

引用格式: Zhuo Li, Huang Xinrui, Wang Fang, *et al.* A 3D Building Reconstruction Method based on Stereo Images and High Spatial Resolution Images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(6): 1062-1068.  
[卓莉, 黄信锐, 王芳, 等. 基于高空间分辨率与立体像对遥感数据的建筑物三维信息提取[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1062-1068.]

# 基于高空间分辨率与立体像对遥感数据的 建筑物三维信息提取

卓 莉<sup>1</sup>, 黄信锐<sup>1</sup>, 王 芳<sup>2</sup>, 陶海燕<sup>1</sup>, 郑 璟<sup>3</sup>

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 综合地理信息研究中心,

广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广东 广州 510275;

2. 广州大学地理科学学院, 广东 广州 510063; 3. 广东省气候中心, 广东 广州 510080)

**摘要:** 准确获取建筑的三维分布信息对于城市规划与管理、灾害风险评估与防范以及灾后救助等都具有非常重要的意义。针对目前建筑物信息提取研究集中于二维平面信息提取, 三维信息提取研究较少, 且方法自动化程度较低, 实用性和推广性不足, 提出了综合立体像对和高空间分辨率两种遥感数据进行建筑物三维信息提取的方法。首先, 基于小波变换融合方法对 GeoEye-1 高空间分辨率全色和多光谱影像进行融合, 然后运用面向对象方法对融合后的高空间分辨率遥感影像进行建筑物基底轮廓提取, 再利用 IRS-P5 立体像对反演地物高度, 最后通过数据整合获得研究区建筑物的三维空间分布。研究表明: 该方法可以充分利用不同遥感数据的优势, 获得较高的提取精度; 研究所需数据容易获取, 方法具有较好的可操作性和推广性。

**关 键 词:** 高空间分辨率; 立体像对; 建筑物; 三维信息提取; 面向对象

**中图分类号:** TP 79      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-0323(2013)06-1062-07

## 1 引 言

建筑物是人类生产生活的主要场所, 承载着人类经济社会的大部分财富, 准确获取建筑的三维空间信息对于城市规划与管理、灾害风险评估与防范以及灾后救助等都具有非常重要的意义<sup>[1-3]</sup>。建筑物信息提取一直以来都是关注的热点, 但受遥感技术发展的制约, 早期研究主要是用航空照片通过目视解译获的方法提取建筑物, 效率较低。近年来, 随着高空间分辨率遥感、雷达遥感等技术与方法的进步, 建筑物信息提取研究得到了较快发展, 但多集中于利用高空间分辨率影像进行建筑物平面信息的提取<sup>[4-5]</sup>, 而对建筑物三维信息提取的研究较少, 且方法的自动化程度和实用性不够, 较难推广应用。

建筑物三维信息提取建立在二维平面提取的基础之上, 常常包括 3 个步骤: 建筑物平面轮廓提取、高度反演与信息复合。建筑物平面轮廓提取所用方法主要有两类: 基于建筑物屋顶直线特征的边缘提取方法和面向对象的提取方法。基于建筑物屋顶直线特征的提取方法原理简单, 所需数据量较少, 但当目标物边缘不明显、影像背景较为复杂时, 误检漏检率较高<sup>[6-7]</sup>。面向对象的建筑物轮廓提取方法可以充分利用目标对象的光谱、纹理等信息, 易于操作, 且具有较快较好的提取效果<sup>[8-9]</sup>。

建筑物高度反演主要有基于建筑物阴影的反演方法、基于雷达影像的方法、基于机载激光雷达(LiDAR)点云数据和基于立体像对的方法四大类。基于阴影长度估算建筑物高度的方法应用较多<sup>[10]</sup>, 但该方法在有

收稿日期: 2013-02-28; 修订日期: 2013-09-10

**基金项目:** 广东省自然科学基金面上项目“基于多源遥感与智能优化方法的人口空间分布模拟研究”(S2012010010517), 国家自然科学基金面上项目“基于遥感与智能优化方法的承灾体信息提取及分布模拟研究”(41371499), 中山大学翰林教授千人计划科研启动项目(2011-2014); “863 计划”主题项目第二课题“时空过程综合模拟系统”(2012AA121402)。

**作者简介:** 卓 莉(1973—), 女, 湖南张家界人, 副教授, 主要从事资源环境遥感与地理信息科学研究。E-mail: zhuoli@mail.sysu.edu.cn。

地形干扰或建筑比较密集的情况下无法获得精确的建筑物高度,具有较大的局限性;基于合成孔径雷达(SAR)估计建筑物高度的方法目前仍面临图像配准难、解译难和自动化程度低等问题<sup>[11-12]</sup>。基于 LiDAR 数据的建筑物三维重建是最近几年快速发展起来的方法,主要采用分割方法获取建筑的轮廓与高度,精度较高<sup>[13-14]</sup>,但 LiDAR 数据价格昂贵,覆盖范围小,数据不易获取,较难推广。基于立体像对的建筑物高度反演原理清楚,数据易于获取,方法相对容易且能获得较高精度<sup>[15-18]</sup>,比较而言是一种可行且可靠的建筑物高度提取法,但目前主要是针对航空立体像对。

根据上述分析,建筑物平面轮廓与高程获取所采用的数据与方法均存在较大差异,利用常规的单一遥感数据难以获得较高精度的建筑物三维信息,需充分利用多源数据优势。因此,本文基于 GeoEye-1 高空间分辨率遥感影像与 IRS-P5 立体像对遥感数据,综合利用面向对象方法及立体像对测绘方法,建立了一种自动化程度较高且易于应用的建筑物三维信息提取方法。

2 研究区与数据

研究所用的基础数据为覆盖上海市奉贤区金汇镇的 GeoEye-1 高空间分辨率遥感数据和 IRS-P5 立体像对数据,数据简介见 2.2 和 2.3;辅助数据包

括行政边界、实地调查数据等。

2.1 研究区

根据数据获取情况,综合考虑数据处理工作量、程序运算负荷、行政边界的完整性,以及研究区建筑物特点,选择金汇镇中部的泰日居委会为研究区。泰日居委会具有复杂多样的建筑物楼群,包括密集的城中村建筑,楼距较宽的多层住宅小区,学校、医院等公共建筑,以及工厂厂房等中大型建筑,能够很好地检验建筑物三维信息提取方法应用于不同类型建筑物时的适用性。

2.2 GeoEye-1 高分辨率遥感数据

GeoEye-1 卫星具有分辨率高、测图能力强、重访周期短等特点,其全色影像分辨率 0.41 m,多光谱影像分辨率 1.65 m,包含蓝色可见光、绿色可见光、红色可见光和近红外 4 个波段(450~900 nm);除了全色和多光谱影像,该卫星还能获取同轨立体像对影像,且重访周期短(3 d);此外,Geoeye-1 影像定位精度高(可达到 3 m),对地面控制点的需求也较少<sup>[19]</sup>。这种空间分辨率高、定位精度高的特点非常适合建筑物轮廓的提取,但是 Geoeye-1 立体像对价格偏高,如果用来提取建筑物高程则成本较大,难以推广。因此建筑物的高程将用相对经济的 IRS-P5 立体像对数据获取。覆盖研究区的 Geoeye-1 全色和多光谱遥感影像如图 1 所示,获取时间为 2009 年 2 月。

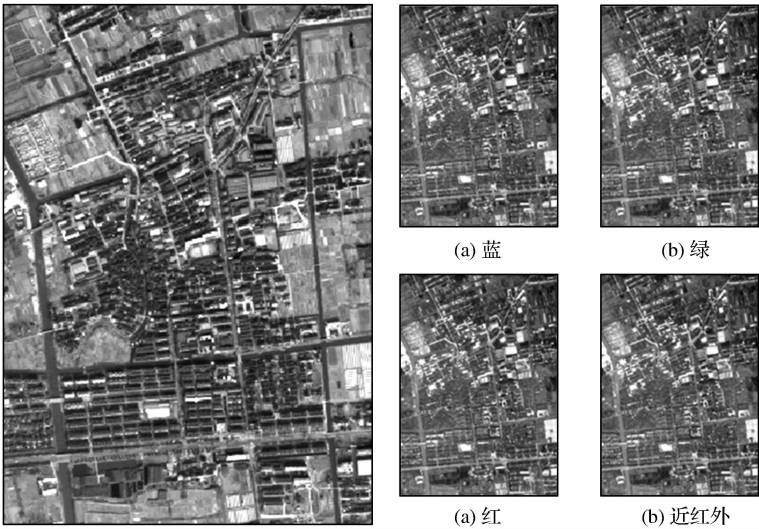


图 1 研究区域 Geoeye-1 全色影像与多光谱影像

Fig. 1 Geoeye-1 images of the study area (panchromatic band and multispectral bands)

2.3 IRS-P5 立体像对数据

IRS-P5 是印度航天部 2005 年 5 月发射的一颗专业测图卫星。搭载两个分辨率为 2.5 m 的全色传感器,提供立体观测和非立体单片观测两种模式。立体

观测时,它们沿轨道方向分别前视 26°、后视 5°连续推扫形成同轨立体像对。这种组合的立体观测方式有利于减小大高差地区的遮挡,且后视影像可以制作良好的正射影像。IRS-P5 提供了有理函数模型所需要

的有理多项式系数以及物理模型参数,在高精度及均匀分布的地面控制点的支持下,IRS-P5 立体像对数据在平原区测量的平面和高程精度均可达到 2 m 以

内<sup>[20]</sup>,比较适用于区域建筑物三维空间分布信息提取。本研究所用 IRS-P5 影像的获取时间为 2010 年 9 月,覆盖研究区的前视和后视影像如图 2 所示。

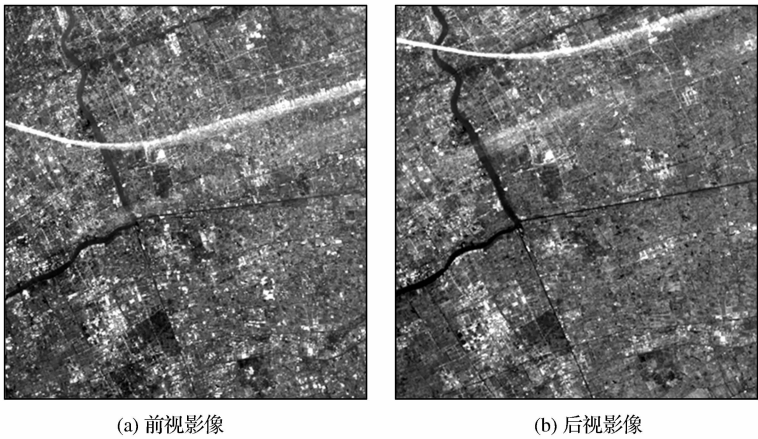


图 2 研究区域 IRS-P5 立体像对  
Fig. 2 IRS-P5 stereo images of the study area

3 研究方法

根据前言对建筑物信息提取方法的分析,结合数据限制和方法优劣两方面的考虑,本文将综合利用 GeoEye-1 高空间分辨率遥感影像和 IRS-P5 立体像对遥感数据进行建筑物三维信息的提取。首先,利用小波变换融合对 GeoEye-1 高空间分辨率全色和多光谱影像进行融合,然后运用面向对象方法基于融合后的影像提取建筑物轮廓,再根据 IRS-P5 立体像对反演建筑物高度,最后通过数据整合获得建筑物的三维空间分布。主要流程如图 3 所示。

3.1 基于面向对象方法的建筑物轮廓提取

影像融合能够增强影像判读的可靠性,提高数据分类和目标识别的准确性<sup>[21]</sup>,因此,在建筑物基底轮廓提取之前,首先对 GeoEye-1 的多光谱影像和全色影像进行了融合。考虑到基于小波变换的融合方法采用非线性关系来融合不同类型的影像数据,可以克服线性融合方法的不足,并具有变焦性、信息保持性和小波基选择的灵活性等优点<sup>[22]</sup>,本研究采用基于小波变换的融合方法进行了数据融合。将融合后的影像与原始影像进行比较可以发现,融合后的影像比原始影像边缘特征更加明显,更加有助于提高建筑物轮廓提取的精度。

遥感影像上获取的主要是建筑物的顶部信息,因此,建筑物平面轮廓的提取实质上是对建筑物顶部轮廓的识别。面向对象方法能够充分利用空间相邻关系、几何、光谱与纹理等信息,对同一类地物进行识别,而不同建筑物的屋顶具有不同的光谱、形状和纹理,因此,面向对象方法非常适用于建筑物轮廓提取,其应用步骤如下:

(1)图像分割。图像分割是面向对象分类的关键,本研究采用的是多分辨率分割算法。基于该方法对图像进行分割时,需要确定各图层的权重、光谱异质性和形状异质性的权重、紧致度和光滑度权重以及尺度参数。这些参数都与分割生成的对象大小紧密相关,其中,尺度参数影响最为明显。根据研究区建筑物的几何特征(长度、宽度和面积等),研究中依次将尺度参数设为 40、25、10 个像素对影像进行

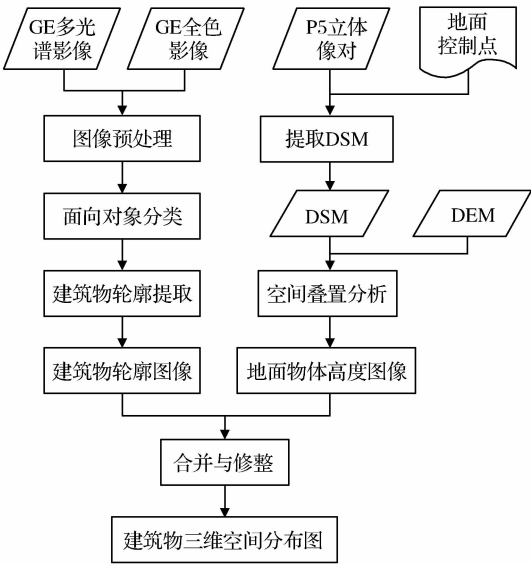


图 3 建筑物信息提取技术流程图

Fig. 3 Flowchart of building information extraction

3 种尺度的分割。对于光谱特征与周围地物反差较大且面积较大的建筑物(如工厂厂房),在大尺度分割下就可以获得完整划一的轮廓,而对于光谱与周围地物差异较小且面积较小的建筑物(如城中村建筑),则需要按照中、小尺度进一步分割为更小的对象,并通过下面的步骤进行归类与整合。

(2)面向对象分类。影像被分割为对象之后,通过构建规则进行面向对象的分类。本研究中,首先

将影像对象分为人工地物和自然地物两大类,再将人工地物分为建筑物和非建筑物,自然地物则分为水体和植被两类;由于研究区内建筑物类型复杂多样,因此为了提高分类的精度,进一步根据建筑物屋顶的光谱特征、纹理及面积、长宽比、紧致度等形状特征,将研究区的建筑物划分为工厂厂房、公共建筑、多层住宅楼、低层新房、低层旧房等类别,各类建筑物的典型特征如表 1 中所述。

表 1 泰日居委会各类建筑物典型特征  
Table 1 Characteristics of different building types in tairi community

建筑物类别	光谱特征	形状特征	纹理特征
工厂厂房	屋顶反照率较高,多为白色或蓝色	面积大,长宽比低(接近正方形),紧致度和光滑度高	纹理非常均一
公共建筑	屋顶为浅灰色或红色	面积较大,形状不规则,紧致度和光滑度低	纹理较为均一
多层住宅楼	屋顶为灰色或棕色	面积中等,长宽比较高,紧致度和光滑度较高	纹理较为复杂
低层新房	屋顶多为橙色或红色	面积较小,长宽比低(接近正方形),紧致度和光滑度较高	纹理较复杂
低层旧房	屋顶多为深灰色或深棕色	面积小,长宽比低(接近正方形),紧致度和光滑度较高	纹理较为均一

(3)建筑物对象合并与修整。多尺度分割所产生的对象中可能会出现一些细碎的小单元,因此在完成面向对象分类之后,还需要进行建筑物对象的合并与修整,即将相邻且属于同一建筑物的分割小单元合并为一个完整的对象。此外,部分建筑物与周围的地物在光谱特征上较为接近,在分类时容易遗漏或错分,需要适当地进行人工修整。

(4)输出建筑物平面轮廓提取结果。将经过合并与修整的建筑物对象输出并保存为矢量格式,得到建筑物平面轮廓提取结果。此时的建筑物平面分布图不仅包含建筑物的轮廓信息,而且包含建筑物的光谱、面积等属性信息。

3.2 基于立体像对的地物高程反演

严格来讲,基于立体像对建模得到的并不是数字高程模型(DEM),而是数字表面模型(DSM),DSM 包含了地面地物的高度信息,因此,需结合研究区 DEM 数据,通过 DSM 与 DEM 的叠置分析,去除 DEM 的影响,方可得到研究区地物的高度数据。研究区 DSM 的获取使用 ENVI 软件的 DSM 提取模块来实现:首先,用矩形截图工具截取覆盖泰日居委会的 IRS-P5 立体像对,包括前视和后视影像;然后,在基于立体像对提取 DSM 的模块中,选择图幅范围内 12 个均匀分布的实地测量点作为地面控制点,并选取 50 对图像上的高精度匹配点,进行 DSM 的提取;并设置目标图像的分辨率为 2 m×2 m,输出研究区 DSM 图像影像。最后,在 ArcGIS 软件中用图层运算工具将研究区的 DSM 与 DEM

相减,获得研究区地表物体高度分布图层。

3.3 建筑物三维信息提取

将已提取的建筑物轮廓数据与地表物体高度分布图层进行空间叠置,获取每一个建筑物对象的高度。由于对应于同一建筑物内的地物高度数据不相等,而一般认为建筑物高度是唯一的,因此我们将地面物体高度反演结果与研究区建筑物高度实地调查结果进行了比较分析,发现建筑物实地调查高度接近于该建筑物内地面高度反演结果的最大值,最后确定将建筑物轮廓内地物高度值中的最大值作为其高度值。

为了对反演结果进行精度评价,以实地考察时采样的 15 个建筑物高度数据作为参考,并用反演建筑物高度与实测建筑物高度之差的绝对平均值进行精度评价。

4 研究结果

4.1 建筑物平面轮廓提取精度评价

基于面向对象方法提取的建筑物平面轮廓如图 4 所示。对建筑物平面轮廓提取结果的评价包括两个方面:一是检验建筑物提取数量准确与否,即能否准确提取出不同类别建筑物的个数,我们用提取出的建筑物个数与实际建筑物个数之比  $P_n$  表示;二是检验提取出的建筑物轮廓是否精确,即能否与建筑物真实轮廓吻合,文中分别用提取建筑物的周长与真实建筑物周长之比  $P_c$ 、提取建筑物的面积与真实建筑物面积之比  $P_a$  表示。对于高空间分辨率遥



图 4 建筑物轮廓图

Fig. 4 Building outline extraction result

感影像的识别而言,人工目视解译的精度要高于各类计算机自动识别方法,因此以人工目视解译得到的研究区内各类建筑物的数量、面积与周长作为比较标准。

从面向对象方法提取的建筑物轮廓图中,随机抽取 120 个建筑物样本,每一类 24 个,分别计算  $P_c$  和  $P_a$ , 以此对基于面向对象方法自动提取的建筑物平面轮廓进行了验证。结果见表 2 所示。

从统计结果来看,研究所采用的方法对于形状比较规则、间距较大、背景简单的多层住宅楼和低层新房识别率可达到 100%;对于工厂厂房的识别率也较高,仅对于个别形状不规则且背景复杂的厂房无法正确识别;但对于屋顶形状非常不规则、建筑物之间多存在毗连的公共建筑,以及毗连更加明显、间距非常小且光谱特征非常接近的低层旧房的识别准确率相对较低,但误差仍在可接受范围之内。

表 2 研究区各类建筑物提取数量准确率

Table 2 Accuracy of extraction of different building types

建筑物类别	自动提取建筑物 对象个数	实际建筑物栋数	数量提取 准确率( $P_n$ )/%	轮廓提取精度	
				平均周长比( $P_c$ )/%	平均面积比( $P_a$ )/%
工厂厂房	24	25	96	98.7	95.3
公共建筑	63	68	92.6	93.5	90.2
多层住宅楼	93	93	100	99.7	98.1
低层新房	57	57	100	99.3	96.7
低层旧房	741	796	93.1	94.9	91.4

4.2 建筑物高度反演结果与分析

将建筑物轮廓提取结果与建筑物高度信息整合后形成的建筑物三维空间分布结果如图 5 所示。为了对建筑物高度反演结果进行精度评价,我们以实地测量的 15 个建筑物高度数据作为参考,计算反演建筑物高度与实测建筑物高度的误差,详见表 3。从表 3 中数据可以看出,最大误差为 3.1 m,最小误差为 0.7 m,平均绝对误差为 2.03 m,在可接受的范围之内。

5 结 语

针对当前基于卫星遥感数据进行建筑物三维空间信息提取的研究较少,且现有方法自动化程度较低、实用性和可推广性较差,难以满足应用需求,提出了一种综合利用高分辨率遥感数据和立体像对遥感数据进行建筑物三维信息提取的方法。利用这一方法可以快速获得建筑物的平面轮廓、高度、(屋顶)光谱、面积等信息,具有较高的自动化程度,以及较



图 5 研究区建筑物三维空间分布

Fig. 5 3D building reconstruction results

表 3 建筑物高度反演误差统计

Table 3 Errors of building height estimation

检验样本编号	反演高度/m	实测高度/m	误差	检验样本编号	反演高度/m	实测高度/m	误差
1	4.0	5.6	−1.6	9	11.0	13.6	−2.6
2	7.0	4.2	2.8	10	8.0	10.4	−2.4
3	10.0	9.0	1.0	11	15.0	11.9	3.1
4	6.0	7.5	−1.5	12	11.0	12.7	−1.7
5	9.0	8.3	0.7	13	18.0	15.2	2.8
6	7.0	9.1	−2.1	14	17.0	18.6	−1.6
7	19.0	16.5	2.5	15	22.0	19.3	2.7
8	14.0	12.7	1.3	平均绝对误差	—	—	2.03

好的精度(建筑物轮廓提取的精度可达 95%,高度反演的平均绝对误差为 2.03 m)。类似研究在目前尚不多见,弥补了当前建筑物三维信息提取方法应用性不强的缺陷,可以为城市管理部门、民政部门等提供有效的基础数据,为城市规划与管理、灾害风险评估、防范与灾后救助等提供支持。

文中提出方法所需要的基础实验数据容易获取,所使用的辅助数据较少,这种受数据限制较少的特点,使方法更易推广应用。此外,文中提出的方法虽然是针对 GeoEye-1 高空间分辨率遥感数据和 IRS-P5 立体像对遥感数据提出,但集成这两类遥感数据的思路也适用于其他具有同类性质的高空间分辨率遥感影像和立体像对影像。

虽然提出的方法具有较高的精度与较好的应用性,但还有很多工作有待进一步深入:如在建筑物较为密集、光谱特征比较接近、轮廓不清晰或毗连较多的情况下,目前使用的建筑物轮廓提取方法效果不是很好,还需要人工调整,方法的自动化程度和提取精度都有待进一步提高。下一步研究中将探索将边缘提取算子与区域增长分割方法结合起来,并对建筑物多尺度分割的最优分割尺度进行探讨,进一步改进分割算法的效率和效果。此外,研究所提出的方法目前应用的区域较小,应用于较大区域时的精度、效率等仍需要通过进一步的研究来检验与改进。

参考文献(References):

[1] Sun A'li, Shi Chun, Shi Yong. Hazard Assessment on Rainstorm Waterlogging Disasters in Huangpu District, Shanghai based on Scenario Simulation[J]. Scientia Geographica Sinica, 2010, 30(3): 465-468. [孙阿丽, 石纯, 石勇. 基于情景模拟的暴雨内涝危险性评价——以黄浦区为例[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 465-468.]

[2] Zhu Jing. Urban Flash-flood Risk Assessment: A Case Study in Wenshan City, Yunnan [J]. Scientia Geographica Sinica,

2010, 29(4): 655-64. [朱静. 城市山洪灾害风险评价——以云南省文山县城为例[J]. 地理研究, 2010, 29(4): 655-644.]

[3] Marzorati S, Luzi L, Petrini V, et al. Detection of Local Site Effects through the Estimation of Building Damages[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2003, 23(6): 497-511.

[4] Tao Chao, Tan Yihua, Cai Huajie, et al. Object-oriented Method of Hierarchical Urban Building Extraction from High-resolution Remote-sensing Imagery [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010(1): 39-45. [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(1): 39-45.]

[5] Qiao Cheng, Luo Jiancheng, Wu Quanyuan, et al. Object-oriented Method based Urban Building Extraction from High Resolution Remote Sensing Image[J]. Geography and Geo-Information Science, 2008, 24(5): 36-39. [乔程, 骆剑承, 吴泉源等. 面向对象的高分辨率影像城市建筑物提取[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(5): 36-39.]

[6] Simonton E, Oriot H. Rectangular Building Extraction from Stereoscopic Airborne Radar Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005, 43(10): 2386-2395.

[7] Cha J, Cofer R H. Extended Hough Transform for Linear Feature Detection[J]. Pattern Recognition, 2006, 39(6): 1034-1043.

[8] Jin X, Davis C H. Automated Building Extraction from High-Resolution Satellite Imagery in Urban Areas Using Structural, Contextual and Spectral Information[J]. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2005, (14): 2196-2206.

[9] Zheng J L, Shi Y C. Building Extraction from High Resolution Satellite Imagery based on Multi Scale Image Segmentation and Model Matching [J]. International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing, 2008, 7(2): 1-7.

[10] Cheng F, Thiel K H. Delimiting the Building Heights in a City from the Shadow in Panchromatic SPOT-image-Part 1. Test of Forty-two buildings[J]. Remote Sensing, 1995, 16(3): 409-415.

[11] Tupin F. Merging of SAR and Optical Features for 3D Reconstruction in a Radar Grammetric Framework[C]//IGARSS, Alaska, 2004: 395-398.

[12] Zhu Junjie, Ding Chibiao, You Hongjian, et al. Extraction of Building Height from High-resolution SAR Image[J]. Mod-



- ern Radar, 2006, 28(12): 76-79. [朱俊杰, 丁赤飏, 尤红建, 等. 基于高分辨率 SAR 图像的建筑物高度提取[J]. 现代雷达, 2006, 28(12): 76-79. ]
- [13] Awrangjeb M, Ravanbakhsh M. Automatic Detection of Residential Buildings Using LiDAR Data and Multispectral Imagery[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2010, 65(5): 457-467.
- [14] Dong P, Ramesh S, Nepali A. Evaluation of Small-area Population Estimation Using LiDAR, Landsat TM and Parcel Data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(21): 5571-5586.
- [15] Baillard C, Maitre H. 3D Reconstruction of Urban Scenes from Aerial Stereo Imagery: A Focus of Strategy[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 76(3): 244-258.
- [16] Chen Aijun, Xu Guangyou, Shi Yuanchun. Automated 3D Building Modeling based on Urban Aerial Stereopair[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(1): 54-59. [陈爱军, 徐光祐, 史元春. 基于城市航空立体相对的全自动三维建筑物建模[J]. 测绘学报, 2002, 31(1): 54-59. ]
- [17] Wang Weixi, Song Weidong, Liu Yanchun. Precision Analysis of 3D Reconstruction Model based on Generalized Stereopair[J]. Science of Surveying and Mapping, 2012, 4: 31-33. [王伟玺, 宋伟东, 刘艳春. 广义立体像对三维重建模型精度分析[J]. 测绘科学, 2010, 4: 31-33. ]
- [18] Gong Fanchao, Zhang Yongsheng. A Study of Semiautomatic Extraction of Building from the Aerial Image[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2002, 10: 15-18. [巩丹超, 张永生. 基于航空影像的建筑物半自动提取技术研究[J]. 测绘通报, 2002, 10: 15-18. ]
- [19] Yu Xin, Li Hejun, Jia Guangjun, *et al.* Block-adjust and Analysis with GeoEye-1 Imagery[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2011, (1): 28-30. [虞欣, 李和军, 贾光军, 等. GeoEye-1 卫星影像定向精度初步分析[J]. 测绘通报, 2011, (1): 28-30. ]
- [20] Fan Xingwang. DEM Extraction and Accuracy Assessment based on IRS-P5 Stereo Images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(4): 547-551. [范兴旺. IRS-P5 立体像对提取 DEM 及精度评价[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(4): 547-551. ]
- [21] Li Xinliang. The Study of Methods of Quantitative Evaluation on Remote Sensing Image Fusion and Actualization[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2007, 22(3): 460-465. [黎新亮. 遥感图像融合定量评价方法及实验研究[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(3): 460-465. ]
- [22] Meng Jinghui. Study on Fusion and Evaluation Methods for Remote Sensing Images[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2010(1): 93-97. [孟京辉. 遥感图像数据融合方法与评价方法[J]. 河北农业大学学报, 2010(1): 93-97. ]

## A 3D Building Reconstruction Method based on Stereo Images and High Spatial Resolution Images

Zhuo Li<sup>1</sup>, Huang Xinrui<sup>1</sup>, Wang Fang<sup>2</sup>, Tao Haiyan<sup>1</sup>, Zheng Jing<sup>3</sup>

(1. Center of Integrated Geographic Information Analysis, Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation, School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

3. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China. )

**Abstract:** Acquisition of accurate 3-Dimension buildings information in urban environment is of great importance to urban planning and management, disaster risk assessment and prevention. This paper presents a 3D building reconstruction method based on IRS-P5 stereo images and GeoEye-1 high resolution images. Firstly, we performed image fusion to the GeoEye-1 multi-spectral bands and panoramic band to get a high spatial resolution multi-spectral image. Then the image was classified using the object-based classification method. Outlines of buildings were extracted from the classification and modified result. The IRS-P5 stereo images were used to extract Digital Surface Model (DSM). Elevations of above-surface features were calculated by subtracting the registered Digital Elevation Model (DEM) from the DSM. Finally, the 3D buildings were reconstructed by combining buildings' outlines their elevations. Results of our case study in the Tairi community, Fengxian District, Shanghai prove that our method can produce accurate 3D building information. The method also has great potential of application, furthermore IRS-P5 and GeoEye-1 images are easily available.

**Key words:** High resolution image; Stereo images; Building; 3D reconstruction; Object-based classification