

# 基于 ALOS 卫星图像阴影的天津市建筑物高度及分布信息提取

张晓美, 何国金\*, 王威, 焦伟利, 王钦军

中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 北京 100194

**摘要** 光谱差异是提取建筑物阴影信息的一个重要依据。基于 ALOS 卫星图像阴影与建筑物高度关系的分析, 文章阐述了依据阴影来估算建筑物高度的原理和方法, 辅以数据融合的方法, 利用多光谱影像中的光谱差异从 ALOS 全色图像中准确提取阴影信息, 从而建立一种基于图像阴影提取城市建筑物高度及分布信息的标准化流程。同时, 在天津的城市建筑物高度获取试验中, 建筑物高度提取精度的抽样验证率达到 87.6%, 初步显示出了 ALOS 卫星数据在城市建筑物高度测量方面的巨大潜力。

**关键词** 高分辨率卫星遥感影像; 光谱差异; 阴影; 建筑物高度

中图分类号: TP751.1 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)07-2003-04

## 引言

阴影是高空间分辨率遥感影像中最常见的问题之一, 对于某些应用, 阴影可能是一种干扰因素。但是, 对于一些特定的应用目的, 阴影也是一个重要的信息, 可以利用城市建筑物的阴影计算建筑物的高度信息, 从而成为利用单幅影像进行建筑物高度信息提取的一种重要方法<sup>[1-5]</sup>。

ALOS 卫星 2.5 m 全色分辨率数据主要用于建立高精度数字高程模型。星下点成像模式幅宽 70 km, 重访周期 46 d, 目前基本能满足我国绝大部分城市建筑物高度信息提取的需要。由于全色数据具有 2.5 m 的高分辨率和 70 km 的幅宽, 以及星下点成像的特点, 使得在获取大范围城市建筑物高度信息方面具有一定的潜力。分析 ALOS 卫星成像的几何特性, 建立测高模型, 并进行 ALOS 图像阴影提取城市建筑物高度信息具有重要的应用价值。

阴影测高的方法主要利用建筑物及阴影成像几何模型, 通过建立阴影长度与对应建筑物高度的关系来计算建筑物。Cheng<sup>[6]</sup>和 Thiel<sup>[7]</sup>等建立了阴影与建筑物高度模型, 并辅以高精度地形图去除了高程的影响; 何国金等<sup>[8]</sup>提取 SPOT 影像中的建筑物的高度信息用于蜂窝式电话网站的布点和建设; Ye 等<sup>[9]</sup>利用 2.5 m 的 spot 5 影像提取了北京地区高层建筑物的高度及分布信息; Shettigara 等<sup>[10]</sup>又提出了一种在子像元级确定阴影边界的方法并发展了基于最佳阈值选择的

阴影信息提取程序; 在阴影提取中, 也可以利用纹理信息和特征对影像进行各种分析和处理<sup>[11,12]</sup>, 这对于提高测算精度是十分有利的。本文综合分析 ALOS 卫星成像过程中太阳、卫星、建筑物、阴影之间的几何关系, 建立了阴影测高模型, 并进行阴影信息的提取和估算, 从而生成建筑物的高度信息。

## 1 城市建筑物高度估算原理和方法

### 1.1 太阳、建筑物、阴影的关系

在遥感影像上, 由于太阳照射而形成的阴影是比较常见的。阴影在遥感图像上表现为低亮度值, 尤其在多光谱波段组成的彩色图像上容易识别。当太阳光照射在物体侧面时, 所形成的阴影反映了物体的侧面形状, 另外, 阴影还包含着物体的三维信息, 通过阴影的特征分析可以大体确定建筑物的模型。

为了计算简化, 假定如下条件是成立的:

- (1) 物体垂直于地球表面;
- (2) 物体的影子直接投影在地面上;
- (3) 影子从物体的底部开始。

在不考虑太阳方位角对建筑物阴影影响的情况下, 太阳高度角、卫星高度角与建筑物高度、阴影的相对几何关系如图 1 所示。

由图 1 可知, 阴影的成像部分为  $L_2 = S - L_1$ , 则建筑物

收稿日期: 2010-08-30, 修订日期: 2010-11-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(60972142), 天津主城区与塘沽地区下垫面信息提取(201004), 自然资源和地理空间基础信息库《卫星遥感数据分中心》建设项目(发改投资[2007]2409号)资助

作者简介: 张晓美, 1978 年生, 中国科学院对地观测与数字地球科学中心助理研究员 e-mail: xzmzhang@ceode.ac.cn

\* 通讯联系人 e-mail: gjhe@ceode.ac.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的阴影长度为

$$L2 = S - L1 = \frac{h_1}{\tan\beta} - \frac{h_1}{\tan\theta} \rightarrow h_1 = \frac{L2 \times \tan\beta \times \tan\theta}{\tan\theta - \tan\beta}$$

其中β为太阳高度角，θ为卫星高度角。

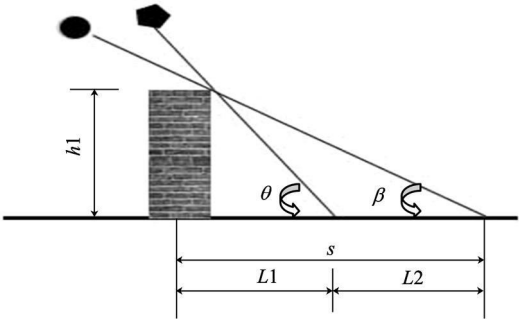


Fig 1 Estimation of the size of the penumbra for typical building

当卫星高度角为 0(即所成图像为星下点)或者卫星传感器扫描方向与太阳照射方向相反,则可以看到影子的全部,这时 L1= 0; 则

$$L2 = S = \frac{h_1}{\tan\beta} \rightarrow h_1 = S \times \tan\beta$$

2 影像数据处理

2.1 研究区概括

研究区 ALOS 数据 5 景(表 1),包括 2 景 10 m 分辨率多光谱影像和 3 景 2.5 m 分辨率全色影像。其中,天津主城区多光谱影像 1 景(序号 1),全色影像 2 景(序号 3 和序号 4);塘沽城区多光谱和全色影像各 1 景(序号 2 和序号 5)。

Table 1 ALOS image of object region

| 序号 | 影像                | 波段数 | 空间分辨率/m | 数据拍摄日期       |
|----|-------------------|-----|---------|--------------|
| 1  | ALAV 2A174322810  | 4   | 10      | 2009/ 05/ 03 |
| 2  | ALAV 2A198682810  | 4   | 10      | 2009/ 10/ 17 |
| 3  | ALPSM W 174322810 | 1   | 2.5     | 2009/ 05/ 03 |
| 4  | ALPSM W 174322815 | 1   | 2.5     | 2009/ 05/ 03 |
| 5  | ALPSM W 198682815 | 1   | 2.5     | 2009/ 10/ 17 |

2.2 数据处理及建筑物高度信息提取

天津建筑物高度信息提取工作流程图如图 2 所示。

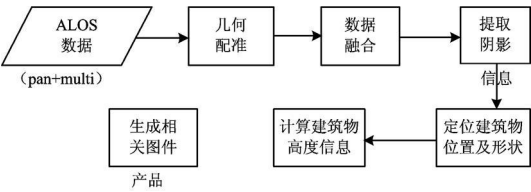


Fig 2 Flow chart for the extracting of construction

(1) 几何配准

由于 alos 数据的 pan 波段与多光谱波段存在几何位置偏差,因此,融合之前先要进行两种数据之间的几何配准。

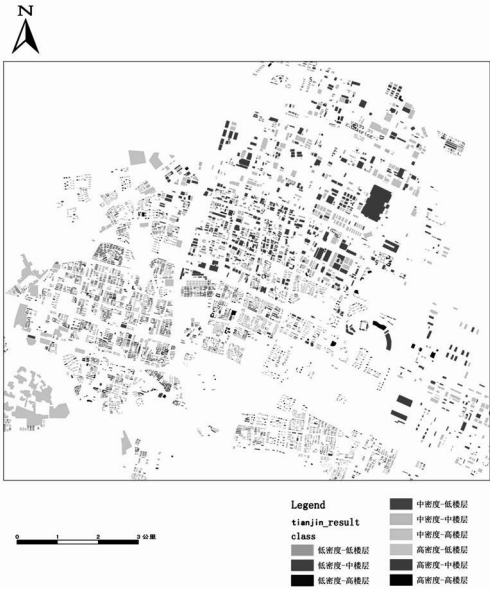


Fig 3 Combination map of building height and density in 100 m grid in Tian Jin

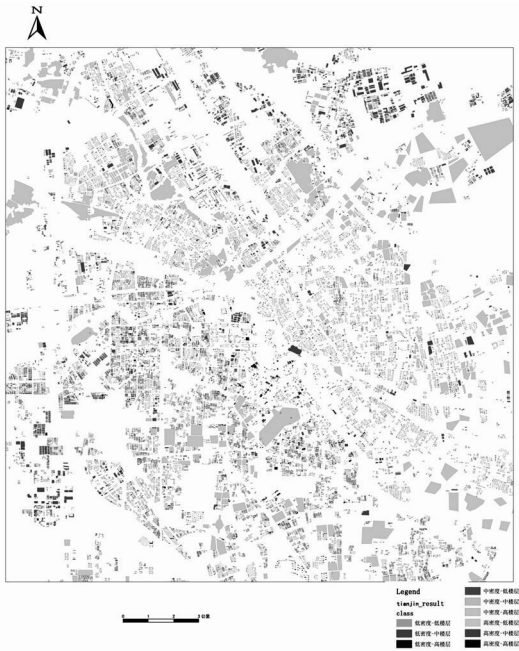


Fig 4 Combination map of building height and density in 100 m grid in Tian Jin

(2) 数据融合

在比较多种融合方法效果之后,我们选择 pansharp 融合方法。该方法是基于统计原理的,它利用最小方差技术对参与融合波段的灰度值进行最佳匹配并利用此原理调整单个波段的灰度分布以减少融合结果的颜色偏差,因此效果较好。

(3) 提取阴影信息及定位建筑物位置和形状

由融合图像生成阴影信息图,通过对图像地物阴影和建筑物的总体信息进行相关运算来定位建筑物的位置和检测建筑物的形状。

#### (4) 计算建筑物高度信息

由式(1)可知,阴影和建筑间的计算系数分别为:1.923, 1.988和0.855,即ALOS全色图像中1个pixel(2.5 m)的阴影长度相当于建筑物1.923, 1.988和0.855 m的高度,这一数值关系是生成建筑物高度信息的基础。

#### (5) 生成相关图件产品

建筑物的分级标准采用《民用建筑设计通则》3.1中有关建筑物的高度定义,分级内容为:①低层 $\leq 10$  m;②中层 $> 10$  m和 $< 24$  m;③高层 $\geq 24$  m。

根据提取的建筑物信息图生成100 m格网建筑密度分布图,密度分级内容为:低密度: $\leq 9.5\%$ ;中密度: $9.5\% \sim 29\%$ ;高密度: $\geq 29\%$ 。

天津城区及塘沽区100 m格网建筑高度、密度组合类型分布图分别见图3和图4。

### 3 建筑物高度提取和精度分析

项目采取随机抽样验证的方式。研究区建筑物实际高度采用美国奥卡OPTI-LOGIC 800HL激光测距仪测量,测高精度为 $\pm 1$  m(一般在200 m内是 $\pm 0.5$  m,200 m以外是

$\pm 1$  m)。

天津主城区及塘沽区建筑物参加调查的点为121个,其中不符合精度要求的为15个,建筑高度提取精度为87.6%,满足总体验证精度80%以上、个体垂直高度精度在2个像元左右(7.5 m)的要求。

### 4 结束语

对于用遥感影像进行建筑物高度测量,由于成像过程采样影响,影像的几何分辨率是影响测量精度的主要因素。除此之外,对阴影的提取精度也会影响测量精度,当阴影映射到河流、绿化带等较暗的地物上时会造成阴影的误判;或者当高层建筑物的阴影叠加在一起引起阴影提取的失败,此外,对于比较复杂的建筑物,也存在一些问题。因此,在进行下一步的工作时,要充分考虑地物情况,使阴影提取的自动化和精度都得到进一步的提高。

利用ALOS卫星2.5 m全色分辨率数据,对阴影进行精确的判读,并建立城市建筑物估算模型,形成标准化的生产流程。本项目的研究对数字城市三维模型建立、无线通讯网点布设、城市建筑规划等方面有很大的应用潜力。

致谢:中国科学院对地观测与数字地球科学中心王桂周,秦静,王铎,龙腾飞,刘复生,马应召等参加了部分工作,在此一并感谢!

### References

- [1] Paul M. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2005, 71(2): 169.
- [2] ZHOU Xir tie(周心铁). Earth Observation and Digital Cities(对地观测技术与数字城市). Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 2001.
- [3] RAN Qiong, CHI Yaor bin, WANG Zhi yong, et al(冉琼,迟耀斌,王智勇,等). Remote Sensing Information(遥感信息), 2008, (4): 18.
- [4] LIU Long fei, WANG Rui jun, DONG Wei ping, et al(刘龙飞,王锐君,董卫平,等). Remote Sensing Technology and Application(遥感技术与应用), 2009, 24(5): 631.
- [5] Cheng F, Thiel K H. INT. J. Remote Sensing, 1995, 16(3): 409.
- [6] Hartl Ph, Cheng F. J. Remote Sensing, 1995, 16(15): 2829.
- [7] HE Guo jin, CHEN Gang, et al(何国金,陈刚,等). Journal of China Image and Graphic, Part A(中国图象图形学报A辑), 2001, 6(5): 425.
- [8] Ye zhi wei, Zhu Lin, Gong Hui li. Extracting Height Distribution Information About High-rise Buildings of Beijing Using Shadow in Spot-5 Data, IGARSS, 2008.
- [9] Shettigara V K, Sumerling G M. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998, 64(1): 35.
- [10] Zhong Y. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2006, 72(7): 799.
- [11] Yu Qian, Gong Peng. Object Based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery, 2006, (7).

# Extracting Buildings Height and Distribution Information in Tianjin City from the Shadows in ALOS Images

ZHANG Xiao mei, HE Guo jin\*, WANG Wei, JIAO Wei li, WANG Qir jun

Center for Earth Observation and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100194, China

**Abstract** Spectral difference is an important aspect for extracting shadows of buildings. Based on the analysis of the relationship between the building heights and the shadows in ALOS Images, the paper presents the principle and the method for building heights estimation in a city from the shadows of an image, and works out a feasible approach to determining shadow zones in a panchromatic ALOS Images. It has also contributed a standard process for extracting buildings distribution information of different heights in a city from the shadows in a panchromatic ALOS Images. A result with about 87.6% accuracy has been achieved while applying this technique to Tianjin City, which has demonstrated prospective applications of satellite remote sensing to urban purposes.

**Keywords** High resolution spatial images; Spectral difference; Shadow; Building height

(Received Aug. 30, 2010; accepted Nov. 26, 2010)

\* Corresponding author