

高分辨率遥感影像土地利用及其变化检测

吴佳俊

江西省地质调查勘查院基础地质调查所（江西有色地质矿产勘查开发院） 330030

【摘要】针对土地利用变化检测存在的现势性与准确性低的问题，本文采用一种针对土地利用现状的年度变化检测方法，以2020年WorldView-2（WV2）和2021年SuperView-1（SV1）两期高分辨率遥感影像为数据源，首先，采用经优化的双峰分裂阈值法识别和消除建筑物阴影的干扰，为接下来的变化检测工作提供坚实的基础。其次，基于孪生神经网络，构建一个变化检测模型，并基于GIS优化处理，从而实现对土地利用现状变化区域的迅速定位。实验结果表明，本文提出的方法能够快速且准确地识别出不同时期影像中土地利用现状的变化位置，在保持轻量化的同时表现出突出的检测性能，为相关类变化检测的研究与应用提供参考。

【关键词】影像变化检测；阴影检测；土地利用现状；孪生神经网络

High-resolution remote sensing image of land use and its change detection

Wu Jiajun

Basic Geological Survey Institute of Jiangxi Provincial Geological Survey and exploration Institute
(Jiangxi Nonferrous Metals Geology and Mineral Exploration and Development Institute) 330030

【Abstract】In view of the current potential and low accuracy of land use change detection, this paper adopts an annual change detection method for the current situation of land use, in 2020 WorldView-2 (WV2) and 2021 SuperView-1 (SV1) two high resolution remote sensing image for the data source, first, using the optimized bimodal split threshold method to identify and eliminate the interference of building shadow, to provide a solid foundation for the next change detection work. Secondly, a change detection model is constructed based on the twin neural network and optimized based on GIS, so as to realize the rapid positioning of the changing areas of land use status. The experimental results show that the method proposed in this paper can quickly and accurately identify the changing location of land use status in different periods, and show outstanding detection performance while maintaining lightweight, which provides reference for the research and application of related change detection.

【Key words】image change detection; shadow detection; status of land use; and twin neural network

引言

随着科技的变革和社会的快速发展，人们对土地利用的需求日益显著，因此，土地利用变化检测在国土资源监测中的地位逐渐凸显，而其准确性则依赖于土地利用分类的精准度。卫星遥感影像的时空分辨率不断提升，为捕捉和监测地表信息提供了有力工具^[1-2]。提高土地利用变化检测的准确性，并充分发掘其在国土资源监测中的巨大潜力，已成为当前亟待解决的关键问题。为此，遥感领域的专家们正致力于通过卫星遥感影像来提升土地利用变化检测的准确性，这既是遥感领域的一项重大挑战，也蕴含着极高的研究价值^[3-4]。

目前，遥感技术领域中拥有丰富多样的变化检测方法，如Feng等人^[5]通过结合视觉显著性和随机森林算法，提出了高分辨率遥感图像变化检测方法；Jin等人^[6]凭借多样化的指数方法，掌握了区域内地面特征的动态变化，实现土地覆盖信息的实时更新；Desclée等人^[7]通过运用不同时间点影像的叠加与分割技术，实现以目标对象为核心的变化检测；陈鹏

等人^[8]提出了一种高效的违法用地变化检测手段，能够迅速掌握违法用地的变化动态；冯文卿等人^[9]则基于随机森林技术的优势，构建了一种以目标对象为重点的遥感影像变化检测方案。

近年来，深度学习技术取得了显著进步，在多个领域实现了广泛应用，也为遥感变化检测技术的自动化提取提供了支持^[10]。林娜等人提出了一种基于多尺度特征孪生神经网络的遥感影像建筑物变化检测算法。以孪生神经网络为基础网络，将Inception v2结构加入网络特征提取层中，获得遥感影像多尺度特征，并对其进行多特征融合，更好地还原建筑目标的细节信息。宋业冲等人提出了一种基于集成学习的U-Net双网络变化信息融合的深度学习方法用于新增光伏用地的提取。首先对U-Net网络进行改进得到性能较好的两个变化检测网络模型，然后分别训练两个网络模型用于在高分辨率卫星影像上检测新增光伏用地，将训练好的两个网络模型分类图融合再经过后处理得到最终的变化检测结果。深度学习网络中，孪生神经网络因其强大的多输入图像对比

能力,在图像变化检测领域展现出了显著的优势。因此,本文基于基于遥感影像,采用经过优化的双峰分裂阈值法,成功去除了建筑物阴影,随后结合孪生神经网络的变化检测技术和进行 GIS 数据优化,能够迅速识别土地利用现状年度变化区域,为土地利用现状年度变化检测的自动化提取研究提供积极意义。

1 土地利用现状变化内涵

县级国土资源管理部门负责每年对土地利用现状进行更新工作,为确保数据的准确性,管理部门会组织专业团队深入实地开展详尽的调查工作,从而掌握土地利用状况。在调查过程中,作业单位会收集涉及变动地块的具体信息和土地权属等数据,确保土地利用数据库的实时更新。从时间和空间维度来看,土地利用现状的变动主要表现为土地利用类型的转换。此外,土地利用的变动还受到用地政策、产业环境等多种因素的影响。在地理位置方面,远离城市的自然村落,其土地利用类型的年度变动通常较小;而城乡结

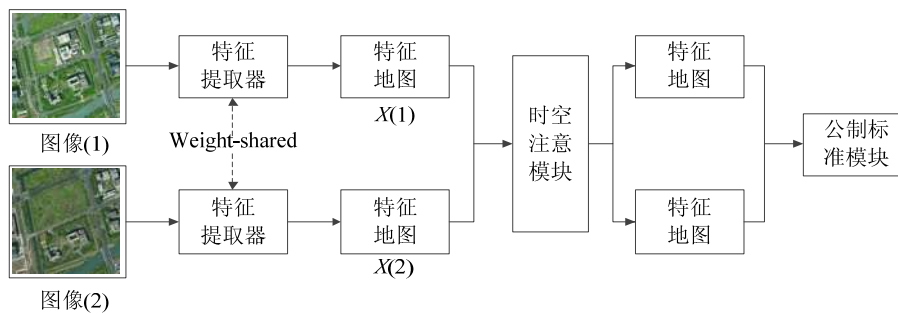


图1 孪生神经网络流程

具体操作过程中,首先将双期图像进行处理,得到对应的特征图 $X(1)$ 和 $X(2)$,自注意力模块对这两个特征图进行更新和优化,生成带有注意力的特征 $Z(1)$ 和 $Z(2)$;其次,逐个计算两特征图中每对像素之间的距离,并利用这些距离数据生成相应的距离图;最后,通过最小化距离图与标签图之间的差异来优化模型,确保变化点的距离值较大,而稳定点的距离值较小,从而实现对土地利用变化情况的精确检测。

2.2 GIS 优化

采用孪生神经网络进行土地利用变化检测,结果以小块栅格数据的形式呈现。这些栅格数据在空间信息的完备性上存在缺陷,并且在确定变化区域边界时出现一定的模糊特征,这难以满足对变化区域进行快速定位的要求。因此,为了符合 GIS 数据处理的标准,优化处理预测结果,流程如图2所示。首先,进行影像的拼接与空间配准工作,构建一个包含空间参照信息的完整区域预测栅格结果。随后,对整个栅格数据集进行噪声的剔除与简化处理,以提高预测栅格数

合部的土地,由于其特殊的地理位置和经济发展需求,土地利用类型的变动则相对显著。土地利用现状变更调查检测的图斑被划分为11个大类、26个二级类,第1类、第2类、第3类、第7类与第8类图斑的变化可以通过遥感影像进行有效识别。

2 土地利用变化检测方法

2.1 孪生神经网络

孪生神经网络在土地利用变化检测中发挥着举足轻重的作用,本文采用一种新的时空注意神经网络 (spatial-temporal attention neural network, STANet),该网络能够精准地捕捉和构建时空关系。即使在处理多时相影像、多样光照条件以及多尺度对象等复杂场景下,STANet 依然能够高效地完成变化检测任务。该网络架构由三个核心组件构成:特征提取器、自注意力模块以及度量模块,整个工作流程如图1所示。

据的完整性与清晰度。此外,转换预测栅格数据为矢量数据,并对断裂、空洞等问题进行矢量优化,进而生成优化矢量数据集。

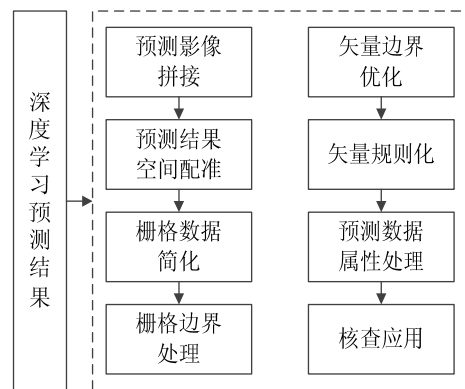


图2 GIS 优化流程

2.3 评价指标

将召回率 (C_{ar})、准确度 (C_{ac}) 以及精确度 (C_{pr}) 作为变化检测评价指标,分别表示为^[22, 23]:

$$C_{ae} = \frac{T_p}{T_p + F_N} \quad (1)$$

$$C_{ac} = \frac{T_p + T_N}{T_p + T_N + F_p + F_N} \quad (2)$$

$$C_{re} = \frac{T_p}{T_p + F_p} \quad (3)$$

上式中, T_p 为正确识别正样本个数; F_N 为将正样本识别为负样本个数; T_N 为正确识别负样本个数; F_p 为将负样本识别为正样本个数。

3 实验与结果分析

3.1 实验区概况

采用某地 2020 年的 WV2 和 2021 年的 SV1 高分辨率遥感影像开展实验, 如图 3 所示。该地东西最长距离约为 11 km, 南北最长距离约为 9 km, 实验区域内多为平原与丘陵地形为主。



(a) 2020 年影像



(b) 2021 年影像

图 3 实验数据

3.2 数据源

本研究采用 2020 年的 WorldView-2 (WV2) 和 2021 年的 SuperView-1 (SV1) 高分辨率遥感影像作为实验数据, 通过提取两者的重叠区域, 得以划定明确的研究范围。其中, WV2 卫星的全色图像分辨率为 0.5 m, 而整体影像的分辨率为 1.8 m; SV1 的全色分辨率为 0.5 m, 而其多光谱分辨率则为 2 m。利用 ENVI5.6 平台, 完成了对原始影像的预处理工作, 在预处理过程中, 借助分辨率为 30 m 的 ASTER GDEM 数据, 并通过采用 NNDiffuse 方法, 实现多光谱影像与全色影像融合。通过 FLAASH 大气校正消除辐射误差, 最后,

以 SV1 影像为基准, 对 WV2 影像进行了精确的配准。

在晴朗的天空下, 云量稀少, 高分辨率遥感影像中含有高大建筑物和孤立大树投射出的阴影。这些阴影常因与其他特征如植被、水体等的相似性而难以准确辨识, 因此, 剔除阴影是保证后续检测结果精确度的前提之一。作为一种阴影识别技术, 改进双峰分裂阈值法的核心原理在于利用灰度直方图中两个波峰的平均值来确定阈值, 进而将低于此阈值的像元区域针对阴影在影像中所占比例的不同, 选择的阈值策略也有所差异, 阴影面积较大时, 分割阈值为双峰波谷值; 当阴影面积较小时, 第一个波谷值则为分割阈值。整个处理流程起始于将原始的 RGB 影像转换为 HIS 影像, 由于阴影通常处于亮度最低的区域, 因此, 还需要将 RGB 影像转化为 HSI 模型, 计算出色调 (H)、饱和度 (S) 和亮度 (I):

$$H = \begin{cases} \arccos\left(\frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right), & B \leq G \\ 2\pi - \arccos\left(\frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right), & B > G \end{cases} \quad (4)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} \min(R, G, B) \quad (5)$$

$$I = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (6)$$

在影像分类阶段, 首先对检测出的阴影区域进行像元值的校准, 以确保数据的连贯性和准确性, 随后, 利用调整后的阴影区域作为掩膜并对影像进行掩膜处理, 能够更加高效地突出或剔除某些特定的影像信息。接下来, 将经过掩膜处理后的影像与原始的阴影区域进行叠加, 以便在同一幅影像中同时展示两者的信息。最后, 通过对叠加后的影像进行分类处理, 能够精确地识别和区分出不同的地物类型, 避免在后续分析中出现误差。

3.3 运行环境及参数设置

依据实验数据, 采用 PyTorch 开源框架, 在一台配备 Ubuntu 操作系统、搭载 Intel Core i9-7900X CPU 和 32GB 内存的计算机上开展 STANet 网络的训练任务。为了更精准地进行变化检测, 为提升训练效果, 选定 ResNet50 作为特征提取层, 并将金字塔时空注意力模块 (PAM) 作为模型注意力机制。历经 100 次迭代训练, 前 30 次的学习率保持不变, 而后 70 次迭代则采用了自适应学习率的方法。将学习率的初始值设为 0.001, 并设置 batch size 为 8。选用 SGD 优化器进行网络参数训练, 以确保训练过程的高效性和稳定性。

3.4 结果分析

完成建筑物阴影区域去除后, 借助训练数据集和 STANet 网络, 成功构建了一个用于检测年度土地利用现状变化的方法。为验证该方法的准确性, 利用检验数据对其核心参数进行了严格的检验, 从而进一步增强对方法性能的信赖度。本文方法在土地利用现状变化检测中的实际应用效果如图 4 所示, 从图中可以看出, 该方法能够精确地识别出遥

感图像中特定区域土地利用类型的变动,并通过不同的标注框清晰地展现出不同时期的地物利用类型区域。此外,本文研究成果能够与国土资源共享平台实现无缝对接,根据实际需求迅速提取出变化区域,为相关部门提供实时、准确的土地利用变化数据,从而辅助各级政府部门制定出科学、合理的政策。



(a) 检测结果 1



(b) 检测结果 2



(c) 检测结果 3

图 4 土地利用变化检测结果

为了验证本文提出的土地利用变化检测方法的性能,将其检测结果与两种传统的土地利用变化检测方法结果进行对比,实验结果如表 1 所示。

表 1 不同方法实现结果对比

方法	召回率	准确度	精确度	参数量/MB
图像差值法	0.915	0.921	0.918	79.64
图像比值法	0.932	0.935	0.931	51.68
本文方法	0.984	0.979	0.981	14.23

通过表 1 可知,本文方法在评价指标上展现出显著的优势,并且在参数量方面远低于其他两种方法。这一对比结果充分证明了本文所提方法的高精度和轻量性,凸显了其在实际应用中的独特优势,表现出较强的实用性。

4 结语

为了提升年度土地利用现状变化检测的精准度,本文提出了一种基于 STANet 网络的遥感影像变化检测新方法。该方法具有快速辨识土地利用现状变化区域的能力,进而显著提升变化区域核查等核心环节的工作成效。然而,在试验过程中,观察到原始的多源遥感影像数据的某些特性对变化检测方法的性能产生了显著的限制。例如,影像分辨率的参差不齐、色调的不统一,以及是否进行正射校正等因素,均可能对变化检测的准确性产生不利影响。此外,变化检测方法的检测结果还存在一些不足,如边界不够明确、误报率较高以及漏报率偏大等问题。因此,未来将紧密结合土地利用变化检测需求,充分发挥深度学习模型优势,不断优化算法,以进一步提高土地利用现状变化检测的精准度和效率。

参考文献

- [1]张晶,吕京国,张济勇,等.边缘约束的遥感影像建筑物施工变化检测[J].测绘科学,2023,48(12):130-142.
- [2]王松伦,马晓楠,潘子轩.基于遥感影像的生产建设项目扰动图斑人机协同智能提取方法[J].测绘通报,2023,(11):132-138.
- [3]武锦沙,杨树文,李铁颀,等.面向异源影像的FCM-SBN-CVAPS多尺度变化检测方法[J].测绘通报,2023,(12):45-50.
- [4]罗卿莉,蒋鑫涛,张书缤,等.基于改进显著性检测的SAR影像变化检测[J].测绘科学,2023,48(12):172-187.
- [5]陈鹏,吕鹏远,宋蜜,等.高空间分辨率遥感影像下的违法用地变化检测[J].测绘通报,2018,(4):108-111.
- [6]冯文卿,陆海刚,涂继辉,等.高分辨率遥感影像的随机森林变化检测方法[J].测绘学报,2017,46(11):1880-1890.
- [7]宫金杞.复杂城市场景的高分辨率遥感影像建筑物变化检测[J].测绘学报,2023,52(7):1233.