

面向标准地图服务的卫星影像智能裁切与动态更新方法

梁吟君¹ 宋拥军¹ 韩英¹ 冯庆贺² 种衍霖²

1 山东省地图院 2 青岛国测海遥信息技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i3.2193

[摘要] 随着地理信息应用的不断发展,标准地图服务对卫星影像的需求日益增长。本文深入探讨了面向标准地图服务的卫星影像智能裁切与动态更新方法,结合多层次影像金字塔、辐射传输方程组等专利核心技术,构建了“语义识别-精准裁切-动态更新”的完整技术链路。通过语义分割实现目标地物智能识别,结合金字塔层级匹配与辐射校正优化裁切精度;引入多层次图像内存池机制提升动态更新效率,形成兼具精度与时效性的影像处理方案。实验验证表明,该方法在10GB级影像处理中裁切效率提升50%,拼接误差控制在0.3像素以内,为标准地图服务提供了高效、精准的技术支撑。

[关键词] 标准地图服务; 卫星影像; 智能裁切; 动态更新; 多层次影像金字塔

中图分类号: P185.18 文献标识码: A

An intelligent cropping and dynamic updating method for satellite image for standard map service

Yinjun Liang¹ Yongjun Song¹ Ying Han¹ Qinghe Feng² Yanlin Zhong²

1 Shandong Provincial Map Institute

2 Qingdao Guoce Haiyao Information Technology Co., LTD

[Abstract] With the continuous development of geographic information applications, the demand for satellite images in standard map services is growing increasingly. This paper delves into the methods for intelligent cropping and dynamic updating of satellite images oriented to standard map services. By integrating core patented technologies such as multi-level image pyramids and radiative transfer equations, a complete technical chain of "semantic recognition - precise cropping - dynamic updating" is constructed. It realizes intelligent recognition of target features through semantic segmentation, and optimizes cropping accuracy by combining pyramid level matching and radiometric correction. Moreover, the introduction of a multi-level image memory pool mechanism enhances the efficiency of dynamic updating, forming an image processing scheme with both accuracy and timeliness. Experimental verification shows that this method improves the cropping efficiency by 50% in processing 10GB-level images, and controls the stitching error within 0.3 pixels, providing efficient and accurate technical support for standard map services.

[Key words] standard map service; satellite image; intelligent cropping; dynamic updating; multi-level image pyramid

引言

标准地图服务作为地理信息传播与应用的重要基础,为众多领域提供了准确、规范的地理底图。卫星影像因其具有宏观性、实时性和丰富的地理信息等特点,成为标准地图服务中不可或缺的数据源。然而,原始卫星影像数据量大、覆盖范围广且时效性差异显著,如何从海量数据中快速获取符合需求的影像内容,并实现动态更新以保证现势性,是当前面临的重要问题。智能裁切技术能够根据标准地图服务的具体需求,对卫星影像进行有针对性的裁剪,去除冗余信息,提高数据处理效率^[1]。动态

更新方法可及时反映地理环境的变化,确保标准地图的准确性和实用性。本文将语义分割等智能算法与多层次影像金字塔、辐射传输方程组等专利技术相结合,形成协同优化的技术方案,为标准地图服务提供高效、精准的影像处理支撑。

1 卫星影像智能裁切技术

1.1 基于语义分割的目标识别

语义分割是实现卫星影像智能裁切的关键技术之一。它通过深度学习等方法,对卫星影像中的每个像素进行分类,将影像划分为不同的地物类别,如建筑物、道路、植被等。在标准地图

服务中,可根据地图的主题和需求,确定需要裁切的目标地物类别^[2]。如对于城市地图服务,重点关注建筑物和道路等地物。常用的语义分割网络有U-Net、DeepLab系列等。以U-Net为例,它采用编码器-解码器结构,编码器对影像进行下采样,提取高级语义特征;解码器则通过上采样将特征图恢复到原始影像分辨率,并在过程中融合编码器的浅层特征,以获取更丰富的细节信息。在训练语义分割模型时,需要大量的标注数据。可通过人工标注卫星影像样本,构建训练数据集。标注过程中,准确标记出不同地物类别的像素范围。然后,使用该数据集对选定的语义分割网络进行训练,调整网络参数,使其能够准确地对卫星影像进行语义分割。通过语义分割,能够清晰地识别出目标地物在卫星影像中的位置和范围,为后续的裁切区域确定提供依据。

1.2 裁切区域确定

在通过语义分割识别出目标地物后,需要确定具体的裁切区域。一种方法是基于目标地物的外接矩形来确定裁切区域。以建筑物为例,计算所有建筑物像素的最小外接矩形,将该矩形区域作为初步的裁切区域。但这种方法可能会包含较多的冗余背景信息。为了更精确地确定裁切区域,可以采用基于轮廓提取的方法。对语义分割后的目标地物图像进行轮廓提取,获取目标地物的精确轮廓。然后,根据轮廓的形状和大小,结合标准地图服务对影像的尺寸和分辨率要求,确定最终的裁切区域。如若标准地图要求影像的长宽比为特定值,可对轮廓进行适当的缩放和裁剪,以满足地图的规格要求。在确定裁切区域时,还需考虑地图的用途和展示效果。对于一些需要突出重点地物的地图,裁切区域应紧密围绕目标地物,尽量减少无关背景的包含;而对于一些需要展示区域环境关系的地图,裁切区域可适当扩大,包含一定范围的周边环境信息。

1.3 裁切算法实现

确定裁切区域后,即可进行卫星影像的裁切操作。采用基于空间索引数据库的分区裁切方法,结合多层级影像金字塔与辐射传输模型优化处理流程:

①多层级影像金字塔应用:采用多层级影像金字塔存储不同分辨率语义分割结果,根据标准地图服务的精度需求,自动匹配对应层级的影像数据进行裁切。例如,1:1万比例尺地图服务调用1米分辨率层级数据,1:5万比例尺则匹配5米分辨率层级,既保证精度又避免数据冗余。②辐射校正处理:通过辐射传输方程组对裁切区域进行大气校正,消除光照差异、大气散射等因素影响。具体通过计算气溶胶光学厚度、地表反射率等参数,对裁切影像的辐射特征进行归一化处理,解决传统裁切中因光照差异导致的图层拼接色差问题。③高效裁切实现:基于GDAL库的函数接口,结合并行计算技术提升处理效率。对于大数据量的卫星影像,根据空间索引数据库的分区规则,将影像划分成多个独立区块,通过多线程并行裁切缩短处理时间。在10GB级影像处理中,与传统批处理裁切方法相比,结合语义分割与金字塔层级管理的方法使裁切效率提升50%,同时边缘羽化处理使拼接误差降低至0.3像素以内(专利方法误差范围0.1~0.3像素)^[3]。

2 卫星影像动态更新方法

智能裁切获取的标准化影像需通过动态更新机制保持现势性,两者通过“裁切区域变化阈值监测”实现联动:当语义分割识别的地物变化面积超过设定阈值(如5%)时,自动触发动态更新流程。

2.1 多源数据融合

多源数据融合是实现卫星影像动态更新的基础支撑,需整合不同时期卫星影像、航空影像、地面调查数据及GIS矢量数据等多类型信息。各类数据源优势互补:多时相卫星影像可直观呈现地理环境演变;航空影像凭借高分辨率提升细节地物变化检测精度;地面调查数据提供实地验证信息;GIS矢量数据则保障地理坐标与拓扑关系的准确性。

数据融合前需完成标准化预处理:对遥感影像实施几何校正与辐射校正,统一坐标系与辐射特征;对GIS矢量数据进行格式转换与坐标匹配。融合过程采用加权平均法、主成分分析法等算法,其中加权平均法通过为不同数据源分配动态权重(如高分辨率卫星影像在建筑物变化检测中权重高于历史矢量数据),生成综合数据层,为变化检测提供多维度信息支撑^[4]。

2.2 变化检测

变化检测作为动态更新的核心环节,通过比对不同时相数据识别地理要素的空间与属性变化。主流方法包括三类:①基于像素的检测:直接计算对应像素灰度值或光谱值差异,通过阈值判断变化与否。该方法操作简便,但易受噪声与配准误差干扰。②基于特征的检测:先提取边缘、纹理、形状等地物特征,再通过特征差异定位变化区域。其抗干扰能力较强,但结果依赖特征提取精度,如建筑物轮廓比对需精准的边缘检测算法支持。③基于模型的检测:构建土地利用变化等数学模型,结合历史数据与影响因素预测变化趋势,再与实际影像比对验证。

实际应用中常采用多方法组合策略,例如将像素级差异作为初步筛选依据,再通过特征匹配验证变化真实性,从而平衡检测效率与精度。

2.3 更新策略制定

引入专利“多层级图像内存池”机制优化更新效率,通过内存池动态分配多源数据(如多时相影像、矢量数据),提升变化检测的实时性。利用内存池层级对应关系,将高优先级的变化区域数据分配至高速缓存,使小范围增量更新响应时间缩短30%。具体更新策略涵盖三个维度:①时间间隔:按区域变化速率差异化设置,城市区域缩短至月/季度级,自然区域延长至年/两年级,兼顾现势性与成本效益。②更新内容:遵循“精准更新”原则,仅对变化区域实施处理。如新建建筑物区域需同步更新影像像素与矢量属性,未变化区域保持数据原状。③更新方式:区分增量更新与全量更新。增量更新适用于小范围变化,仅追加差异数据;全量更新适用于大规模改造或数据结构调整,需重新生成完整地图数据集^[5]。

更新过程中需建立数据一致性校验机制,通过拓扑关系检

查与属性逻辑验证,确保更新后的数据能准确反映地理实体的现时状态,为标准地图服务提供可靠数据源。

3 实验与结果分析

3.1 实验设计

为了验证面向标准地图服务的卫星影像智能裁切与动态更新方法的有效性,设计了以下实验。实验选取A城市区域作为研究对象,获取该区域2020年与2022年两期高分卫星影像(分辨率1米,数据量12GB)以及对应区域的GIS矢量数据^[6]。

实验流程包括:

智能裁切:采用U-Net网络对影像进行语义分割(训练集含5000张标注样本),结合多层次影像金字塔(5层结构:0.5m/1m/2m/5m/10m)裁切建筑物与道路区域;辐射校正:通过辐射传输方程组进行大气校正,统一两期影像的辐射特征;变化检测:采用“像素差异+特征匹配”组合方法识别新增建筑物与道路拓宽区域;动态更新:基于多层次内存池机制分别执行增量更新(小范围变化)与全量更新(大范围改造区)。

实验指标包括:

效率指标:裁切耗时、更新响应时间;精度指标:几何配准误差(与标准矢量数据对比)、辐射一致性(亮度偏差值);质量指标:变化检测准确率、拼接误差。

3.2 实验结果

指标	本文方法	传统方法	专利方法误差范围
10GB影像裁切耗时	18 分钟	36 分钟	-
增量更新响应时间	45 秒	65 秒	-
几何配准误差	0.25 像素	0.8 像素	0.1~0.3 像素
辐射亮度偏差	3.2DN	8.7DN	-
变化检测准确率	94.3%	82.1%	-
拼接误差	0.28 像素	1.1 像素	0.1~0.3 像素

结果表明:

效率提升:结合语义分割与金字塔层级管理的裁切方法效率提升50%,内存池机制使增量更新响应时间缩短30%;精度优化:辐射传输方程组校正使亮度偏差降低63%,几何配准误差控制在专利方法最优范围内;质量保障:多方法组合的变化检测准确率达94.3%,边缘羽化处理使拼接误差优于传统方法74%。

4 结论与展望

4.1 研究结论

本文将多层次数据管理与智能识别技术深度融合,形成“语义裁切-辐射优化-动态更新”的闭环方法:①创新点在于通过

语义分割与影像金字塔的协同,实现了目标区域的自适应分辨率裁切,结合辐射传输模型解决了拼接色差问题;②引入多层次内存池机制,使动态更新的实时性与数据一致性得到双重保障;③实验验证表明,该方法在10GB级影像处理中裁切效率提升50%,拼接误差控制在0.3像素以内,为标准地图服务提供了兼具精度与效率的影像处理方案^[7]。

4.2 未来展望

未来研究将聚焦三个方向:①自适应金字塔层级调整:根据区域复杂度(如城市密集区vs郊区)动态增减金字塔层级,进一步优化存储与处理效率;②内存池与边缘计算结合:将轻量化裁切更新算法部署于边缘设备,实现移动端离线处理能力;③跨模态数据融合:融合SAR与光学影像的互补特征,提升多云雾地区的变化检测鲁棒性。

研究成果可拓展至灾害监测、资源管理等领域,提供精准及时的地理信息支持。

[参考文献]

[1]唐新明,常晓涛,李国元.实现“一星多用”,保障地理信息安全——资源三号测绘卫星影像应用综述[J].卫星应用,2014,(6):15-20.

[2]兰玉芳,石小华,马胜利,等.中分卫星遥感技术在森林资源动态监测中的应用[J].林业资源管理,2021,(03):154-159.

[3]戴激光,苗志鹏,王杨.高分辨率光学卫星遥感影像直线重建方法[J].测绘科学,2019,44(04):165-174.

[4]阚旋,滕惠忠,王俊超,等.基于天绘一号卫星多光谱影像的海岸线自动提取方法[J].海洋测绘,2018,38(04):58-62.

[5]Badruzzaman A,Wulandari P,Sainal S,et al.Satellite imagery pre-processing and feature extraction for the mapping of coastal ecosystems using Google Earth Engine: A workflow for practitioners[J].MethodsX,2025,15103516-103516.

[6]Bahrami H,Chokmani K,Homayouni S,et al.Alfalfa stem count estimation using remote sensing imagery and machine learning on Google Earth Engine[J].International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2025,142104729-104729.

[7]Xu K,Han H,Wang S,et al.TS2GNet:A temporal-spatial-spectral multidomain guided network for classifying hyperspectral tree species using multiseason satellite imagery[J].International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2025,142104715-104715.

作者简介:

梁吟君(1981--),男,汉族,湖北孝感人,本科,职称:正高级工程师,论文研究方向:地图制图与地理信息工程。