**附件：**

拟申报2024年度自然资源科学技术奖的项目情况

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 生成式人工智能下的地图制图关键技术与应用 |
| 主要完成人 | 艾廷华、杨敏、殷红梅、周启、余华飞、任东宇、吴昊、黄丽娜、孔博、晏凌锐、肖天元、丁响、王靖涵、张鹏鑫、邹昕妍 |
| 主要完成单位 | 武汉大学、自然资源部第三地理信息制图院、中国测绘科学院 |
| 拟申报奖项 | 自然资源科技进步奖（测绘组）一等奖 |
| 成果基本情况 | 地图是国家时空信息基础设施，在自然资源监管、灾害应急保障、国防信息化建设等国计民生重要领域扮演不可或缺的角色。然而，地图制图长期依赖专业人员的知识和经验，需要在空间认知原则、地学领域知识、地图表达规则的约束下，完成空间数据特征分析、多层次表达信息概括、地图符号设计等一系列复杂的智能决策工作。因此，推动人工智能与地图学深度融合，构建智能化地图制图理论与技术体系，一直是测绘地理信息领域的前沿研究课题。近年来，生成式人工智能技术在文本、图像等多模态数据处理与内容生成方面取得了突破性进展，特别是大语言模型展现出的认知推理能力，为地图智能生成提供了全新范式。在此背景下，项目团队在国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目等科研项目的持续资助下，开展了生成式人工智能下的地图制图关键技术与应用研究，突破了地图数据模式识别、地图尺度变换、地图设计与制作智能体等技术瓶颈，建立了一套完整的地图智能生成理论、方法与技术体系，研制了多款自主可控的地图制图软件系统，应用于自然资源调查、灾害应急保障、国防地理信息建设等重要领域，产生了显著的社会经济效益。 |
| 推荐意见 | 项目团队针对传统地图制图过程投入大、周期长的现实挑战，围绕地图数据模式识别、地图尺度变换、地图设计与制作智能体等关键技术难题，开展了生成式人工智能技术支持下的智能化地图制图理论体系与方法创新研究。研究工作创建了图深度学习支持下的地图空间知识挖掘与尺度变换系列方法，发展了大语言模型与制图知识图谱联合驱动的地图设计制作技术，研制了系列自主可控的智能化地图制图软件系统，并应用于自然资源监管、国防地理信息建设、以及重大灾害应急保障等领域。鉴于上述成果在理论体系创新、关键技术突破、核心系统研发和重要工程应用等方面取得的系列原创性突破。特此推荐申报自然资源科学技术奖（科技进步奖）一等奖。 |
| 成果简介 | 该项目主要技术创新点包括：（1）创立了AIGC支持下的地图语言Token化与生成技术。将AIGC技术应用于地图数据的分析与表达，首先要解决地图数据的Token化处理难题。与文本不同，地图采用特殊的图形符号语言，通过点状、线状、面状符号表示各种地物以及它们之间的关系信息。为此，建立了面向不同几何类型地图目标的空间剖分方法，设计了基于Gosper曲线的剖分单元串联模型，形成了面向地图数据的Token化处理技术。在此基础上，结合Transformer等架构建立了地图数据预训练大模型，结合微调技术发展了面向不同类型地图分析与表达任务的生成式工具，支撑地图的生成。（2）提出了图卷积深度学习下的地图数据模式识别方法。模式识别是地图生成的关键步骤。传统基于规则的方法识别精度低，基于图像的深度学习方法难以适用图形化表达的地图数据。为此，提出了图卷积深度学习下的地图数据模式识别方法，破解了常规深度学习方法难以直接应用地图数据模式识别的困境；发展了多层次特征集成的空间上下文建模技术，设计了面向不同几何类型数据的网络架构，研制了建筑、道路、河流等不同地物模式识别模型。同时，发展了地图样本数据采集、存储、调度、更新的技术体系，为地图数据模式识别模型的训练提供支撑。（3）构建了超像素生成对抗网络的地图尺度变换方法。尺度变换方法是生成不同比例尺地图的关键技术，通过综合概括的方法实现大比例尺地图数据派生小比例尺地图数据。传统基于规则和约束的尺度变换方法，依赖人工参与算法调度和操作决策，导致多尺度地图制图过程效率低、周期长。为此，构建了超像素生成对抗网络的地图尺度变换方法。首先，利用超像素分割技术建立顾及地图目标相似性和邻近性的数据组织方法；在此基础上，设计了基于生成对抗网络的学习模型，实现了不同区域地理环境下地图数据尺度变换的知识规则提取，支撑多尺度地图数据的高质量快速生成。（4）发展了大语言模型与领域知识图谱驱动的地图设计制作智能体技术。地图制作与生成是一个复杂的过程，涉及制图方案设计、制图工具调度等一系列操作，传统技术条件下需要由专业人员完成。提出了地图制图知识图谱的构建方法，建立了包括制图数学基础、数据处理算法、符号配置规则、图面整饰风格的制图知识库；发展了大语言模型与知识图谱联合驱动的地图制图智能体技术，构建了面向制图任务理解、方案设计、数据组织、工具调度等不同制图环节的智能体，发展了地图制图智能体协同工作机制，实现了制图流程的高效组织与自主决策，支撑了面向不同业务场景和应用需求的地图生成软件研制。研究成果形成了论文100余篇，发明专利30余项、软著10余项，国家标准2项，著作1部，技术体系实现完全自主可控。 |
| 客观评价 | 本项目在地图数据Token化处理、地图空间知识挖掘、智能化尺度变换、自然语言交互式制图等方面取得了系列创新突破，建立了完整的技术方法体系并开发了自主可控的地图制图软件系统。项目成果在第三次国土资源调查成果数据处理、花瓣地图（PetalMap）的全球多级瓦片数据处理、灾害应急与政务地图快速服务、国防地理信息保障等领域展开应用。应用单位表明项目提出的智能化地图数据尺度变换、地图设计与制作智能体等关键技术是科学、可靠且高效的，极大提升了多尺度地图数据建库、地图制图服务保障的作业效率，产生了显著的经济效益。 |

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** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 行业标准 | 地理国情普查成果图编制规范 | 中国 | CH/T4023-2019 | 2019年12月24号 | 自然资源部 | [中国测绘科学研究院](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)；[自然资源部第三地理信息制图院](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)；[武汉大学](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)；[国家基础地理信息中心](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)；[内蒙古自治区地图院](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:) | 殷红梅、于荣花、刘纪平、李维庆、艾廷华等 | 其他有效的知识产权 |
| 国家标准 | 公共地理信息通用地图符号 | 中国 | GB/T24354-2009 | 2023年05月23号 | 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会 | [中国测绘科学研究院](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)，[中国地图出版社有限公司](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:)，[武汉大学](https://s.wanfangdata.com.cn/standard?q=%E8%B5%B7%E8%8D%89%E5%8D%95%E4%BD%8D:) | 殷红梅，黄洁，刘纪平，段敏燕，高武俊，芦仲进，刘东琴，安真臻，毛曦，艾廷华等 | 其他有效的知识产权 |