

doi: 10.6046/zrzyg.2022113

引用格式: 闫涵,张毅. 利用 GF-6 影像结合国土“三调”开展西部地区县域自然资源调查[J]. 自然资源遥感,2023,35(2): 277-286. (Yan H,Zhang Y. County-level natural resource survey in western China based on both GF-6 images and the third national land resource survey results[J]. Remote Sensing for Natural Resources,2023,35(2):277-286.)

利用 GF-6 影像结合国土“三调”开展 西部地区县域自然资源调查

闫 涵, 张 毅

(武汉大学测绘学院,武汉 430079)

摘要: 自然资源的调查和变化监测能够为资源分类施策、保护和合理利用提供重要保证,对构建国土空间规划体系、资源管理体制、空间治理能力现代化以及国家的生态文明建设等工作具有重大意义。我国西部地区面积广阔,土地基础数据薄弱,地类变化检测可靠性差,因此通过较低的成本投入,高效地为大范围地区提供精准的调查成果已成为当前的迫切需求。为此,利用国产高分六号(GF-6)影像,结合第三次全国国土调查(以下简称“三调”)成果,在四川省叙永县开展西部快速发展地区村镇土地智能调查技术应用示范。通过全色与多光谱影像融合技术获得高空间分辨率与高光谱分辨率的遥感影像;利用融合后的遥感数据对叙永县进行土地资源基础调查;采用面向对象的影像分类方法、参照已有的土地“三调”成果,对遥感影像进行监督分类,并自动提取土地变化区域,形成西部快速发展地区土地高效调查新模式。调查结果可为我国西部特色产业的快速发展提供强有力的土地基础信息支撑,具有一定的推广应用价值。

关键词: 高分六号; 自然资源调查; 监督分类; 变化检测

中图法分类号: P 237 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2023)02-0277-10

0 引言

自然资源是社会经济发展的重要物质载体,通过对自然资源调查监测,掌握自然资源的总量、分布、类别和动态变化,对于国家制定经济社会发展重大战略规划具有重要作用。高分遥感技术是当前快速、及时、准确地发现土地利用变化情况的重要手段之一,具有很强的应用优势,技术水平不断提高,为自然资源调查工作提供了良好的技术基础^[1]。

我国西部地区面积广阔,土地基础数据薄弱,地类变化检测可靠性差,因此通过较低的成本投入,为大范围地区提供精准的调查成果已成为当前的迫切需求。由于西部地区多山地丘陵,地形地貌复杂,传统测绘手段受到极大的限制,且不适用于范围较大的区域。高分遥感数据被广泛应用在自然资源调查中,可大大提高自然资源动态检测的效率与准确度。

高分六号(GF-6)是一颗低轨光学遥感卫星,

搭载 2 m(全色)/8 m(多光谱)高分辨率相机、16 m(多光谱)中分辨率宽幅相机。2 m(全色)/8 m(多光谱)相机观测幅宽 90 km,16 m 多光谱相机观测幅宽 800 km,具有高分辨率、宽覆盖、高质量成像、高效能成像、国产化率高等特点^[2]。相较于利用高分二号(GF-2)影像进行自然资源调查^[3],GF-6 影像数据成本较低、有效覆盖面积更大等优势,更适用于西部地区的自然资源调查工作。

本文采用 GF-6 遥感影像(包含全色与多光谱影像),通过全色与多光谱图像融合技术获得高空间分辨率与高光谱分辨率的影像^[1];利用融合后的遥感数据对西部快速发展地区的村镇叙永县进行土地资源基础调查;采用面向对象的影像分类方法^[4-5],参照已有的第三次全国国土调查(以下简称“三调”)成果,对遥感影像进行监督分类^[6],并自动提取土地变化区域;旨在形成西部快速发展地区土地高效调查新模式,为我国西部特色产业的快速发展提供强有力的土地基础信息支撑。

收稿日期: 2022-04-06; 修订日期: 2022-09-16

基金项目: 国家重点研发计划项目“西部快速发展地区村镇土地智能调查模式构建与应用示范”(编号: 2020YFD1100205)资助。

第一作者: 闫 涵(2001-),女,硕士研究生,主要研究方向为点云目标识别。Email: hyan1220@whu.edu.cn。

通信作者: 张 毅(1980-),男,副教授,主要从事摄影测量与遥感的教学科研工作。Email: yzhang@sgg.whu.edu.cn。

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

研究区为四川省泸州市叙永县,位于四川盆地和云贵高原过渡地带的中低山区,地跨 E105°03′~105°40′,N27°42′~28°31′之间。属亚热带湿润季风气候区,四季分明,降水充沛,日照偏少。东面与四川省泸州市古蔺县、南面与贵州省毕节市、西面与四川省宜宾市兴文县、北面与四川泸州市纳溪区等地毗邻;东北面与四川省泸州市合江县、贵州赤水市相接,西南面与云南省镇雄县等地接连。辖区东西宽54.3 km,南北长 94.9 km,总面积 2 977 km²。

叙永县境内自然资源丰富。根据全县森林覆盖率为 46.3%。境内植物种类繁多,已初步证实的高等植物 1 000 多种,其中有的为国家一、二级保护品种;国家和省确认的野生保护动物有 30 多种。叙永县东南、西南、南部及境缘山区、岩区,历来森林茂密,野生动物种类多。截至 2017 年,叙永县水资源总量即径流量 211 580 万 m³,其中浅层地下流动水量 39 875 万 m³。叙永县矿产资源非常丰富,主要有无烟煤、硫铁矿、石灰岩等 19 种,已查明有一定资源量的 16 种,硫铁矿、无烟煤、石灰岩、石英砂属资源丰富的优势矿种,其中硫铁矿的资源/储量在全省各县中占第一位。

叙永县于 2018 年 9 月起全面开展了“三调”工作,统一应用优于 1 m 分辨率的卫星遥感影像制作调查底图,广泛应用云计算、无人机等新技术,创新运用“互联网+调查”机制,全流程严格实行质量管控,历时 3 a,300 余名调查人员先后参与,汇集 23 万余个调查图斑数据,全面查清了全县国土利用状况。全县主要地类如下:耕地 90.27 万亩^①,林地 301.21 万亩,园地 5.06 万亩,草地 0.36 万亩,湿地 0.13 万亩,城镇村及工矿用地 18.45 万亩,交通运输用地 6.26 万亩,水域用地 4.50 万亩。

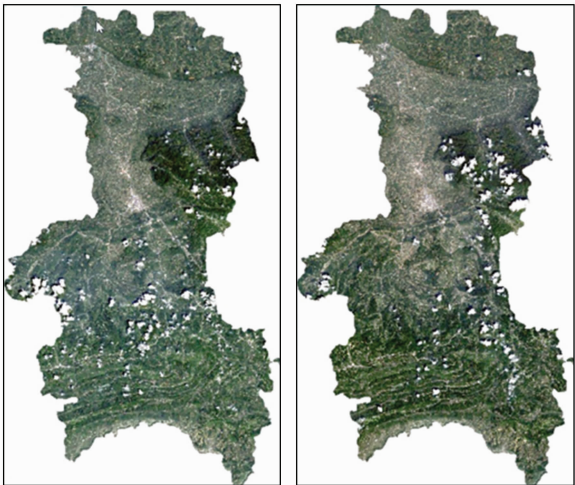
叙永县境内为中山、低山地貌,面积广阔,山区地形的多样性与地势的起伏造成测绘工作开展困难;受天气因素影响,叙永县的日照时间偏少,易积聚云雾,容易使遥感影像丢失细节信息,影响影像的有效解译。因此要高效地在叙永县进行自然资源调查的难度较大。

唐大珍等^[7]曾对泸州市开展土地变更调查,基于 2002—2008 年泸州市土地利用变更调查资料,分别对全市土地利用的数量变化、程度变化、结构变化

以及区域差异进行分析。由于分析数据主要来自泸州市土地利用变更调查及相关部门提供的调查资料,数据形式较为单一,调查过程不够智能化,调查结果表现形式不够直观。唐侨等^[8]以成都市为例,开展了基于 3S 技术的土地利用信息动态变更调查的方法在实际工作中的应用研究,提出以第二次全国土地调查的成果为基础,从土地管理业务内部及时发现变化,以发现驱动土地利用信息日常性持续动态变更的新思路。这种方法有效补充了精度低、变更不及时的基于遥感图斑的调查方法,对本文的研究具有一定的指导意义。

1.2 数据源

调查用数据为叙永县的 GF-6 遥感影像和“三调”成果。其中,GF-6 影像包含 2019 年 7 月 28 日与 2021 年 8 月 4 日获取的 2 期数据(图 1)。由于叙永县需要 2 景遥感影像才能完全覆盖,所以每期数据都包含 2 景 2 m 分辨率的全色影像与 2 景 8 m 分辨率的多光谱影像,共 8 景影像。



(a) 2019 年(多光谱) (b) 2021 年(多光谱)

图 1 叙永县 GF-6 影像

Fig. 1 GF-6 images of Xuyong County

“三调”成果地类图斑共有 40 个类,图斑总数 236 066 个。无论是在图斑数量还是图斑面积上,农村宅基地、旱地、林地、水田、农村道路、果园等均为主要图斑类型。

2 研究方法

本文通过对 GF-6 原始影像进行辐射校正、正射校正等预处理后,利用图像融合方法得到的 2 m 分辨率的融合多光谱影像作为实验数据,对融合影

① 1 亩 = 666.67 m²。

像进行监督分类与变化检测。总体技术路线如图2所示。

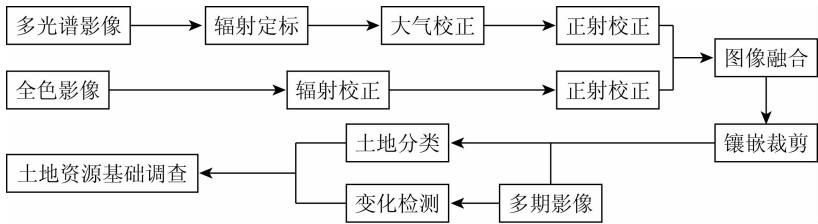


图2 调查技术流程图

Fig. 2 Flow chart of natural resources survey technology

2.1 数据预处理

遥感影像的预处理过程包括辐射定标、大气校正、正射校正、影像融合和镶嵌裁剪。

首先对多光谱影像进行绝对辐射定标,将数据转换为辐射亮度值,并使用 FLAASH 模型^[9]对多光谱影像进行大气校正。对于全色影像,不需要进行大气校正,所以辐射定标直接把数据转换为大气表观反射率,并扩大 10 000 倍,以便与大气校正后的多光谱影像的量纲保持一致。对 2 种影像都进行正射校正,由于 GF-6 具有有理多项式系数(rational polynomial coefficient, RPC)信息,所以利用有理函数模型是最佳选择^[10]。然后采用最近邻扩散(nearest-neighbor diffusion, NNDiffuse)融合法^[11],将 GF-6 的多光谱影像和全色影像进行融合,获得具有高空间分辨率与高光谱分辨率的 GF-6 融合影像。最后进行影像镶嵌与裁剪,镶嵌过程中 2 景影像的匀色处理采用直方图匹配方法,将相邻多景影像拼接。利用行政区划边界的矢量文件进行不规则的影像裁剪。

2.2 遥感影像监督分类

监督分类是根据已知的样本类别和类别的先验

知识,确定判别函数和相应的判别准则。其中利用一定数量的已知类别的样本的观测值求解待定参数的过程称之为学习或训练,然后将未知类别的样本的观测值代入判别函数,再根据判别准则对该样本的所属类别做出判定。

监督分类采用最小距离法,即利用训练样本数据计算出每个类别的均值,计算影像中像元到各个类别均值的距离,判定距离最小的类别为该像元的类别。基于最小距离的分类算法简单,耗时较少,适用于快速高效分类。

面向对象的影像分类技术的监督分类流程具体如图3所示。首先,由于融合后的单景 GF-6 影像不足以覆盖叙永县的全部范围,为此需首先进行影像镶嵌工作,对相邻多景 GF-6 影像进行拼接,接着进行影像裁剪,裁剪掉除研究区域以外影像部分;然后,采用多尺度分割方法对影像进行分割,从二维的影像信息阵列中恢复出影像所反映的景观场景中目标地物的空间形状及组合方式;再进行样本与训练样区的选择,构建包含对象的固有特征、拓扑特征与上下文特征的特征空间;最后,对类别进行可行性分析,执行监督分类并进行统计分析。

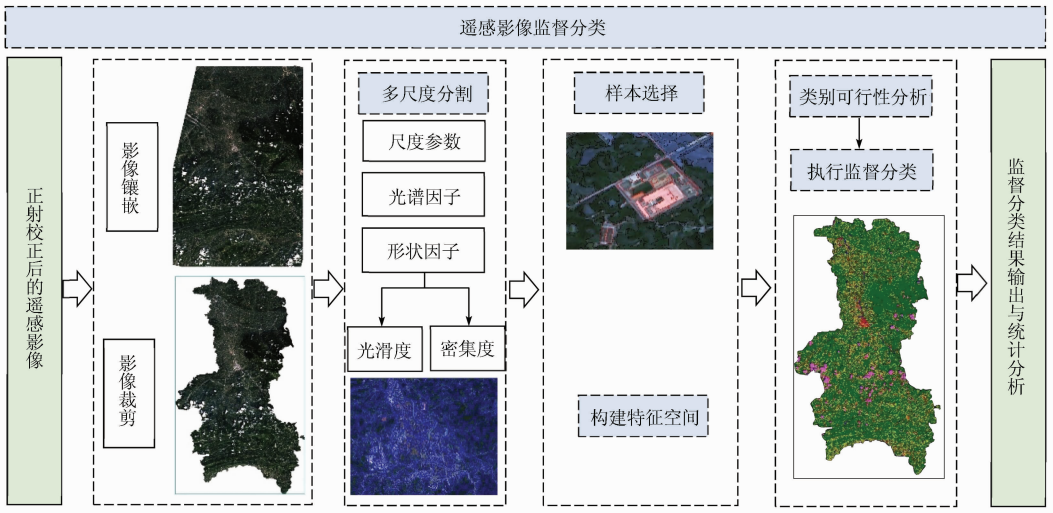


图3 遥感影像监督分类流程

Fig. 3 Flow chart of supervised classification of remote sensing image

2.3 变化检测

自然资源要素信息变化自动提取的难点在于场景范围广、目标特征复杂多变、尺度多样化、变化目标小、数据稀疏、云雪覆盖、季节影响导致变化干扰多等因素影响,单纯利用影像分类方法很难获得理想的提取结果^[12]。目前通过“三调”等工程已经可以获得准确的自然资源分布图斑,鉴于在较短时间内只有较少的要素类别发生变化,自然资源调查中只需要对少数变化要素进行类别确定。另一方面,已有“三调”图斑还可为遥感影像分类提供较准确的分割边界并提供大量分类样本,有利用提高变化要素的分类精度。因此,充分利用“三调”数据中的先验知识,可以提高自然资源调查监测的自动化程度和准确性。

本文采用基于分类的遥感变化检测方法,即对GF-6融合影像进行分类后,获得变化前后时相的土地利用类别,通过对比获得变化区域。现有研究采用的分类方法有基于随机森林分类^[13]、基于地表覆盖信息分析分类^[14]、贝叶斯分类^[15]、马尔科夫场分类^[16]多尺度分割^[17]、基于最小生成树的分

割^[18-19]等方法。本文选择支持向量机(support vector machine, SVM)作为分类器,充分利用“三调”土地利用矢量数据和多时相遥感影像,将变化检测方法和影像分类方法结合起来,建立自然资源自动化调查技术方法。

变化检测的具体流程为:首先,利用多源数据进行自动地土地利用变化检测。利用前时相的土地利用数据,自动获取后时相影像上的像素级训练样本,进行自动的像素级影像分类;将后时相分类结果与前时相土地利用数据对比,自动发现变化区域;通过对前后2时相影像做多元变化检测变换(multivariate alteration detection, MAD)^[20],利用MAD变换后的影像自动设置阈值、去除伪变化^[21]。然后,对于变化区域进行面向对象分类,确定变化区域的类别。在这一过程中,将土地利用数据的矢量边界作为面向对象分类过程中的边界先验约束,从而提高影像分割的效果;同时利用稳定区域矢量图斑类别自动获得大量分类样本,采用基于最近邻方法确定变化区域图斑的新类别。变化检测技术流程如图4所示。

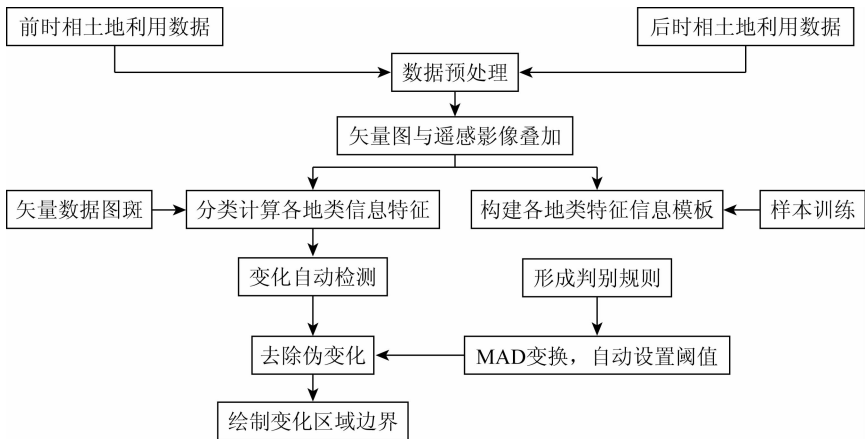


图 4 自然资源调查变化检测技术流程图

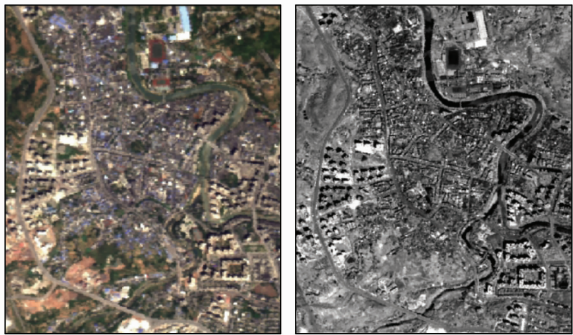
Fig. 4 Flow chart of change detection technology in natural resources survey

3 实验与结果分析

3.1 预处理结果

对 GF-6 多光谱影像和全色影像的辐射定标的结果如图 5 所示,大气校正前后的不同地物的光谱特征曲线处理结果对比如图 6 所示。通过对比分析,大气校正之后的结果更贴近地物的真实光谱特征曲线。正射校正后的结果如图 7 所示,影像融合的结果如图 8 所示。从图 8 可以看出,融合后的影像保留了多光谱与全色数据的优点,既

整体质量得到提高。



(a) 多光谱 (b) 全色

图 5 辐射定标结果

Fig. 5 Radiometric calibration results

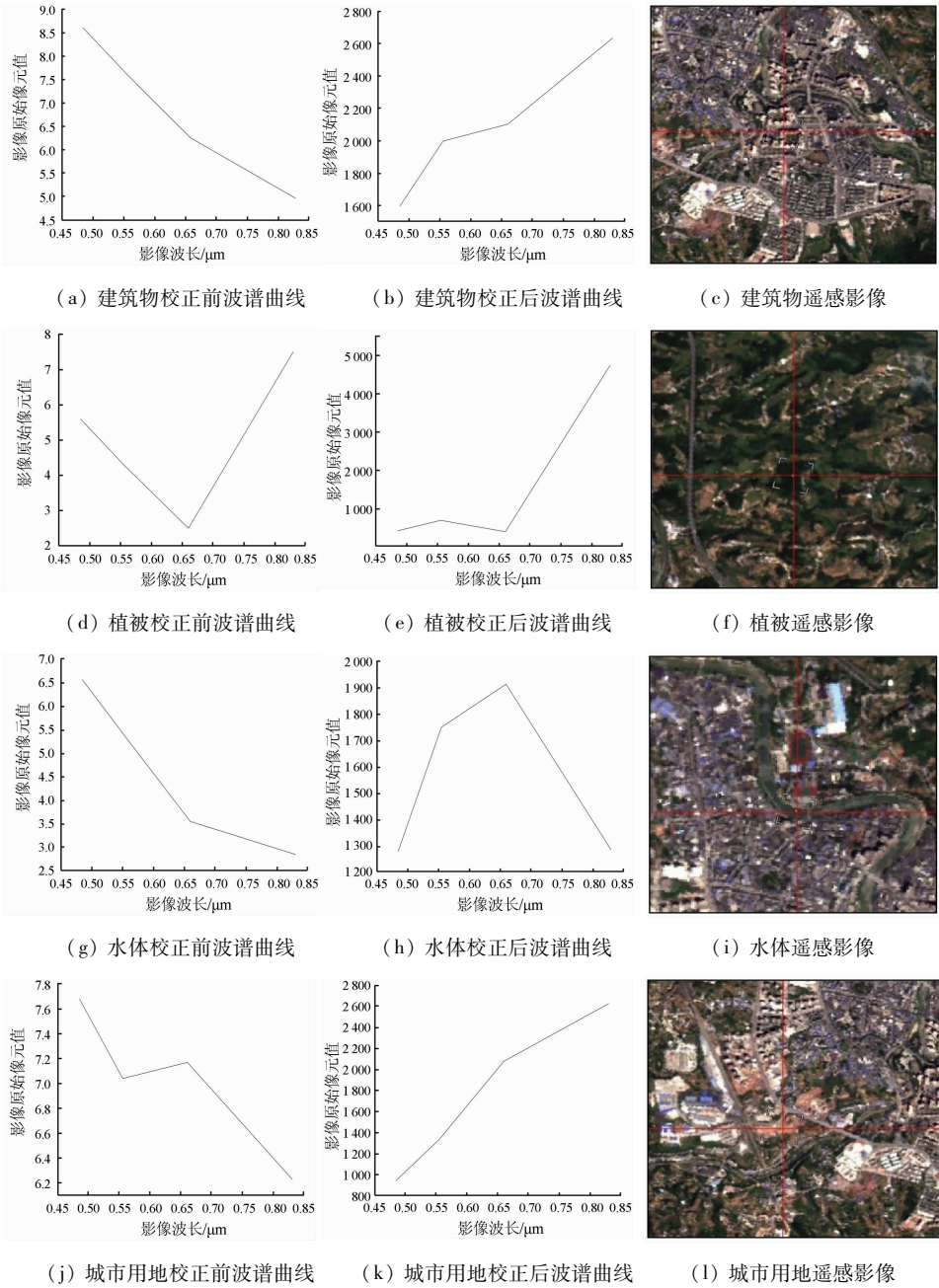


图 6 大气校正之前后光谱特征及对应地物的遥感影像

Fig. 6 Spectral characteristics before and after atmospheric correction and remote sensing images of corresponding ground objects

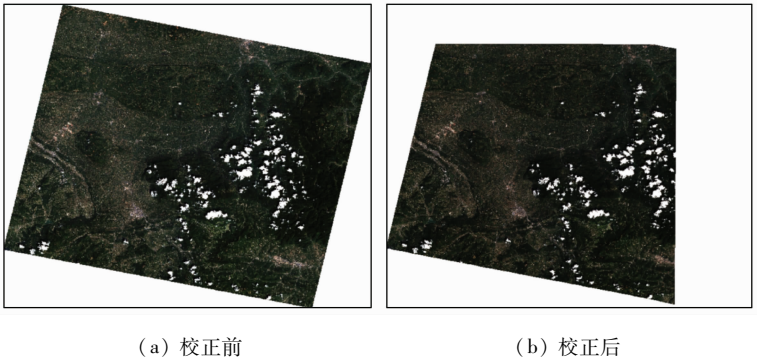


图 7 正射校正前后对比图

Fig. 7 Comparison between before and after orthophoto correction

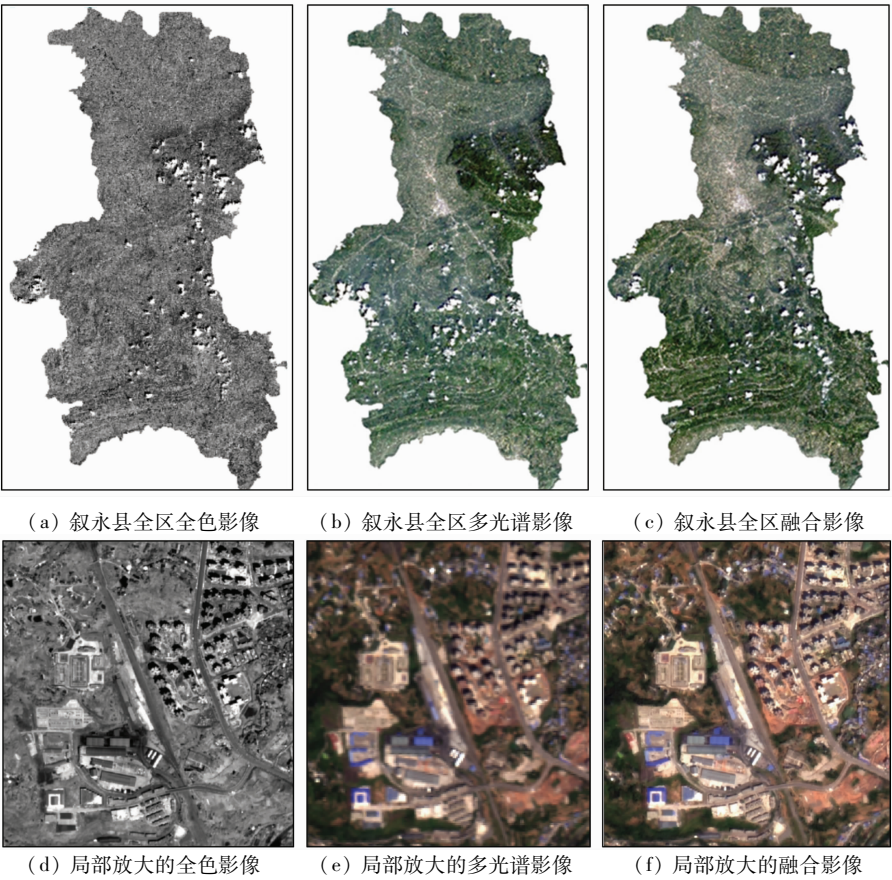


图 8 影像融合结果
Fig.8 Results of image fusion

3.2 监督分类结果

对 2019 和 2021 年度叙永县 GF-6 融合影像进行监督分类的结果如图 9 所示,土地利用分类结果如表 1、表 2 所示。从目视判读上来看,建设用地、耕地、水体等地物类别在空间上的大致分布与“三调”成果图斑一致。

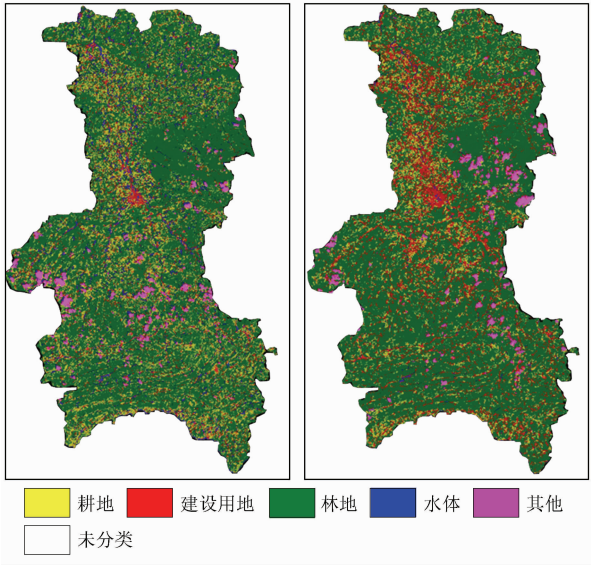


图 9 叙永县监督分类结果

Fig.9 Supervised classification results of Xuyong County

表 1 2019 年叙永县土地利用分类结果

Tab.1 Land use classification results of Xuyong County in 2019		
土地利用类别	图斑数目/个	面积/像素
耕地	29 504	141 978 517
建设用地	23 112	56 945 920
林地	49 546	484 540 890
水体	6 945	40 972 318
其他	6 741	18 183 683
未分类	279	63 990

表 2 2021 年叙永县土地利用分类结果

Tab.2 Land use classification results of Xuyong County in 2021		
土地利用类别	图斑数目/个	面积/像素
耕地	11 613	89 972 192
建设用地	21 349	108 017 154
林地	32 658	520 649 096
水体	955	4 898 657
其他	4 283	19 162 288
未分类	99	53 076

通过统计“三调”结果与 2 个年度分类结果中不同土地利用类型的图斑数目占比和面积占比可以得知,在“三调”结果中建设用地分布较为广泛,图斑较小且细碎,图斑数目占比高达 40%,但其面积占比只有 4%。叙永县内具有大片的林地,分布较为密集,且范围广泛。有一条河流贯穿整个县,没有

大面积的湖泊、水库等,因此水体占比很小。耕地中包含旱地、水田和水浇地等,在进行监督分类时,由于水田中含有较多的水,因此容易被误分到水体中去;而旱地容易被误分到建设用地中去;因此监督分类的结果中,耕地占比小于“三调”成果中的耕地占比。

从监督分类结果可以看出,2021 年叙永县的建设用地面积相比 2019 年有所增加,而耕地面积则略有减少。由于影像中云量较多,在选择样本时,将其划分到了其他类别,这对分类结果也有一定影响。

监督分类的精度通过误差矩阵、总体精度与 Kappa 系数进行评定。本文对 2019 年与 2021 年影像分别随机选取耕地、建设用地、林地、水体与其他地类样本共 300 个,对其精度进行评价,根据 2019 年土地利用分类误差矩阵(表 3),得到 2019 年的最终总体分类精度为 89.7%,Kappa 系数为 0.832;根据 2021 年土地利用分类误差矩阵(表 4),得到 2021 的最终总体分类精度为 91%,Kappa 系数为 0.843。

表 3 2019 年叙永县土地利用分类误差矩阵

Tab.3 Error matrix of land use classification in Xuyong County in 2019

地物类别	耕地	建设用地	林地	水体	其他地类	总计
耕地	43	1	3	2	1	50
建设用地	1	30	0	1	0	32
林地	4	7	162	3	1	177
水体	2	1	2	28	0	33
其他地类	1	0	1	0	6	8
总计	51	39	168	34	8	300

表 4 2021 年叙永县土地利用分类误差矩阵

Tab.4 Error matrix of land use classification in Xuyong County in 2021

地物类别	耕地	建设用地	林地	水体	其他地类	总计
耕地	40	0	1	2	0	43
建设用地	2	43	2	1	0	48
林地	2	6	175	5	1	189
水体	3	1	0	10	0	14
其他地类	0	1	0	0	5	6
总计	47	51	178	18	6	300

3.3 变化检测结果

首先利用自动训练的分类器对 2021 年的 GF-6 融合影像进行自动分类,结果如图 10 所示。变化图斑自动检测结果及绘制结果见图 11。从图 10 可以看出,自动分类的结果存在一定的误差。GF-6 影像未进行去云处理,导致云覆盖的区域被错误划分为建筑

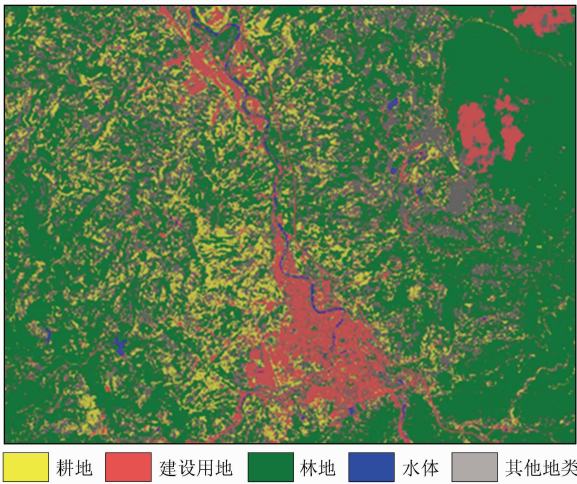
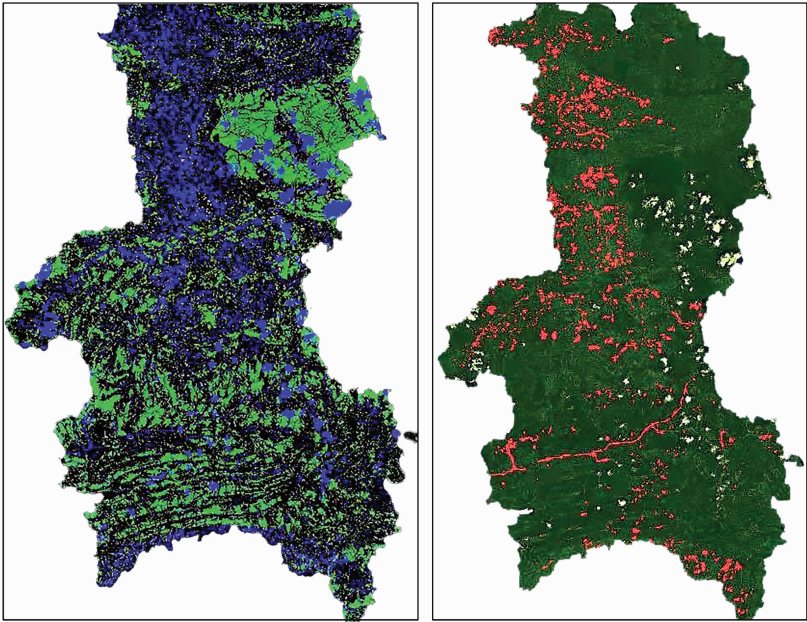


图 10 2021 年影像分类结果(局部)

Fig.10 Image classification results in 2021(part)



(a) 变化图斑自动检测结果 (b) 变化图斑绘制结果

图 11 变化图斑自动检测结果及绘制结果

Fig.11 Automatic detection and drawing result of change spots

物,这会对变化检测结果造成影响。在后续绘制变化区域的过程中,需要将云盖区域手动去除。

图 11(a)中绿色区域为未变化区域,蓝色区域为变化区域,共自动提取变化区域 547 546 个。由于自动分类存在误差,会造成较多的伪变化,初步提取的疑似变化图斑的数量较多,需进一步处理去除伪变化。

去除伪变化后变化区域还有 23 403 个。剩下

的疑似变化图斑中仍有比较多的伪变化,主要是云覆盖区域、裸露的农田和林地。大部分伪变化是客观地物与土地利用定义不一致造成的,只能通过目视进行剔除。经过目视判别后,最终提取并绘制变化区域 1 745 个。绘制变化区域边界后输出的 shp 文件如图 11(b)所示。将输出的变化多边形叠置到影像上的对比结果如图 12 所示。

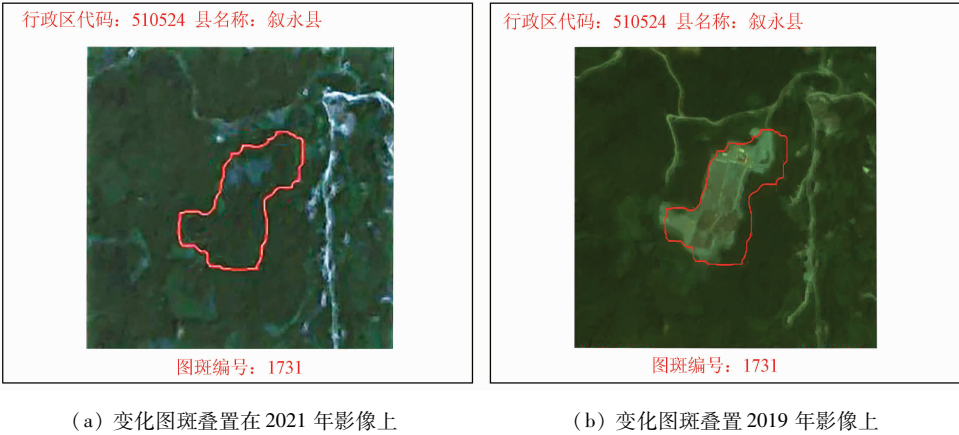


图 12 变化图斑与影像叠置对比

Fig. 12 Comparison of change spot overlayed on image

通过对变化图斑的检测结果进行定量分析,统计土地利用类型面积的变化情况,最终统计结果见表 5。

表 5 叙永县土地利用变化检测结果统计表
Tab. 5 Change detection results
of land use types in Xuyong County

土地利用类别	变化面积/m ²	变化占比/%
耕地	104 946 393. 10	-28. 51
建设用地	110 355 532. 21	29. 98
林地	76 156 780. 60	20. 69
水体	74 612 165. 50	-20. 27
其他地类	2 044 048. 60	0. 55

通过对绘制的变化图斑进行人工解译,最终得到遥感变化检测结果的正确率为 83. 51%,证明了本文变化检测方法的准确性。

4 结论

1) 高分遥感技术可以大范围、全天候、高效地获取地面信息,如实反映自然资源的动态变化,监测范围广、投入成本相对较低,是当前自然资源调查监测最主要的技术手段之一。利用多期高分多光谱遥感影像结合土地利用现状数据,可以快速高效地发现地类变化,促进基础调查和常规监测的高分遥感调查监测体系的建成。

2) 对高分遥感影像进行自然资源自动分类和自动变化检测,重点在分类体系和分类器设计、样本自

动获取与精化、地物识别、伪变化剔除、变换图斑自动提取等方面。取得的成果实现了自然资源类型和边界的自动提取和时空变化检测,证明本文所采取的技术路线和技术方法是正确有效的,可为大范围、高效开展西部地区自然资源调查监测评价提供一套自动化程度和作业效率较高的地物识别和提取技术。

目前高分遥感成像和影像处理技术尚存在不足,造成的遥感辐射过程的信息缺失、地类分类混淆错误、地类边界和影像几何边界不一致等诸多问题,使得基于高分遥感技术的自然资源调查的精度还不能完全满足业务全自动化的要求,仍然需要一定的人工干预。地类自动分类也只能满足于一级地类,更进一步的细化分类还需要通过目视解译和实地调查进行辅助。此外,随着高分遥感影像分辨率的不断提高,地物细节更为丰富,变化检测结果会包含大量伪变化。

综上所述,基于高分遥感技术的自然资源调查需要在诸如遥感地面基准网建设、遥感分类机理、智能地类识别、地类影像边界的语义化处理等方面,开展更为深度的技术研究。另外,本次利用高分遥感影像进行自然资源自动分类和变化检测的精度,均基于与“三调”结果的统计对比,未经过实地验证,是比对“三调”结果的相对精度。如何通过实地抽样验证,修正和提高遥感自动分类和变化检测的精度,亦是今后应该考虑的问题。

参考文献 (References):

[1] 张颖骞. 高分遥感影像在第三次全国国土调查中的应用价值分析[J]. 建材与装饰, 2019(32): 241-242.
Zhang H Q. Application value analysis of high resolution remote sensing images in the third national land survey [J]. Construction Materials & Decoration, 2019(32): 241-242.

[2] 首颗农业高分观测卫星成功发射[J]. 农业科技与信息, 2018(18): 72.
The first agricultural high resolution observation satellite was successfully launched [J]. Agricultural Science - Technology and Information, 2018(18): 72.

[3] 袁新悦, 甘 淑, 袁希平. 基于高分 2 号遥感影像的监督分类方法探讨——以东川区小江的河谷地带为例[J]. 地质灾害与环境保护, 2021, 32(2): 78-81.
Yuan X Y, Gan S, Yuan X P. Discussion on supervised classification method ased on GF-2 satellite data: The valley of Xiaojiang River in Chuandong District[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2021, 32(2): 78-81.

[4] 王译著, 黄 亮, 陈朋弟, 等. 联合显著性和多方法差异影像融合的遥感影像变化检测[J]. 自然资源遥感, 2021, 33(3): 89-96. doi:10.6046/zrzyyg. 2020312.
Wang Y Z, Huang L, Chen P D, et al. Change detection of remote sensing images based on the fusion of co-saliency difference images[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2021, 33(3): 89-96. doi:10.6046/zrzyyg. 2020312.

[5] 王跃峰, 武慧智, 何姝珺, 等. 河南省信阳市浉河区自然资源智能化信息提取技术方法研究[J]. 国土资源遥感, 2020, 32(4): 244-250. doi:10.6046/gtzyyg. 2020. 04. 30.
Wang Y F, Wu H Z, He S J, et al. Method research of intelligentized extraction of natural resources information from Shihe District, Xinyang City, Henan Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(4): 244-250. doi:10.6046/gtzyyg. 2020. 04. 30

[6] 方梦阳, 刘晓煌, 孔凡全, 等. 一种基于 GEE 平台制作逐年土地覆盖数据的方法——以黄河流域为例[J]. 自然资源遥感, 2022, 34(1): 135-141. doi:10.6046/zrzyyg. 2021088.
Fang M Y, Liu X H, Kong F Q, et al. A method for creating annual land cover data based on Google Earth Engine: A case study of the Yellow River basin [J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022, 34(1): 135-141. doi:10.6046/zrzyyg. 2021088.

[7] 唐大珍, 于 礼. 泸州市土地利用动态变化研究[J]. 农村经济与科技, 2011, 22(1): 19-22.
Tang D Z, Yu L. Study on dynamic change of land use in Luzhou City [J]. Rural Economy and Science - Technology, 2011, 22(1): 19-22.

[8] 唐 侨, 陈 涛, 刘思源, 等. 基于 3S 技术的土地利用信息动态变更调查新机制研究——以成都市为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2015(1): 77-80.
Tang Q, Chen T, Liu S Y, et al. The research on new mechanism about dynamically changing of land use information based on 3S technology: Take Chengdu for example[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2015(1): 77-80.

[9] Matthew M W, Adler - Golden S M, Berk A, et al. Atmosphere - ic correction of spectral imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data[J]. Applied Imagery Patten Recognition Workshop, 2002(31): 157-163.

[10] 王志伟, 杨国东, 张旭晴, 等. 高分六号卫星遥感影像不同几何校正方法精度对比研究[J]. 世界地质, 2021, 40(1): 125-130, 139.
Wang Z W, Yang G D, Zhang X Q, et al. A comparative research on the accuracty of different geometric correction methods of Gaofen - 6 satellite remote sensing image [J]. Global Geology, 2021, 40(1): 125-130, 139.

[11] Sun W, Chen B, Messinger D W. Nearest - neighbor diffusion - based pan - sharpening algorithm for spectral images [J]. Optical Engineering, 2014, 53(1): 013107.

[12] 尤淑撑, 张 锐, 董丽娜, 等. 自然资源卫星遥感常态化监测框架设计及关键技术[J]. 地理信息世界, 2020, 27(5): 115-120, 128.
You S C, Zhang R, Dong L N, et al. Framework and key technologies for natural resources satellites remote sensing monitoring [J]. Geomatics World, 2020, 27(5): 115-120, 128.

[13] 窦世卿, 宋莹莹, 徐 勇, 等. 基于随机森林的高分影像分类及土地利用变化检测[J]. 无线电工程, 2021, 51(9): 901-908.
Dou S Q, Song Y Y, Xu Y, et al. High resolution image classification and land use change detection based on random forest [J]. Radio Engineering, 2021, 51(9): 901-908.

[14] 滕玲玲, 吴 武, 廖玉斌. 基于分类变化检测方法的地表覆盖影像特征数据更新处理研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(11): 159-161, 165.
Teng L L, Wu W, Liao Y B. Research on updating process of land cover image feature data based on classification change detection method [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2020, 43(11): 159-161, 165.

[15] Castellana L, D' Addabbo A, Pasquariello G. A composed supervised / unsupervised approach to improve change detection from remote sensing [J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(4): 405-413.

[16] Csaba B A, Maha S, Zoltan K, et al. Multilayer Markov random field models for change detection in optical remote sensing images [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2015, 107(9): 22-37.

[17] Qian Z, Xin H, Zhang L. An energy - driven total variation model for segmentation and classification of high spatial resolution remote - sensing imagery [J]. IEEE Geoscience & Remote Sensing Letters, 2013, 10(1): 125-129.

[18] Felzenszwalb P F, Huttenlocher D P. Efficient belief propagation for early vision [J]. International Journal of Computer Vision, 2006, 70(1): 41-54.

[19] Kropatsch W G, Haxhimusa Y. Grouping and segmentation in a hierarchy of graphs [C]//Computational Imaging II Proceeding of SPIE, 2004.

[20] Nielsen A A. The regularized iteratively reweighted MAD method for change detection in multi - and hyperspectral data [J]. IEEE Transactions on Image Processing: A Publication of the IEEE Signal Processing Society, 2007, 16(2): 463-478.

[21] 赵 展, 夏 旺, 闫 利. 基于多源数据的土地利用变化检测[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(4): 148-155. doi:10.6046/gtzyyg. 2018. 04. 22.

Zhao Z,Xia W,Yan L. Land use change detection based on multi – source data[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2018,30

(4):148 – 155. doi:10.6046/gtzyyg.2018.04.22.

County – level natural resource survey in western China based on both GF – 6 images and the third national land resource survey results

YAN Han, ZHANG Yi

(School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The survey and change monitoring of natural resources can provide an important guarantee for the implementation of systematic policies, protection, and rational utilization of resources and are of great significance for the building of the national land space planning system, the reform of the resource management system, the modernization of space governance capacity, and the construction of national ecological civilization. Western China is characterized by a vast area, insufficient basic land data, and unreliable land change monitoring. Therefore, there is an urgent need to provide efficient and accurate survey results at a low cost for such a large area. Based on the domestic high – resolution satellite (GF – 6) images and the results of the third national land survey, this study carried out a demonstration of the application of the intelligent rural land survey to the areas subject to rapid development in western China in Xuyong County. To this end, remote sensing images with high spatial resolution and hyperspectral resolution were obtained through panchromatic and multispectral image fusion. Then, the fused data were used for the basic survey of land resources in Xuyong County. Subsequently, based on the object – oriented image classification and the results of the third national land survey, supervised classification of the remote sensing images was conducted, and areas with changes in land were automatically extracted, thus forming a new efficient land survey model for the areas subject to rapid development in western China. The survey results can provide strong support in terms of basic land information for the rapid development of specialty industries in western China and have a certain value in popularization and applications.

Keywords: GF – 6; natural resource survey; supervised classification; change monitoring

(责任编辑: 李 瑜)