2	国 籍	中国
出生年月	1985 年 2 月			出 生 地	山东阳谷	民 族	汉
身份证号				归国人员	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	归国时间	
技术职称	助理研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	西安电子科技大学			毕业时间	2022 年 6 月	所学专业	管理科学与工程
电子邮箱				办公电话		移动电话	
通讯地址	广州市越秀区大德路 111 号					邮政编码	510120
工作单位	广东省中医院					行政职务	无
二级单位	无					党 派	中国共产党
完成单位	西安电子科技大学					所 在 地	陕西省西安市
						单位性质	学校
参加本项目的起止时间	2018 年 9 月 1 日 至 2024 年 12 月 31 日						
对本项目技术创造性贡献： 楚晓丽作为项目主要完成人，是代表性论文[3]和[4]的第一作者。主要贡献为构建了中西医结合视域下的多粒度序贯三支群体冲突决策模型及不平衡群体冲突分析方法与应用模型。主要贡献对应“四、主要科技创新”所列“科技创新一”与“科技创新二”。							

曾获科技奖励情况：
1. 2025 年，陕西省电子学会科学技术奖，自然科学奖二等奖，多粒度不确定性数据分析的知识粒化、信息融合与智能决策，2/3.
2. 2025 年，陕西高等学校科学技术研究优秀成果，二等奖，临床诊疗实践中不确定性决策问题的粒计算模型与方法研究，2/4.

姓 名	叶进	性别	男	排 名	3	国 籍	中国
出生年月	1995 年 1 月			出 生 地	安徽安庆	民 族	汉
身份证号				归国人员	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	归国时间	
技术职称	无			最高学历	研究生	最高学位	硕士
毕业学校	湖北民族大学			毕业时间	2021 年 6 月	所学专业	基础数学
电子邮箱				办公电话		移动电话	
通讯地址	西安市长安区西沣路兴隆段 266 号					邮政编码	710126
工作单位	西安电子科技大学					行政职务	无
二级单位	经济与管理学院					党 派	中国共产党
完成单位	西安电子科技大学					所 在 地	陕西省西安市
						单位性质	学校
参加本项目的起止时间		2021 年 9 月 1 日 至 2024 年 12 月 31 日					
<div>对本项目技术创造性贡献： 叶进作为项目主要完成人，是代表性论文[1]的第一作者，主要贡献为提出了多决策偏好场景下的异构多属性群决策方法，突破了传统多属性群体决策方法在异构数据融合与多决策偏好共存方面的局限性。主要贡献对应“四、主要科技创新”所列“科技新一”。</div>							
<div>曾获科技奖励情况： 1. 2025 年，陕西省电子学会科学技术奖，自然科学奖二等奖，多粒度不确定性数据分析的知识粒化、信息融合与智能决策，3/3. 2. 2025 年，陕西高等学校科学技术研究优秀成果，二等奖，临床诊疗实践中不确定性决策问题的粒计算模型与方法研究，3/4.</div>							

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

单位名称	西安电子科技大学				
排 名	1	法定代表人	高新波	所 在 地	陕西省西安市
单位性质	学校	传 真		邮政编码	710126
通讯地址	陕西省西安市长安区西沣路兴隆段 266 号				
联 系 人	李鹏	单位电话		移动电话	
电子邮箱					
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 西安电子科技大学作为本项目第一完成单位，全面负责项目的总体规划、设计、实施与组织，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。					

九、完成人合作关系说明

本项目的 5 个主要知识产权（即所列的 5 篇代表性论文）由孙秉珍（本人，第一完成人）于西安电子科技大学工作期间完成。其中，代表性论文[1]由第一完成人与其指导的 2021 级博士生叶进（第三完成人）一起合作完成。代表性论文[2]由第一完成人与其指导的 2020 级博士生白军成(已提交知情同意书)和 2018 级博士生楚晓丽（第二完成人）一起合作完成。代表性论文[3]和[4]是由第一完成人与其指导的 2018 级博士生楚晓丽（第二完成人）一起合作完成。代表性论文[5]是由第一完成人与其指导的硕士生赵可彤（已提交知情同意书）一起合作完成。

所有完成人的贡献和工作对本项目的整体进展起到了重要的推动作用。此外，本项目的顺利完成也离不开本次申奖中自愿放弃列为完成人的合作者们的辛苦付出。