

# 基于 Google Earth 二维影像获取建筑物高度的方法

安洁玉,程朋根\*,丁斌芬

(东华理工大学地球科学与测绘工程学院,江西 抚州 344000)

摘要:从二维影像中的阴影快速获取建筑物高度是三维数字城市建设中亟待解决的问题。该文提出了一种从 Google Earth 二维影像获取建筑物高度数据的新方法,利用 SketchUp 软件模拟光照效果,使三维模型的阴影与二维影像的阴影重合,从而获得建筑物的高度数据,并对如何减小高度数据误差进行了分析。实验结果表明,利用该方法获取的高度数据,可以满足一定的精度要求,而且省时、省力,具有一定的应用价值。

关键词:SketchUp; Google Earth; 高度数据; 阴影

中图分类号:TP75 文献标识码:A 文章编号:1672-0504(2010)06-0031-03

建筑物高度数据是城市规划、城市经济活动以及军事应用中的一个重要参数。近几年,各种高分辨率卫星影像(QuickBird、IKON OS 等)相继出现,为人们利用遥感影像的阴影提取建筑物高度提供了可能性。国内外学者开展了基于二维航空影像和高分辨率遥感影像获取建筑物三维信息的研究,并提出了不同的研究方法:如 ARUBA、TOBACO、ASCENDER 等研究小组提出的基于航空遥感数据的方法<sup>[1]</sup>,何国金利用全色 SPOT 数据进行建筑物高度估计<sup>[2]</sup>,高翔等利用高分辨率遥感影像获取建筑物高度信息<sup>[3,4]</sup>。基于二维影像阴影获取建筑物高度数据有多种方法,但所涉及的都是建立在复杂的公式计算与几何关系分析上<sup>[5]</sup>,因此需要寻求新的快速获取某一建筑物高度数据的方法。本文提出了一种基于 Google Earth 二维影像快速获取建筑物高度数据的新方法,利用 Google Earth 提供的免费高精度二维影像数据,借助于 Google Earth 旗下的 SketchUp 三维建模软件对三维模型进行阴影、光照分析,最后通过三维模型获得建筑物的高度数据。

## 1 阴影成像原理<sup>[6]</sup>

在高分辨率遥感影像上,阴影表现为低亮度值,其分布范围反映了地物成像时遮光情况的二维信息,可以通过阴影长度与建筑物高度的几何关系来确定地表建筑物的高度数据。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、阴影的关系如图 1 所示。

设建筑物的高度为  $H$ , 建筑物阴影的总长度为

$S$ ,  $\alpha$  是卫星高度角,  $\beta$  是太阳高度角。阴影成像的部分为  $L_2 = S - L_1$ , 建筑物的阴影长度  $S = H / \tan \beta$ , 卫星影像上成像的阴影部分为:

$$L_2 = S - L_1 = H / \tan \beta - H / \tan \alpha$$

则:  $H = L_2 * \tan \alpha * \tan \beta / (\tan \beta - \tan \alpha)$  (1)

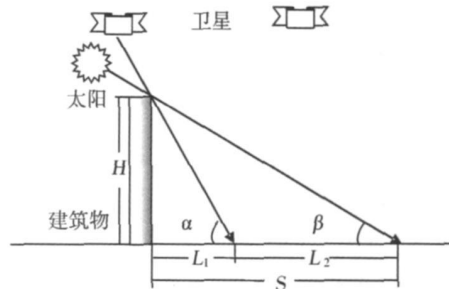


图 1 阴影成像原理  
Fig.1 Shadow image formation principle

如果卫星传感器扫描方向与太阳照射方向相反,即太阳方位角和卫星方位角差值  $\geq 180^\circ$ ,即可看到影子的全部,这时  $L_1 = 0, L_2 = S$ ,则:

$$H = S * \tan \beta$$
 (2)

由以上公式可知,要通过阴影获得建筑物的高度数据  $H$ ,只需要知道拍摄该影像时太阳、卫星所在空中的位置,即所成的高度角  $\alpha$  和  $\beta$ 。但实际上,还需要考虑建筑物所在位置以及拍摄该影像时的太阳方位角等因素。

## 2 建筑物高度获取原理与方法

### 2.1 建筑物高度获取流程

目前 Google Earth 只提供了二维影像数据,并未提供所需的高度等信息,无法直接从中获取建筑物的高度信息。Google Earth 旗下的 SketchUp 建模

收稿日期:2010-01-04; 修订日期:2010-03-15

基金项目:国家自然科学基金项目(40401021);地震动力学国家重点实验室开放基金项目(LED506)

作者简介:安洁玉(1982-),男,硕士研究生,研究方向为GIS理论与方法。\*通讯作者 E-mail: pgcheng1964@163.com

软件能够方便、快捷地建立建筑物的三维模型<sup>[7,8]</sup>,并能对三维模型的阴影、光照进行简单的分析<sup>[9]</sup>,可作为从二维影像快速获取建筑物高度信息的工具。为此,笔者提出一种利用 Google Earth 二维影像的阴影数据获取建筑物高度数据的方法,基本思路是:利用 SketchUp 三维建模软件建立建筑物的三维模型,通过获取二维影像拍摄的时间模拟太阳在空中的位置,使建立的三维模型产生阴影;然后通过调整三维模型的太阳方位角使之与二维影像的太阳方位角一致,调整三维模型的高度使模型所产生的阴影与二维影像的阴影完全重合,最终三维模型的高度即为建筑物的真实高度。建筑物高度信息获取流程见图 2。

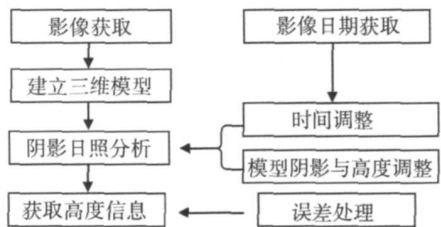


图 2 建筑物高度信息获取流程  
Fig. 2 The flow diagram of obtaining buildings height

### 2.2 影像数据及影像拍摄日期的获取

在 Google Earth 中找到需要获取高度信息的建筑物所在影像区域,然后点击 SketchUp 工具菜单中的“Google Earth → Get Current View”命令,则可将当前 Google Earth 中显示的二维影像加载到 SketchUp 软件中。由于 SketchUp 软件能够自动读取当前 Google Earth 中所显示的影像坐标,因此在

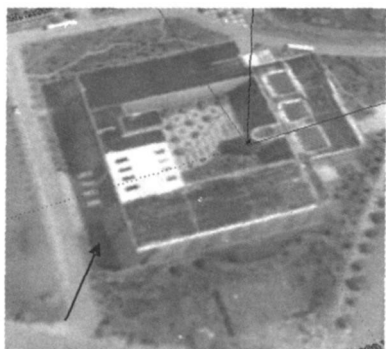


图 3 建筑物形成的阴影  
Fig. 3 The shadow of building

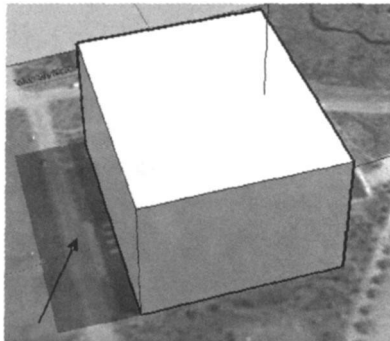


图 4 三维模型形成的阴影  
Fig. 4 The shadow of 3D model

(3) 阴影和日照分析。从图 4 中可以看出,三维模型产生阴影的两侧与二维影像中阴影的两侧并不重合,即两者的太阳方位角并不相同,这说明预设的时间并不是二维影像拍摄的时间。对此,应重新调整影像拍摄的时间,同时重新观察三维模型所产生的阴影与二维影像阴影的重合情况,即确定两太阳方位角是否一致。例如,将图 5 时间设为 11:35 左右时,三维

后面的建筑物阴影和日照分析过程中不需要关注建筑物所在的地理位置等信息。

通常,Google Earth 会不定期的更新影像数据,尤其是在大中型城市,Google Earth 提供了近几年的影像数据。利用 Google Earth 的 Historical Imagery 功能,即可观察地球表面某一点不同时期的存档卫星图片。要获取当前显示影像所拍摄日期,只需点击 Google Earth 菜单栏中“Historical Imagery”命令<sup>[10]</sup>。

### 2.3 建筑物阴影和日照分析

建筑物阴影随其地理位置和拍摄时刻太阳高度角的不同而变化。由于 SketchUp 三维建模软件提供了模拟阴影、光照效果等功能,因此可以根据建筑物影像的地理位置和影像拍摄时间进行阴影和日照分析。地理位置信息在影像数据获取时已经加载,因此只需要判断二维影像拍摄的具体时间,以便在 SketchUp 软件中准确地模拟太阳在该时间内的光照效果,并对阴影的范围和形成的太阳方位角进行分析。

(1) 预设时间。在 SketchUp 导入二维影像后,打开窗口菜单中的“Shadow”对话框,设定影像获取日期为 2008 年 5 月 20 日。Google Earth 中的二维影像一般是在上午拍摄,可以把时间预设为 10:00。

(2) 建立三维模型。在 SketchUp 软件中,根据建筑物的二维影像,以建筑物的基部为准,建立其三维模型<sup>[11,12]</sup>。图 3 是利用 SketchUp 软件从 Google Earth 导入的二维影像,可以清楚地看到建筑物所形成的阴影部分。图 4 是在二维影像基础上在预设时间建立的三维模型,箭头所指深色区域为三维模型产生的阴影。

模型产生的阴影方向有一侧与二维影像中的阴影已经重合,这时太阳的位置就已经确定,由此,可以得到此二维影像的拍摄时间是 2008 年 5 月 20 日 11:35。

(4) 高度调整。通过上述操作,三维模型产生的整个阴影与二维影像中的阴影并不完全重合,这说明三维模型的高度与建筑物实际高度不符。这时只需要在 SketchUp 软件中修改三维模型的高度数据

并观察其阴影范围, 直到三维模型产生的整个阴影与二维影像中的阴影完全重合为止。

### 2.4 量取建筑物高度

三维模型的阴影与二维影像的阴影完全重合,

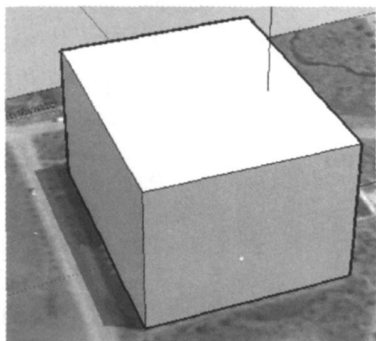


图 5 部分阴影重合  
Fig. 5 Shadow overlap partly

保证了三维模型与实际建筑物的一致性。通过使用 SketchUp 软件的 Tape Measure 工具量取三维模型的高度数据, 即可得到建筑物的实际高度, 如图 6 所示, 建筑物的高度为 24.97 m。

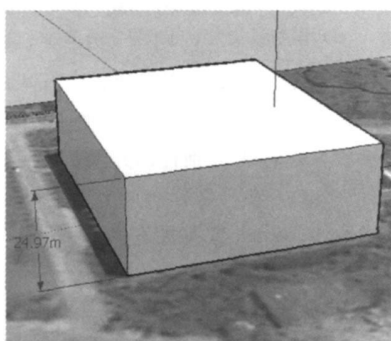


图 6 阴影完全重合  
Fig. 6 Shadow overlap completely

## 3 实例与分析

为了验证本文方法的正确性与效果, 选择南昌地区部分建筑物进行高度测量实验。利用本方法获取建筑物高度 10 次, 取其平均值, 并参比实地测量结果进行了精度检验(表 1); 同时, 利用该方法对全球范围几座标志性建筑物的高度进行了测量, 结果如表 2 所示。从实验结果看, 利用 Google Earth 的二维影像进行建筑物的高度计算是可行的, 而且计算结果也比较理想。

表 1 计算值与实测结果对比  
Table 1 Comparison between calculated and measured results

序号	1	2	3	4	5	6
计算值(m)	35.86	121.40	70.72	39.15	28.25	68.76
实测值(m)	34.5	120.9	69.6	38.4	30.8	66.80

表 2 计算值与网络数据值对比  
Table 2 Comparison between calculated and the Internet results

	计算值(m)	网络数据值(m)
香港国际金融中心大楼	413	415
台北 101 大厦	506	508
上海东方明珠	468	468
南昌八一起义纪念碑	54	53

本文方法获得建筑物高度与实际建筑物的高度误差主要来自两方面: 一是二维影像的阴影与三维模型的阴影重合的判定(与建筑物高度有直接关系); 二是二维影像拍摄时间的确定(与太阳方位角有关)。可通过以下措施减小误差: 1) 一定范围内的二维影像是卫星在同一时刻拍摄的, 可以选择同一范围内的多个建筑物的阴影重合测试来确定拍摄时间, 然后取其平均值; 2) Google Earth 提供了近几年不同时段内的二维影像数据, 可以利用该方法对同一建筑物在不同时段内产生的阴影获取高度数据, 求其平均值; 3) 对二维影像的阴影进行优化处理, 使

其范围清晰, 易于识别; 4) 阴影测量高度的精度很大程度上取决于阴影重合的判定, 这要求所建立的三维模型尽量逼真, 以使三维模型产生的阴影与二维影像的阴影一致。

## 4 结论

本文采用三维模型的阴影与二维影像中的阴影相重合来快速获取建筑物高度, 从实验结果看, 利用该方法进行建筑物高度计算是可行的, 并且该方法具有操作简单、方便的特点, 具有较好的实用性。有时由于天气的原因, 卫星拍摄的建筑物的阴影模糊不清, 会对获取建筑物高度数据产生一定的影响。但是, 如果能够观察实际建筑物的阴影, 并能在二维影像中标记出阴影范围, 记录下当前时间, 利用该方法同样可以获取建筑物的高度。该方法还存在一些问题, 如本文未讨论地形干扰这一因素, 而且有的建筑物顶部形状比较复杂, 所形成的阴影不规则等, 这些因素都会影响到所获得建筑物高度的精度。因此, 如何降低类似情况所造成的精度损失将是下一步工作的重点。

### 参考文献:

[1] 周心铁. 对地观测技术与数字城市[M]. 北京: 科技出版社, 2001. 5- 12.

[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): 425- 428.

[3] 高翔, 赵冬玲, 张蔚. 利用高分辨率遥感影像获取建筑物高度信息方法的分析[J]. 测绘通报, 2008(3): 41- 43.

[4] 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]. 咸宁学院学报, 2002, 22(3): 51- 53.

(下转第 37 页)

- 出版社, 2004.
- [3] 程承旗, 郭辉. 全球地理信息系统(GIS) 架构体系初探[J]. 地理信息世界, 2007, 5(6): 25- 29.
- [4] 宋树华, 程承旗, 关丽, 等. 全球空间数据剖分模型分析[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(4): 11- 15.
- [5] WHITE D, KIMERLING A J, OVERTON W S. Cartographic and geometric components of a global sampling design for environmental monitoring[J]. Cartography and Geographic Information Systems, 1992, 19(1): 5- 22.
- [6] DUTTON G. Improving locational specificity of map data—a multi-resolution, metadata driven approach and notation[J]. Geographical Information Systems, 1996, 10(3): 253- 268.
- [7] FEKETE G. Rendering and managing spherical data with sphere quadrees[A]. Proceedings of the First 1990 IEEE Conference on Visualization[C]. 1990. 176- 186.
- [8] GOODCHILD M, YANG S. A hierarchical spatial data structure for global geographic information systems[J]. Graphical Models and Image Processing, 1992, 54(1): 31- 44.
- [9] 张永生. 地球空间信息球面离散网格——理论、算法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [10] DUTTON G. Universal Geospatial Data Exchange via Global Hierarchical Coordinates[C]. International Conference on Discrete Global Grids, California: Santa Barbara, 2000.
- [11] WHITE D, KIMERLING A, SAHR K. Comparing area and shape distortion on polyhedra based recursive partitions of the sphere[J]. Geographical Information Science, 1998, 12(8): 805- 827.

### Study on Sphere Rhombus Grid Recursive Subdivision

ZHANG Yu- mei<sup>1</sup>, CHEN Wei- hua<sup>2</sup>, NIE Hong- shan<sup>1</sup>, LI Tie- gen<sup>1</sup>, ZENG Sheng- qiang<sup>1</sup>, SUN Zhao- lin<sup>1</sup>

(1. College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073;

2. Meteorological and Hydrological Center of Nanjing Military Area Command, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** In this paper, a new method of global subdivision is proposed, which combines longitude and latitude and also the thinking of regular polyhedron's recursive subdivision. It subdivides the earth directly on the sphere, with no internal polyhedron and no projection, using similar rhombus as subdivision units. The method can achieve a seamless sphere without overlapping, with any resolution adopted subdivision. As the corresponding geographic coordinates of each unit's vertices and the focal point are easy to calculate, the conversion between subdivision unit's coding and geographical coordinates is relatively simple.

**Key words:** global subdivision; rhombus subdivision; subdivision coding; latitude and longitude; SRG

(上接第 33 页)

- [5] 孙敏, 陈军. 3 维城市模型的数据获取方法评述[J]. 测绘通报, 2000(11): 4- 6.
- [6] 谢军飞, 李延明. 利用 IKONOS 卫星图像阴影提取城市建筑物高度信息[J]. 国土资源遥感, 2004(4): 3- 6.
- [7] 马素颜, 吴健平, 周美娟, 等. SketchUp 构建 GIS 三维模型方法研究[J]. 计算机与信息技术, 2009(Z1): 38- 40.
- [8] 陈丁罡, 权盼盼. 基于 Google Earth 的建筑物三维建模[J]. 城市勘测, 2007(3): 51- 53.
- [9] Google SketchUp. <http://sketchup.google.com>. 2010- 04- 02.
- [10] Google Earth. <http://earth.google.com>. 2010- 04- 02.
- [11] 金仲秋, 陈凯. 基于 Google SketchUp 的虚拟城市三维景观构建技术研究[J]. 宁波职业技术学院学报, 2008(2): 84- 87.
- [12] 向浩, 杜志强, 林苏靖. 三维城市模型中建筑小品的建模方法[J]. 测绘信息与工程, 2006(1): 47- 49.

### Method for Acquiring Buildings Height from 2D Images in Google Earth

AN Jie- yu, CHENG Peng- gen, DING Bin- fen

(Faculty of Geomatics, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China)

**Abstract:** In this paper, a new method for acquiring the building height from 2D images in Google Earth is proposed, based on analysis of the relations between building shadows in 2D images and its real heights. Firstly, the 2D image in which the buildings located was found and downloaded, and was loaded into the SketchUp software. Secondly, 3D model was created by using SketchUp 3D modeling function, the sun location in the sky was simulated according to the time that 2D images were taken so that the shadows was got by the building 3D model. Thirdly, the solar azimuth angle of the 3D building model was adjusted so as to it is coincident with the solar azimuth angle of 2D images. Lastly, the height of 3D model was adjusted so that the shadow of 3D model and 2D images are overlapped completely, then the height of 3D model was measured and the result was the real building height. In addition, how to reduce the height error resulted by using this technique was also discussed. Case study indicated that the proposed method in this paper can obtain the correct height of buildings in a satisfied accuracy range.

**Key words:** SketchUp; Google Earth; building height; shadow