

# Research on the application of intelligent remote sensing change detection for complex terrain and geomorphology in Yunnan Province—Taking Partial area of Yuxi City as an example

Wang Xiaoxiao, Wang Jinqiang, Wang Likun

Yunnan Remote Sensing Center, Kunming, Yunnan, 650034, China

## Abstract

It is one of the key work of natural resources supervision in Yunnan Province to find the change pattern of suspected natural resources supervision problems. With the development of high spatial resolution satellite remote sensing, artificial intelligence and big data technology, intelligent remote sensing interpretation came into being. With the help of AI in-depth learning method, intelligent change extraction of remote sensing data in Yunnan's complex landform regions can be realized, which is conducive to the rapid investigation and punishment of natural resources violations and improve the regulatory efficiency of the regulatory authorities. Taking Partial area of Yuxi City as an example, this paper uses multi-phase domestic high-resolution satellite images to automatically extract land class change patterns based on the change detection algorithm model of intelligent remote sensing interpretation. By comparing the extracted results with the modified incremental true value data of the geographical and national conditions monitoring, the accuracy of the judgment model is verified. The results show that the interpretation model is optimized with the support of small samples in the complex terrain and geomorphology region of Yunnan, taking Partial area of Yuxi City as an example. The average recall rate of the change detection of all elements is about 90%, and the average positive detection rate is about 75%, basically meeting the application requirements. In the next step, according to the natural geographical characteristics and application needs of Yunnan Province, a rich sample database will be built to optimize the detection model and improve the universality and interpretation accuracy of the intelligent remote sensing interpretation algorithm.

## Keywords

Yunnan; Complex landform; Intelligent remote sensing change detection

# 云南复杂地物地貌区域智能遥感变化检测应用研究——以玉溪市部分区域为例

王晓晓 王金强 王丽鲲

云南省遥感中心, 中国·云南 昆明 650034

## 摘 要

发现疑似自然资源督察问题的变化图斑,是目前云南省自然资源监管重点工作之一。随着高空间分辨率卫星遥感、人工智能和大数据等技术的发展,智能遥感解译应运而生,借助AI深度学习方式可以实现云南复杂地貌区域遥感数据智能变化提取,有利于快速查处自然资源违法违规行为,提高监管部门常态化监管效率。本文以玉溪市部分区域为例,利用多期国产高分辨率卫星影像,基于智能遥感解译的变化检测算法模型,自动提取地类变化图斑。通过对提取的结果与修改后的自然资源调查监测增量真值数据进行对比,验证判断模型精度,结果表明:在以玉溪市部分区域为例的云南复杂地物地貌区域,在小样本支持下优化解译模型,全要素变化检测平均查全率在90%左右,平均正检率在75%左右,基本达到应用要求。下一步,将根据云南省自然地理特点和应用需求,构建丰富样本库以优化检测模型,提高智能遥感解译算法的普适性和解译精度。

## 关键词

云南; 复杂地物地貌; 智能遥感变化检测

## 1 引言

土地相关问题一直以来都是我国资源安全与生态保护的重点关注问题。当前,土地执法监督工作成为全国各级自然资源管理部门重点工作任务之一,违建别墅、耕地非农化、

农村乱占耕地建房、挖田造湖造景、占用生态红线等各种违法违规用地问题屡次发生,如何及时发现并快速查处用地违法违规行为,有效提高自然资源监管部门工作人员的监察效率,加大执法监管力度是当前云南自然资源监管工作中亟待解决的重点问题。

传统自然资源违法用地监管手段难以适应当前自然资源管理新形势、新要求，必须充分利用现代信息技术，用好卫星遥感、人工智能、视频监控等，通过“网上管、地上看、天上查”来及早发现问题，把现有技术力量总分调动起来，快速、准确地发现自然资源用地违法问题。

本研究基于 AI 智能遥感解译变化检测算法模型，选取地形地貌复杂具有一定代表性的玉溪市部分区域为研究区域，以国产高分辨率卫星影像为数据源，开展基于智能遥感解译算法自动提取国产高分卫星影像地类变化图斑的测试，并对测试结果进行精度评价，意在探索智能遥感解译在云南省自然资源督察、土地执法监管工作中的应用可行性，评价智能遥感解译技术在云南地区的实用性。

2 研究区域及数据源

本文以云南省玉溪市红塔区、澄江市，华宁县，江川区，通海县部分区域为试验区域，试验区位于云南省滇中腹地，紧邻省会昆明市，区域面积约 4500 平方千米，近年来经济发展迅速，城乡建设用地问题、耕地保护、资源保护等问题日渐突出，且该区域用地类型多样，城区、城乡交界区、农村、耕地、山地均有涉及，对于智能遥感变化检测应用研究的全面性、准确性具有代表意义。

通过对现有数据资源和数据质量分析，分别筛选出 2021 年、2022 年第一、二季度国产高分辨率卫星 GF2、BJ2 原始影像（全色影像空间分辨率达 0.8 米，多光谱影像空间分辨率为 3.2 米），经过对原始卫星影像数据进行纠正、配准、融合、匀色等预处理工作，按 1: 2.5 万分幅裁剪得到试验区 2021 年、2022 年各 64 幅空间分辨率为 0.8 米的正射影像，作为此次试验前后时相测试数据。

智能遥感变化检测模型提取的地类变化图斑需要进行精度评价，来判断该模型的优劣性，试验选用红塔区 2022 年自然资源调查监测增量图斑作为参考数据，并采用人工核查的方式，剔除伪变化图斑，补充遗漏变化图斑，获取相对准确的真实变化图斑数据，作为此次试验的真值评价数据。

3 监测内容设计

在土地执法监督工作中，需要发挥遥感大范围高频次

监测的优势，快速提取重点关注要素的变化图斑。重点关注地类包括建设用地、推填土、耕地、林地和水域变化等，特别是新增建筑物、道路、推填土的合法、违法判断，以及占用耕地建房、利用耕地造湖造景等违法督察等。参照此需求可对关注类型进行细分，同时选用适合的初始变化检测模型，以便更好更快的辅助云南省自然资源执法监管工作。



图 1 研究区地理位置及影像数据分布情况

4 监测关键技术构建

在实际工作中，应根据相应需求，选择精度及时相符合要求的数据，进行影像的预处理操作，得到不同时间节点的射影像数据源。按照样本生产策略，从多源遥感影像数据、已有图斑数据、现时生产的解译产品等制作样本数据，在样本数据的支持下，针对各类地物特征，构建适用于多源遥感数据的遥感影像变化检测模型，通过自动化的方式提取出各类要素信息与变化图斑，并进行空间、时间维度的业务成果融合，构建遥感智能解译工作流程，技术流程如下

图 2:

表 1 土地执法监管重点关注的地类变化情况

| 变化地类   | 变化前  | 变化后                       |
|--------|------|---------------------------|
| 建设用地变化 | 建设用地 | 新增推填土、建筑物、道路，建筑物改、扩建等     |
| 推填土变化  | 推填土  | 新增建筑、道路，推填土范围、痕迹等变化等      |
| 耕地变化   | 耕地   | 建设用地、大棚、园地、坑塘水面、三七（云南特例）等 |
| 林地变化   | 林地   | 新增建设用地、推填土、耕地、裸露地表等       |
| 水域变化   | 水面   | 滩涂、旱地                     |

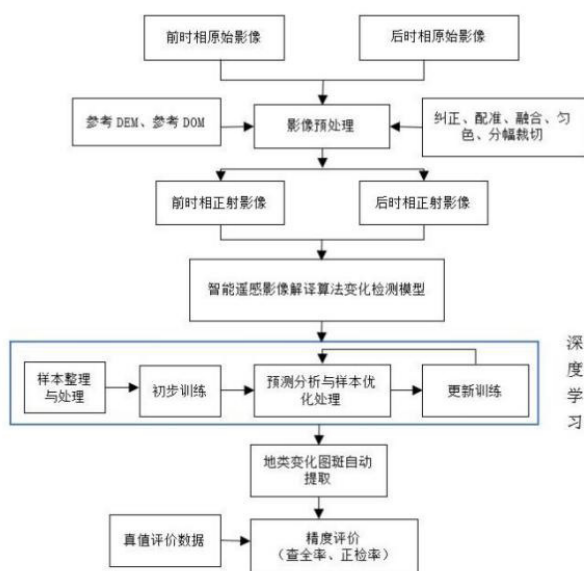


图2 遥感智能解译地类变化图斑技术流程

## 4.1 样本整理与处理

### 4.1.1 人工核实

选择玉溪市的正射影像数据和对应的地表增量成果数据进行样本标注整理。自然资源调查增量图斑中，有较多的伪变化图斑，在实际使用中，需要进行人工核实，剔除错误图斑，补充遗漏变化图斑，作为样本数据或者真值评价数据。

参考初始变化模型提取的结果图斑以及自然资源调查增量图斑，进行人工核实，删除伪变化图斑，补充遗漏变化图斑，获取相对准确的变化图斑样本数据。

### 4.1.2 样本处理

导入影像及配套的图斑矢量成果，采集制作影像样本，使用瓦片样本裁切工具输出真彩色波段裁切标注的影像样本数据，样本大小使用 512 像素 \* 512 像素。汇集所有裁切好的样本，按规则组织样本集，组织规则如下：

训练集数据：按 train/x、train/y 文件夹存放瓦片样本。其中 x 文件夹存放前后期瓦片影像，y 文件夹存放对应的同名标签数据，前后期瓦片影像，以添加“\_N.tif”的后缀区分。

验证集数据：按 val/x、val/y 文件夹存放瓦片样本。其中 x 文件夹存放前后期瓦片影像，y 文件夹存放对应的同名标签数据，前后期瓦片影像，以添加“\_N.tif”的后缀区分。验证集样本数据要求类型全面准确，具备典型性。

## 4.2 初步训练

使用初始化的智能变化检测模型 ch6e6v3l-c2.m, che3v3l-c2-k1.m 进行初步训练，根据设备性能调整模型训练参数，本次试验服务器采用 NVIDIA A30 显卡（显存 24GB），CUDA 版本为 11.2.0，使用通用权重进行模型初步训练。

## 4.3 预测分析与样本优化处理

模型初始训练后调优需要经过多轮预测分析和针对性的优化，通过训练工具效果统计分布获取训练集和验证集

IOU 在 0-0.3, 0.3-0.5, 0.5-0.7, 0.7-1 不同段的样本。针对 0-0.3, 0.3-0.5 段的样本进行检查分析，检查问题包括：标注正确，提取不到；标注遗漏，提取到疑似图斑；标注错误，然后修改或者剔除样本<sup>[3]</sup>。

```
# 训练
gm.train(module_id=61136, #模块号
model_path = join(dir_gm, model_name), #模型文件
weights_path = join(dir_gm, params_name), #参数文件
saving_dir = dir_gm, #训练过程中的参数保存目录
dir_train_x=dir_train_x, dir_train_y=dir_train_y, #训练数据目录
train_items=train, #图片名列表 (用数字表示时后缀名为png)
dir_val_x=dir_test_x,
dir_val_y=dir_test_y,
val_items=vals, #训练数据目录和图片名列表 (用数字表示时后缀名为png)
#free_layers = ['e6v3l'], # None
free_layers = ['e6v3l'],
freeze_bn=False,
model_name = 'change0704', #训练过程中保存参数使用的名称
train_size=288, batch_size=16, val_size=512, val_batch_size=8,
zoom_range=(60, 200),
size_shift=(0, 0),
iterations=100, epochs=100,
patience=20,
aug_rate=8,
workers=2,
optimizer={'lr':1e-5},
debug=False)
```

图3 模型训练参数配置

样本调整和训练后等待模型指标基本稳定，选择验证 mIOU 最高的模型参数文件，发布模型。根据预测效果，重复调整样本进行模型训练。当单个模型训练效果难以提升，可尝试多个模型训练，集成发布。本次变化训练分别采用 ch6e6v3l-c2.m, che3v3l-c2-k1.m 初始模型开展训练工作，全要素变化得到更新后参数为 yunch6\_0809\_new-E20-0.4880-0.9839-0.3429-0.9860-0.5452.p, yunchange\_ch3\_0809-E16-0.4968-0.9851-0.3365-0.9876-0.5616.p，分别发布训练后模型，分析预测结果发现，新模型之间在预测效果上存在互补，最后试验采用两个训练模型发布多尺度模型均值集成模型，作为本次变化监测最终成果模型。

## 5 提取结果与精度评价

### 5.1 变化图斑提取结果

通过新发布的变化检测模型在试验区自动提取到地类变化图斑 44998 个，变化图斑的分布情况如图 4 所示，变化图斑在全区均有分布，主要集中在城区、城乡交界区域及农村地区，变化类型包括建设用地的变化、道路变化、推填土变化、耕地变化、林地变化以及水域变化等，其中建设用地变化最为突出，其次是耕地、林地变化，推填土和水域变化相对较少。

分别对提取到的各地类变化整体情况进行统计分析，发现建设用地变化中建筑物的改、扩建变化最为明显，其次是道路、植被绿化等；道路变化中道路转变为建筑的情况较多；推填土变化中主要为推填土痕迹和范围等变化，多为道路和建筑施工场地；耕地变化中发生变化最多的情况为耕地自身变化，如季节性变化、地膜敷设等伪变化，其次为大棚、园地、建筑等；林地变化中以景观、裸地等变化情况为主，其次是建筑和道路；水域变化中多变化为景观、旱地等。智

能解译算法模型自动提取的各用地类型的整体变化情况及变化趋势基本符合实际用地变化情况，与自然资源调查监测

提取的变化情况及变化趋势基本类似。各用地类型的变化情况如图5所示。

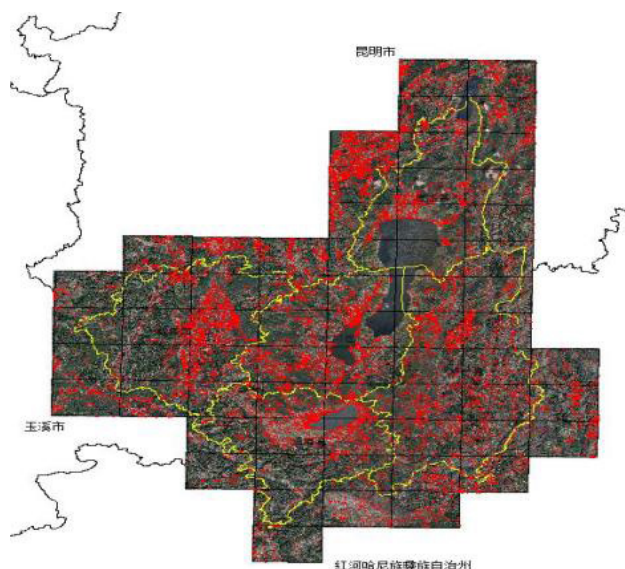


图4 智能解译算法提取变化图斑分布情况

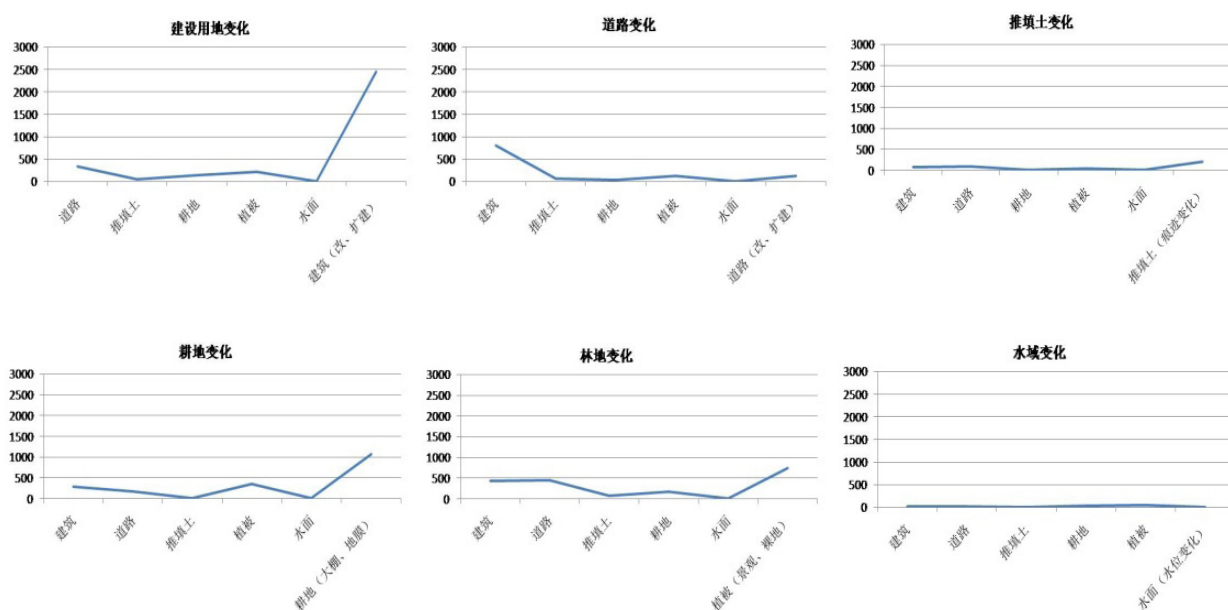


图5 智能解译算法模型提取变化图斑趋势

## 5.2 精度评价

要将该智能遥感解译算法投入到实际生产工作中，对其进行测试及精度评估是必不可少的环节，也是问题反馈、改进优化模型的依据。本文以自然资源调查监测增量数据以及人工核查修改后的数据作为参照真值，从红塔区1:2.5万分幅影像数据里面挑选了4幅典型地类进行精度评估，使用查全率、正检率作为评价指标进行评估，查全率又称召回率，表示检验数据中被正确召回对象数量的占比，正检率的结果表征该智能解译算法提取的变化图斑预测正确的对象数量占比<sup>[1]</sup>。

4幅精度评价对象数据，分别为城区、城乡交界区、农

村地区和山区等典型地类区域，通过对比分析，各图幅检测精度统计结果如表2所示。图号为G48F043005的分幅影像，主要为红塔区主城区区域，变化图斑提取结果正检率为81.69%，查全率为89.40%；图号为G48F044005的分幅影像，主要为红塔区城市发展开发区域，变化图斑提取结果正检率为70.92%，查全率为94.68%；图号为G48F045004的分幅影像，主要为城乡交界区域，变化图斑提取结果正检率为74.05%，查全率为93.39%；图号为G48F045005的分幅影像，主要为农村和山区，变化图斑提取结果正检率为75.46%，查全率为83.12%，农村的变化检测结果正确率相对较低。

综合评估，智能遥感解译算法进行全要素变化检测平均查全率在 90% 左右，平均正检率在 75% 左右。此次评估中，正确预测图斑与真值图斑的相交部分达到 20%，即认为该变化图斑被正确检测。

5.3 存在问题

本次试验智能遥感变化检测模型的平均查全率在 90% 左右，平均正检率在 75% 左右，基本达到应用要求。因为试验样本数据体量小，无法支撑更广泛的 AI 深度学习算法模型训练、优化及迭代，加之云南地形地貌复杂地物多样，高分辨率卫星影像地物纹理信息丰富，本地化样本数量及类别不足会提取到大量的伪变化图斑，如在本次试验中，对云南特有的三七种植区黑色地膜，地物特征很明显，但初始模

型中不含此类样本便无法实现对该类型的智能变化提取，待补充了相应的样本后，解译效果明显提升<sup>[2]</sup>。

试验结果中部分变化图斑的类型、边界提取基本准确，但也存在一些问题，如提取到大量伪变化图斑、边界范围提取不准确等，如图 6 所示。常见的伪变化图斑类型一部分是由于前后时相影像质量有关，如影像有云、雾、影像曝光过度；地物阴影、影像色彩、拍摄角度等变化不属于地类变化，还有部分跟变化监测要求相关，如道路、空地、广场等停放车辆、堆放物品的变化；耕地季节性变化；耕地上地膜的变化；未改变耕地属性；水域的水位线升降变化等，在项目要求中不属于地类变化。

表 2 精度评价结果表

| 图幅编号       | 真值图斑 | 正确预测图斑 | 查全率    | 预测图斑总数 | 正确预测图斑 | 正检率    | 区域说明   |
|------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| G48F043005 | 991  | 886    | 89.40% | 1218   | 995    | 81.69% | 城区     |
| G48F044005 | 864  | 818    | 94.68% | 1929   | 1368   | 70.92% | 开发区    |
| G48F045004 | 469  | 438    | 93.39% | 786    | 582    | 74.05% | 74.05% |
| G48F045005 | 1392 | 1157   | 83.12% | 1785   | 1347   | 75.46% | 农村和山区  |

| 变化前                                                                                 |                                                                                     | 变化后                                                                                  |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 停放车辆、堆放物品等伪变化：                                                                      |                                                                                     | 云、雾、影像曝光等引起的伪变化：                                                                     |                                                                                       |
|   |   |   |   |
| 阴影、色彩、角度等引起的伪变化：                                                                    |                                                                                     | 耕地的季节性伪变化：                                                                           |                                                                                       |
|  |  |  |  |

图 6 智能解译算法误提取变化图斑示例

6 结论与讨论

(1) 以玉溪市部分区域为例的云南复杂地物地貌区域，在小样本支持下优化解译模型，自动检测的变化图斑整体变化情况及变化趋势基本符合实际用地变化情况，跟自然资源调查监测成果的变化情况及变化趋势类似，提取的变化图斑查全率约为 90% 左右，正检率约为 75% 左右，基本达到应用要求。(2) 部分变化图斑的类型、边界提取基本准确，但也存在一定问题，提取到大量伪变化图斑、边界范围提取不准确等，主要原因为缺乏本地样本数据库支撑，以及受到影像质量和算法误差的影响。

目前，我国在智能遥感解译算法研究方面已经取得了较大的突破，借助深度学习方式可以实现云南复杂地貌区域

遥感数据智能变化提取，虽然还要进行一定的人工排查，但相比于全人工提取还是节省了大量时间、人力及物力。下一步根据云南省自然地理特点和应用需求，构建丰富样本库优化智能解译模型，提高智能遥感解译算法的在本地的适用性和解译精度，实现高效的自然资源监测、监管工作。

参考文献

[1] 中华人民共和国自然资源部.自然资源部卫星遥感应用报告(2020年)[EB/OL]. [2021-07-16]. [http://gi.mnr.gov.cn/202108/t20210819\\_2677332.html](http://gi.mnr.gov.cn/202108/t20210819_2677332.html).  
[2] 龚健雅.人工智能时代测绘遥感技术的发展机遇与挑战[J].武汉大学学报:信息科学版, 2018, 043(012):1788-1796.  
[3] 吴田军,夏列钢,吴炜,马江洪.土地执法监察中的高分辨率遥感及变化检测技术[J].地球信息科学学报,2016,18(07):962-968.