

一种获取大比例尺建筑物立面影像的方法

冯文灏¹ 侯文广¹ 张纯连²

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 山东科技大学地球信息科学与工程学院, 泰安市岱宗大街 223 号, 271019)

摘要: 提出了获取建筑物大比例尺立面影像的一种理论与方法。根据数字相机倾斜影像, 利用建筑物外观的几何条件与约束条件, 按照透视变换原理, 导出相应关系式, 直接获取相同主距的“平行影像”。随后, 依据最少的实地控制, 将平行影像放大到给定比例尺数字城市中。该方法加快了车载系统大比例尺建筑物立面影像的获取过程, 不受建筑物高度的影响, 并可用于机载、固定站和人工方式等多种作业模式。

关键词: 建筑物; 立面; 影像; 特征; 约束条件; 合点

中图法分类号: P234

建筑物立面影像的获取技术是数字城市的核核心技术之一。建筑物大比例尺立面影像的获取是竖直航空摄影测量的“盲区”。航空影像比例尺过小, 建筑物立面影像的变形、遮挡和死角, 绝对精度以及生产效率低, 是现行方法的缺陷。

建筑物立面影像的获取方法有多种。按摄像机的载运平台分类, 可分作机载类、车载(船载)类、地面固定站类和人工方式类。机载方式可使用低空飞机、直升飞机、模型飞机或模型直升飞机。每类运载平台上除了摄像设备外, 还可集成其他传感器, 以利于提高效率。机载类平台上可配置 CCD 相机、惯性导航系统 INS、可成像或不可成像的激光扫描系统 LSS、GPS 等。

本文提出一种基于单片影像获取建筑物立面影像的理论与方法。本方法以充分利用建筑物外观结构和最少的野外控制为技术特点, 既适用于手持相机倾斜影像的处理, 以获取建筑物大比例尺立面影像; 也适用于机载倾斜影像的处理, 以获取建筑物中小比例尺立面影像, 且精度高、速度快, 具有较大的自动化生产潜力。

1 建筑物立面影像获取的原理

充分利用建筑物外观结构上的特点是获取建

筑物立面影像必须首先关注的问题。绝大多数建筑物外观上均具有方位条件与约束条件。方位条件是指建筑物表面均具有一组铅垂线条和水平线条, 这些线条可用以确定建筑物纠正影像的摆放朝向。约束条件是指建筑物上大量特征点间存在的种种相对控制条件, 可用于摄影测量处理, 如铅垂条件、水平条件、平行条件、等距条件、等斜距条件、直角条件等等。

在数字城市建立过程中, 以建筑物作为摄影对象, 可采用空中大比例尺倾斜摄影(S_1, S_2, \dots, S_5)、地面水平方向($S_{11}, S_{12}, \dots, S_{15}$)、上仰倾斜方向(S_6, S_7, \dots, S_{10})摄影方式或固定站的(手持的)摄影方式(S_{20})。如图 1 所示。

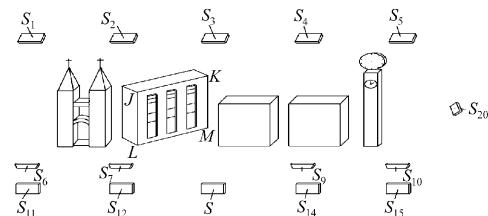


图 1 车载倾斜摄影、人工摄影和空中摄影方式

Fig. 1 Vehicle-borne, Manual and Aerial Photographic Models

1.1 过渡性物方空间坐标系和转角系统的选择

针对每一幢建筑物的立面 $JKLM$, 如图 2 所

示,处理中均取一个过渡性物方空间坐标系 $D-XYZ$ 。其中, X 轴、 Y 轴相应地与该建筑物水平线和铅垂线相平行。现自摄站 S 拍摄倾斜像片 P , 像片面 P 与建筑物立面交于直线 VV 。为适应透视变换的需要, 在坐标系 $D-XYZ$ 中, 像片 P 的主光轴 SO 的朝向宜选择 (A, α, κ) 转角系统予以表示。角 A 是“主垂面”的方位角, 也是建筑物水平线(或铅垂线)相对主方位线的转角; 角 α 是“主垂面”内摄像机主光轴相对坐标系 $D-XYZ$ 的 Z 轴倾角。可注意到, κ 一般为小角, A 与 α 可能是大角。参照下文可知, 上述过渡性物方空间坐标系和转角系统的选择, 使后处理过程简单明了。

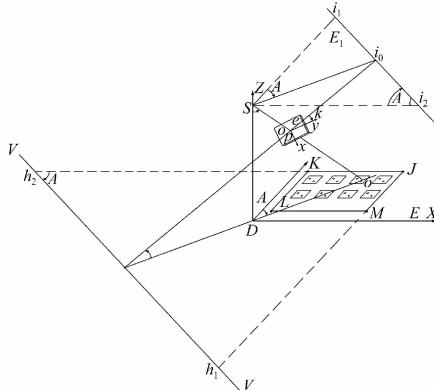


图 2 转角系统与建筑物立面影像的构像角 A

Fig. 2 Rotation System and Image Angle A of Facade

1.2 基本原理

自点 S 作与建筑物立面 E 平行的平面 E_1 , 此平面与像片面 P 交于合线 i_1, i_2 , 点 i_0 为主合点。直线 S_{i_1} 与建筑物铅垂线平行, 点 i_1 是铅垂线的合点。直线 S_{i_2} 与建筑物水平线平行, 点 i_2 是水平线合点。将建筑物某水平线 JK 延长, 直至交于迹线 VV 上的点 h_2 , 因而 JK 的构像 jk 必位于直线 $i_2 h_2$ 之上。重复以上作法, 可得建筑物 $JKLM$ 的构像 $jklm$ 。注意透视变换的一些其他特点, 也可根据倾斜影像 $jklm$ 求取建筑物影像 $JKLM$, 或求取等主距 f 的建筑物的“平行影像” $j_0 k_0 l_0 m_0$ 。

2 作业原理与方法

作业目的是借助主距为 f 的倾斜影像 $jklm$ 获取相同主距的“平行影像” $j_0 k_0 l_0 m_0$ 。

2.1 角隅点测定

建筑物立面上角隅点是指房角、窗角及其他位于铅垂线条和水平线条上的点位。角隅点的提取过程大致是: 角隅点近似位置的确定, 边缘提

取, 直线拟合, 直线交点的解求, 多相交直线交点的最或是值的解算等。多个角隅点测定后, 可解得 i_1, i_2 的坐标, 如图 3 所示。

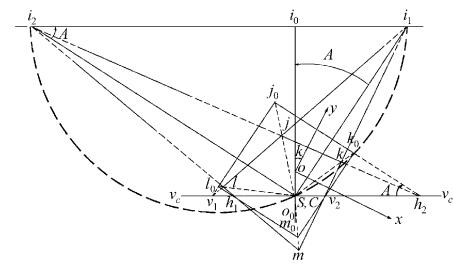


图 3 获取建筑物立面影像的透视变换

Fig. 3 Perspective Transformation for Getting Facade

图 3 是平面 E 、像片面 P 以及平面 E_1 按透视旋转定律形成的叠合图, 而且用缩小后的过等比线的“平行影像” $j_0 k_0 l_0 m_0$ 代替 $JKLM$ 。

若有 2 条铅垂线, 则有 1 个交点 i_2 。若有 n 条铅垂线, 则交点的总个数为:

$$N = (n-1) + (n-2) + \dots + 1 \quad (1)$$

取各交点坐标的平均值作为交点的最终结果:

$$\left. \begin{aligned} x_{i_2}^{\text{均}} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{i_1} \\ y_{i_2}^{\text{均}} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{i_1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

取各交点坐标的加权平均值更为合理:

$$\left. \begin{aligned} x_{i_2}^{\text{均}} &= \frac{1}{\sum_{i=1}^N p_i} \sum_{i=1}^N x_i p_i \\ y_{i_2}^{\text{均}} &= \frac{1}{\sum_{i=1}^N p_i} \sum_{i=1}^N y_i p_i \end{aligned} \right\} \quad (2)'$$

其中, 权与两直线间夹角 γ 有关。

2.2 透视变换中特征点线的解算

建筑物影像透视变换中的特征点和特征线的解算, 是指在像片坐标系 $o-xy$ 内(如图 3 所示), 测算合点 i_1, i_2 及投影中心 S (即等角点 c) 的坐标, 确定合线 $i_1 i_2$ 、“主纵线” $o_0 Soi_0$ 以及迹线 $v_0 v_1$ 的方程式。

据图 3, 解得 i_1, i_2 的坐标 $(x_{i_1}, y_{i_1}), (x_{i_2}, y_{i_2})$ 后, 以点 i_1, i_2 的中点为圆心, 绘半径为 R 的半圆:

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{(x_{i_2} - x_{i_1})^2 + (y_{i_2} - y_{i_1})^2} \quad (3)$$

过像主点 o 作一条直线 $o_0 Soi_0$ 与直线 $i_1 i_2$ 垂直相交, 解得主合点 i_0 的坐标 (x_{i_0}, y_{i_0}) 。求解直线 $o_0 Soi_0$ 和圆的交点, 得到的方程可测算投影中心 S 的坐标。过投影中心 S 且与直线 $i_1 i_2$ 平行的

直线 $\overline{v_c v_c}$ 的方程为:

$$x - \frac{(x_{i_2} - x_{i_1})}{(y_{i_2} - y_{i_1})} y + \left[x_c - \left(\frac{x_{i_2} - x_{i_1}}{y_{i_2} - y_{i_1}} \right) y_c \right] = 0 \quad (4)$$

2.3 建筑物立面相似影像的获取

纠正影像 P_0 的获取过程是:解算建筑物水平线条构像(\overline{lm} 、 \overline{jk})与直线 $\overline{v_c v_c}$ 的交点(h_1 、 h_2);解算建筑物铅垂线条构像(如直线 \overline{jk} 和 \overline{km})与直线 $\overline{v_c v_c}$ 的交点(v_1 、 v_2);自 h_1 及 h_2 作直线平行 ci_1 ;自 v_1 及 v_2 作直线平行 ci_2 。四条直线的交点 j_0 、 k_0 、 l_0 、 m_0 即是与建筑物 $JKLM$ 平行的像片 P_0 上的构像。同理,可获取此建筑物立面上其他任意点的构像。纠正像片 P_0 与原始像片具有相同主距,两像片相交于等比线 $v_c v_c$,点 O_0 是 P_0 的像主点,光线 $So_0 O_0$ 应垂直于建筑物立面 $JKLM$ 。所以,合理选择物方空间坐标系 $D-XYZ$,采用(A , α , κ)转角系统,并顾及 A 角在本文中的特殊涵义,充分地利用建筑物自身相对控制的条件,即可直接获取与建筑物立面相似的影像。其中,还可解算像片 P 的外方位角元素(A, α, κ)。

当然,也可使用倾斜像片上各像点 j 、 k 、 l 、 m ,按照二维 DLT 变换,获取建筑物立面相似影像 $j_0 k_0 l_0 m_0$,但其控制工作量较大。

3 影像的比例尺归化和定位

获得建筑物立面相似影像 P_0 后,为获取给



图 4 系列原始影像

Fig. 4 A Series of Original Images

定比例尺建筑物立面影像,需进行影像的比例尺归化。

1) 采用某种方法在实地量测建筑物上至少两个特征点的坐标或其间的长度。

2) 使用现有大比例尺图纸上的建筑物平面位置。

3) 利用车载式城市信息采集与三维建模的激光扫描系统,测定建筑物的高度或宽度,或测定摄站点至建筑物立面的最近距离 H_{min} 。

影像的定位,除采用已知建筑物位置的方法外,还可依据纠正影像的主点位置,参考图 2,确定建筑物立面影像的方位。

4 应用实例

使用日本 FUJIFILM 公司生产的 Finepix S1 pro 型数码相机,锁定其主距,获取一幢建筑物的序列影像,如图 4 所示。据上述理论,对各影像进行纠正,将纠正后的影像统一比例尺,并按照同名点进行拼接,所得的建筑物的立面影像如图 5 所示。

山东省泰安市网通大楼东侧立面影像图及所用原始影像如图 6 所示。

5 结语

1) 利用建筑物外观的几何条件与约束条件,



图 5 纠正连接后的立面影像

Fig. 5 The Facade of Building after Rectification and Connection



图6 网通大楼东侧立面影像图及所用原始影像

Fig. 6 The East Facade of Building "WANGTONG" and Original Images Used

依透视变换原理,可以从倾斜影像直接获取等主距的立面影像。使用最少的实地控制,如摄站到建筑物最短距离或者建筑物的一个边长作为实地控制,可将系列的立面影像进行正确连接。

2) 用车载式城市信息采集与三维建模系统,结合本文所提理论和方法,可快速地获取特大比例尺的城市建筑物立面信息。

3) 应使用量测型摄像机或经检校的普通数码相机,但检校精度要求不高。

4) 对船载式城市信息采集与三维建模系统,本原理与方法也适用于江边和海边建筑。

参 考 文 献

1 王之卓. 摄影测量原理. 北京:测绘出版社,1979

- 2 冯文灏. 近景摄影测量. 武汉:武汉大学出版社,2002
- 3 卢秀山,李清泉,冯文灏,等. 车载式城市信息采集与三维建模系统. 武汉大学学报·工学版,2003,36(3):76~80
- 4 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996
- 5 冯文灏. 数码相机实施摄像测量的几个问题. 测绘信息与工程,2002(3):3~5

第一作者简介:冯文灏,教授,博士生导师,国际欧亚科学院院士。主要从事近景摄影测量和工业测量研究。

E-mail:wenhaofeng@tom.com

A Theory for Getting Facade with Large Scale

FENG Wenhao¹ HOU Wenguang¹ ZHANG Chunlian²

(1) School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2) School of Earth Information Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, 223 Daizong Road, Taian 271019, China)

Abstract: The paper mainly introduces how to get the parallel image from the lean image using the conditions of geometry and restriction in the surface of building according to the theory of perspective transformation. After transformation, the principal distance of rectified image has the same value as one of original image. Then, using the least control condition, the parallel images can be magnified to the scaled image. The technology proposed in paper made getting facade image with large scale rather rapidly, not influenced by the height of building, and can be used in many kinds of mobile mapping situation.

Key words: building; facade; image; feature; constriction condition; vanishing point

About the first author: FENG Wenhao, professor, Ph.D supervisor, academician of the Euro-Asia International Academy of Sciences, his research fields include technique of close-range photogrammetry and special industrial surveying.

E-mail: wenhaofeng@tom.com