

陕西省自然科学奖公示信息

(2021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，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	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 三等奖及以上
提名意见： <p>该项目在国家自然科学基金和重大国际合作项目支持下，通过团队成员近 20 的拼搏和刻苦钻研，在基于视觉特性的图像多尺度表示方法研究方面，取得国际一流水平的科研成果。其中包括：</p> <p>（1）提出了基于小波变换、Contourlet 变换、Contourlet-HMM 和压缩感知四种人类视觉模型，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；（2）提出了一种用于多尺度几何分析理论的视觉图像多层方向分解系数的 NFWA 模糊集分类方法，为基于视觉特性的图像理解在不确定性分析方面提供了一种新思路新方法。该项目的研究成果获得南加州大学洛杉矶分校电气工程专业的 Jerry M. Mendel 教授（IEEE Life Fellow）等国际顶尖学者的直接引用并给出高度评价。</p> <p>该成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。特提名为陕西省科学技术三等奖及以上。</p> <p>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。</p>			

三、项目简介

(限 2 页)

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基于视觉特征的图像表示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年起历经近20年刻苦钻研,主持完成国家自然科学基金项目“基于生物视觉稀疏编码特性和显著性特征的多尺度几何分析纹理模型研究”、“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. 本项目提出了基于小波变换、Contourlet 变换、Contourlet-HMM 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 Q1 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 Q1 期刊 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) 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”。

2. 本项目提出了一种基于模糊数 α -cuts 表示的新型模糊加权均值 (NFWA) 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最高效的 Switch 点。本项目提出的新型 NFWA 的计算复杂度较低只有 $O(n)$ ，它是至今为止 FWA 计算中速度最快的一种方法。基于这一研究成果，本项目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 Q1 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) 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”。

最后，本项目的研究成果还包括：发表相关学术论文 102 篇，其中 SCI 收录 46 篇，EI 收录 68 篇，总被引次数 448 次。本项目 5 篇代表性论文在 Web of Science 上被引用 32 次，其中他引为 29 次。另外，本项目获得陕西高等学校科学技术奖二等奖，出版专著或教材 3 部，取得国家专利 4 项，培养研究生 40 余名。

四、客观评价

【限 2 页。围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。】

(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) 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。

(5) 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。

（6）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”。

（7）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”

（8）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”

五、代表性论文专著目录

(不超过 8 条，其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部)

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 Electronic Express	Songjun Zhang, Guoan Yang, Zhengxing Cheng, Huub van de Wetering, Chihiro Ikuta and Yoshifumi Nishio	2014, Vol. 11, No. 17, pp. 1-11	2014, Aug. 13	杨国安	张松俊	张松俊, 杨国安, 程正兴	4	Web of Science	是
2	A new wavelet lifting scheme for image compressions	Advances in Machine Vision, Image Processing, and Pattern Analysis, Springer LNCS 4153, 2006 International Workshop on Intelligence Computing in Pattern Analysis/Synthesis	Guoan Yang, Shugang Guo	pp465-474	August 26-27, 2006	杨国安	杨国安	杨国安, 郭树山	2	Web of Science	是

3	A new algorithm for computing the fuzzy weighted average	IEICE Electronics Express	Huaizhong Hu, Mingjun Gao, Hong Zhang	2010, vol. 7, no. 19, pp. 1423 - 1428	2010, Oct. 10	张虹	胡怀中	胡怀中, 高明军, 张虹	7	Web of Science	是
4	Quasi-Newton Iterative Projection Algorithm for Sparse Recovery	Neuro computing	Mingli Jing, Xueqin Zhou, Chun Qi	2014, Vol. 144, pp. 169-173	2014, Feb. 2	齐春	景明利	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, Vol. 25, No. 15, pp. 17039-17050	24 July 2017	姜建刚	任文艺	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		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>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 和 2。</p>			

姓 名	胡怀中	排 名	2
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		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>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 $O(n)$，它是迄今为止 FWA 计算中速度最快的方法，请见项目代表性论文专著目录 3。</p>			

姓 名	景明利	排 名	3
行政职务	无		
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		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>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。</p>			

姓 名	任文艺	排 名	4
行政职务	无		
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		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>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目录 5。</p>			

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。另外，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，请见代表性论文专著目录 1、2、3。	

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、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、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”。另外，在国家自然科学基金项目的支持下，任文艺与杨国安在美国光学协会顶级期刊Optics Express上2017年25卷第15期合作发表学术论文1篇，论文题目“Wavelet transform based defringing in interference imaging spectrometer”（项目代表性论文专著目录4）。

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	胡怀中/项目排名 2 景明利/项目排名 3	2008-2020	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 4	2010-2020	项目代表性论文专 著目录 5	学术论文首页
3					
4					
5					
.....					
(不限 条目)					