

贵阳城区建立三维模型中SPOT 遥感影像阴影处理方法的探讨

王立志 梅再美 徐劭 (贵州师范大学地理与生物科学学院, 贵州贵阳550001)

摘要 对SPOT 高分辨率卫星遥感图像的融合、增强、转值等进行处理, 得到较清晰的建筑物阴影信息, 然后结合Erdas 中的专家分类系统, 判断建筑物的阴影、阴面、阳面, 并结合阴影和相应建筑物的数学关系计算出建筑物的高度信息, 在矢量化的基础上通过Erdas 的Virtual GIS 模块建立贵阳市三维模型。

关键词 高分辨率; 阴影; 高度; 三维模型

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)18-05446-02

Discussion on the Method of Treating Shadow of SPOT Remote sensing Images in Three-dimensional Model of Guiyang

WANG Li-zhi et al (College of Geography and Biology Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001)

Abstract The methods of amalgamation, enhancement and rotation were used to deal with high resolution images of SPOT, so the clear shadow images were produced, the shadow was clarified with the expert classification including the shadow side of building, the sun side of the building and the mathematical formula were used to calculate the height of building. Based on the vector document three-dimensional model was built through Virtual GIS model of Erdas.

Key words High resolution image; Shadow; Building height; Three-dimensional model

随着数字城市建设的发展, 建立三维数字城市模型已经是一项重要的任务。近年来, 民用卫星影像的处理技术及其应用得到了长足发展, 但是怎样从遥感影像中获取高度信息也是人们一直关注的课题之一。测量学家最早从航空像片的立体像对中提取物高度信息; 后来, 遥感影像中物体的阴影也被用于物体高度量测; 接着, 基于阴影及其相关处理技术, 粗分辨率的合成孔径雷达又被运用于地形的高程制图, 并由此扩展到光学卫星影像的应用研究^[1-2]。

国内外许多学者也在这方面做了大量的工作, 提出了许多研究方法, 如ARUBA、TOBAGO、ASCENDER 等研究小组提出的基于航空遥感数据的方法^[3]; 何国金等利用全色SPOT 数据进行建筑物高度估计^[4]。目前利用高分辨率遥感阴影提取建筑物高度及分布信息的方法有3种: 利用单幅影像方法; 利用数字高程模型方法; 结合影像和DEM方法^[5]。

1 数学原理和计算方法

1.1 太阳、卫星、图像阴影与物体高度的几何关系及其计算方程 高分辨率遥感影像图上, 阴影表现为低亮度值, 反映了地物的侧面信息和地物的三维信息。通过阴影的这些性质可以确定地表建筑物的高度信息。

为了计算方便, 根据太阳卫星和建筑物的几何关系做如下假设: 建筑物处于平原地带, 无地形因素的干扰; 建筑物结构比较简单, 而且垂直地表。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。

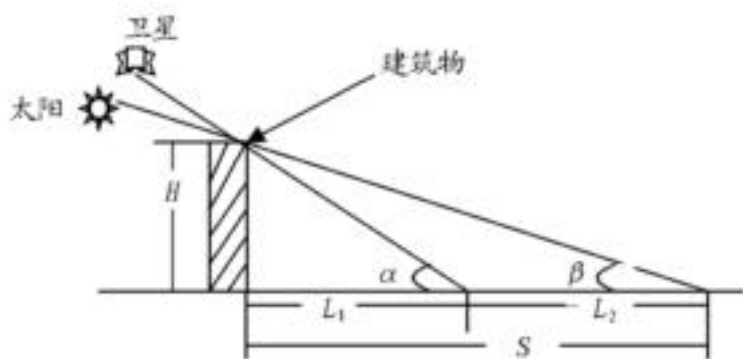


图1 太阳高度角、卫星高度角、建筑物阴影之间的关系

设建筑物的高度为 H , 建筑物阴影的总长度为 S , α 是卫星高度角, β 是太阳高度角, θ 是太阳方位角。

由图1可知: 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

$$L_2 = S - L_1 = H / \tan \beta - H / \tan \alpha, \text{ 则:}$$

$$H = L_2 \times \tan \alpha \times \tan \beta / (\tan \alpha - \tan \beta) \quad (1)$$

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 180° , 就可以看到影子的全部, 这时 $L_1 = 0$, 则:

$$H = S \times \tan \alpha \quad (2)$$

1.2 物体阴影长度的计算 如图2所示, 假定卫星图像的列方向为北, 行方向为东, D 为卫星过境时的太阳方位角, 某一建筑物在太阳的照射下形成的阴影长度为 M , 则

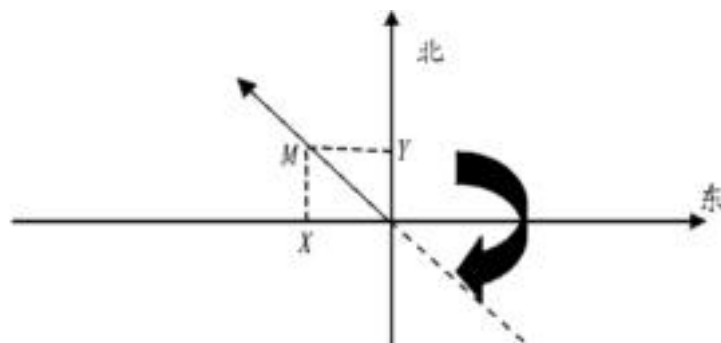


图2 太阳方位角与阴影长度之间关系

$$|M| = |Y \cos(180 - \theta)| \text{ 或} \\ |M| = |X \sin(180 - \theta) \quad (3)$$

式中, X 、 Y 分别为卫星图像中的阴影在行、列方向上的投影长度, 且

$$X = m \times k, Y = n \times k \quad (4)$$

式中, k 为图像的空间分辨率, m 为行方向的象元数, n 为列方向上的象元数。

2 原始数据的处理

2.1 图像参数及阴影系数的计算 为了排除异物同普现象的存在, 即植被、水体等信息的干扰, 将SPOT 全色图像与TM 5、4、3 波段数据进行融合, 然后转为灰度图, 再将其转为二值图。所采用的遥感图像时间为2004年9月24日。这时的太阳高度角为 50.42° , 太阳方位角为 144.39° , 卫星高度角为 65.69° , 卫星方位角为 340.71° 。由于遥感图像卫星方位角和

作者简介 王立志(1980-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向: 环境保护与环境地理学。

收稿日期 2007-03-21

太阳方位角之差为 196.32° , 大于 180° , 所以, 该图可以看见建筑物阴影的全部, 如图3所示。此时的 $L_1=0$, 将数值带入公式(2)得 $H=1.21S$, 阴影系数 $=1.21$ 。



图3 典型建筑物及阴影

从A到C依次升高。因此, 可以通过ERDAS专家分类系统, 从高分辨率的全色遥感图像中找出并区分3个区域。

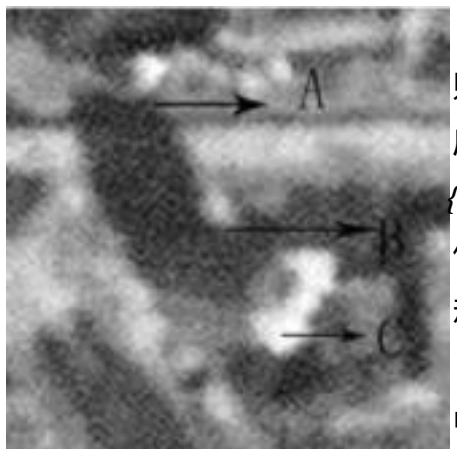


图4 建筑物的阴影区A、阴面B、阳面C的划分

规则1: 如果M落在{A}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阴影区; 规则2: 如果M落在{B}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阴面区; 规则3: 如果M落在{C}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阳面区; 规则4: 如果阴影区下面为阴面区, 且阴面区下面有阳面, 则阴影区为真; 规则5: 如果阴面区上面为阴影区, 下面为阳面, 则阴面区为真; 规则6: 如果阳面上面为阴面区, 且阴面区上面为阴影区, 则阳面为真。

然后, 通过6个规则的判断, 对图像地物阴影和建筑物的总体信息进行“与”、“或”运算来定位建筑物的位置和检测建筑物的形状, 从而可以最终确定一个建筑物的3个区域, 然后对阴影区进行量算, 计算阴影区的图上长度, 再利用公式(2)可以得出建筑物的高度信息^[6]。

3 试验区建筑物信息获取与检验

笔者选取贵阳市市中心喷水池附近为试验区, 次区为贵阳市商业繁华地段, 高层建筑密度大, 图像经过增强处理后阴影清晰, 如图5所示。



图5 试验区处理后图像

得出建筑物的阴影信息后, 通过阴影信息运算得到建筑物的高度信息, 理论值和建筑物实际高度值比较见表1。

2.2 建筑物信息提取的管理

从理论上说, 对于高分辨率的数据任何一座建筑物可以将它的阴影区、建筑阴面、建筑物向阳面划分出来, 如图4所示它们分别对应A、B、C三个区域。在图中, 3个区域由上到下排列在一起, 具有共同的边界, 均为多边形, 内部光谱辐射比较均匀, 而且亮度值

首先, 确定初步分类的规则: 假设有3个区域ABC的灰度值范围分别为{A}、{B}、{C}。设M为某区域的灰度值, S为该区域面积, 建立如下规则。

规则1: 如果M落在{A}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阴影区; 规则2: 如果M落在{B}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阴面区; 规则

3: 如果M落在{C}中, 且 $S > 25\text{pixel}$, 则该区域为建筑物阳面区; 规则4: 如果阴影区下面为阴面区, 且阴面区下面有阳面, 则阴影区为真; 规则5: 如果阴面区上面为阴影区, 下面为阳面, 则阴面区为真; 规则6: 如果阳面上面为阴面区, 且阴面区上面为阴影区, 则阳面为真。

然后, 通过6个规则的判断, 对图像地物阴影和建筑物的总体信息进行“与”、“或”运算来定位建筑物的位置和检测建筑物的形状, 从而可以最终确定一个建筑物的3个区域, 然后对阴影区进行量算, 计算阴影区的图上长度, 再利用公式(2)可以得出建筑物的高度信息^[6]。

3 试验区建筑物信息获取与检验

笔者选取贵阳市市中心喷水池附近为试验区, 次区为贵阳市商业繁华地段, 高层建筑密度大, 图像经过增强处理后阴影清晰, 如图5所示。

得出建筑物的阴影信息后, 通过阴影信息运算得到建筑物的高度信息, 理论值和建筑物实际高度值比较见表1。

从表1看, 总体来说, 建筑物的高度信息计算比较准确, 但还存在一定的误差, 其精度和图像的空间分

有关。建筑物顶端如为尖塔状附属物, 则阴影表现不清晰, 故高度信息不准确; 如顶端为平顶附属物, 则阴影清晰, 高度信息准确。但是随着遥感技术和计算机技术的发展, 建筑物信息识别的精度会越来越高。

表1

试验区建筑物高度统计

m

建筑物编号	建筑物阴影长度	理论建筑物高度	实测建筑物高度	误差
1	80.00	96.80	93.00	3.80
2	70.50	85.31	81.50	3.81
3	50.40	60.98	63.00	2.02
4	58.60	70.91	75.00	4.09
5	61.00	73.81	68.50	5.31
6	59.70	72.24	69.00	3.24
7	40.40	48.88	45.00	3.88
8	35.00	42.35	42.00	0.35
9	23.00	27.83	24.50	3.33
10	14.00	16.94	15.50	1.44
11	45.60	55.18	53.00	2.18
12	27.00	32.67	27.00	5.67

4 建筑物三维模型的建立

在阴影图形中, 有很多是不规则的, 将不规则的阴影通过Arcinfo软件简化, 然后用人机交互的方式将水体从图中删除, 从而排除了水体的干扰, 将阴影信息转到Mapinfo或Arcview中, 建立阴影信息数据库。

将试验区建筑物边界矢量化, 然后录入通过阴影数据库得到的高程数据, 这样通过Erdas软件里的Virtual GIS模块便可生成数字高程模型DEM文件, 将全景色遥感图像和DEM文件融合, 生成三维全景色三维模型^[7-8]。如果再叠加地形信息的DEM文件, 便可以实现完全的三维模型的重建。

5 结语

数字城市三维模型的建立对今后各方面工作将有巨大的帮助, 如线网的布设, 城市建设的规划, 环境质量规划和评价等。

通过GIS相关软件Erdas、Mapinfo、Arcinfo、Arcview等提取了贵阳市试验区建筑物的阴影信息, 通过阴影信息得到相应建筑物的高度, 然后在矢量的基础上建立城市三维模型, 从提取的结果来看, 利用高分辨率遥感数据进行城市三维模型的重建是可取的。但是, 在这个过程中还存在一些问题, 对于有建筑物尖顶状附属的建筑物无法准确地断定其高度, 对于较低的建筑物无法识别, 水体信息的干扰不能很好地排除。相信随着遥感技术和计算机技术的发展, 建筑物信息识别的精度会越来越高。

参考文献

- [1] HUERTAS A N, EVALLA R. Detecting buildings in aerial images[J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1988, 41(1): 131 - 152.
- [2] IRMIN R B, MCKEOWN D M. Methods for exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1989, 19(6): 1564 - 1575.
- [3] 周心铁. 对地观测技术与数字城市[M]. 北京: 科技出版社, 2001: 120 - 133.
- [4] 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]. 中国图像图形学报, 2001, 6(5): 426 - 428.
- [5] 李树楷, 薛永祺. 高效三维遥感集成技术系统[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 110 - 120.
- [6] 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.
- [7] 王锡福, 徐建刚, 王全. 利用高分辨率遥感图像提取建筑物阴影信息初探[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2004, 28(2): 173 - 177.
- [8] 党安蓉, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理办法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 426 - 508.