DOI:10.13203/j.whugis20250081 文章编号:1671-8860(2026)03-0629-01

高分辨率遥感全国农业大棚深度学习提取方法研究

陈鼎元 杭州电子科技大学空间信息研究院,浙江 杭州,310018

Deep Learning Method for Nationwide Agricultural Greenhouse Extraction from High Resolution Remote Sensing Imagery

CHEN Dingyuan Space Information Research Institute, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China

中图分类号:P208 **文献标识码**:D

全国农业大棚提取是我国重大需求,对于加快推进国家乡村振兴战略、保障粮食稳定生产具有重要的战略意义。面向海量遥感数据,深度学习方法已成为计算机视觉等领域的主流方法。但鉴于全国农业大棚局部分布密集、整体分布不均的地理布局特性,仍面临诸多挑战:(1)农业大棚常采用聚集建造来实现集约化管理,在遥感影像中呈现密集分布,现有均匀采样策略对密集样本利用率不足,造成大棚目标错检;(2)农业大棚间距与遥感影像空间分辨率不匹配,导致大棚目标边界高质量信号丢失,即提取的大棚边界存在粘连问题;(3)受建造条件等因素限制,全国农业大棚总量有限,在整体上呈现稀疏分布,导致现有基于滑窗遍历的大图推理方法存在冗余计算问题。因此,该文从密集前景分布不均导致大棚目标错检、有限空间分辨率导致大棚模糊密集边界粘连、全国大棚分布不均导致冗余计算3个问题出发,开展高分辨率遥感全国农业大棚深度学习提取方法研究,主要内容与创新如下:

1)针对密集前景分布不均导致大棚目标错检问题,提出高密度偏置采样的密集大棚目标提取方法,突破了非遮挡型密集目标密度表示和样本选择难题。顾及密度表示的可度量性,构建高密度偏置采样器来有效嵌入目标空间分布密度先验知识,提出最大动态交并比以度量非遮挡型密集目标的紧凑度,该指数以真实矩形框坐标为输入,动态旋转任意相邻矩形框以构建叠置关系,利用几何求解进行密度表示;为了兼顾样本选择的鲁棒性和均衡性,设计高密度偏置训练样本选择策略进行密集采样,利用分区样本选择机制自适应选择适用于模型训练的密集样本来加快收敛效率,从而提升密集特征表示能力。构建双任务深度学习架构来验证高密度偏置采样器在下游任务中的有效性,提升了密集样本利用率,降低大棚目标错检、漏检。

2)针对有限空间分辨率导致大棚模糊密集边界粘连问题,提出基于缓冲区解析的农业大棚模糊边界提取方法,从密集边界分离、模糊边界优化两个角度来缓解边界粘连。在密集边界分离角度,构建缓冲区解析模块,将模糊边界显式建模为边界缓冲区,利用双任务交互学习实现目标内部掩膜和边界缓冲区的联合优化推理,并以高置信度投票机制将缓冲区解析成目标内部和边界;在模糊边界优化角度,构建高频信号优化模块,结合小波变换和频率-语义融合来实现高频增强,设计级联缓冲区解析优化结构在渐进式修复模糊边界细节的同时分离密集边界,突破了将密集边界分离、模糊边界优化进行一体化建模难题,提升对粘连边界的识别处理能力,从而提高大棚边界提取精度,生成高质量大棚模糊密集边界提取结果。

3)针对全国大棚分布不均导致冗余计算问题,提出顾及空间布局注意力的全国农业大棚提取方法,利用空间布局感知机制把稀疏背景和密集前景进行统一建模。为了建模局部尺度的密集前景,设计了局部目标空间关系特征编码模块用于提取密集前景特征,融合布局共享卷积神经网络和布局敏感的感兴趣区域对齐模块,以实现对密集前景的位置优化和语义增强;为了建模全局尺度的稀疏背景,构建稀疏全局布局感知模块用于剔除稀疏背景,以布局共享卷积神经网络为特征编码器,生成类别不可知的布局先验用于全局通道注意力特征提取,利用全局布局特征聚合识别稀疏背景,结合场景约束的后处理算法来快速提取大棚目标,克服了在局部和全局尺度进行空间布局统一建模难题,消除全国76.69%的稀疏背景冗余计算。

4)面向全国农业大棚常态监测和灾害应急重大需求,设计高分辨率遥感全国大棚智能解译原型系统。系统层面,构建2016年和2020年两期全国高分辨率遥感影像大棚数据库,包含340 961景1 m空间分辨率光学遥感影像,数据主要来源于IKONOS、WorldView、高分二号等传感器,总数据量约为119.57 TB;构建全国农业大棚高分辨率遥感智能解译框架,并选取新疆、陕西、湖北、山东、江苏5个代表性研究区进行精度验证,取得90.2%的$F1$精度。应用层面,开展全国农业大棚常态监测,提供两期"全国大棚一张图",获取全国2 845 708个新增大棚变化图件,应用于全国734个"大棚房"问题案例分析;开展农业大棚灾害损毁评估,实现大范围农业大棚地理信息快速提取,服务于2021年11月辽宁省暴雪灾害和2023年8月福建省"杜苏芮"台风灾害大棚损毁评估分析,分别识别出259 512个和15 688个受灾大棚。

作者简介:陈鼎元,副研究员,2024年6月毕业于武汉大学,获工学博士学位(指导教师:钟燕飞教授,张良培教授),主要从事高分辨率遥感智能解译研究工作。chendingyuan@hdu.edu.cn

引文格式:CHEN Dingyuan.Deep Learning Method for Nationwide Agricultural Greenhouse Extraction from High Resolution Remote Sensing Imagery[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2026,51(3):629.DOI:10.13203/j.whugis20250081(陈鼎元.高分辨率遥感全国农业大棚深度学习提取方法研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(3):629.DOI:10.13203/j.whugis20250081)