No. 4 2004

Dec. 2004

利用 IKONOS 卫星图像阴影提取 城市建筑物高度信息

谢军飞,李延明

(北京市园林科学研究所 北京 100102)

摘要:在分析 IKONOS 卫星图像上建筑物阴影与实际高度关系的基础上,阐述了估算城市建筑物高度的原理和方法,并在以北京市中关村、天坛公园和北海公园为例的试验中,较为准确地得到了建筑物高度信息,从而显示出卫星遥感在城市园林规划与环境数值模拟等方面应用的巨大潜力。

关键词:遥感;IKONOS图像;图像阴影;建筑物高度

中图分类号:TP 753 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2004)04-0004-03

0 引言

近年来 随着一些高分辨率民用卫星的发射 ,有 关利用卫星图像进行建筑物高度估算的研究报道也 开始见诸报端 ,Cheng 和 Thiel 等利用 SPOT 全色图 像中建筑物阴影直接估算建筑物高度,并在42座建 筑物高度测量中获得 3.69 m 的均方根误差[1]。何 国金等也进行了同样估算,在以北京市为例的试验 中,建筑物高度分级抽样验证准确率达80%以上, 但由于 SPOT 全色图像分辨率相对较低 其介绍的方 法已进行了简化 ,仅对太阳方位角和卫星方位角相 差 180°的情况进行了计算[2]。在此基础上, 董玉森 等研究了利用高分辨率卫星数据中阴影信息进行建 筑物高度计算的原理和方法,主要考虑了太阳方位 角对阴影的影响,对卫星方位角的影响没有进行分 析,估算准确度不高[3]。为了快速、准确地得到建筑 物高度信息,本文对高分辨率遥感图像上建筑物高 度提取方法进行了探讨,并利用北京市中关村、天坛 公园及北海公园 IKONOS 图像进行了建筑物高度信 息的提取和验证 其结果完全满足模式计算要求。

1 城市建筑物高度估算原理和方法

1.1 太阳、卫星方位角及图像阴影与物体高度的几何关系

由于地形的影响,遥感图像上阴影是常见的部

分,它在图像上表现为低亮度值,在真彩色图像上比较容易识别。在这里,为了计算简化,我们做出如下的假设:①假设建筑物处于平原地带,且四周地表平坦,无地形因素的干扰;②假设建筑物外部结构比较简单,而且垂直地表。

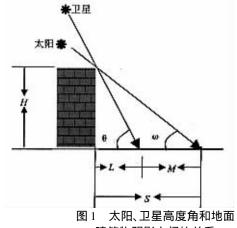
在上述假设条件下,根据太阳方位角和卫星方位角的相对关系,分以下3种情况进行分析。

1.1.1 太阳方位角和卫星方位角相等

如图 1 所示 ,设 H 为建筑物高度 ;S 为建筑物阴影长 ;M 为图像上成像阴影长 ,则

$$M = S - L = H/\tan\omega - H/\tan\theta \tag{1}$$

 $H = M \cdot \tan \omega \cdot \tan \theta / (\tan \theta - \tan \omega)$ (2) 式中 ω 为太阳高度角 : θ 为卫星高度角。



建筑物阴影之间的关系 太阳方位角和卫星方位角相差 180°

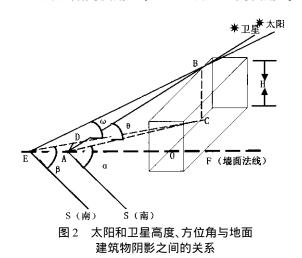
1.1.2 太阳方位角和卫星方位角相差 180° 如果太阳方位角和卫星方位角差值≥180°,就 能看到建筑物影子的全部,即L=0,则有

$$M = S = H/\tan\omega \tag{3}$$

$$H = S \cdot \tan \omega \tag{4}$$

1.1.3 太阳方位角和卫星方位角差在0~180°之间

如图 2 所示,假设太阳和卫星在建筑物的同一侧,在平坦的场地上,设 EF 为墙面法线;作辅助线 AD 平行于 CO; EC 为建筑物的实际阴影长度;ED 为遥感成像的阴影部分;BC 为建筑物的计算高度 H; $\angle SEC$ 为太阳方位角 β ; $\angle SAC$ 为卫星方位角 α ; $\angle CEB$ 为太阳高度角 ω ; $\angle BAC$ 为卫星高度角 θ 。



因此 ,在△AEC 中 ,

$$\angle ECA = \alpha - \beta$$
 (5)

 $在 \triangle ABC$ 中,

$$AC = BC / \tan\theta = H / \tan\theta \tag{6}$$

$$EC = BC / \tan \omega = H / \tan \omega$$
 (7)

根据上式和余弦公式

$$EA^2 = EC^2 + AC^2 - 2EC \cdot AC \cdot \cos \angle ECA$$
 (8)
再根据正弦定理可得

$$\sin \angle AEC = AC \cdot \sin \angle ECA / EA$$
 (9)

$$ED = EA / \cos \angle AEC$$
 (10)

在式(10)中 ED 作为遥感成像的阴影部分 ,其 长度可通过像素数得到 ,很显然 ,该式只有一个未知 数 ,即建筑物高度 H ,从而可通过计算得到。

很显然,太阳、卫星方位角的相差值还存在其它情况,其计算可参考上述方法进行,本文不再介绍。

1.2 原始数据的处理

虽然全色波段图像分辨率较高(1 m),但是,灰度图像上阴影一般表现为低辐射亮度,不容易被提取,而多波段(红、绿、蓝、近红外4个波段)虽然可组合成 RGB 图像,但分辨率较低(4 m)。考虑到全色波段和多波度图像的特点,为了提高影像的分辨率

又不丢失颜色特征,本文对全色与多波段数据进行主成分数据融合,从而比较好地解决了这一问题。数据融合后的图像分辨率为1 m,效果见插页彩片5 fo。其它所需的太阳方位角、高度角和卫星方位角、高度角等参数可在IKONOS 图像说明文件中得到。

2 试验区建筑物阴影长度与高度的关系

以北京中关村为试验区。IKONOS 过境时间为 2002 年 10 月 5 日 ,太阳高度角(ω) = 44. 503°,太阳 方位角(β) = 164. 640°,卫星高度角(θ) = 82. 290°,卫星方位角(α) = 196. 138°,根据太阳方位角和卫星方位角值,建筑物高度的计算可以用 1. 1. 3 节的公式进行,即

$$EA = 0.905 \ H$$

 $\sin \angle AEC = AC \cdot \sin \angle ECA / EA = 0.078$
 $ED = EA / \cos \angle AEC = 0.905 \ H / 0.994 = 0.91 \ H$
 $H = ED / 0.91$ (11)

即融合后图像中1个像素(分辨率为1 m)的阴影长度对应建筑物高度相当于1.1 m 这一数值关系是生成该试验区建筑物高度信息的基础。

由于数值模式的需要 ,本文还选择北京天坛公园和北海公园作为试验区 ,IKONOS 卫星的过境时间为 2002 年 10 月 5 日 ,当时太阳高度角 ω = 44. 518°,太阳方位角 β = 164. 747°,卫星高度角 θ 为 73. 360°,卫星方位角 α = 6. 212°根据太阳方位角和卫星方位角约 158°的差值 ,以及它们与该试验区建筑物的位置关系 ,建筑物高度的计算近似可以用 1. 1. 2 节的公式进行 ,即

$$M = S = H/\tan\omega$$

$$H = S \cdot \tan \omega = S \cdot \tan 44.518 \approx 0.983 S$$
 (12)

即融合后图像中1个像素(分辨率为1 m)的阴影长度对应的建筑物高度相当于0.983 m。这一数值关系是生成该试验区建筑物高度信息的基础。

3 结果与讨论

为了验证式(11)和式(12)的数值关系,本文对北京中关村地区某大厦和天坛公园内——祈年殿高度分别进行了计算,通过图像处理软件中的测量工具,测得遥感图像的某大厦和祈年殿阴影长度分别为0.7 cm 和1.05 cm ,其像素数分别约为28 个和40个 经过计算可得建筑物高度 *H* 分别为30.3 m 和

39.3 m ,与实际高度比较接近(表 1) ,其百分比误差(即计算所得的建筑物高度 H 与实际高度之差的绝对值与实际高度之百分比)分别为 6.3% 和 0.3%。

表 1 实验区建筑物随机抽样验证

建筑物编号	建筑物 高度 <i>H</i> /m	建筑物实际 高度/ m	百分比 误差/%	地 点
1(祈年殿)	39.3	38.2	2.8	天坛公园
2(某大厦)	30.3	28.5	6.3	中关村
3(皇穹宇)	20.6	19.2	7.3	天坛公园
4(白塔)	36.8	35.9	2.4	北海公园
5	22.4	21.1	6.1	天坛公园
6	15.5	13.8	12	天坛公园
7	11.6	9.5	22	天坛公园
8	25.1	24	4.5	中关村

本文还对天坛公园、北海公园及中关村地区的 其它建筑进行了随机抽样验证,其结果见表1。从试 验区结果来看,利用高分辨率遥感数据进行建筑物 高度计算的方法是可行的,其误差主要与遥感图像 的几何纠正过程、图像分辨率、计算的近似处理有 关。本文计算的建筑物高度偏大主要与图像分辨率有关,由于建筑物局部还不能很好识别,导致阴影范围的确定出现偏差。对较低的建筑物,百分比误差较大,有的还存在阴影无法识别的问题。但是,随着遥感技术和计算机技术的发展,建筑物信息识别提取的精度将越来越高。

参考文献

- [1] Cheng F, Thiel K H. Delimiting the building heights in a city from the shadow in panchromatic SPOT Image Part1 Test of Forty

 Two Buildings J]. Int 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] 董玉森 詹云军 杨树文. 利用高分辨率遥感图像阴影信息提取 建筑物高度 J]. 咸宁师专学报 2002 22(3)93-96.
- [4] 朱述龙,张占睦.遥感图像获取与分析[M].北京:科技出版 社 2000.

THE EXTRACTINON OF BUILDING DISTRIBUTION INFORMATION OF DIFFERENT HEIGHTS IN A CITY FROM THE SHADOWS IN A IKONOS IMAGE

XIE Jun – fei , LI Yan – ming (Beijing Institute of Landscape Gardening , Beijing 100102 , China)

Abstract: Based on an analysis of the relationship between the building heights and the shadows in IKONOS image, this paper presents the principle and the method for the estimation of building heights in a city from the shadows of an image. A fairly accurate result was achieved in applying this technique to extracting building height information from Zhongguancun area, Tiantan Park and Beihai Park in Beijing. The achievements made demonstrate the great application potential of satellite remote sensing in garden designing and numerical simulation of the urban garden environment.

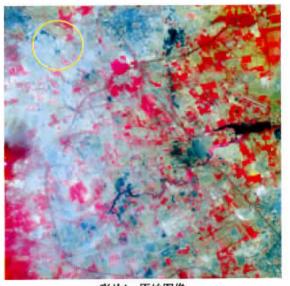
Key words: Remote sensing; IKONOS image; Shadows in an image; Building height

第一作者简介:谢军飞(1976-),男,硕士,助理工程师。

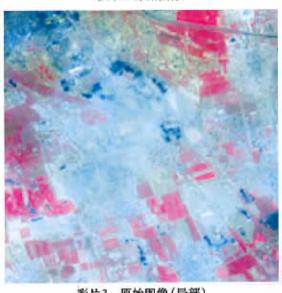
(责任编辑:刁淑娟)

敬告订户

《国土资源遥感》2004年起可通过邮局订阅,邮发代号:82-344,错迹邮局订阅时间者,仍可通过本刊编辑部订阅。



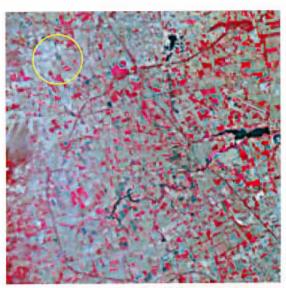
彩片1 原始图像



彩片3 原始图像(局部)



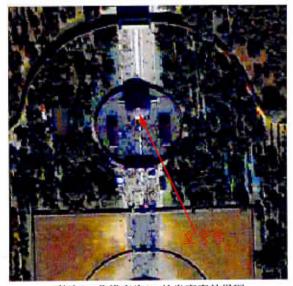
彩片5 分辨率为1m的祈年殿效果图



彩片2 去云结果



彩片4 去云结果(局部)



彩片6 分辨率为1m的皇穹宇效果图

(彩片5、6 见谢军飞,等一文)