

## 2019 年度拟提名国家自然科学奖项目公示内容

### 一、项目名称

多源动态信息融合理论及在监视预警中的应用

### 二、拟提各单位及奖种

拟提各单位：西北工业大学、香港理工大学

拟提名该项目为国家自然科学奖。

### 三、项目简介

信息融合是生物体固有的本质特征，作为在一定准则下对多源信息进行关联分析和优化综合的现代信息处理基本手段，在军事信息系统——战略监视预警中具有不可替代作用。近年来，信息技术呈现异构多源、高动态、网络化等新趋势，对信息融合发展带来高冲突、时变性、低分辨等重大挑战。

近十年来，在国家自然科学基金重点项目、国防基础科研、总装预研等项目的持续支持下，项目团队面向我国战略监视预警信息融合理论与应用，围绕雷达、光学等多源多时空高层信息融合问题开展研究，取得如下重要进展：

(1) 提出了广义信任学习模型，建立了开放空间动态证据推理框架，定义了柔性证据冲突度量，解决了多源高层信息融合中国际主流方法难以处理的局部不精确信息识别错误率高、动态时变目标信息无法有效利用等难题，在战略预警某部的雷达目标分类系统中使识别准确率提升至 90% 以上。国际信任函数理论及应用协会主席 **Thierry Denoeux** 教授指出本研究的“信任分类解决了重叠数据的分类问题，具备区别分类局部不精确性的能力”。

(2) 建立了量测缺失下多速率信息融合模型及闭环特性估计与辨识联合优化新体制，解决了监视预警雷达主信源信息融合中数据缺失导致的最优性丧失等问题，为中电 14 所某战略预警型号雷达复杂目标跟踪提供了核心技术。美国联合技术研究中心(UTRC)首席科学家 **Speranzon** 认为本研究是“分布式 Kalman 滤波与信息传播机制的最新结合”。

(3) 构建了多约束融合的高分遥感影像联合处理理论，解决了新型图像信源信息融合中利用多幅低分辨率图像重构高分辨率清晰图像的问题，突破了中航 613 所等异构图像匹配“看得清”与“辨的明”等难题。美国国家工程院院士、小波理论奠基人 **Stéphane Mallat**，加拿大科学院院士、IEEE Fellow **Eric Dubois** 等认为“提出的方法能够有效的实现同步的去马赛克和去噪声”。

项目团队长期致力于信息融合理论与应用研究，8 篇代表论文 SCI 他引共 591 次、单篇最高 217 次、4 篇 ESI 高被引论文。研究工作得到本领域 10 位国际协会主席、12 位国际重要期刊主编、100 多个研究机构的百余位院士、IEEE Fellow 的持续关注和积极评价。带头人潘泉教授在国内外信息融合基础理论与工程应用领域具有重要影响（成果被引百度学术 19000 余次，CNKI 9000 余次，H 指数 56），与团队创建我国信息融合专委会，连续担任 9 届中国信息融合大会、3 届国际信息融合研讨会主席、副主席。张磊教授在信息融合国际前沿引领团队取得重要学术影响力（成果被引谷歌学术 38000 余次，Web of Science 核心 13000 余次，H 指数 96），当选 IEEE Fellow，入选 2015~2018 年工程科学领域全球高被引科学家。研究工作成功应用于电科集团、中航工业、天波旅等多个军工型号和重点工程（11 份应用证明肯定了本项目成效，如指出其“对伪装目标发现有显著作用，为支援作战提供了数据支撑”，授权发明专利 10 项），为面向我国战略预警骨干装备、军事信息系统的信息融合理论与应用的突破升级作出重要贡献。

## 四、客观评价

### 一、同行评价

#### 1. 对【创新点 1】的评价：

(1) 国际信任函数理论及应用协会主席、近似推理国际期刊主编 Thierry Denoeux 教授对本项目提出的新思路给予了持续跟踪研究：在 2015 年 Pattern Recognition 中他认为“信任分类方法能够揭示分类不精确性，降低分类错误率。得更合理的聚类结果”；在【代表性引文 2】中他系统正面评述了本项目提出的信任分类器的基本原理，认为这些方法是“吸引人的，具有良好的分类性能”；在 2016 年 IEEE Trans. Fuzzy Systems 中指出“信任分类解决了重叠数据的分类问题，具备区别分类局部不精确性的能力”、“证据不一致性度量能够解决冲突信息融合问题，且利用多时相信息融合中的冲突信息还能进行遥感变化检测”；在【代表性引文 4】中他进一步指出“信任 C 均值聚类算法(CCM)给出了复合类距离新的定义，这种改进使得复合类和单类中心相距较近时能取得更合理的聚类结果”。

(2) 本领域顶级期刊 Information Sciences 副主编 Pierpaolo D'Urso 在【代表性引文 5】中将本项目提出的信任聚类方法作为不确定数据聚类的代表性工作，他指出“信任 C 均值聚类算法克服了证据聚类 ECM 的缺陷”；亚太神经网络联合会主席、Neural networks 副主编 Minhoo Lee 教授在【代表性引文 6】中充分肯定了本项目提出的两种分类方法，他认为“通过引入复合类来对缺失属性造成的分类不准确性进行了很好地刻画分析，CCAI 在 PCC 的基础上进一步降低了计算复杂度”。

(3) 国际 IEEE SMC 协会主席、IEEE Fellow、IEEE Trans. SMC-Systems 主编 C.L. P. Chen 教授和 IEEE Fellow Y.Y. Tang 教授在 2015 年 Neurocomputing 特别提出本项目“将 K 近邻分类器拓展到了信任函数框架下用于处理不确定数据”，IEEE Fellow、IEEE TSP、TIP 副主编 Hwang 教授在 IEEE TIP 评价“证据推理融合识别方法能够将难以准确识别的目标赋给相关的类集”等。

#### 2. 对【创新点 2】的评价：

(1) 美国联合技术研究中心(UTRC)首席科学家 Speranzon 在 2015 年 Automatica 评价本研究工作“分布式 Kalman 滤波与信息传播机制的最新结合”；IEEE TAC、Automatica 副主编 Dragan Nesic 在【代表性引文 7】中对本项目提出的量测随机缺失下的多速率传感器融合模型进行了系统描述；IEEE Fellow G. Feng 在【代表性引文 8】中 4 处引用本研究工作，评价算法有效，进而发展出分布式多速率融合方案。

(2) IEEE Fellow、澳大利亚科学院、技术科学与工程院院士 Evans 教授及澳大利亚“金达莱”OTHR 作战网技术顾问 Pulford 教授分别在 2005 年、2010 年 IEEE Trans. on Aerospace & Electronic Systems 评价“感谢其发

现多路径坐标变换的不当近似”、“将 VDA 技术推广到处理离散多路径环境下的数据关联”。

### 3. 对【创新点 3】的评价：

(1) 美国工程院院士、IEEE Fellow Stéphane Mallat 在【代表性引文 1】中对提出的基于方向融合的插值方法进行了全面系统评价，将该方法作为现行先进方法与其论文中方法进行了详细比较分析；IEEE TIP 副主编、IEEE Fellow Xiaolin Wu 在 2008 年 IEEE TIP 中认为该方法“能够实现有效的图像重构”。

(2) IEEE Trans. on Pattern Recognition and Machin Intelligence 原副主编、IEEE Fellow Sing Bing Kang 在【代表性引文 3】中将提出的基于 PCA 去噪方法作为现行先进方法与其论文中方法进行了详细比较分析；加拿大科学院院士、IEEE Fellow Eric Dubois 在 2014 IEEE Transactions on Image Processing 中认为该方法“能够有效的实现同步的去马赛克和去噪声”。

## 二、应用评价

1. 对【创新点 1】的评价：战支天波旅：“对 xxx 属性判别正确率平均值超过 90%，对伪装目标发现有显著的辅助作用，提高了 xxx 质量，为目标 xxx 支援作战提供了数据支撑”；

中航 607 所：为机载多传感器融合识别系统“有效解决了多种探测模式下特征信息大差异、高冲突的问题，能够对空中和海面目标准确识别，在实际应用中识别率相比传统方法显著提升。

2. 对【创新点 2】的评价：中电 10 所、中电 14 所：“关联的正确率不低于 95%，对我所信息融合等技术发展及进一步工程应用有重要的参考价值”，“数据验证表明算法与国外相关算法相比，显著改善了跟踪性能”；

空军工程大学：项目“达到规定的技术指标要求，对于我国 xxx 项目论证及进一步工程应用具有重要的参考和指导作用”。

3. 对【创新点 3】的评价：中航 613 所、西安爱生集团（无人机所）：“降低了机载异构图像匹配系统的研制成本，缩短了研制周期，对于实现机载图像导航、目标截获实际工程化应用具有很强参考价值和借鉴意义”，“对我所相关工程提供有力技术支撑，在 T18D、E、F、P、Q 等多型无人机系统得到应用”。

## 五、代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	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	An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion/ IEEE Transactions on Image Processing/ Lei Zhang, Xiaolin Wu	2006年 15卷 2226-2238页	2006年 8月	张磊	张磊	张磊	217	341	否
2	Sparse representation based fisher discrimination dictionary learning for image classification/International Journal of Computer Vision/ Meng Yang, Lei Zhang, Xiangchu Feng, David Zhang	2014年 109卷 209-232页	2014年 9月	张磊	杨猛	杨猛/张磊/ 冯象初	115	186	否
3	PCA-based spatially adaptive denoising of CFA images for single-sensor digital cameras/IEEE Transactions on Image Processing/Lei Zhang Rastislav Lukac, Xiaolin Wu, David Zhang	2009年 18卷 797-812	2009年 4月	张磊	张磊	张磊	48	72	否
4	Hyperspectral image denoising via sparse representation and low-rank constraint/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Yong-Qiang Zhao, Jing-xiang Yang	2015年 53卷 296-308页	2015年 1月	赵永强	赵永强	赵永强/ 杨劲翔	63	78	否

5	Credal c-means clustering method based on belief functions/ Knowledge-Based systems/Zhun-ga Liu , Quan Pan , Jean Dezert	2015年74卷 119-132页	2015年1月	刘准钊	刘准钊	刘准钊/潘泉	37	41	否
6	Adaptive imputation of missing values for incomplete pattern classification/ Pattern Recognition/ Liu Zhunga, Pan Quan, Dezert Jean , Mercier Gregoire	2016年52卷 85-95页	2016年4月 (在线发表日期2015年10月20日)	刘准钊	刘准钊	刘准钊/潘泉	46	49	否
7	Optimal linear state estimator with multiple packet dropouts/IEEE Transactions on Automatic Control/ Yan Liang , Tong-wen Chen , Quan Pan	2010年55卷 1428-1433页	2010年6月	梁彦	梁彦	梁彦/潘泉	34	57	否
8	Multi-rate stochastic H(infinity) filtering for networked multi-sensor fusion/Automatica/ Yan Liang , Tong-wen Chen , Quan Pan	2010年46卷, 437-444页	2010年2月	Tong-wen Chen	梁彦	梁彦/潘泉	31	44	否
合计							591	868	

**承诺：**上述论文专著用于提名国家自然科学奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的作者的同意。知识产权归国内所有，且不存在争议。

第一完成人签名：

## 六、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
潘泉	1		教授	西北工业大学	西北工业大学	主要贡献为：提出了广义信任学习模型，构建了开放空间动态证据推理框架，建立了量测缺失下多速率信息融合模型及闭环特性估计与辨识联合优化新体制。对各创新点均做出了重要贡献，是代表论文专著 5-8 的主要合作者，是陕西省科学技术一等奖第 1 完成人，陕西省科学技术二等奖第 2 完成人。
刘准钊	2		教授	西北工业大学	西北工业大学	主要贡献为：提出高冲突信息鲁棒融合推理，定义了柔性证据冲突度量，解决了多源高层信息融合中局部不精确信息识别错误率高、动态时变目标信息无法有效利用等难题。对创新点 1 做出了主要贡献，是代表性论文专著 5、6 的第一作者和通讯作者，是省一等奖第 3 完成人，省二等奖第 6 完成人。
张磊	3		教授	香港理工大学	香港理工大学	主要贡献为：构建了高维数据重构质量客观评价指标体系，提出了多约束融合的高分遥感影像联合处理理论，解决了新型图像信源信息融合中重构高分辨率清晰图像的问题，为国家自然科学基金重点项目（潘泉排 1，张磊排 2）做出了重要贡献。对创新点 3 做出了主要贡献，是代表性论文专著 1、3 的第一作者和通讯作者，是代表性论文专著 2 的通讯作者和主要合作者，是省一等奖第 2 完成人，省二等奖第 4 完成人。
梁彦	4		教授	西北工业大学	西北工业大学	主要贡献为：提出了面向用户不同需求的估计输出速率新概念，建立了量测缺失下多速率模型和估计器设计方法，发现了影响滤波稳定的关键丢包通道，提出了估计与辨识联合优化思想。对创新点 2 做出了主要贡献，是代表性论文专著 7、8 的第

						一作者和通讯作者，是省二等奖第 1 完成人。
赵永强	5		教授	西北工业大学	西北工业大学	主要贡献为：定义空谱联合相关约束模型、多维度联合稀疏约束模型、辨识字典约束模型，实现了高分遥感影像联合处理。对创新点 3 做出了主要贡献，是代表性论文专著 4 的第一作者和通讯作者，是省一等奖第 4 完成人，省二等奖第 3 完成人。



## 完成人合作关系说明

完成人张磊系潘泉教授在西北工业大学指导的硕士和博士研究生，现为西北工业大学讲座教授。张磊参与了本项目的主要研究工作，与完成人潘泉教授联合申报并共同完成了国家自然科学基金重点项目（张磊排 2）等，合作发表多部（篇）专著和论文。本次国家自然科学基金申报材料中，张磊及合作者提供了代表性论文 2 “Sparse representation based fisher discrimination dictionary learning for image classification” 等申报材料，合作者中多为张磊、潘泉教授联合培养博士研究生；张磊在代表性成果“2017 年陕西省科学技术一等奖”中是第 2 完成人、“2014 年陕西省科学技术二等奖”中是第 4 完成人。

完成人潘泉、刘准钊、梁彦、赵永强系西北工业大学同一课题组成员，其中刘准钊、梁彦、赵永强自 2003 年起在潘泉教授指导下从事信息融合理论与应用研究，现均为信息融合技术教育部重点实验室骨干，潘泉为课题负责人和实验室主任。潘泉、刘准钊、梁彦、赵永强共同主持承担本项目的研究工作，并合作发表多篇论著，其中本次申报的代表性论文均为“任务来源”项目支持下完成。在代表性成果“2017 年陕西省科学技术一等奖”中，潘泉是第 1 完成人、刘准钊第 3 完成人、赵永强第 4 完成人；“2014 年陕西省科学技术二等奖”中，梁彦是第 1 完成人、潘泉第 2 完成人、赵永强第 3 完成人、刘准钊第 6 完成人。

**承诺：**本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

**第一完成人签名：**

