**2023年度自然资源科技进步奖推荐成果公示内容**

一、成果基本情况

**成果名称：**多模态数据融合的耕地质量协同监测与智慧管理关键技术及应用

**主要完成人：**胡月明、彭代亮、戴文举、全皓、王璐、陈飞香、陈传钊、杨颢、吴乐芹、叶回春、刘振华、黄翠婷、覃云绵、曹迎迎、彭园园

**主要完成单位：**海南大学、中国科学院空天信息创新研究院、广东省农业环境与耕地质量保护中心、海南国源土地矿产勘测规划设计院有限公司、广州市华南自然资源科学技术研究院、广东友元国土信息工程有限公司

**任务来源：**A1 国家科技支撑计划，A4 其他计划，D1 国家自然科学基金，F 国际合作

**申报等级：**一等奖或二等奖

二、推荐意见

耕地质量监测监管是贯彻落实最严格的耕地保护制度和“藏粮于地、藏粮于技”战略的重要抓手。多年来，自然资源、农业农村等部门围绕耕地质量监测监管开展了大量业务工作，但存在耕地要素监测技术协同性不足、耕地数据融合技术实用性不强、耕地业务决策技术智能化程度较低等问题，如何解析耕地资源要素-功能-价值演化机理及耕地要素遥感反演与质量影响机制，突破多维耕地要素协同感知、异构耕地数据高效融合、多元耕地业务智能决策技术，是当前面临的科技难题。项目围绕耕地数量质量生态“三位一体”保护与航天产业发展的重大需求，以“要素感知-数据融合-业务决策”为主线，突破了多源遥感融合的耕地要素精准感知、基于地理规律的耕地质量移动监测、基于多模态数据融合的耕地数据高效利用、基于深度学习的耕地业务智能决策等关键技术，研制了遥感应用产品、移动监测装备、领域知识图谱与智慧管理平台，构建了耕地质量智慧管理新模式，并在全国15省147家政府机构、科研院所、相关企业应用，有力地推进了遥感大数据融合应用，提升了耕地质量监测监管的精细化和智能化水平，促进了耕地保护治理体系与治理能力现代化，取得显著社会经济效益。

同意推荐该成果申报自然资源科技进步奖一等奖或二等奖。

三、成果简介

耕地质量监测监管是贯彻落实我国最严格的耕地保护制度和藏粮于地藏粮于技战略的主要抓手。自然资源、农业农村等部门围绕耕地质量监测监管开展了大量业务工作，但存在耕地要素监测协同性不足、耕地数据应用融合性不强、耕地业务决策智能化程度较低等问题。项目以“要素感知-数据融合-业务决策”为主线，突破多源遥感融合的耕地要素协同感知、基于地理规律的耕地质量移动监测、基于多模态数据融合的耕地数据高效利用、基于深度学习的耕地业务智能决策等关键技术，研制了遥感应用产品、移动监测装备、复合数据库、领域知识图谱及智慧耕地管理平台，构建了耕地质量智慧管理新模式。主要技术创新如下：

1.提出了基于数字高程模型的地形参数自动提取、环境变量辅助的土壤属性空间预测、基于物候信息和空间尺度效应的作物参数与种植制度定量反演等耕地关键要素感知方法，研发了多模态数据融合的多维耕地要素协同感知技术，构建了面向耕地质量管理的遥感应用专题产品体系。

2.提出了基于地理空间异质性的耕地质量监测区划分、监测点部署与监测网络优化方法，构建了基于极端梯度提升算法的移动监测指标体系，研发了边云协同的耕地数据采集处理方法及系统，研制了野外复杂场景下“卫星遥感-近地传感-原位速测”一体化耕地质量监测移动装备。

3.提出了跨领域多层级高度异质性耕地数据张量表示、缺失值填充、链式检索、分布式存储等算法，研发了“特征抽取-迁移融合-知识推理”全流程领域知识发现技术，构建了融入基础地理、遥感影像、社会经济等基础数据的耕地数量质量生态保护复合数据库及领域知识图谱。

4.提出了关联分析、融合分析、空间聚类等算法，研发了耕地质量评价、土壤退化与污染评价、土地整治项目选址与绩效评价等业务决策模型，研发了面向多级监管与多元服务的智慧耕地管理平台，构建了“层级贯通-部门协同-区域异构”的耕地质量智慧管理新模式。

项目取得发明专利22件、实用新型专利4件，登记软件著作权12项，出版著作5部，发表论文92篇。成果在国家及15省市（区）自然资源、农业农村管理部门、技术机构及企事业单位广泛应用，取得直接经济效益2亿多元，间接经济效益10亿多元，有力地支撑了耕地质量管理、高标准农田建设、国土整治与生态修复、国土空间规划等业务工作，推动了全过程、全覆盖、全方位的耕地质量监测监管，推动了耕地保护科技进步，强化了新兴交叉学科建设，培育了高素质科技人才。

四、客观评价

1. **国内外技术比较**

该项目对耕地要素感知、耕地质量监测、耕地数据融合应用与耕地业务决策等方面做了有益的探索，总体技术水平处于国际先进和国内领先水平。

（1）耕地要素感知与质量监测技术：现有耕地监测主要通过遥感、野外调查与室内分析等方式分别获取地形、土壤、作物等关键要素数据，美国、西班牙、陕西地建等研发了用于土壤属性检测等的移动监测装备。项目创建了耕地要素卫星/无人机/地面传感协同感知技术，提高反演速度50%以上、反演精度20%以上；研制了野外复杂场景下“卫星遥感-近地传感-原位速测”一体化的耕地质量移动监测装备，监测周期缩短了50%以上，效率提升5%~23%。

（2）耕地数据融合应用技术：国内外跨域多级数据整合标准不一；采用能量标签传播、支持增量等多种资源描述框架算法进行数据融合。项目研发了耕地大数据高效融合关键技术，创新了涵盖“数据源/知识抽取/知识融合/知识加工/知识应用”全流程的耕地保护知识图谱构建技术，提高语义丰度30%，提高数据处理效率40%，提升数据质量21%以上。

（3）耕地业务决策技术与管理平台：国内外耕地业务依据专家经验建模，主观性较强；我国的国土资源综合监管平台决策分析能力不足。项目创新了基于机器学习与数据挖掘的智能建模技术；研发了智慧耕地管理平台，数据处理能力达PB级，运算效率提高了40%以上；构建了耕地质量智慧管理新模式。

1. **项目验收情况**

（1）面向土地资源管理与服务的大数据开放性应用示范（广东省重大科技计划项目）。2019年10月 24日，广东省科学技术厅在广州组织了“面向土地资源管理与服务的大数据开放性应用示范”的验收会，项目应用了土地资源大数据集成管理、智能计算、知识推理技术，构建了土地资源大数据集、算法库、知识库，研制了土地资源大数据平台;开展了土地资源大数据集成管理技术等5项技术服务，服务了广东南方数码科技有限公司、广东国地规划科技股份有限公司等5家企业，在全国10省(市、区)的10家技术机构、6家企业和3所高等院校开展了应用示范与推广，取得了社会经济效益。康显桂教授、曾德炉教授、肖菁教授、陈强研究员、戴弦高级会计师5名专家一致同意通过验收。

（2）村镇土地三维高效表达与大数据智能决策关键技术研发（国家重点研发计划课题）。2023年3月24日，科技部农村科技司组织有关专家通过现场会议的方式，对国家重点研发计划项目“村镇土地智能调查关键技术研究”课题四“村镇土地三维高效表达与大数据智能决策关键技术研发”（课题编号：2020YFD1100204）进行了综合绩效评价。课题开展了跨领域多层级土地大数据高效管理、基于知识图谱的土地大数据知识化服务、面向业务建模的土地大数据时空信息深度挖掘、村镇土地三维地理实体模型高效表达等技术研发，完成了目标任务，达到了考核要求；课题研制了村镇土地大数据智能决策支持平台，并在全国多家单位示范应用，取得了良好的成效；发表论文25篇；申请发明专利5项；申请软件著作3项；培养研究生20余名；形成软件工具1套，取得权威机构软件测试报告3份。专家组认为：课题完成了任务书规定的各项任务，同意通过绩效评价。

（3）赤红壤区耕地质量演变机理与提升机制（国家自然科学基金重大类项目）。2024年4月16日，国家自然科学基金委员会地球科学部通知：国家自然科学基金项目(赤红壤区耕地质量演变机理与提升机制，批准号：U1901601)按有关规定已审核完毕，准予结题。

（4）耕地大数据关键技术研究与应用（广州市科技计划重点项目）。2020年通过广州市科学技术局组织的专家评审验收。项目研究了耕地大数据集成与高效管理技术、耕地大数据知识挖掘与辅助决策技术，研制了耕地大数据集成与应用平台并进行应用推广。项目申请国家发明专利16件(其中获得授权1件)，登记计算机软件著作权7项，牵头制定技术标准1个，发表学术论文7篇，培养博士研究生3人、硕士研究生9人。李勇研究员、樊惠萍高工、简茂球教授、曾小玲高级会计师、林莉芳注册会计师5名专家一致同意通过验收。

（5）广东省耕地质量动态监测信息系统（广东省科技计划（农业攻关）重点项目）。2016年1月4日，由广东省科技厅委托华南农业大学组织专家对华南农业大学资环学院承担的广东省科技计划（农业攻关）重点项目“广东省耕地质量动态监测信息系统”进行验收，项目系统地研究了多模式耕地质量监测、模块化耕地质量评价与多用途耕地质量成果的关键技术与应用模式，研制了耕地质量动态监测系统，实现了耕地质量监测评价、补充完善、年度更新、成果检核、省级汇总、成果管理、成果应用等功能，并在广东省、福建省、青海省、海南省等耕地质量动态监测等相关业务工作中得到应用，为我国的耕地质量动态监测科技进步起到了示范作用。郭仁忠院士、李定强研究员、张新长教授、王云鹏研究员、刘玉枚注册会计师一致同意通过项目验收。

1. **技术检测报告**

（1）“耕地大数据集成应用平台”检测报告。广州掌动智能科技有限公司于2020年6月7日至2020年6月10日，就“耕地大数据集成应用平台”进行了检验。检验结论为：本次验收测试覆盖全部考核指标，共70个测试用例，实际执行通过70个测试用例，本次测试结果为测试通过,符合项目的指标与需求。

（2）“海南省机器管规划与自然资源综合监管平台（一期）C包”测试报告。广东省计算技术应用研究所于2022年6月27日，就“海南省机器管规划与自然资源综合监管平台”进行了测试。测试结论为：该建设系统测试的功能均能正常使用，性能达标，符合正式使用要求；各系统运行稳定，可靠性高，易于使用，操作简便。

（3）“耕地质量等别成果管理系统V1.0”测试报告。中国软件测评中心于2020年7月15日至2020年7月20日，就“耕地质量等别成果管理系统V1.0”进行了测试。测试结论为：该软件属于非嵌入式（应用）软件，包括成果管理、成果查询、数据统计、数据分析等主要功能，上述主要功能抽查测试基本正常，软件功能基本满足软件产品登记测试规范的要求。

1. **学术性评价意见**

（1）耕地要素协同感知与耕地保护智慧治理关键技术及应用。2022年3月25日，中国地理信息产业协会组织专家召开了由广州市华南自然资源科学技术研究院等单位完成的“耕地要素协同感知与耕地保护智慧治理关键技术及应用”科技成果评价会。李建成院士等7名专家对项目成果进行评价，认为成果总体居于国内领先水平，在耕地系统认知、耕地质量快速评价和耕地大数据知识发现等方面达到国际领先水平。

（2）耕地质量天空地立体化监测关键技术。2018年3月16日，中国地理信息产业协会组织专家在北京召开了由华南农业大学等单位完成的“耕地质量天空地立体化监测关键技术”科技成果评价会。孙九林院士、郭仁忠院士、赵春江院士等7名专家一致认为该成果达到国际先进和国内领先水平。该成果已部署在国土资源部、农业部相关业务机构，在广东、广西、海南、福建、湖南、湖北、山西、四川、重庆、青海等省事区耕地质量评价、监测评价、定级试点、综合管理等业务工作中得到应用，经济社会效益显著，具有重要的示范作用和应用推广价值。

（3）面向智慧国土的土地大数据关键技术及应用。2020年8月4日，中国地理信息产业协会组织专家对华南农业大学等单位完成的“面向智慧国土的土地大数据关键技术及应用”科技成果进行了评价。郭仁忠院士等9名专家认为成果总体居于国内领先水平，在大数据分割、索引等方面达到国际领先水平。

1. **科技成果查新**

教育部科技查新工作站国内、国外联机检索的查新结论：在国内外公开发表的文献中，除本委托方的相关研究成果外，未见其它与本委托项目查新点内容相同的文献报道。

五、主要知识产权目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号  （标准批准发布  部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 3D Reconstruction Method Based on Site Edge-cloud Collaboration for Cultivated Land | 美国 | 11,763,522 | 2023年9月19日 | / | 广州市华南自然资源科学技术研究院 | 胡月明,陈春,徐驰,张瑞 | 有效 |
| 发明专利 | 耕地质量低空遥感和地面传感的监测数据采集方法及系统 | 中国 | ZL201910394610.7 | 2020年8月21日 | 3948766 | 华南农业大学 | 胡月明,张飞扬,陈联诚 | 有效 |
| 发明专利 | 一种低空遥感和地面传感的双重采样仿真系统 | 中国 | ZL201910775103.8 | 2023年2月3日 | 5728522 | 广东友元国土信息工程有限公司，广州市华南自然资源科学技术研究院 | 胡月明，张飞扬，陈联诚 | 有效 |
| 发明专利 | 一种耕地质量监测节点的无人机遍历航线优化方法及系统 | 中国 | ZL201811315853.9 | 2021年7月6日 | 4534395 | 华南农业大学 | 胡月明,张飞扬,陈联诚 | 有效 |
| 发明专利 | 低空遥感和地面传感的数据传输优化方法及系统 | 中国 | ZL201910522388.4 | 2020年9月28日 | 4177179 | 华南农业大学 | 胡月明,张飞扬,陈联诚 | 有效 |
| 发明专利 | 一种耕地质量评价指标关联性的检核方法及系统 | 中国 | ZL2018112702573 | 2021年7月30日 | 4562167 | 广东友元国土信息工程有限公司 | 胡月明,郭玉彬,郭泰圣 | 有效 |
| 发明专利 | 基于多尺度热惯量模型反演的土壤表层含水量测算方法 | 中国 | ZL201810520369.3 | 2020年11月6日 | 4177721 | 华南农业大学 | 胡月明,刘振华,赵理 | 有效 |
| 发明专利 | 一种基于层次聚类的农田重金属污染物溯源方法 | 中国 | ZL201910937334.4 | 2022年3月29日 | 5033814 | 华南农业大学,大连理工大学,广东友元国土信息工程有限公司 | 王璐,胡月明,陈志奎,赵亮,杜佳宁,萧嘉明 | 有效 |
| 发明专利 | 一种村镇耕地资源承载力关键阈值确定方法及装置 | 中国 | ZL202111058024.9 | 2023年11月17日 | 6497171 | 胡月明 | 王璐，孙燕君，胡月明 | 有效 |
| 发明专利 | 一种基于计算机模拟仿真的农田连片整治优化规划方法 | 中国 | ZL202110062135.0 | 2023年6月23日 | 6086013 | 胡月明 | 胡月明，萧嘉明，陈联诚 | 有效 |