

基于单张遥感影像的城市建筑物高度提取研究

王京卫 郭秋英 郑国强

(山东建筑大学 土木工程学院 山东 济南 250101)

Research on Urban Building Height Extraction from Single Satellite Image

WANG Jingwei , GUO Qiuying , ZHENG Guoqiang

摘要: 城市建筑物高度信息在城市监测、规划、管理以及各项城市经济活动中有着重要的应用,在分析建筑物阴影成像同太阳、卫星的几何关系基础上,给出利用单张遥感影像提取建筑高度信息的模型。该模型根据单张遥感影像上建筑物房顶角点与其阴影的长度来计算建筑物高度,并且提取的建筑物高度同实测值相比绝对误差在 ± 1 m以内。该方法操作简单灵活、快捷高效,可应用于城市大规模建筑物高度信息的提取,具有较高的实用价值。

关键词: 遥感影像; 建筑物阴影; 建筑物高度

一、引言

城市建筑物高度是城市规划、城市建设项目管理和城市各项经济活动中的重要数据,也是建设三维数字城市的重要基础数据。目前利用GPS、全站仪野外测量或利用航空影像立体像对获取建筑物高度的方法,虽然在技术上十分成熟,但投资大、成本高、效率低。而利用LiDAR技术提取建筑物高度则对数据的质量要求很高,数据处理复杂,数据获取成本相应也很高,这都限制了LiDAR数据在获取城市建筑物高度中的应用。近年来,随着高分辨率卫星影像(如QuickBird、WorldView等)的应用范围越来越广,从中提取建筑物高度已成为城市信息获取和更新的重要手段。国内外一些学者通过利用遥感影像中的建筑物阴影信息,建立了由单幅遥感影像提取建筑高度的模型^[1-5]。这些已有的建筑物高度提取模型,均需要对建筑物的阴影长度进行量算,并需要知道建筑物方位、垂直投影长度等信息,增加了计算的难度,不利于建筑物高度的快速提取。特别是当卫星和太阳在建筑物的两侧时,由于建筑物本影的影响,已有的算法很难准确地提取地面建筑物阴影长度,降低了提取的精度。

本文从城市建筑物高度获取简捷经济高效的实际需求出发,在对单张QuickBird遥感影像上建筑物成像时的阴影与太阳、卫星的几何关系分析的基础上,研究了一种利用单张遥感影像提取城市建筑物高度的方法,该方法拓宽了城市建筑物高度获取

的技术途径。

二、城市建筑物高度提取模型

当太阳高度角小于卫星高度角时,建筑物阴影在遥感影像上是常见部分,它在影像上表现为低亮度值,比较容易识别。建筑物阴影在影像上包括本影和落影两部分,本影指建筑物的背光墙面;落影是指建筑物在地表投射的影子。遥感影像上的建筑物阴影是一种特殊的噪声,它提供了关于建筑物、太阳、卫星之间的几何关系信息,也包含了建筑物的三维信息。

为了计算简化,假设建筑物处于平原地带,无地形因素的干扰且建筑物结构比较简单,而且垂直地表。遥感影像成像时,CCD传感器进行逐行逐像元扫描,在整个扫描过程中,由于成像时间很短,每景影像的范围很小,且由于我国处于中纬度,所以可以认为每个像元的太阳高度角和方位角,卫星高度角和方位角与影像中心像元一致。对于高分辨率遥感影像(分辨率高于5 m),由于太阳方位角对阴影的影响比较明显,所以必须加以考虑。

太阳高度角和方位角、卫星高度角和方位角与建筑物的高度、阴影的关系,如图1所示。

图1中 H 为建筑物高度; M 为建筑物房顶的角点; β 为太阳高度角; θ 为太阳方位角; α 为卫星高度角; φ 为卫星方位角; δ 为卫星和太阳的方位角交角; M' 为建筑物房顶角点 M 的阴影在影像上的位置; M'' 是建筑物房顶角点 M 在影像上成像的位置;

收稿日期: 2011-05-20

基金项目: 住房和城乡建设部科学技术项目(2010-K9-55); 山东省艺术科学重点课题(2011223)

作者简介: 王京卫(1978—),男,山东德州人,主要从事测绘科学与技术的教学与科研工作。

$M'M''$ 即 L 为影像上的建筑物房顶角点与其阴影的距离。根据卫星成像的几何关系可得如下公式

$$\left. \begin{aligned} M'N &= H \tan \beta \\ M''N &= H \tan \alpha \\ \delta &= \theta - \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

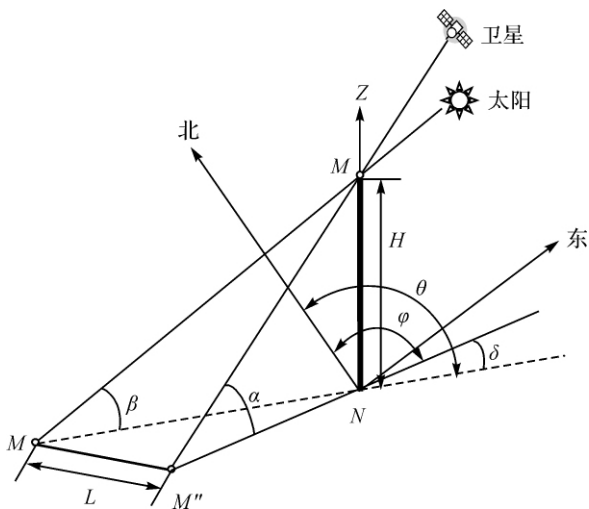


图1 太阳和卫星高度角、方位角与建筑物阴影之间的关系

在 $\triangle M'M''N$ 中,应用余弦定理可得

$$M'M''^2 = M'N^2 + M''N^2 - 2M'N \cdot M''N \cdot \cos \delta \quad (2)$$

即

$$L^2 = H^2 \tan^2 \beta + H^2 \tan^2 \alpha - 2H^2 \tan \beta \tan \alpha \cos \delta \quad (3)$$

因此,建筑物的高度 H 为

$$H = L \cdot (\tan^2 \beta + \tan^2 \alpha - 2 \tan \beta \tan \alpha \cos \delta)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\text{令 } k = (\tan^2 \beta + \tan^2 \alpha - 2 \tan \beta \tan \alpha \cos \delta)^{-\frac{1}{2}}$$

则

$$H = L \cdot k \quad (5)$$

当遥感影像作正射校正后,消除了太阳方位角和卫星方位角的影响,即太阳方位角和卫星方位角相等时,式(4)可简化表示为

$$H = L / (\tan \beta - \tan \alpha) \quad (6)$$

因此,从理论上讲,只要知道太阳和卫星的高度角、方位角以及影像上的建筑物房顶角点与其阴影的距离,就可以计算出建筑物的高度。在特殊情况下无法获得卫星成像参数时,可以通过实测影像上某建筑物的实际高度,反求出常数 k 的值,并通过式(5)来计算建筑物的高度。

三、影像处理

本文所选取的数据为2006年山东建筑大学新

校区的 QuickBird 影像,包括全色 0.61 m 分辨率影像和 1 m 分辨率多光谱影像。为了更精确地提取建筑物的高度,对影像进行融合,并分别提取建筑物阴影和建筑物屋顶信息。

1. 影像融合

采用增强真彩色融合法进行影像融合,先对全色影像和多光谱影像采用主成分分析融合法;再对融合图像进行自然色彩变换,形成与地物、色调基本一致的自然色彩图像;然后对融合后的影像进行融合效果检查。融合后影像亮度偏低、灰阶较窄,可采用线性拉伸、亮度对比度、色彩平衡、色度、饱和度和明度调整等方法进行色调调整。处理后的研究区影像如图2所示。



图2 研究区影像

2. 阴影信息提取

对融合后的影像,首先采用光谱特征分类法提取阴影信息,提取阴影信息用监督分类的最大似然分类方法。最大似然分类是一种非线性监督分类,主要采用 Bayes 判别准则进行分类。另外再采用阈值分割图像法提取阴影信息,阈值分割就是先确定一个处于图像灰度取值范围内的灰度阈值,然后将图像中各个像元的灰度值与这个阈值相比较,并根据比较结果将对应的像素分割成两类。本研究使用了单阈值分割算法。

把上述两种方法获得的阴影信息图进行逻辑“与”运算,生成一幅新的阴影信息图。逻辑运算采用逐像元判断法,如果两种方法提取出的都是阴影,则判断当前像元为阴影信息,其灰度值赋予 255;如果都不是,则判断当前像元为非阴影信息,其灰度值赋予 0;如果一种是一种不是,再结合人工判读来确定当前像元是否为阴影信息。

最后生成阴影专题信息图。要生成建筑物房顶阴影专题图,需要进行图斑检索。图斑检索后,每个图斑都具有各自的位置、编号信息,即得到一

幅只有阴影的专题图。最后剔除伪信息,即非建筑物房顶阴影信息,由于受到各种干扰因素的影响,可以通过限制阴影图斑最小面积和阴影图斑形态特征来区分不同的信息,排除干扰因素的影响。

3. 影像上建筑物房顶角点与其阴影长度提取

单纯用建筑物房顶部的光谱信息很难使其与其他地物分开。为了快速提取建筑物高度,可先对融合后的影像采用标准化制备指数(NDVI),把影像分为植被和非植被;再利用第四波段光谱信息把非植被分为建筑区域和阴影;对建筑区域,利用性状和面积特征分为屋顶和其他;最后进行类别的合并。对于分类得到的屋顶与实际形状有较大差异的需要进行屋顶形状优化;对于结构比较复杂的建筑物,需加入人工干预。

将分别处理后的建筑物房顶和阴影专题信息图层导入GIS中,提取建筑物房顶和阴影的矢量图形,提取的建筑物房顶和阴影图如图3所示。利用GIS软件的量距功能测量影像上建筑房顶角点与其阴影的长度,测量出的长度可作为图层属性数据保存在GIS中。测量选点时要注意房顶距离太阳最远的一点(即某一房顶角)需对应阴影中最远端,同样屋顶距离太阳最近的一点(亦即某一房顶角)需对应阴影中最近端。

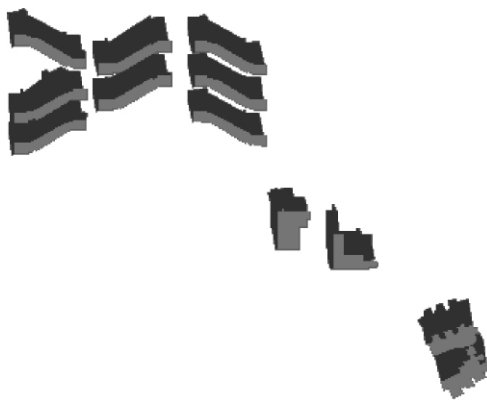


图3 提取的建筑物房顶和阴影位置图(黑色为建筑物阴影,灰色为建筑物房顶)

四、建筑物高度提取及精度分析

由于不知道研究区影像卫星成像参数,因此利用南方2"免棱镜全站仪,选取能够清晰辨认的建筑物,利用免棱镜测距功能对建筑物高度进行实测。在GIS中量取影像上建筑物房顶角点与其阴影的长度,利用式(5)求得: $k=0.956$ 。

再由此 k 值根据式(5)得出研究区9栋楼的高度及测量误差,如表1所示。

表1 建筑物提取高度及误差

建筑物编号	提取高度/m	实测高度/m	绝对误差/m	相对误差/(%)
1	17.98	18.30	-0.32	1.7
2	21.31	21.70	-0.39	1.8
3	20.50	20.90	-0.40	1.9
4	22.45	22.10	0.35	1.6
5	21.40	21.60	-0.20	0.9
6	21.51	21.90	-0.39	1.8
7	20.49	20.80	-0.31	1.5
8	22.59	22.80	-0.21	0.9
9	24.78	25.10	-0.32	1.3

由于试验区地势平坦,楼房屋顶为平顶,同时由于该方法可以灵活地选取影像上建筑物房顶角点与其阴影的距离,一栋建筑物上只要能选择出清晰辨认的2个点,即可准确地计算出建筑物的高度。所以本研究区提取的建筑物高度精度较高,高度提取精度在 ± 1 m之内。

五、结束语

本文研究的利用单张遥感影像进行城市建筑物高度提取的方法相对于已有方法,具有操作简单、灵活、快捷高效、提取精度高的优势。随着卫星影像分辨率的提高,该方法可以广泛应用于城市监测、规划、管理,以及房地产开发、常规地图制作等领域。应当指出的是,该方法对于地势平坦的平原地区建筑物高度提取具有良好的效果,对于地势起伏较大、地形复杂的地区,还需要考虑地形因素的影响,作进一步的研究。

参考文献:

- [1] 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 Building [J]. Remote Sensing, 1995, 16(3): 409-415.
- [2] 何国金, 陈刚, 何晓云 等. 利用 SPOT 图像阴影提取城市建筑物高度及其分布信息 [J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(5): 426-428.
- [3] 田新光, 张继贤, 张永红. 利用 QuickBird 影像的阴影提取建筑物高度 [J]. 测绘科学, 2008, 32(2): 88-89.
- [4] 张桂芳, 单新建, 尹京苑 等. 单幅高空间分辨率卫星图像提取建筑物三维信息的方法研究 [J]. 地震地质, 2007, 9(1): 180-187.
- [5] 冉琼, 迟耀斌, 王智勇 等. 基于“北京一号”小卫星影像阴影的建筑物高度测算研究 [J]. 遥感信息, 2008(4): 18-21.