陕西省自然科学奖公示信息

(2020年度)

**一、项目基本情况**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 基于视觉特性的图像多尺度表示方法 |
| 主要完成人 | 杨国安，祝继华，胡怀中，景明利，任文艺 |
| 主要完成单位 | 西安交通大学，西安石油大学，西北农林科技大学 |

**二、提名意见**（适用于部门、机构提名）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 提 名 者 | 陕西省教育厅 | 提名等级 | □一等奖 ☑二等奖及以上 |
| 提名意见：  **说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。** | | | |

**三、项目简介**

图像边缘是一种基本视觉特征,由人类视觉系统（HVS）的研究可知：图像边缘可以有效地反映视觉图像中不同区域的结构、方向、粒度和规则性的差异；HVS对图像信息的敏感性与尺度以及空间方向有关，且自然图像频谱的非矩形化剖分通常更适合于HVS的真实特征。神经生理学研究表明，哺乳动物的本原视觉皮层存在着稀疏编码机制，而图像稀疏表示模型能够有效地匹配人类的视觉感知特性。1996年，Olshausen和Field发表在《Nature》上的论文指出：自然图像本身存在着稀疏性，同时也阐明了图像数据的稀疏性本质。但是，由于图像边缘的视觉特征具有多样性、复杂性、方向性、几何特性以及尺度变化给图像视觉特征模型研究带来极大的困难，致使其表示方法和计算模型至今未能得到很好的解决。因此，如何更加准确有效地表示图像视觉感知特征与稀疏编码特性是一个极具创新性和挑战性的研究课题。针对上述问题，本课题组从2001年起历经二十年刻苦钻研，主持完成国家自然科学基金项目“面向三维扫描系统的多视角点云配准方法研究”、“基于点集配准的栅格地图拼接方法研究”、“一种压缩编码孔径成像光谱偏振技术的研究”和国际合作项目“网络化激光打印机图像编码算法与实现技术”，参与完成我国信息领域第一个“973”项目（国家重点基础研究发展计划）“基于视认知的非结构化信息处理基础理论与关键技术”、国家自然科学基金委首批创新群体项目“智能化视觉信息处理理论与实现技术”、国家自然科学基金重点项目“高效可伸缩视频编解码基础理论与方法研究”、国家高技术研究发展计划（863计划）项目“基于离散小波变换的JPEG2000图像处理及场景数据实时传输”和国家科技支撑计划项目“数字媒体内容互通共用关键技术”，对基于视觉特性的图像多尺度表示方法进行了长期深入的研究和探索，取得多项具有国际影响的研究成果，具体内容如下所述：

1. 本课题组提出了基于小波变换、Contourlet变换、Contourlet-HMM/ANN和压缩感知四种人类视觉特征表示方法及其稀疏编码方案，为图像处理、计算机视觉和模式识别领域的图像稀疏表示和图像编码提供了新方法新技术，这些研究成果分别发表在：（1）美国光学协会OSA出版社JCR一区期刊Optics Express上2017年第25卷第15期，题目为“Wavelet transform based defringing in interference imaging spectrometer”；（2）Elsevier出版社JCR一区Neurocomputing上2014年第14卷第4期，题目为“Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery”；（3）IEICE Electronics Express期刊2014年11卷第17期，题目为“A Novel Optimization Design Approach for Contourlet Directional Filter Banks”；（4）Springer出版社的Journal of Signal Processing Systems期刊2012年68卷第2期, 题目为“Optimization Design of Biorthogonal Wavelet Filter Banks for Extending JPEG 2000 Standard Part-2”；（5）EURASIP Journal on Advances in Signal Processing上2010年第398385卷，题目为“Contourlet filter design based on Chebyshev best uniform approximation”；（6）International Journal

of Wavelets, Multiresolution and Information Processing上2008年第6卷第1期，题目为“An optimization algorithm for biorthogonal wavelet filter banks design”。

1. 本课题组提出了一种基于模糊数α-cuts表示的新型模糊加权均值（FWA）计算方法。首先，对于每一个α-cuts可通过一个反向搜索算法计算两个特殊的Switch点，然后，通过这两个特殊的Switch点计算得到FWA的端点，最后，通过递归运算可得到一个极为高效的Switch点。本课题组提出的新型FWA的计算复杂度较低只有O(n)，它是至今为止FWA计算中速度最快的方法。基于这一研究成果，本课题组提出一种新型的视觉图像多层方向分解系数的快速分类与重构方法。该算法不仅大幅度地降低了视觉计算和计算机运算成本，而且也可提高图像视觉特征的计算效率。这些研究成果分别发表在：（1）Elsevier出版社JCR一区期刊Knowledge-Based Systems期刊2013年52卷，题目为“An opposite direction searching algorithm for calculating the type-1 ordered weighted average”（2）IEICE Electronics Express期刊2010年7卷第19期，题目为“A new algorithm for computing the fuzzy weighted average”。

3.提出了基于鲁棒双向距离的仿射迭代最近点（ICP）描述m维点集的方法，它不需要在点集上的几何条件假设，是m维点集仿射配准的一般框架。由于仿射配准问题可通过组合仿射变换表示为最小二乘（LS）问题，因此我们首先将双向距离的概念引入到LS中，从而将仿射配准的不适定问题转换为一个适定问题。其次，通过求解上述适定问题给出一个新的仿射ICP算法。最后，利用双向距离直接评估仿射变换，此时从任意给定的一个初值可以单调收敛到局部最小，然后通过独立成分分析（ICA）方法估计一个优秀的初始值便可得到全局最小值。该项研究成果为计算机视觉领域提供了一种新型的图像配准方法，其研究成果分别发表在：（1）Elsevier出版社JCR一区期刊Neurocomputing上2016年117卷第1期，题目为“Automatic multi-view registration of unordered range scans without feature extraction”（2）IET Computer Vision期刊2012年第6卷第3期，题目为 “Robust affine iterative closest point algorithm with bidirectional distance”。（3）Pattern Recognition上2018年第83卷，题目为“Building discriminative CNN image representations for object retrieval using the replicator equation”。

最后，本项目的研究成果还包括：发表相关学术论文146篇，其中SCI收录56篇，EI收录78篇，总被引次数468次。本项目5篇代表性论文在Web of Science上被引用42次，其中他引为40次。另外，本项目获得陕西高等学校科学技术奖二等奖，出版专著教材3部，取得国家专利4项，培养研究生40余名。

**四、客观评价**

（1）University of Science and Technology Houari Boumediene的电子与计算机科学系通信专业的Boualem Haddad教授，2017年在物理学的子领域数学物理的顶级期刊《Chaos, Solitons and Fractals》第98卷发表学术论文“Classification of radar echoes using fractal geometry”，引用了本课题组发表在IEICE期刊2014年11卷17期的论文“A Novel Optimization Design Approach for Contourlet Directional Filter Banks”，Boualem Haddad教授提出的基于分形几何的雷达回声分类的多尺度方向分解方法采用了我们开发的新型9/7和PKVA滤波器组，并获得了良好的分类性能。

（2）University of Southern California, Los Angeles分校电气工程专业的IEEE Life Fellow、Jerry M. Mendel教授，在模糊理论研究国际顶级期刊IEEE Transactions on Fuzzy Systems上2011年第19卷第4期发表论文“Connect Karnik-Mendel Algorithms to Root-Finding for Computing the Centroid of an Interval Type-2 Fuzzy Set”，引用了本课题组2010年发表在IEICE Electronics Express上第7卷第19期的论文“A new algorithm for computing the fuzzy weighted average”，Mendel教授对我们的研究成果给予正面评价是：“该算法在间隔2型和一般2型FLS逻辑模糊系统中具有重要意义”。

（3）University of Southern California, Los Angeles分校电气工程专业的IEEE Life Fellow、Jerry M. Mendel教授，2012年发表在Elsevier出版社的一区期刊Information Sciences上第187卷的论文“Analytical solution methods for the fuzzy weighted average”，引用了本课题组2010年发表在IEICE Electronics Express上第7卷第19期的论文“A new algorithm for computing the fuzzy weighted average”，Mendel教授对我们的研究成果给予正面评价是：“模糊权重均值化（FWA）方法在模糊逻辑理论中将是一个持续引起关注的重要课题”。

（4）The Politecnico di Milano University生物与电子工程系的Pietro Cerveri教授，发表在生物医学工程领域国际顶级期刊IEEE Transactions on Biomedical Engineering上2014年第61卷第1期的论文“Local Shape Similarity and Mean-Shift Curvature for Deformable Surface Mapping of Anatomical Structures”，引用了本课题组2012年发表在IET Computer Vision期刊第6卷第3期的论文“Robust affine iterative closest point algorithm with bidirectional distance”，Pietro Cerveri教授对我们的研究成果给予正面评价为：“双向距离准则可增加对于复杂形状曲线仿射ICP的鲁棒性”。

（5）The University of Exeter的生物物理系C.P. Winlove教授，在模式识别领域顶级期刊Pattern Recognition上2014年第47卷发表论文“Inexact Bayesian point pattern matching for linear transformations”，引用了本课题组2012年发表在IET Computer Vision期刊第6卷第3期的论文“Robust affine iterative closest point algorithm with bidirectional distance”，Winlove教授给予我们的研究成果正面评价为：“通过双向映射可以避免投影点陷于过小的集合中”。

（6）国防科技大学ATR重点实验室的文贡坚教授，发表在Elsevier出版社JCR一区期刊Neurocomputing上2017年第219卷的论文“A robust similarity measure for attributed scattering center sets with application to SAR ATR”，引用了本课题组2014年发表在期刊Neurocomputing第144卷上的论文“Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery”，文贡坚教授利用我们的QNIP算法作为实现最大逼近似然算法（AML）的第三步来使用。

（7）发表在Elsevier出版社Neurocomputing期刊2016年189卷的论文“Inexact alternating direction method based on proximity projection operator for image inpainting in wavelet domain”，引用了本课题组2014年发表在期刊Neurocomputing第144卷上的论文“Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery”并对我们的研究成果给予正面评价：“是解决迭代算法降低计算成本的有效方法之一”。

（8）西北工业大学的海洋声学与传感国家重点实验室的杨坤德教授，发表在IEEE Sensors Journal期刊上2018年第18卷第14期的论文“Compressive Sampling and Reconstruction of Acoustic Signal in Underwater Wireless Sensor Networks”，引用了本课题组2014年发表在期刊Neurocomputing第144卷上的论文“Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery”并对我们的研究成果给予正面评价：“是基于压缩感知理论的稀疏信号恢复研究的代表性成果之一”

（9）华南理工大学电子与信息工程学院的傅予力教授，发表在IEEE Signal Processing Letters上2017年第24卷第10期的论文“A Novel Iterative Shrinkage Algorithm for CS-MRI via Adaptive Regularization”，引用了本课题组2014年发表在期刊Neurocomputing第144卷上的论文“Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery”，傅予力教授对我们的研究成果给予正面评价：“QNIP可以提高算法的速度”

（10）上海交通大学图像处理与模式识别研究所所长杨杰教授，发表在Neurocomputing期刊2017年第219卷的论文“ A robust coherent point drift approach based on rotation invariant shape context”，引用了本课题组发表在IET Computer Vision期刊上2012年第6卷第3期的论文“Robust affine iterative closest point algorithm with bidirectional distance”，杨杰教授对我们的研究成果给与正面评价：“是利用ICP方法求解非紧点集匹配问题的代表性方法之一”

**五、代表性论文专著目录（不超过8篇）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著  名称 | 刊名 | 作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 国内作者 | 他引总次数 | 检索数据库 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | A Novel Optimization Design Approach for Contourlet Directional Filter Banks | IEICE Electronics Express | Songjun Zhang, Guoan Yang, Zhengxing Cheng, Huub van de Wetering, Chihiro Ikuta and Yoshifumi Nishio | 2014, 11(17), 1-11 | 2014 | Guoan Yang | Songjun Zhang | 张松俊, 杨国安, 程正兴 | 4 | Web of Science | 是 |
| 2 | Robust affine iterative closest point algorithm with bidirectional distance | IET Computer Vision | Jihua Zhu, Shaoyi Du, Zejian Yuan, Yuehu liu, Liang Ma | 2012,6(3),252-261 | 2012 | Jihua Zhu | Jihua Zhu | 祝继华，杜少毅，袁泽剑，刘跃虎，马亮 | 21 | Web of Science | 是 |
| 3 | A new algorithm for computing the fuzzy weighted average | **IEICE** Electronics Express | Huaizhong Hu, Mingjun Gao, Hong Zhang | 2010,7(19), 1423-1428 | 2010 | Huaizhong Hu | Huaizhong Hu | 胡怀中，高明军，张虹 | 7 | Web of Science | 是 |
| 4 | Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery | Neurocomputing | Mingli Jing, Xueqin Zhou, Chun Qi | 2014,144，169-173 | 2014 | Chun Qi | Mingli Jing | 景明利，周雪芹，齐春 | 18 | Web of Science | 是 |
| 5 | Wavelet transform based defringing in interference imaging spectrometer | Optics Express | Wenyi Ren, Qizhi Cao, Dan Wu, Jiangang Jiang, Guoan Yang, Yingge Xie, Sheqi Zhang | 2017,25(15), 17039-17050 | 2017 | Jiangang Jiang | Wenyi Ren | 任文艺曹奇志,伍丹,姜建刚,杨国安,谢迎革,张社奇 | 1 | Web of Science | 是 |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 合 计 | | | | | | | | |  |  |  | |
| **补充说明（视情填写）：** | | | | | | | | | | | | |

**六、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 杨国安 | 排 名 | 1 |
| 行政职务 | 无 | | |
| 技术职称 | 副教授 | | |
| 工作单位 | 西安交通大学 | | |
| 完成单位 | 西安交通大学 | | |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了基于小波变换、Contourlet变换和Contourlet-HMM/ANN的三种人类视觉特征表示方法及其稀疏编码方案，为图像处理、计算机视觉和模式识别领域的图像稀疏表示和图像编码提供了新方法新技术，请见代表性论文专著目录1。 | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 祝继华 | 排 名 | 2 |
| 行政职务 | 软件学院副院长 | | |
| 技术职称 | 副教授 | | |
| 工作单位 | 西安交通大学 | | |
| 完成单位 | 西安交通大学 | | |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了基于鲁棒双向距离的仿射迭代最近点（ICP）描述m维点集的方法，它不需要在点集上的几何条件假设，是m维点集仿射配准的一般框架，请见代表性论文专著目录2。 | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 胡怀中 | 排 名 | 3 |
| 行政职务 | 无 | | |
| 技术职称 | 副教授 | | |
| 工作单位 | 西安交通大学 | | |
| 完成单位 | 西安交通大学 | | |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了一种基于模糊数α-cuts表示的新型模糊加权均值（FWA）计算方法。首先，对于每一个α-cuts可通过一个反向搜索算法计算两个特殊的Switch点，然后，通过这两个特殊的Switch点计算得到FWA的端点，最后，通过递归运算可得到一个极为高效的Switch点。本课题组提出的新型FWA的计算复杂度较低只有O(n)，它是至今为止FWA计算中速度最快的方法，请见项目代表性论文专著3。 | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 景明利 | 排 名 | 4 |
| 行政职务 | 人工智能专业负责人 | | |
| 技术职称 | 副教授 | | |
| 工作单位 | 西安石油大学 | | |
| 完成单位 | 西安石油大学 | | |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了基于压缩感知理论的人类视觉特征表示方法及其稀疏编码方案，为图像处理、计算机视觉和模式识别领域的图像稀疏表示和图像编码提供了新方法新技术，请见代表性论文专著目录4。 | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 任文艺 | 排 名 | 5 |
| 行政职务 | 理学院光电信息科学与工程系系主任，教务处副处长（挂职） | | |
| 技术职称 | 副教授 | | |
| 工作单位 | 西北农林科技大学 | | |
| 完成单位 | 西北农林科技大学 | | |
| 对本项目主要学术贡献：  针对干涉成像光谱仪中去散射问题进行了深入地研究，提出了基于小波变换的干涉成像光谱的去散射新方法。另外，从光学成像系统的物理机制和存在的主要缺陷作为切入点，提出一种干涉成像去散射的新型纹理模型，请见项目代表性论文专著5。 | | | |

**七、主要完成单位情况表**

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | 西安交通大学 |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了基于小波变换、Contourlet变换和Contourlet-HMM/ANN的三种人类视觉特征表示方法及其稀疏编码方案，为图像处理、计算机视觉和模式识别领域的图像稀疏表示和图像编码提供了新方法新技术，请见代表性论文专著目录1。 | |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | 西安石油大学 |
| 对本项目主要学术贡献：  提出了基于压缩感知的人类视觉特征表示方法及其稀疏编码方案，为图像处理、计算机视觉和模式识别领域的图像稀疏表示和图像编码提供了新方法新技术，请见代表性论文专著目录4。 | |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | 西北农林科技大学 |
| 对本项目主要学术贡献：  针对干涉成像光谱仪中去散射问题进行了深入地研究，提出了基于小波变换的干涉成像光谱的去散射新方法。另外，从光学成像系统的物理机制和存在的主要缺陷作为切入点，提出一种干涉成像去散射的新型纹理模型，请见代表性论文专著目录5。 | |

**完成人合作关系说明**

本项目由杨国安、祝继华、胡怀中、景明利、任文艺组成的研究团队完成，该科研团队由西安交通大学、西安石油大学和西北农林科技大学组成，其中，杨国安负责提出总体研究思路和主要研究算法框架的设计以及研究方案的制定，并一直主持着基于视觉特性的多尺度图像表示方法及应用的研究工作。 杨国安、祝继华、胡怀中、景明利获得2017年陕西高等学校科学技术奖二等奖，项目名称为“基于多尺度方向变换的图像视觉特征表示方法”，2017年，任文艺与杨国安在Optics Express期刊上合作发表学术论文1篇，论文题目“Wavelet transform based defringing in interference imaging spectrometer”。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 获奖 | 祝继华/项目排名2  胡怀中/项目排名3  景明利/项目排名4 | 2008-2018 | 陕西高等学校科学技术奖 | 获奖证书 |
| 2 | 合作发表学术论文 | 任文艺/项目排名5 | 2010-2018 | 项目代表性论文专著目录5 | 学术论文首页 |
| …… |  |  |  |  |  |
| （不限条目） |  |  |  |  |  |