



项目批准号	40801181
申请代码	D010702
归口管理部门	
收件日期	



2 0 1 1 1 1 4 0 8 0 1 1 8 1

国家自然科学基金

资助项目结题报告

资助类别: 青年科学基金项目

亚类说明: _____

附注说明: _____

项目名称: 顾及端元光谱可变与空间相关的混合像元扩展模型研究

负责人: 吴波 电话: 0591-87894818

电子邮件: wavelet778@sohu.com

依托单位: 福州大学

联系人: 邱启荣 电话: 0591-22865524

资助金额: 19(万元) 累计拨款: 19.0000 (万元)

执行年限: 2009.01-2011.12

填表日期: 2011年12月16日

国家自然科学基金委员会制 (2009年11月)



项目摘要

中文摘要(500字以内):

本研究的结果主要包括以下四个方面:(1) 端元光谱可变的混合像元分解。提出利用光谱多尺度分割特征来消除或减弱端元光谱的可变性。(2) 顾及空间关系的混合像元扩展模型及模型。提出一种基于组分空间相关的混合像元分解模型以及混合像元组分的可视化分析与评价方法。(3) 混合像元亚像元目标定位与超分辨制图研究。分别提出利用高斯马尔柯夫模型和多点模拟技术刻画混合像元内亚像元的纹理信息进行亚像元目标定位与超分辨制图;(4) 相关应用研究。

关键词(不超过5个,用分号分开): 混合像元; 空间相关; 亚像元定位; 端元; 光谱特征

Abstract(limited to 500 words):

The results of this programme can be summarized as the following four contents:(1) For the variable end-member spectra of mixture pixels, we have proposed to reduce or mitigate the spectral variabilities by multi scale spectral feature extraction to improve abundance estimation. (2) For spatial dependent mixture model, we have proposed using Gaussian Markov Random Field (GMRF) model to describe fractional abundance spatial dependence and addressed a unified model based on spectral and spatial information to improve the accuracy of spectral mixture analysis. Moreover, some visual techniques were proposed and used to analyze and evaluate the unmixing accuracies of mixture pixels to help insight spectrally mixture model. (3) For sub-pixel allocation and super-resolution mapping, we have proposed super-resolution mapping methods based on minimization of energy functions defined by spatial dependence either with Gaussian-Markov random field or multi-point simulation technique, to capture the spatially anisotropic structure of sub-pixel land cover classes; (4) some related applications.

Keywords(limited to 5 keywords, separated by;): mixed pixel; spatial dependence; sub-pixel allocation; end-member; spectral feature



报告正文

（一）研究内容总结与成果

国家自然科学基金项目“顾及端元可变与空间相关的混合像元扩展模型研究，项目编号：40801181”项目已经结束。项目主要研究要点与成果可以概括为以下四个方面：(1)混合像元分解模型中的端元光谱可变问题；(2)顾及空间关系的混合像元扩展模型；(3)混合像元亚像元定位与超分辨制图研究；(4)混合像元分解相关技术集成与高光谱应用。下面按照研究要点分别报告项目的执行情况与研究成果。

1、混合像元分解模型中的端元光谱可变问题

从理论推导与模拟实验两个方面分析了混合像元分解模型中的端元光谱可变问题，得出了端元光谱变化与混合像元分解精度的定量或半定量关系。

基于理论与实验分析，提出了两个解决方案。其一是对端元光谱变动进行模型表达；其二是对影像进行线性变换。首先尝试利用高斯混合随机模型来建立端元光谱内部变化的模型，结果表明在混合像元分解模型中引入端元光谱变化的随机模型在多光谱数据中具有一定的参考意义，但对于部分高光谱数据适用性较差，主要的原因在于提取的少量端元光谱不足以刻画数据维数很大的地物的内部变化。因此，研究重点倾向于采用第二种技术，即利用光谱特征提取技术以减小端元光谱内部变化。项目组成员从端元光谱结构化和光谱线性特征构建两个方面进行了相关的研究。

研究了利用正交投影匹配技术获取冗余端元光谱，隐含刻画出端元光谱的变化参数，并采用压缩感知CS技术，在L1(L0)范数约束条件下表达和优化混合光谱的各组分。理论上利用冗余的原子字典描述端元光谱的变动，并重构高光谱影像应该取得一定的成效，但实验结果表明L1(L0)范数下混合像元的稀疏表达效果不理想，具体原因有待进一步探讨。

解决了端元约束条件下的非负矩阵分解方法。以不同端元光谱之间的差距最大为先验的约束条件，利用后验概率最大法推导出限制性非负矩阵分解的迭代算法，优化的目标函数结果综合了影像分解的非负性和端元光谱的影响。

提出光谱多尺度分割特征的混合像元分解方法。在分割段内离差平方和最小准则下，对高光谱影像的光谱进行多尺度分割，并提取以各分割段中对应像元的光谱平均值的光谱特征。通过与Harr小波等特征分解方法比较，实验结果表明该方法特别适合于“光谱多端元混合”以及噪声较大的情况，因此适合于端元光谱变化大，混合程度比较高的情形。

2、顾及空间关系的混合像元扩展模型与分析；

利用不同影像，利用空间相关系数Morans I方法验证和分析了混合像元分解所获得的组分影像存在空间自相关的性质，结果表明组分空间自相关显著在丰度含量大于0.4时有超过60%的像元，丰度含量大于0.6时100%的像元组分空间自相关显著。

研究了像元空间邻近关系的最佳表达形式。从描述像元空间关系角度，试验研究了距离倒数权重、地理加权系数和高斯马尔可夫随机场(GMRF)模型三种技术来刻画像元组分的空间邻近关系。结果表明GMRF模型能够较好地描述地物分布的空间各向异性特点，因而利用高斯马尔可夫随机场(GMRF)模型，获取描述组分空间相关的先验特性。

像元空间相关窗口的自适应确定。开展了GMRF模型窗口自适应估计和影像的GMRF参数估计等研究。研究利用变差函数确定分析窗口的大小，用最小二乘法估算各个窗口的模型参数，将图像窗口运算的结果作为各个对应窗口中心像元的模型参数值，描述了像元空间相关的各向异性。

构建了一个基于光谱和空间信息的混合像元分解的统一模型。理论与实际实验结果表明基于光谱和空间信息的混合像元分解的统一模型的分解精度不低于传统的线性光谱混合模型，特别在



影像含有噪声条件下,能够有效提高混合像元分解精度。真实数据(ETM分解, IKONOS验证)的测试结果表明综合光谱和空间信息的混合像元分解模型,分解的总体误差能够减少7%左右,效果比较显著。

混合分解结果的可视化评价。为了解混合分解结果的组分分布和分解精度,研究了均方根误差、双变量统计、置信度估计和混合复杂度等可视化评价方法,直观地表达出影像中像元的分解精度、混合程度以及误差分布模式等,有助于理解混合模型分解的某些特点。可视化分析指标能够有效的反映混合像元的分解精度和混合程度。

3、混合像元亚像元定位与超分辨制图研究;

混合像元亚像元定位研究。利用高斯马尔可夫随机场(GMRF)模型描述像元之间不存在空间相互依赖的先验知识,并结合像元的拉普拉斯边缘光滑条件,设计了一个亚像元空间位置的极大熵能量函数。建立基于高斯马尔可夫限制性能量最小模型的超分辨率制图模型,描述各像元以及像元内子像元的空间位置关系;利用模拟退火算法解算模型,从而获得混合像元中各个子像元的空间优化配置,完成低分辨的高光谱遥感影像超分辨率制图。

开展了多点模拟技术的超分辨制图研究,通过利用多点模拟技术从前一时相的高分辨遥感数据中提取相应的纹理信息,作为后一时相的低分辨遥感数据超分辨制图的先验信息,结合组分空间相关的特性,进行混合像元的亚像元空间定位,实现超分辨制图。结果表明该方法能够进一步提高超分辨制图精度。

4、混合像元分解相关技术集成与高光谱应用研究。

算法实现。在MATLAB, IDL和标准C++平台下实现了相关技术的代码编写、测试与实验工作。

开展了相关应用研究。在特征波段选择方面,设计一种最大最小相关指标(MMAIQ),能够有效对高光谱波段(或者影像特征)的有效性进行快速排序。该方法的并行技术计算版本已经申请发明专利,等待实质性审核。

研究了一种基于“连接图”的半监督分析技术,通过对选取的少量样本点进行“限制性”约束,以及对大量非标定样本的“非限制性”“连接图”的约束,实现了高光谱影像处理的一种半监督分析技术。

研究了混合像元分解技术在土地利用/覆盖变化LUCC检测的应用,将粒子群优化算法引入到端元提取中,基于线性光谱混合模型提取鹿洼煤矿塌陷区水体、建筑用地、农田和土壤4类地物信息,并对结果进行统计分析。

(二) 人才培养

已毕业硕士生:高海燕,2010年取得学位,导师:吴波,论文题目:基于高分辨率遥感影像的城市边缘区人居环境关键指标提取及评价研究。

詹锡兰,2011年取得学位,导师:吴波,论文题目:基于马尔可夫模型的混合像元分解及子像元制图研究。

曹森茂,2011年取得学位,导师:吴波,论文题目:基于半监督学习的高光谱影像分类研究。

已毕业博士生:周小成,2010年取得学位,导师:励惠国,论文题目:基于多尺度特征的高分辨卫星遥感城市目标识别方法研究。

在读硕士生:李昌荣,预计2012年取得学位,导师:吴波,论文题目:顾及遥感影像纹理的超分辨制图技术研究。



(三) 附六篇全文目录

- [1] 吴波, 袁春. 非线性混合像元分解的可视化分析与评价, 中国图象图形学报. 2010, 15(1):167-173.
- [2] 詹锡兰, 吴波, 一种基于组分空间相关的混合像元分解模型, 福州大学学报自然科学版, 2011, 39(1):60-66.
- [3] 吴波, 赵银娣, 周小成, 端元约束下的高光谱混合像元非负矩阵分解, 计算机工程, 2008, 34(22): 229-231.
- [4] 赵银娣, 杜会建, 吴波. 基于CBERS CCD 数据的鹿洼煤矿塌陷区LUCC 检测, 中国科学. E 辑信息科学, 2011, 41 (sup): 128-139.
- [5] Wu Bo, Huang Bo, and Fung Tung. Projection of Land Use Change Patterns using Kernel Logistic Regression, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2009, 75(8):971-979.
- [6] 吴波, 熊助国. 基于光谱多尺度分割特征的混合像元分解, 测绘学报, 2012, 已接收 (EI核心)。



附表1、基金项目研究成果目录

序号	成果类型	成果或论文名称	主要完成者	成果说明	标注状况
1	期刊文章	一种基于高斯马尔可夫随机场模型的混合像元分解方法	詹锡兰, 吴波	福州大学学报(自然科学版), 39(1), pp 60-66, 2011/2.	标注资助
2	期刊文章	非线性混合像元分解的可视化分析与评价	吴波, 袁春	中国图象图形学报, 15(01), pp 167-173, 2010/1/15(中国知网).	标注资助
3	期刊文章	Projection of Land Use Change Patterns using Kernel Logistic Regression	吴波, 黄波, 冯通	Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 75(8), pp 971-979, 2009/8(SCIE).(EI,SCI收录)	标注资助
4	期刊文章	Integrating Spatial Structure in Super-resolution Mapping of Hyper-spectral Image	吴波, 李昌荣	Procedia Engineering.	标注资助
5	期刊文章	Feature selection based on max-min-associated indices for classification of remotely sensed imagery	吴波, 汪小钦, 周小成	International Journal of Remote Sensing.	标注资助
6	会议论文	Super-resolution with Multi-temporal Remotely Sensed Image Based on Multi-point Simulation Technique	李昌荣, 吴波	2012 Asia Pacific Conference on Environmental Science and Technology, 2012/1/1.	标注资助
7	期刊文章	基于光谱多尺度分割特征的混合像元分解	吴波	测绘学报.	标注资助
8	期刊文章	基于CBERS CCD 数据的鹿洼煤矿塌陷区LUCC 检测	赵银娣, 杜会建, 吴波	中国科学E辑: 信息科学., 41(sup), pp 128-139, 2011/11.	标注资助
9	期刊文章	应用改进的时空地理加权模型分析城市住宅价格的变化	张金牡, 刘彪, 吴波	东华理工大学学报(自然科学版), 33(1), pp 201-207, 2010/3.	标注资助
10	会议论文	Classification of quickbird image with maximal mutual information feature selection and support vector machine	Wu Bo, Xiong Zhu-guo, Chen Yun-zhi, Zhao Yin-di	International Conference on Mining Science and Technology, pp 1165-1172, 2009(ISTP).(EI,ISTP收录)	标注资助
11	会议论文	Hyperspectral Urban Remote Sensing Image Smoothing and Enhancement Using Forward-and-Backward Diffusion	王毅, 牛瑞卿	Urban Remote Sensing Joint Event, 2009/5/20.(EI收录)	标注资助



12	期刊文章	面向对象影像分类中基于最大化互信息的特征选择	吴波, 朱勤东, 高海燕, 周小成	国土资源遥感, 81(03), pp 30-34, 2009/9/15(中国知网).	标注资助
13	会议论文	Application of Semi-Supervised Dimensionality Reduction for Hyperspectral Image Classification	吴波, 曹森茂	The 2010 international conference on computer application and system modeling, 2010/10/20.(EI收录)	标注资助
14	会议论文	Adaptive Optimally Segmentation of Spectra for Hyperspectral Imagery Classification	吴波	2010 3rd international congress on image and signal processing, 2010/10/16.(EI收录)	标注资助
15	期刊文章	端元约束下的高光谱混合像元非负矩阵分解	吴波, 赵银娣, 周小成	计算机工程, 22期, pp 229-231, 2008/11/20(中国知网).	标注资助
16	期刊文章	一种基于多源遥感影像的亚端元光谱提取方法	朱长富, 吴波, 吴逸人, 高海燕	测绘科学, 04期, pp 105-106, 2009/7/20(中国知网).	



附表2、基金资助项目统计数据表（本表是针对各种性质基金项目收集数据以便进行整体资助效果分析使用，并非要求每个项目都具有以下各类成果，特别是成果推广栏目，主要针对重大项目或一些得到应用的项目，没有可空白不填。）

获奖 (项)	国家级						省部级				国际 学术奖	其它			
	自然科学奖		科技进步奖		发明奖		自然科学奖		科技进步奖						
	一等	二等	一等	二等	一等	二等	一等	二等	一等	二等					
专著/ 论文 (篇)	发表论文数（含已录用稿件数）						四大检索系统				专著				
	国际会议		全国性会议				收录情况				中文		外文		
	特邀 报告	分组 报告	特邀 报告	分组 报告	国际 刊物	国内核 心刊物	国内一 般刊物	SCI	EI	ISTP	ISR	已出 版	待出 版	已出 版	待出 版
		6			2	7	1	1	5	1					
专利及 其它	专利（项）				成果推广及经济效益			其它成果							
	国内		国外		可推广 项数	已推广 项数	经济效 益（万 元）	软件/ 数据库	图表/ 图集	新仪器/ 新方法	鉴定及 其它				
	申请	批准	申请	批准											
	1														
人才培 养及学 术交流	人才培养（人）						举办学术会议次数及参加人数								
	博士后		博士		硕士		中青年学术带头人		国际		国内		出国参加国际学术会议人数		
	在站	出站	在读	毕业	在读	毕业	40岁以下	40-50岁	次数	人数	次数	人数	次数	人数	
				1	1	3	1						1	1	

注：此表统计数据必须与表2成果目录表和报告正文中的说明相一致。如有国际学术奖、软件、图集、组织国际会议等，具体内容须在报告正文中描述。

**项目负责人签字及审核意见表****项目负责人承诺：**

我所承担的项目（编号：40801181 名称：顾及端元光谱可变与空间相关的混合像元扩展模型研究）结题报告内容填写实事求是，数据详实。在今后的研究工作中，如有与本项目相关的成果，将标注“国家自然科学基金资助”，并报送国家自然科学基金委员会。

负责人（签章）：

日期：

项目依托单位科研管理部门审查意见：

经办人（签章）：

单位公章：

日期：

科学处审核意见：

完成情况 综合评分 (划√)	优	良	中	差	负责人（签章）：
					日期：

科学部核准意见（对重点、重大、国家杰出青年科学基金项目）：

负责人（签章）：

日期：

评估组或委领导意见（主要对后期评估和重点、重大、国家杰出青年基金等特殊项目）：

组长或委领导（签章）：

日期：



国家自然科学基金资助项目经费决算表

(金额单位: 万元)

填报说明: 电子表格与书面材料所报送的决算情况必须保持一致。			
项目(课题)名称	顾及端元光谱可变与空间相关的混合像元扩展模型研究		
项目(课题)负责人	吴波	批准号	40801181
已拨入经费(总额)	19.0000		
科 目	预算经费	经费支出	说 明
一. 研究经费	14.1000	14.9042	
1. 科研业务费	8.9000	9.1782	
(1) 测试/计算/分析费	3.0000	3.0000	
(2) 能源/动力费	0.9000	1.5907	
(3) 会议费/差旅费	2.5000	3.0069	
(4) 出版物/文献/信息传播事务费	2.5000	1.5806	
(5) 其它	0.0000	0.0000	
2. 实验材料费	3.2000	2.7300	
(1) 原材料/试剂/药品购置费	3.2000	2.7300	
(2) 其它	0.0000	0.0000	
3. 仪器设备费	1.5000	2.9960	
(1) 购置	1.5000	2.9960	
(2) 试制	0.0000	0.0000	
4. 实验室改装费	0.5000	0.0000	
5. 协作费	0.0000	0.0000	
二. 国际合作与交流费	2.0000	1.0330	
1. 项目组成员出国合作交流	2.0000	1.0330	
2. 境外专家来华合作交流	0.0000	0.0000	
三. 劳务费	1.9500	1.9510	
四. 管理费	0.9500	0.9500	
合 计	19.0000	18.8382	
已拨入经费结余	0.1618		
本项目其他经费来源	预算经费	经费支出	
国家其他计划资助经费	0.0000	0.0000	
其他经费资助(含部门匹配)	0.0000	0.0000	
其他经费来源合计	0.0000	0.0000	

项目负责人(签章): _____ 科研管理部门负责人(签章): _____ 财务负责人(签章): _____

年 月 日

年 月 日

年 月 日



附：经费使用说明表

填报说明：

- a) 项目（课题）负责人需要对经费使用情况作一般说明；
- b) 当预算经费与拨入经费不相等时，需要特别说明；
- c) 当经费支出金额与经费预算金额相差较大时，需要着重说明。

项目研究经费支出情况基本按照合同规定使用，项目开支合计 18.83 万，节余 0.16 万。经费支出主要用于与研究相关的直接与间接费用：包括设备费，材料费，测试化验加工费，燃料动力费，差旅费，会议费，合作与交流费，出版/文献/信息传播/知识产权事务费，劳务费，专家咨询费，管理费等。由于物价变化，验证路线调整等原因，导致各科目的经费开支与经费预算稍微有所差别，但总体开支基本保持一致，项目开支明细表见经费决算表。

负责人（签章）

年 月 日

科研管理部门意见

财务部门意见

审计部门意见

年 月 日
签章

年 月 日
签章

年 月 日
签章