**项目公示信息（自然科学奖）**

一、项目名称：融合图像信息的聚类算法研究

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

在三项国家自然科学基金等项目的资助下，该项目开展融合图像信息的聚类算法研究，主要针对模糊聚类、谱聚类和多目标进化聚类算法，通过融入图像信息来提升聚类性能。利用图像蕴含的空间和结构相似性信息构造模糊聚类算法的目标函数，提出了融合图像信息的模糊聚类算法；利用图像像素级和特征级信息构造谱聚类算法的相似性度量，提出了融合图像信息的谱聚类算法；为了从多个角度考虑图像处理中的聚类问题，构造体现图像信息的多个聚类目标函数，提出了融合图像信息的多目标进化聚类算法。项目研究工作得到了加、澳等国院士和多位IEEE Fellow在内的国内外同行的认可，出版学术专著两部，5篇代表性论文均发表在JCR二区本领域主流刊物上，其中，陕西省自然科学优秀论文三等奖论文1篇，Web of Science 核心合集他引185次。该项目在图像分割应用中获得了成功验证，为后续图像识别和理解提供了支持。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，特提名为陕西省自然科学奖二等奖及以上。

三、项目简介

聚类算法是应用于图像处理领域的有效算法之一。本项目在国家自然科学基金（61102095、61202153和61340040）和陕西省自然科学基础研究计划（2012JQ8045和2014JQ8336）项目的资助下，开展融合图像信息的聚类算法研究。主要针对模糊聚类、谱聚类和多目标进化聚类算法，通过挖掘和利用图像中蕴含的丰富信息，解决这些聚类算法存在的缺陷和不足，在图像分割应用中获得了成功验证，取得了如下主要科学发现：

1. 利用图像蕴含的空间和结构相似性信息构造模糊聚类算法的目标函数，提出融合图像信息的模糊聚类算法，克服模糊聚类对于图像噪声敏感的问题。(1) 利用图像中与当前像素具有相似邻域结构的像素获取非局部空间信息，构造融合非局部空间信息的模糊聚类目标函数，提出融合非局部空间信息的模糊聚类算法。(2) 为进一步提高图像的非局部空间信息的适应性，利用局部结构学习思想获取图像统计特性构建自调节非局部空间信息，构造融合自调节非局部空间信息的模糊聚类目标函数，提出融合自调节非局部空间信息的模糊聚类算法。(3) 利用图像的自调节非局部空间信息构造基于直方图统计的模糊聚类目标函数，并借鉴竞争学习思想设计模糊隶属度的优选抑制式策略，提出融合自调节非局部空间信息的优选抑制式模糊聚类算法，进一步提高模糊聚类算法的聚类性能和收敛速度。

2. 利用图像像素级和特征级信息构造谱聚类算法的相似性度量，提出融合图像信息的谱聚类算法，克服谱聚类对于相似性度量的尺度参数敏感、图像噪声敏感及算法复杂性高等问题。(1) 利用图像像素对聚类原型的模糊隶属度建立像素间相似性关系，构造像素级模糊相似性度量，提出图像像素级模糊谱聚类算法，克服谱聚类对于相似性度量尺度参数的敏感性。(2) 利用图像的非局部空间信息构建基于灰度直方图的模糊隶属度函数，设计灰度级模糊相似性度量，提出融合非局部空间信息的图像特征级模糊谱聚类算法，克服谱聚类对于相似性度量尺度参数和噪声敏感、算法复杂性高的问题。

3. 为了从多个角度考虑图像处理中的聚类问题，将聚类看成是一个多目标优化问题，构造体现图像信息的多个聚类目标函数，提出融合图像信息的多目标进化聚类算法，克服传统聚类算法仅能考虑一个聚类准则及聚类数目需要人为指定的局限性，同时避免对于初始聚类原型和图像噪声敏感的问题。(1) 利用图像的非局部空间信息构造多个聚类有效性函数作为多目标进化聚类的目标函数，实现多个聚类准则下的折衷聚类，同时克服了对于图像噪声敏感的问题；对聚类原型采用可变长编码策略，实现进化过程中聚类数目的自动确定，减少了人为干预，同时避免了对于初始聚类原型敏感的问题；构造融合非局部空间信息的聚类有效性函数作为评价指标，实现多目标进化的Pareto最优解的自动有效选取，提出融合非局部空间信息的多目标进化聚类算法。(2) 利用图像的局部空间信息和非局部空间信息的互补性设计多目标进化聚类算法的目标函数，构造了融合互补空间信息的模糊紧致性和模糊可分性函数，使得多目标进化聚类算法能在多种类型的含噪图像上获得理想的分割结果；构造融合互补空间信息的聚类有效性函数作为评价指标，实现了最优解的自动有效选取，提出融合互补空间信息的多目标进化聚类算法。

本项目对融合图像信息的聚类算法进行了深入细致的研究，在图像分割应用中获得了成功验证，为后续图像识别和理解提供了支持。项目研究工作得到了加、澳等国院士和多位IEEE Fellow在内的国内外同行的认可，出版学术专著两部，5篇代表性论文均发表在JCR二区本领域主流刊物上，其中，陕西省自然科学优秀论文三等奖论文1篇，Web of Science 核心合集他引185次。项目第一完成人入选2019年陕西省优秀青年科技新星、2014年陕西省青年科技新星。项目成果获2019年度陕西高等学校科学技术一等奖。

四、客观评价

该项目在图像处理与模式识别领域进行了一系列创新性研究，出版学术专著两部，5篇代表性论文Web of Science 核心合集他引185次，研究成果得到了包括IEEE Fellow、加拿大皇家学会院士Witold Pedrycz教授，IEEE Fellow、澳大利亚科学院院士陶大程教授，IEEE Fellow、西安电子科技大学计算机科学与技术学部主任焦李成教授等人的认可，具体评价如下：

1. 重要科学发现1的代表性评价

IEEE Fellow、加拿大皇家学会院士、波兰科学院外籍院士Witold Pedrycz教授指出代表性论文[4]和[5]提出了两种基于非局部空间信息的新颖模糊聚类方法。第一种方法（代表性论文[5]）为每个像素定义了自调节非局部空间信息，然后引入到模糊c均值的目标函数；第二种方法（代表性论文[4]）构造了基于像素的自调节非局部空间信息的灰度直方图，并在此直方图上进行聚类。

IEEE/AAAS/IAPR Fellow、欧洲科学院外籍院士和澳大利亚科学院院士陶大程教授指出代表性论文[5]将全局和局部空间特征应用于模糊聚类图像分割方法。

南昌航空大学副校长、江西省质量协会会长刘卫东教授指出代表性论文[1]提出一种基于自调节非局部空间信息的优选抑制模糊c均值聚类算法，并将其用于提升被噪声严重污染图像的分割性能。

2. 重要科学发现2的代表性评价

IEEE Fellow、加拿大皇家学会院士、波兰科学院外籍院士Witold Pedrycz教授指出代表性论文[3]提出了一种融合鲁棒空间信息的模糊谱聚类图像分割方法。利用基于灰度的模糊相似性测度构造相似性矩阵，然后在该相似性矩阵上对新产生图像的灰度进行谱划分，通过对与灰度对应的像素划分获得最终分割结果。

大连民族大学副校长段晓东教授对代表性论文[3]进行了引用。评价代表性论文[3]引入一种结合样本空间关系和邻域结构的新算子来克服传统谱聚类算法对噪声的敏感性。

3. 重要科学发现3的代表性评价

IEEE Fellow、西安电子科技大学计算机科学与技术学部主任焦李成教授指出代表性论文[2]通过同时优化基于空间信息的全局模糊紧致性和聚类间的模糊可分性，提出了多目标空间模糊聚类图像分割算法。

五、代表性论文专著目录（不超过8篇，其中代表作论文不超过5篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 第一完成单位（全称） | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（某年某月） | 通讯作者（按照文中标注的，无标注的不填） | 第一作者 | 国内作者 | 他引总次数 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Optimal-selection-based suppressed fuzzy c-means clustering algorithm with self-tuning non local spatial information for image segmentation | Expert Systems with Applications | Feng Zhao, Jiulun Fan, Hanqiang Liu | 西安邮电大学 | 2014年41卷4083-4093页 | 201407 | 赵凤 | 赵凤 | 赵凤，  范九伦，  刘汉强 | 47 | 是 |
| 2 | A multiobjective spatial fuzzy clustering algorithm for image segmentation | Applied Soft Computing | Feng Zhao, Hanqiang Liu, Jiulun Fan | 西安邮电大学 | 2015年30卷48-57页 | 201505 | 赵凤 | 赵凤 | 赵凤，  刘汉强，  范九伦 | 40 | 是 |
| 3 | Fuzzy spectral clustering with robust spatial information for image segmentation | Applied Soft Computing | Hanqiang Liu, Feng Zhao, Licheng Jiao | 陕西师范大学 | 2012年12卷3636-3647页 | 201211 | 刘汉强 | 刘汉强 | 刘汉强，  赵凤，  焦李成 | 23 | 是 |
| 4 | Fuzzy clustering algorithms with self-tuning non local spatial information for image segmentation | Neurocomputing | Feng Zhao | 西安邮电大学 | 2013年106卷115-125页 | 201304 | 赵凤 | 赵凤 | 赵凤 | 32 | 是 |
| 5 | A novel fuzzy clustering algorithm with non local adaptive spatial constraint for image segmentation | Signal Processing | Feng Zhao, Licheng Jiao, Hanqiang Liu, Xinbo Gao | 西安电子科技大学 | 2011年91卷988-999页 | 201104 | 赵凤 | 赵凤 | 赵凤，  焦李成，  刘汉强，  高新波 | 43 | 是 |
| 6 | 基于模糊聚类的图像分割 | 西安电子科技大学出版社 | 赵凤 | 西安邮电大学 |  | 201509 |  | 赵凤 | 赵凤 |  | 是 |
| 7 | 模糊聚类分析及其应用 | 西安电子科技大学出版社 | 高新波 | 西安电子科技大学 |  | 200401 |  | 高新波 | 高新波 |  | 是 |

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 |
| 赵凤 | 1 | 无 | 教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 项目负责人，负责整个项目的研究内容、方案的制订与组织实施，是代表性论文专著[1]、[4]、[6]的主要学术思想提出者，对重要发现中所列的第1、2、3发现点均作出了主要贡献。 |
| 刘汉强 | 2 | 无 | 副教授 | 陕西师范大学 | 陕西师范大学 | 是代表性论文专著[3]的主要学术思想提出者，对重要发现中所列的第2发现点作出了主要贡献。 |
| 范九伦 | 3 | 校长 | 教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 是代表性论文专著[2]的主要学术思想提出者，对重要发现中所列的第3发现点作出了主要贡献。 |
| 高新波 | 4 | 副校长 | 教授 | 西安电子科技大学 | 西安电子科技大学 | 是代表性论文专著[5]、[7]的主要学术思想提出者，对重要发现中所列的第1发现点作出了主要贡献。 |

七、主要完成单位情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第1完成单位 | 西安邮电大学 | | | | |
|
| 单位性质 | 学校 | | | | |
|
| 联系人 | 张欣 | 联系电话 | 02988166095 | 传真 | 02988166095 |
|
| 电子信箱 | zhangxin@xupt.edu.cn | | | | |
|
| 通讯地址 | 陕西省西安市长安区西长安街618号 | | | 邮政编码 | 710121 |
|
| 主要贡献 | 作为本项目的依托单位，西安邮电大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，主要表现为：  1）组织并完成了项目策划和实施工作；  2）为项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境与场所；  3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源。 | | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第2完成单位 | 陕西师范大学 | | | | |
|
| 单位性质 | 学校 | | | | |
|
| 联系人 | 王彩红 | 联系电话 | 02985310337 | 传真 | 02985310230 |
|
| 电子信箱 | chwang@snnu.edu.cn | | | | |
|
| 通讯地址 | 陕西省西安市长安南路199号 | | | 邮政编码 | 710062 |
|
| 主要贡献 | 作为本项目的合作单位，陕西师范大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，主要表现为：  1）完成了项目实施工作；  2）为项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境与场所；  3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源。 | | | | |
|
|
|
|

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第3完成单位 | 西安电子科技大学 | | | | |
|
| 单位性质 | 学校 | | | | |
|
| 联系人 | 沈满 | 联系电话 | 02981892583 | 传真 | 02981892583 |
|
| 电子信箱 | mshen@xidian.edu.cn | | | | |
|
| 通讯地址 | 陕西省西安市太白南路2号 | | | 邮政编码 | 710071 |
|
| 主要贡献 | 作为本项目的合作单位，西安电子科技大学为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，主要表现为：  1）完成了项目实施工作；  2）为项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境与场所；  3）提供了本项目所需的设备、能源、图书资料和数据库等资源。 | | | | |
|
|
|
|

八、完成人合作关系说明

本项目由赵凤、刘汉强、范九伦、高新波共同完成。赵凤系本项目的第一完成人，与其他完成人合作关系说明如下：

第二完成人刘汉强与第一完成人赵凤攻读博士学位期间同属一个研究课题组，研究方向一致，参加工作后继续保持良好的合作关系。他与第一完成人共同开展了融合图像信息的模糊聚类、谱聚类和多目标进化聚类研究工作，合作发表代表性论文[1]、[2]、[3]、[5]，共同获得陕西高等学校科学技术奖一等奖。

第三完成人范九伦与第一完成人赵凤同属西安邮电大学智能信息处理团队，共同开展了融合图像信息的模糊聚类和多目标进化聚类相关研究工作，合作发表代表性论文[1]、[2]，合著教材《模式识别导论》。

第四完成人高新波与第一、二完成人赵凤和刘汉强曾同属一个研究团队，共同开展了融合图像信息的模糊聚类相关研究工作，合作发表代表性论文[5]。