

## 一、项目基本情况

项目名称	中文名	高光谱遥感探测高阶非线性信息感知理论与方法
	英文名	Theory and Methods of High-order Nonlinear Information Perception in Hyperspectral Remote Sensing
主要完成人		谷延锋、陈雨时、张晔、刘天竹、王青旺
完成单位		哈尔滨工业大学

## 二、提名意见

提名者	黑龙江省科技厅
<p>提名意见：</p> <p>高光谱信息感知是高光谱遥感应用于民用和国防领域的关键技术。高阶非线性是高光谱遥感成像探测机理为信息感知带来的前沿挑战难题。该项目针对高光谱遥感成像信息感知的关键科学难题，在国家自然科学基金项目的资助下，历经十余年攻关，取得了一系列原创性研究成果。主要科学发现如下：1) 构造了地物图谱信息的多尺度非线性映射模型，建立了高阶非线性多分辨率逼近机制，提出了生成式和判别式子空间多核感知的信息探测方法；2) 建立了高光谱图谱双通道端对端信息感知机制，构造了图谱信息的非线性耦合编码模型，提出了具备多层深度结构的高光谱探测信息非线性感知方法，开辟了一种高光谱遥感非线性信息探测新途径；3) 发现了高光谱多分辨率空间结构自相似性，揭示了图谱-空间三维异构信息表达的一致性和差异性，提出了高光谱成像探测多模异构信息非线性融合感知方法。项目 8 篇代表作总他引 2053 次，SCI 他引 1203 次，单篇最高 SCI 他引 421 次，4 篇 ESI 高被引论文，得到国内外 30 位院士和 78 位各类国际协会 Fellow 正面评价。研究成果被国内外同行专家评价为“原创性成果”、“超越现有方法”、“非常好的性能”、“完美融合图谱信息”等，已成功应用于天宫二号载人航天多模数据处理、多个国家级海岸带生态自然保护区遥感监测，获 2018 年黑龙江省自然科学一等奖。</p> <p>经审阅，该项目提名书及附件材料真实有效，相关栏目符合填写要求。</p> <p>提名该项目为国家自然科学奖<u>二</u>等奖。</p>	

### 三、项目简介

高光谱探测是国家高分重大专项重要部分，是空间信息网络的重要构成，核心优势是光谱分辨力高、同时获取图谱多模信息。高光谱数据精细解译是航天国防、深空探测国家战略应用的重大需求。NASA 杰出科学成就奖获得者、美国工程院院士 D.Landgrebe 教授将高光谱精细解译描述为令人望而生畏（daunting）的问题，关键难题在于成像条件、观测场景同宽波段探测耦合而成的高阶非线性。传统物理建模、线性/低阶非线性信息处理理论，难以满足需求。如何有效表示高光谱信息传递过程的高阶非线性，突破复杂性、不确定性、多模异构性下高光谱信息感知，实现观测目标精细解译，是空间信息处理领域国际性前沿挑战难题。

项目组在国家自然科学基金、国防 863 计划支持下，历经十余年攻关，从遥感探测机理入手，揭示了高光谱信息传递过程的高阶非线性特性，建立了以多分辨率、多层深度、多模融合为视角的高光谱高阶非线性表示模型，形成了高光谱遥感成像多维度非线性信息感知体系理论，实现了观测目标高光谱信息的精细解译。主要发现点为：1）高阶非线性信息多分辨率感知：构造了地物图谱信息的多尺度非线性映射模型，建立了高阶非线性多分辨率逼近机制，提出了生成/判别子空间多核感知方法，构建了高光谱非线性信息的多分辨率图谱感知理论，将解译精度提高了 2-6%。被 IEEE GRSS 学会主席 P.Gamba 教授（意大利）评价为“达到了非常好的分类性能”。2）高阶非线性信息多层深度感知：建立了高光谱图谱双通道端对端信息感知机制，构造了图谱信息的非线性耦合编码模型，提出了具备多层深度结构的高光谱探测信息非线性感知方法，开辟了一种高光谱遥感非线性信息感知新途径。被 IEEE GRSS 前主席 M.Crawford 教授（美国）评价为“超越了现有方法”。3）多模异构非线性信息融合感知：揭示了图谱-空间三维异构信息一致性和差异性，建立了亚像素光谱解混引导的多分辨率图谱关联机制，构建了图谱-空间三维多通道异构非线性映射模型，提出了多模异构信息非线性融合方法，实现了高光谱信息亚像素感知和多模融合感知。被澳大利亚技术科学与工程院院士 David Feng 教授评价为“代表性方法”。

项目 8 篇代表作总他引 2053 次，SCI 他引 1203 次，单篇最高 SCI 他引 421 次，4 篇 ESI 高被引论文，得到国内外 30 位院士和 78 位各类国际协会 Fellow（其中 38 位 IEEE Fellow）正面评价。代表论文 3 在获 IEEE GRSS 学会（全部期刊，含顶级期刊）2019 年度最高被引论文奖，在 2014 年以来发表的全球“高光谱”主题 SCI 论文（总数 10085 篇）中被引次数排名第一。项目研究成果被我国高光谱遥感奠基人、中科院院士童庆禧和薛永祺教授高度评价为“图谱信息的完美融合”（2014 年，总结我国高光谱近 30 年研究成果）；被 IEEE GRSS 前主席、Proceedings of the IEEE 编委 J.A.Benediktsson 教授评价为“首次工作”；被遥感信息权威期刊 IEEE GRSM 创刊主编 L.Bruzzone 教授评价为“原创性成果”。已成功应用于天宫二号载人航天多模数据处理、多个国家级海岸带生态自然保护区遥感监测，为推动我国自主高光谱遥感技术应用提供了重要理论与方法。第一完成人入选科技部创新领军人才、国家自然科学基金委优青，国际权威期刊 IEEE TGRS 编委。项目成果获 2018 年黑龙江省自然科学一等奖。

#### 四、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 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时 间(年 月 日)	通讯 作者(含 共同)	第一 作者(含 共同)	国内作 者	他引 总次 数	检索数 数据库	论文署名 单位是否 包含国外 单位
1	Representative Multiple Kernel Learning for Classification in Hyperspectral Imagery / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Gu, Yanfeng; Wang, Chen; You, Di; Zhang, Yuhang; Wang, Shizhe; Zhang, Ye	2012 年 50 卷 7 期 2852-286 5 页	2012 年 1 月 17 日	Gu, Yanfeng	Gu, Yanfeng	谷延 锋; 王 晨; 张 宇航; 王师 哲; 张 晔	145	SCI, CPCI, 中国引 文数据 库	是
2	Discriminative Multiple Kernel Learning for Hyperspectral Image Classification / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Wang, Qingwang; Gu, Yanfeng; Tuia, Devis	2016 年 54 卷 7 期 3912-392 7 页	2016 年 3 月 9 日	Gu, Yanfeng	Wang, Qingwang	王青 旺; 谷 延锋	56	SCI, CPCI, 中国引 文数据 库	是
3	Deep Learning-Based Classification of Hyperspectral Data / IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING / Chen, Yushi; Lin, Zhouhan; Zhao, Xing; Wang, Gang; Gu, Yanfeng	2014 年 7 卷 6 期 2094-210 7 页	2014 年 6 月 26 日	Chen, Yushi	Chen, Yushi	陈雨 时; 林洲 汉; 赵兴; 谷延 锋	830	SCI, CPCI, 中国引 文数据 库	是

4	Deep Feature Extraction and Classification of Hyperspectral Images Based on Convolutional Neural Networks / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Chen, Yushi; Jiang, Hanlu; Li, Chunyang; Jia, Xiuping; Ghamisi, Pedram	2016 年 54 卷 10 期 6232-625 1 页	2016 年 7 月 18 日	Chen, Yushi	Chen, Yushi	陈雨时; 姜含露; 李春阳	446	SCI, CPCI, 中国引文数据库	是
5	Spectral-Spatial Classification of Hyperspectral Data Based on Deep Belief Network / IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING / Chen, Yushi; Zhao, Xing; Jia, Xiuping	2015 年 8 卷 6 期 2381-239 2 页	2015 年 1 月 23 日	Chen, Yushi	Chen, Yushi	陈雨时; 赵兴	376	SCI, CPCI, 中国引文数据库	是
6	Nonlinear Multiple Kernel Learning With Multiple-Structure-Element Extended Morphological Profiles for Hyperspectral Image Classification / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Gu, Yanfeng; Liu, Tianzhu; Jia, Xiuping; Benediktsson, Jon Atli; Chanussot, Jocelyn	2016 年 54 卷 6 期 3235-324 7 页	2016 年 1 月 22 日	Gu, Yanfeng	Gu, Yanfeng	谷延锋; 刘天竹	68	SCI, CPCI, 中国引文数据库	是

7	Integration of spatial-spectral information for resolution enhancement in hyperspectral images / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Gu, Yanfeng; Zhang, Ye; Zhang, Junping	2008 年 46 卷 5 期 1347-1358 页	2008 年 4 月 15 日	Gu, Yanfeng	Gu, Yanfeng	谷延锋; 张晔; 张钧萍	76	SCI, CPCI, 中国引文数据库	否
8	A Novel MKL Model of Integrating LiDAR Data and MSI for Urban Area Classification / IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING / Gu, Yanfeng; Wang, Qingwang; Jia, Xiuping; Benediktsson, Jon Atli	2015 年 53 卷 10 期 5312-5326 页	2015 年 5 月 7 日	Gu, Yanfeng	Gu, Yanfeng	谷延锋; 王青旺	56	SCI, CPCI, 中国引文数据库	是
合 计							2053		