

于书媛, 骆佳骥, 杨源源. 基于高分卫星遥感影像的城市建筑物提取研究[J]. 华南地震, 2019, 39(2): 26–33. [YU Shuyuan, LUO Jiaji, YANG Yuanyuan. Research on Extraction of Urban Buildings based on High Satellite Remote Sensing Images[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(2): 26–33]

基于高分卫星遥感影像的城市建筑物提取研究

于书媛, 骆佳骥, 杨源源

(安徽省地震局, 合肥 230031)

摘要: 以安庆市区的高分一号影像为信息源, 结合地震应急基础统计数据资料, 重点研究基于 CART 决策树的面向对象分类对研究区的建筑物进行分类提取, 分类的总体精度和 Kappa 系数分别为 83.9% 和 0.821。结果表明: 基于 CART 决策树面向对象分类方法对研究区高分一号影像进行建筑物提取, 分类精度较好, 可作为地震应急基础数据库更新辅助手段之一。

关键词: 面向对象; 高分分辨率影像; 城市建筑物; 影像分割

中图分类号: TU43

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)02-00026-08

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.02.005

Research on Extraction of Urban buildings Based on High Satellite Remote Sensing Images

YU Shuyuan, LUO Jiaji, YANG Yuanyuan

(Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China)

Abstract: Based on the high-score No. 1 image of Anqing city and the basic statistical data of earthquake emergency, the object-oriented classification based on CART decision tree is studied to extract the buildings in the study area. The overall accuracy and Kappa coefficient of the classification are 83.9% and 0.821, respectively. Results show that the object-oriented classification method based on CART decision tree can extract buildings from the high-score No. 1 image in the study area, and the classification accuracy is good. It can be used as one of the auxiliary means for updating the basic database of earthquake emergency response.

Keywords: Object-oriented; High-resolution image; Urban buildings; Image segmentation

收稿日期: 2018-05-30

基金项目: 安徽省地震科研基金“场带站”项目(20180404)和安徽省地震科技创新专项(CX201804)联合资助

作者简介: 于书媛(1984-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事遥感及 GIS 技术应用研究工作。

E-mail: 819718728@qq.com.

0 引言

当前,国内外利用高分辨率遥感数据进行建筑物提取的研究方法很多,为提高建筑物的分类精度,国内外学者进行了大量研究。樊舒迪^[1]采用多尺度分割和规则数据库结合的方法自动提取建筑物信息,取得了较高的分类精度;周亚男^[2]提出一种阴影辅助的建筑物提取方法,并将该方法运用于 Quick Bird 影像的建筑提取实验中,取得理想的实验效果。郝兰朋^[3]基于 ecognition 软件利用面向对象方法从 QuickBird 影像中提取建筑物信息,并与非监督分类方法提取的建筑物结果进行比较,结果证明面向对象方法提取建筑物信息具有更多优点。

常规决策树的规则一般是根据经验和目视解译人为设定,受到的人为主观影响较大,而 CART (Classification and Regression Tree) 算法可按照一定的算法自动选择分类特征并确定节点阈值,能处理其他算法不能处理的非数值型数据,是决策树模型的典型代表^[4]。本文以安庆市的高分一号影像为数据源,采用基于面向对象的 CART 决策树算法对影像进行分类研究。

1 研究区及数据源

1.1 研究区概况

安庆市位于安徽省西南部,长江下游上段北

岸,中心位置为北纬 $29^{\circ}47''\sim 31^{\circ}17''$,东经 $115^{\circ}46''\sim 117^{\circ}44''$ 。境内在郟—庐深大断裂带东南一侧和扬—铜地震带西段,境内有北东走向的长江断裂带通过。北京时间 2011 年 01 月 19 日 12 时 07 分 42 秒,在安庆市发生的 $M_s4.8$ 级地震,是安徽省近 30 多年来最大的一次地震,地震虽未造成房屋倒塌和人员伤亡,但在宜秀区杨桥镇、大龙山等部分地图约 1.6 万余间房屋不同程度受损,605 户居民失去住所。因此,研究安庆地区的房屋建筑分布情况、各类房屋特点对防震减灾工作具有重要意义。

1.2 数据源和预处理

本文选取 2017 年 12 月安庆市多光谱分辨率为 8 m,全色分辨率为 2 m 的 GF-1 影像为实验数据。由于影像数据为 GF-1 PMS 1A 级产品,进行面向对象分类前需要对数据进行完整的预处理,包括大气校正、正射校正、影像融合处理等,本文整体技术路线如图 1 所示^[5]。图 2a 中多光谱波段影像通过对地物辐射中多个单波段的获取,得到多个波段的光谱信息,具有较丰富的地物色彩信息,但是空间分辨率较低。图 2b 中全色波段影像为单波段灰度影像,具有丰富的纹理、形状和拓扑信息,但是缺少色彩信息,为了提高信息分类提取的精度,对多光谱影像和全色影像进行预处理后融合,得到图 2c 所示的融合后局部地区的影像图。

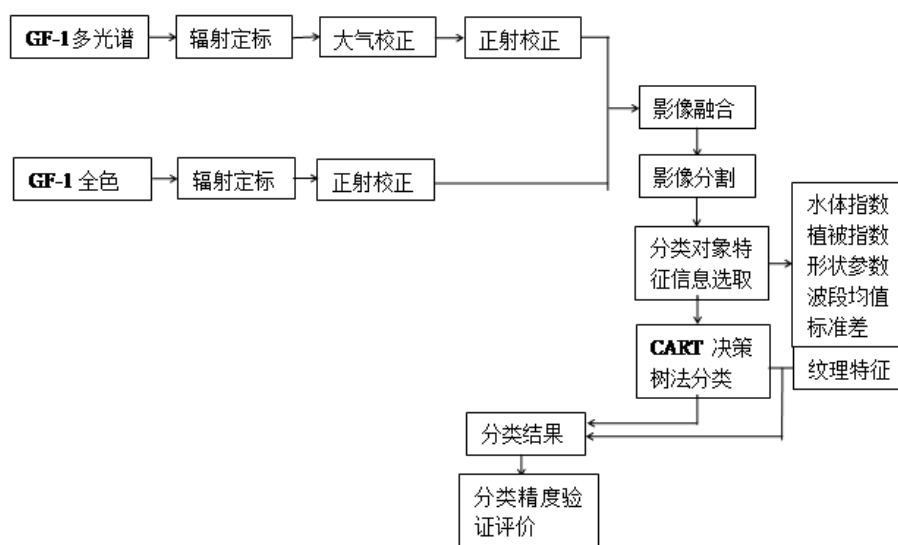


图 1 技术流程图

Fig.1 Technique flow



(a)原始多光谱波段影像部分区域图

(b)原始全色波段影像部分区域图



(c)8 m 分辨率多光谱波段和 2 m 分辨率全色波段预处理影像融合结果

图 2 影像预处理结果图

Fig.2 Image preprocessing results

2 面向对象分类

2.1 面向对象分类原理

面向对象分类方法是一种影像自动分析方法，是由多个像元组成的像元群，目标对象比单个像元分析更具有意义^[6]。本文采用的 eCongition 面向对象分类是在影像分割的基础之上，影像分割是

进行分类的核心步骤之一。影像分割包括多尺度分割和基于分类结果的分割，基于经验和无背景知识的分割一般不易直接分出我们所感兴趣的目标对象，通常运用以上两种分割方式反复对影像对象进行调整，直到影像对象达到合理的分割效果。

2.2 影像分割策略

覆盖研究区的 GF-1 影像一景覆盖面积约为

32*32 公里，融合后数据量均达到 3G 以上，本研究裁剪出覆盖安庆市区的区域并利用 Developer 完成影像的分块处理后，进行分割、分类、结果统计和成果输出。根据假彩色合成影像中城市居民建筑物分布表现为灰黑色的矩形片状分布，工、商建筑物分布表现为蓝顶或高亮影像特征，城郊乡镇建筑物表现为不规则形状的灰白色显示分布的特征，采用多尺度分割与光谱差异分割相结合的方式，多次试验，得到一个较好的分割尺度。

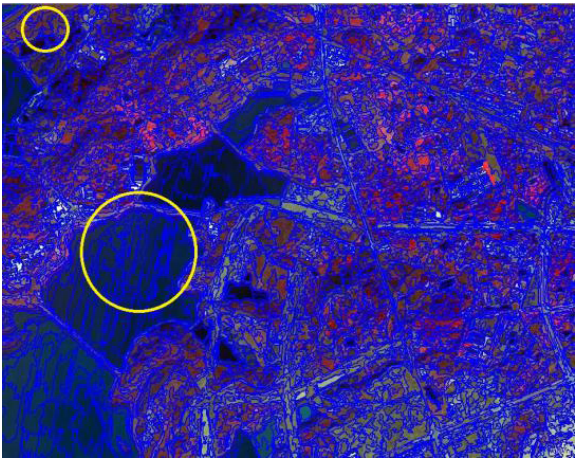
由于本文重点研究影像中多种不同类型建筑物的分类，因此，在进行多尺度分割策略时，尽量保证以尽可能大的分类尺度下能够对建筑物与其它地物进行准确分割。通过多次改变分割尺度和分割参数，初步分析结果显示，针对 2 m 分辨率的 GF-1 全色和多光谱融合影像数据，多尺度分割参数(scale)设置为 120，形状参数(shape)设置为 0.2，紧致度参数(compactness)设置为 0.5 较合适，形成有效的特征地物单元，具体参数设置如表 1 所示。如图 3(b)所示，该尺度下能够细分水域于陆地，能区分绿地、耕地与建筑物，但是会

形成大大小小的影像对象，斑块比较破碎，不利于分类效率和精度。

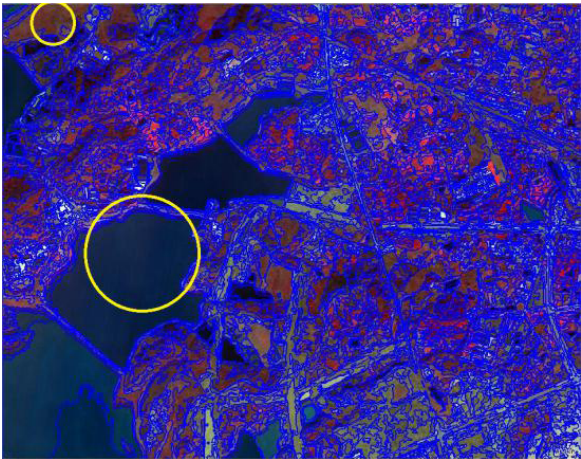
光谱差异性分割也是一种自上而下的分割方式，基于多尺度分割结果进行光谱差异性分割，将光谱相似的水体、农田、道路等区域进行合并形成较大的对象，而光谱差异大的建筑物分布区域形成破碎的对象，分割后形成较好的结果。如图 3(b)所示，水体变成了较大的斑块，农田也进行了合并，通过合并同质对象，减少了对象个数，有利于分类精度的提高。在此基础上利用 CART 决策树对影像进行分类，获取研究区的建筑物分类结果。

表 1 多尺度影像分割参数设置
Table 1 Parameter settings of multi-scale image segmentation

分割尺度	同质性标准			
	颜色参数	形状参数	形状参数设置	
			光滑度	紧凑度
120	0.8	0.2	0.5	0.5



(a)多尺度分割结果



(b)多尺度分割与光谱分割结合结果

图 3 影像分割对比图

Fig.3 Image segmentation and contrast diagram

2.3 训练区选择

训练样本的选择对遥感影像的分类好坏有很大的决定作用，因此训练样本应充分体现研究区的地物类型特征，减小“同谱异物”的影响，同时，样本分类类型不能存在多个亚类别，如存在，需要对亚类别进行合并，归类到大类的训练区^[8-9]。结合内业和外业的调查样本，采用类分离矩阵作

为衡量指标来检测所选的任意两个训练样本之间的可分离程度，通过统计得出所有特征组合的最低分离度为 0.7649，接近最佳组合的 0.765。最后，综合目视解译和可分离度分析，并结合前文的分析，分类类别确定为 8 类，分别为植被、水体、道路、阴影、裸地、灰白屋顶(砖混结构房屋)、其它建筑(框架结构工、商建筑)、灰黑屋顶(框架结构房屋)。根据所选样本点在光谱、形状

和纹理等特征的基础上构成训练样本信息进行分类。各类别的相关定义如表 2 所示。

表 2 分类体系中各类别相应定义
Table 2 Corresponding definitions of categories in classification system

地物类型	遥感影像解译标志 (真彩色影像)
植被	以人工植被为主的农田、果园、草场、人造林和城市绿地, 影像特征为深绿色不规则区域。
水体	一定区域内地表水或地下水补给的河流、湖泊、水库、人工水塘, 影像特征为浅蓝或深蓝色不规则片状或线状区域。
灰白屋顶	多为平顶, 此类房屋多为砖混结构, 框架结构较少; 城区多层 (低于 6 层) 楼房多为多层砖混结构, 影像上呈现灰白色相元混合的片状区域。
亮白屋顶	房顶表层多为反光涂料如白色轻质隔墙板的建筑或金属材质框架工、商业建筑表面, 在影像上呈现高亮白色, 光谱特征明显区别于其它建筑。
灰黑屋顶	其光谱特征与道路的相似多为高层钢筋混凝土建筑, 房顶为混凝土结构, 多层或高层, 同时伴生与屋顶成一定角度的阴影 (高层建筑), 屋顶不一定为规则图形, 单排列规则。
道路	水泥或柏油表面为主的公路、城市道路、乡道、厂矿道等, 影像上为灰色线状特征。
阴影	亮度较暗, 建筑物阴影呈带状, 具有一定长宽, 影像光谱特征与水体相似。
裸地	主要是由于采伐或建设施工造成的空旷且没有长出植被的土地, 影像上为浅黄色不规则区域。

2.4 CART 决策树分类法

Breiman 在 1984 年提出 CART (Classification And Regression Tree) 决策树算法, 决策树进行遥感影像分类主要有三个阶段组成: 第一为确定地物类型, 统计训练区地物类型信息; 第二为构造选取多种于地物类别相关特征, 形成规则建立决策树的节点; 第三为检查分类结果是否准确反映地物类别, 如果不能, 需要对决策类型和样本进行调整^[10-12]。本研究所使用的 CART 决策树算法在 eCongintion 6.4 的基础上构建而成, 利用 GF-1 融合影像, 根据 CART 决策树面向对象分类方法对影像进行决策树分类, 生成的决策树, 最终得到研究区分类结果图和居民房屋矢量输出结果如图 4 所示。

2.5 分类精度评价

为客观评价研究区不同分类方法的质量高低和结果精度, 需要对分类结果进行精度和质量评价。其中, 混淆矩阵可以了解每一种类别的样本总数、错分及漏分的样本数量, 总体分类精度 Kappa 系数反映整个图件的分类精度。具体精度评价数据如表 3 所示, 基于 CART 决策树面向对象分类法得到的总体精度为 83.9%, Kappa 系数为

82.1%。从结果中可以看出, 各类地物形状清晰, 分类的精度也较高, 并且通过辅助形状、纹理特征, 能够将光谱和形状特征有差异的框架房屋和砖砌房屋提取出来, 并能够通过明显的线状特征将光谱特征相似的道路和裸露土地区分开, 解决了“同谱异物”的现象。

2.6 对比分析

本文将根据《区域级抗震救灾指挥部地震应急基础数据库格式规范要求》, 将地震应急数据库中的同一年份的政府统计数据作为对比分析数据, 将应急数据库的建筑物统计数据类型和遥感分类结果类型进行统一。其中, 非框架结构和砖混结构的房屋建筑均归类为其它结构建筑, 确定为框架结构、砖混结构和其它结构三种大类。在此基础上, 基于 ArcGIS 软件平台对安庆市城区居民地建筑物类型应急数据库进行统计分析, 计算得到以街道为行政区划的各类建筑物的面积和百分比, 最终获得安庆市区居民地建筑物数据可视化统计图, 如图 5 所示。最后, 将建筑物统计数据和 GF-1 遥感影像以行政区划“街道”为单位进行对比分析, 获得框架结构、砖混结构和其它结构 3 类建筑物精度对比结果, 如表 4 所示。

根据表 4 的数据, 基于误差评价公式 $E = (C - C_1)$

$/C \times 100\%$, 其中 C 为建筑物统计数据, C_i 为遥感解译结果。根据误差评价公式得到居民地建筑物分类结果解译精度评价结果, 计算得出建筑物类型遥感解

译误差范围在 $-34.29\% \sim 32.23\%$ 之间, 表明通过遥感影像可以得到城区建筑物基本类型数据, 但是存在一定误差。产生误差的主要原因可能是:

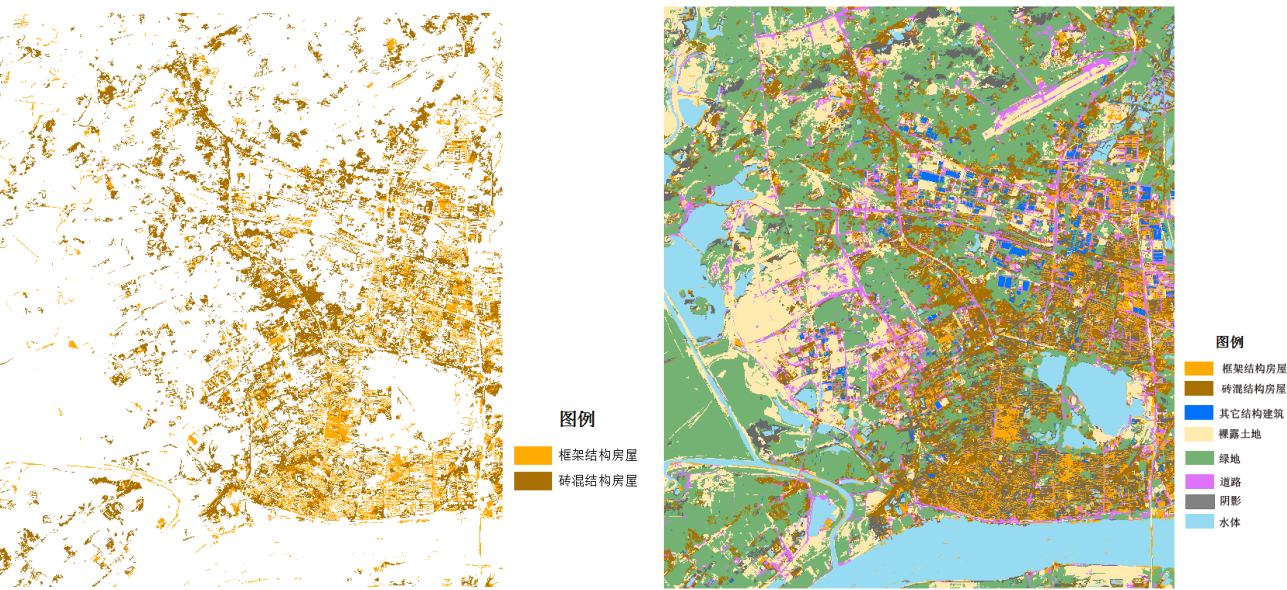


图 4 居民房屋矢量输出结果和整体分类结果图

Fig.4 Vector output and overall classification of resident housing

表 3 基于 CART 决策树面向对象分类结果精度评价表 (单位: 相元)

Table 3 Accuracy evaluation table of object-oriented classification result based on CART decision tree (unit: phase element)

	框架房屋	裸露土地	钢结构建筑	绿地	框架建筑	砖混房屋	道路	阴影	水体	总数	正确分类数	用户精度/%
框架房屋	260	0	0	0	0	9	0	0	0	269	260	96.65
裸露土地	4	98	0	0	0	0	0	0	0	102	98	96.08
其它建筑	20	0	105	0	267	0	0	0	0	392	364	92.86
绿地	0	0	1	196	0	0	0	0	0	197	196	99.49
砖混房屋	22	0	0	0	0	84	0	0	0	115	84	73.04
道路	7	0	0	0	0	0	94	0	0	103	94	91.26
阴影	2	0	0	0	0	0	0	156	0	158	156	98.73
水体	0	0	0	0	0	0	0	0	98	98	98	100

注: 总体精度=0.839, kappa 系数=0.821

(1)框架结构与砖混结构房屋的错分、砖混结构与其它类型房屋的错分, 因为其它类型房屋中包含有框架结构的非居民地建筑物以及钢结构厂房等建筑物, 无法完全准确通过遥感软件进行准确识别。

(2)对城市居民地进行遥感分类统计, 计算的是每一个分类的像元面积, 都是采用单层面积计算, 而统计数据是多数基于建筑物的多层或高层

总面积, 所以总体是基于遥感影像数据统计的建筑物面积较实际应急数据库中统计数据小。

面向对象的影像分析方法与传统的基于相元的方法相比, 提供了多种分类规则, 丰富了地物特征类型, 分类精度较基于相元的方法相比, 有了较大幅度的提高, 地物形状清晰, 能够消除“胡椒盐”现象。同时, 相比于基于相元的分类, 影像对象能够转换为矢量 shape 文件, 将影像分类

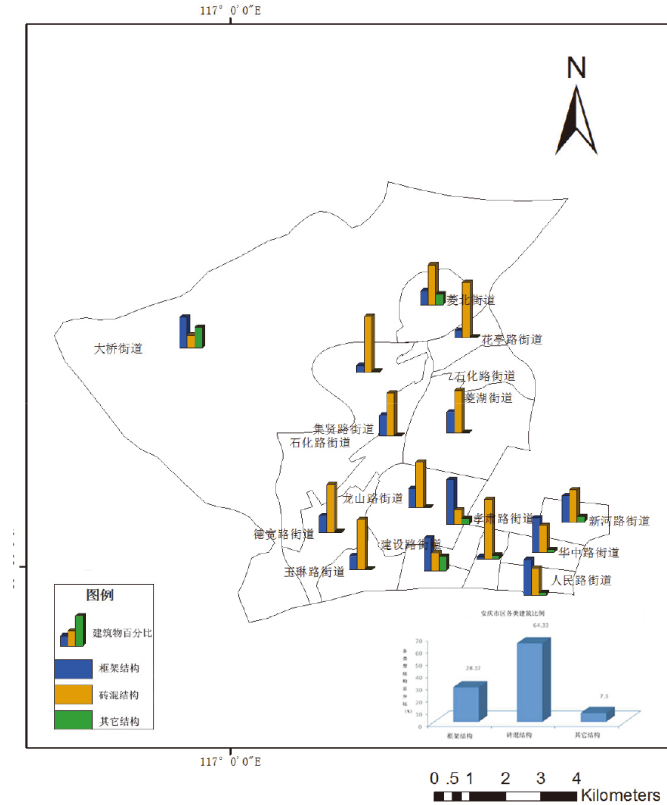


图 5 安庆市城区居民地建筑物分类图

Fig.5 Classification map of residential buildings in Anqing city

表 4 建筑物类型统计数据与遥感解译结果对比

Table 4 Comparison of statistical data of building types and remotely sensed interpretation results

行政区划	政府统计数据/(%)			遥感解译数据/(%)		
	框架结构	砖混结构	其它结构	框架结构	砖混结构	其它结构
大桥街道	47.78	19.83	32.39	45.64	21.76	32.6
花亭路街道	12.05	85.97	1.97	11.22	86.42	2.36
集贤路街道	31.9	67.22	0.88	31.28	67.64	1.08
菱湖街道	32.52	66.59	0.89	32.49	66.36	1.15
龙山路街道	29.16	70.04	0.8	28.56	70.48	0.96
德宽路街道	25.27	74.39	0.7	24.42	74.64	0.94
新河路街道	0.41	50.27	49.32	0.52	52.74	46.74
孝肃路街道	69.03	21.92	9.05	70.89	21.65	7.46
宜城路街道	2.69	91.82	5.48	3.21	91.44	5.35
华中路街道	53.72	41.63	4.65	53.94	42.67	3.39
玉琳路街道	21.74	77.66	0.6	22.37	76.83	0.8
建设路街道	50.51	27.65	21.84	45.13	30.48	24.39
人民路街道	54.55	41.51	3.94	55.78	41.55	2.67
石化路街道	11.48	86.64	1.88	14.75	83.13	2.12
菱北街道	21.40	61.80	16.80	24.35	60.93	14.72

结果直接转换为 ArcGIS 软件中的矢量多边形输出,并可计算建筑物面积。同时,这种分类方法的分割和迭代工作流程更有利于地物提取精度的提高,可作为地震应急基础数据更新的辅助手段。

(1)分类过程中,对影像的分割尺度和参数的选取直接影响训练样本的准确性。同时,训练样本的选择对分类结果精度有重要影响。依据训练样本误差矩阵的结果发现,基于 CART 决策树面向对象分类的总体精度为 83.9%, Kappa 系数为 0.821,说明对 GF-1 所覆盖的研究区范围的分类取得较好结果。在此基础上,通过应急数据库建筑物统计数据与遥感影像解译数据的对比分析,结合 GF-1 号解译标志,得到安庆市市区居民地建筑物类型主要有框架结构、砖混结构、其他结构(包括其它砖木、土木、钢结构等)3 大类,各类型占比分别为 28.37%、64.33%、7.3%,对比解译精度在-34.29% ~ 32.23%,说明基于 GF-1 遥感影像获取建筑物数据用于更新地震应急数据库是可行的,能够较好的区分砖混/框架结构房屋,以及蓝色房顶、亮白房顶的其它结构建筑物,该研究方法可适用于城区房屋基本类型的识别。但是因部分砖混结构和框架结构影像存在类似的情况,也会导致识别结果存在一定误差。解决此问题可借助无人机倾斜摄影,针对不同的区域建筑物特点建立遥感影像解译标志,辅助影像分类识别。

(2)基于 GF-1 号遥感影像提取居民地建筑物类型的技术路线,虽然对 GF-1 号影像采用基于 CART 决策树面向对象分类取得较为满意的结果,但自动提取方法仍然处于探索阶段,无法完全进行建筑类型的细化分类,建筑物类型的遥感分类结果应用于实际区域建筑物数据统计分析精度还无法满足要求,但可作为辅助地震应急基础数据库更新的手段之一。

参考文献:

- [1] 樊舒迪,胡月明,刘振华. 一种新的面向对象城市建筑物信息提取方法研究[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2015,47(6):91-97.
- [2] 周亚男,沈占锋,骆剑承,等. 阴影辅助下的面向对象城市建筑物提取[J]. 地理与地理信息科学,2010,26(3):37-40.
- [3] 郝兰朋. 面向对象技术在城市建筑物提取中的应用研究[D]. 西安:西安科技大学,2011.
- [4] 齐乐,岳彩荣. 基于 CART 决策树方法的遥感影像分类[J]. 林业调查规划,2011(4):63-66.
- [5] 汤国安. 遥感数字图像处理 [M]. 北京:科学出版社,2004.
- [6] 孙晓霞,张继贤,刘正军. 利用面向对象的方法从 IKONOS 全色影像中提取河流和道路[J]. 测绘科学,2006,31(1):62-63.
- [7] 侯伟,鲁学军,张春晓,等. 面向对象的高分辨率影像信息提取方法研究——以四川理县居民地提取为例[J]. 地球信息科学学报,2010,12(1):119-125.
- [8] 陈鑫. 基于决策树技术的遥感影像分类研究[D]. 南京:南京林业大学,2006.
- [9] 郝泷,陈永富,刘华,等. 基于纹理信息 CART 决策树的林芝县森林植被面向对象分类[J]. 遥感技术与应用,2017,32(2):386-394.
- [10] Aguilar M A, Saldana M M, Aguilar F J. GeoEye and World View -2 Pan-sharpened Imagery for Object-based Classification in Urban Environments [J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(7):2588-2606.
- [11] 陶超,谭毅华,蔡华杰,等. 面向对象的高分辨率遥感影像城区建筑物分级提取方法[J]. 测绘学报,2010,39(1):39-45.