DOI:10.13203/j.whugis20260241 文章编号:1671-8860(2026)07-1507-01

面向样本受限的光学高分辨率遥感影像变化检测研究

韩承熙 武汉大学测绘遥感信息工程全国重点实验室,湖北 武汉,430079

Change Detection of Optical High-Resolution Remote Sensing Images Based on Sample-Constrained

HAN Chengxi State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

中图分类号:P237 文献标识码:D

深度学习模型强大的信息提取能力能够自动化地学习高层次的、抽象的语义特征表达,从而有效地提取高分辨率遥感影像中的复杂地物特征。与传统手工设计特征相比,深度学习能更好地捕获高分辨率遥感影像中的非线性和高阶特征,提高特征的判别能力和表示能力。多时相高分辨率遥感影像具有比较高的空间分辨率,能获取到地表上细微的地物和地貌特征。但完整可利用的多时相高分辨率遥感影像往往是受限的,如受到变化区域信息量和未变化区域信息量差异影响造成的样本不平衡问题;受到地球表面多场景的地形、地貌和地物的空间异质性及几何精度、辐射定标、大气校正等影响造成的样本特征利用不充分问题;受多时相影像像素级式的标注困难和成本高造成的样本标签不足的问题。因此,面向上述3种典型的样本受限情况,系统性开展了基于样本受限的光学高分辨率遥感影像变化检测研究。研究内容与主要结论如下:

1)针对高分辨率遥感影像变化检测样本不平衡造成的变化信息特征表达不足的问题,提出基于渐进式平衡前景影像采样的变化检测方法。该方法在不增加训练数据集中变化像素数量的前提下,通过3种渐进式平衡前景影像的采样策略来解决这一不对称问题。这种采样策略包括固定前景影像策略、线性增长背景影像策略和先固定前景影像再线性增长背景影像策略,可以先帮助模型在早期训练阶段重点学习前景影像的变化特征,其次学习背景影像的未变化特征来增强模型的鲁棒性。为了提高模型的特征表达能力,提出一种基于分层注意力机制的变化检测框架,其中,多尺度特征提取器可帮助模型获得多尺度的建筑物语义信息,分层注意力机制模块可逐步获取更高精度的建筑物语义信息和细化特征。在两个不平衡的高分辨率遥感影像变化检测数据集WHU-CD、LEVIR-CD上验证了所提方法的有效性,$F1$分数分别达到88.16%、90.28%。

2)针对高分辨率遥感影像变化检测样本特征利用不充分导致的变化信息漏检、虚警问题,提出基于分层变化引导图的变化检测框架。该框架从含有丰富语义信息的深度特征中生成变化图,并将其作为先验信息,借助深度监督机制引导多尺度特征融合,提升变化特征的表达能力。同时,提出的变化引导模块是一种自注意力模块,可有效捕获像素间的长距离依赖,有效克服传统卷积神经网络感受野不足的问题。除了在常规的建筑物变化检测场景的数据集上,还在郊区扩张、植被变化、道路扩建以及海上建筑物等更复杂样本场景的4个高分辨率遥感影像变化检测数据集上,验证了模型在边缘检测和内部完整性上具有较好表现,在WHU-CD、LEVIR-CD、SYSU-CD、S2Looking-CD数据集上的$F1$分数分别达到92.59%、92.01%、79.92%、64.33%。

3)针对高分辨率遥感影像变化检测样本标签不足导致的变化信息学习困难问题,提出一种基于一致性正则化的半监督变化检测框架。该框架在充分利用现有的少数样本标签的基础上,通过一致性正则化方法有效学习了大量没有标签样本的变化信息特征。在半监督变化检测框架中,监督框架生成的伪标签的质量至关重要,因为伪标签是一种用来指导模型学习变化特征的监督信号。因此,提出一种从粗粒度到细粒度的特征提取框架,通过多尺度的特征融合、通道注意力机制、空间注意力机制、全局上下文模块、特征完善模块、初始聚合模块、最终聚合模块等方式逐步完成变化特征从粗粒度到细粒度的提取。该文分别在3个高分辨率遥感影像变化检测数据集下设置4种样本标签比例开展实验,并基于两套高分辨率遥感建筑变化检测数据集完成4种标签比例的跨域交叉实验,充分验证了所提半监督学习方法的有效性,在WHU-CD、LEVIR-CD、GoogleGZ-CD数据集的样本标签比例为5%时,$F1$分数分别达到89.97%、85.63%、80.93%。

作者简介:韩承熙,2024年6月毕业于武汉大学(指导教师:张良培教授、杜博教授、武辰教授),研究方向为高分遥感变化检测。chengxihan@whu.edu.cn

引文格式:HAN Chengxi. Change Detection of Optical High-Resolution Remote Sensing Images Based on Sample-Constrained[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2026, 51(7): 1507. DOI:10.13203/j.whugis20260241.(韩承熙.面向样本受限的光学高分辨率遥感影像变化检测研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(7):1507. DOI:10.13203/j.whugis20260241.)