

近景数码影像中墙面纹理自动拼接方法的研究

康志忠^{1),2)}

¹⁾(山东科技大学地球信息科学与工程学院,青岛 266510) ²⁾(代尔夫特理工大学航空航天工程学院,代尔夫特,荷兰 2629 HS)

摘要 影像拼接是从近景数码影像中生成墙面纹理需要解决的问题。然而由于现有的拼接软件通常不适用于处理几何变形大的近景影像,但通过对从近景数码影像中自动拼接墙面纹理的方法进行的研究发现,在相机的位置离建筑物相对较远,且大致沿一条直线进行拍摄时,当原始影像预先纠正到同一个铅垂面上后,由于各影像之间的大小比例接近于1,因此对于此种情况的拼接而言,就只需要通过选取拼接点来确定相邻影像之间沿X轴和Y轴方向的平移量,即可实现拼接。然而对于比较狭窄的街道(如步行街)来说,则由于摄站与建筑物之间的距离比较小,使影像的倾角增大,导致影像的几何变形增大,所以不适于采用选取拼接点的方法进行拼接。针对此种情况的拼接,提出了一种类似于航带法生成正射影像的条带法,用来进行墙面纹理的自动拼接,并且结合影像间同名水平直线的约束和加密匹配同名点两种方法来对拼接结果进行优化。最后针对地面实拍的序列影像进行了实验。实验结果证明,该方法能够显著消除相邻影像间的几何差异,从而真正实现了影像的无缝拼接。

关键词 墙面纹理 自动拼接 投影差 同名水平直线约束 条带法

中图法分类号:TP751 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2008)12-2368-08

The Research on Approaches of Automatic Mosaic for Building Facade Texture from Close-range Digital Imagery

KANG Zhi-zhong^{1),2)}

¹⁾(College of Geoinformation Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510)

²⁾(Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, 2629 HS Delft, The Netherlands)

Abstract Image mosaic is a problem inevitable faced in reconstruction for facade texture from close-range digital imagery. The approach of automatic mosaic for building facade texture from close-range digital imagery is studied in this paper. When the camera is distant from building and the images are taken along a linear route, after the rectification process, only mosaic point pair is acquired to implement mosaic process. However, this approach won't be applicable when the imagery is taken too close to the facade, since the geometric distortion cannot be eliminated perfectly after rectification process. Therefore, strip method, similar to strip block adjustment, is presented to generate the whole facade texture. Two refining strategies are presented to optimize the mosaic result. One is to refine mosaic region by constraining correspondingly horizontal lines. The other is to refine by choosing more corresponding points according to the relative spatial relationship of the image sequence. Experiments are carried out on ground-leveled image sequences. It is proved that seamless mosaic is realized by the method presented because the geometric distortion between each image is eliminated perfectly.

Keywords facade texture, automatic mosaic, projective difference, constraint of correspondingly horizontal lines, strip method

基金项目:国家自然科学基金项目(40506023,40801191)

收稿日期:2006-05-29;改回日期:2007-09-28

第一作者简介:康志忠(1975~),男,副教授,硕士生导师。2005年于武汉大学获工学博士学位。主要研究方向为数字摄影测量,计算机视觉,城市3维建模,车载激光扫描数据处理等领域的研究。E-mail: dr_zzkang@yahoo.com.cn

1 引言

对于近景拍摄的影像,如果建筑物比较大的话,一幅影像通常无法完全包括整个立面的纹理,这就需要通过对所有相关的影像进行拼接来获得整个立面的纹理。由于影像拼接一直以来都是卫星遥感影像、航空影像以及近年来日益流行的数码影像处理中需要用到的操作,因此出现了很多比较成熟的影像拼接软件,如 ImageSuite, eYaMosaic, PhotoVista, PhotoStitch 等。然而实验证明,由于近景拍摄的影像通常几何变形很大,所以用现有的拼接软件进行拼接的效果均不理想^[1]。

为此,摄影测量和计算机视觉界的学者进行了研究。CHON 等人提出了基于视频序列影像的在 3 维空间进行建筑立面纹理拼接的方法^[2]。Jones, Robertson, Szeliski 等人对基于视频序列影像的影像镶嵌方法进行了研究^[3-5]。Luhmann 等人提出了一种高分辨率近景影像的纠正和拼接的方法^[6]。该方法假设被拍摄的对象是一个平面,先利用经纬仪测出一定数量的控制点,同时根据这些点计算影像的投影参数,然后将所有影像投影到一个公共承影面上进行拼接。

本文对单纯基于影像信息的从近景数码影像中自动拼接墙面纹理的方法进行了研究,即首先对选取拼接点的方法进行了讨论,指出该方法只适用于相邻原始影像经过纠正到同一个铅垂面上后,几何差异基本得到消除的情况,而对于比较狭窄的街道,由于摄站与建筑物之间的距离比较小,使影像的倾角增大,导致影像的几何变形增大,所以不适于采用该方法;然后针对这一问题,本文提出了一种类似于航带法生成正射影像的条带法,用来进行墙面纹理的自动拼接,并结合影像间同名水平直线的约束和加密匹配同名点两种方法对拼接结果进行优化;最后结合实拍近景序列影像,对本文所提出的方法进行验证。

2 条带法

如果影像拍摄时,摄像机的位置离建筑物相对较远(50m 左右),且大致沿一条直线进行拍摄,那么各摄站坐标之间 Z 方向的差异相对于摄站到

建筑物的距离而言是很小的,同时摄像机在拍摄时,由于焦距始终设为其最大值,因此即使因自动调焦而产生变动,而这一变动量也是很小的。基于以上原因,可以认为当原始影像预先纠正到了同一个铅垂面上后,由于各影像之间的大小比例接近于 1,因此对于拼接而言,就只需要确定相邻影像之间沿 X 轴和 Y 轴方向的平移量 d_x 、 d_y ^[1] 即可进行拼接。

然而对于比较狭窄的街道(如步行街),由于摄站与建筑物之间的距离比较小(10m 左右),如果要拍全纹理,则影像的倾角必然要增大,这样就导致影像的几何变形更大,所以即使原始影像纠正到同一个铅垂面上,其残存的几何变形也会导致各纠正影像之间存在几何差异,而且由于这一差异是非线性的,因而不能仅通过确定相邻影像之间的平移量 d_x 、 d_y 来进行拼接。同时,由于摄站与建筑物之间的距离变小,其获得的影像所覆盖的墙面纹理的面积也相应变小,这样影像就有可能无法在 Y 方向覆盖整个墙面纹理,即 Y 方向也需要拍摄多幅影像,所以在 X 和 Y 方向都需要拼接,如何获得最佳的拼接效果,这也不是仅通过确定相邻影像之间的平移量 d_x 、 d_y 就可以解决的。

针对这一问题,作者提出了类似于航带法生成正射影像的条带法用来进行墙面纹理的自动拼接。

如图 1 所示,先确定一个以左片的投影中心

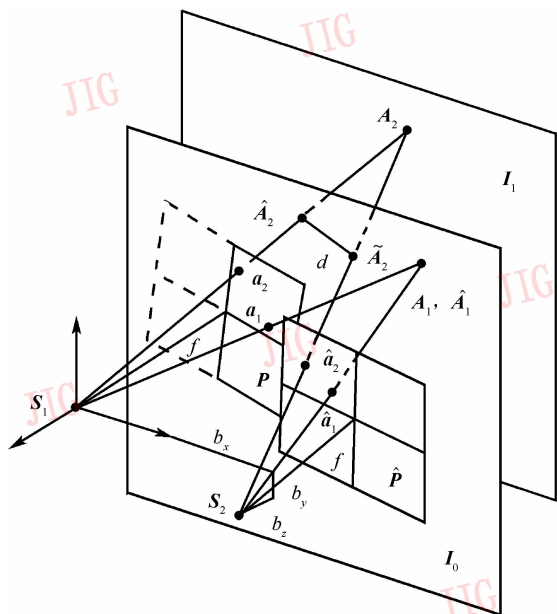


图 1 同名像点在承影面上的投影关系

Fig 1. The projective relationship of image points

S_1 为坐标原点, XY 平面与墙面平行的空间坐标系; 然后选定左片的理想像片平面 I_0 (S_1 到 I_0 的距离为焦距 f), 则墙面与其平行。由于墙面近似为一个平面, 所以在 S_1 - XYZ 坐标系中墙面上的所有点的 Z 坐标可以认为是相等的。这样将相邻影像上的同名点投影到公共承影面 I_0 后, 参照光学投影器的原理, 即可通过调整影像的投影参数来使得各影像之间的同名光线在公共投影面上两两相交, 此时 I_0 就是墙面在像方的正射投影, 这样就在像方恢复了各影像间的相对空间关系, 此时各摄站的摄站坐标与实际值的比例关系为 $\frac{f}{H}$, 即焦距与航高之比。然后就可以利用类似于常规生成正射影像的方法来生成完整的墙面纹理, 以达到自动拼接的目的。

根据像点在承影面上的投影公式, 通过调整影像的投影参数来使得各影像之间的同名光线在公共投影面上两两相交, 实际上就是使同名点 a_1 和 \hat{a}_1 与其在公共承影面上投影点 A_1 和 \hat{A}_1 的坐标相等, 即满足以下条件:

$$\left. \begin{aligned} & - (f + Z_s) \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} + X_s \\ & = - (f + \hat{Z}_s) \frac{\hat{a}_1\hat{x} + \hat{a}_2\hat{y} - \hat{a}_3f}{\hat{c}_1\hat{x} + \hat{c}_2\hat{y} - \hat{c}_3f} + \hat{X}_s \\ & - (f + Z_s) \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} + X_s \\ & = - (f + \hat{Z}_s) \frac{\hat{b}_1x_2 + \hat{b}_2y_2 - \hat{b}_3f}{\hat{c}_1x_2 + \hat{c}_2y_2 - \hat{c}_3f} - \hat{Y}_s \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, f 为焦距; (X_s, Y_s, Z_s) 和 $(\hat{X}_s, \hat{Y}_s, \hat{Z}_s)$ 分别

为摄站 S_1 和 S_2 的坐标; $\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}$ 和 $\begin{bmatrix} \hat{a}_1 & \hat{a}_2 & \hat{a}_3 \\ \hat{b}_1 & \hat{b}_2 & \hat{b}_3 \\ \hat{c}_1 & \hat{c}_2 & \hat{c}_3 \end{bmatrix}$

分别为影像 I_0 和 I_1 的旋转矩阵; (x, y) 和 (\hat{x}, \hat{y}) 分别为影像 I_0 和 I_1 上的像点坐标。

然而由于误差的存在, 致使投影点的坐标不能完全相等, 它们之间存在一定的差异, 在此借用“投影差”的概念来表示, 于是式(1)可改写为

$$\begin{aligned} \Delta_x &= - (f + Z_s) \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} + \\ & X_s + (f + \hat{Z}_s) \frac{\hat{a}_1\hat{x} + \hat{a}_2\hat{y} - \hat{a}_3f}{\hat{c}_1\hat{x} + \hat{c}_2\hat{y} - \hat{c}_3f} - \hat{X}_s \\ \Delta_y &= - (f + Z_s) \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} + Y_s + \\ & (f + \hat{Z}_s) \frac{\hat{b}_1x_2 + \hat{b}_2y_2 - \hat{b}_3f}{\hat{c}_1x_2 + \hat{c}_2y_2 - \hat{c}_3f} - \hat{Y}_s \end{aligned} \quad (2)$$

如前所述, 各原始影像纠正到同一个铅垂面上残存的几何变形将导致各纠正影像之间存在几何差异, 图 2 和图 3 为纠正前后影像上同名点水平视差的直方图以及缩放比例的直方图, 由该两图可知, 这一差异通常较小。因此要使各影像之间的同名光线在公共投影面上两两相交, 实际上就是以式(2)为基础构建平差模型, 影像的投影参数为未知数, 平差过程中要对投影参数进行调整, 以使得所有同名点在公共投影面上的投影点坐标之差的平方和最小。

如果投影器微小变动时承影面上投影点的 X, Y 方向的移位^[7]为



(a) 纠正前



(b) 纠正后

图 2 水平视差直方图

Fig. 2 Histograms of horizontal parallax



(a) 纠正前



(b) 纠正后

图 3 缩放比例直方图

Fig. 3 Histograms of scale

$$\left. \begin{aligned} d_x &= d_{b_x} + \frac{X}{H}d_{b_z} + \left(H + \frac{X^2}{H}\right)d_{\varphi} + \\ &\quad \frac{XY}{H}d_{\omega} - Yd_{\kappa} \\ d_y &= d_{b_y} + \frac{Y}{H}d_{b_z} + \frac{XY}{H}d_{\varphi} + \\ &\quad \left(H + \frac{Y^2}{H}\right)d_{\omega} + Xd_{\kappa} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

则平差的观测方程可写为

$$\left. \begin{aligned} v_{\Delta x} &= d_{x_1} - d_{x_2} - (\hat{X}_1 - \hat{X}_2) \\ v_{\Delta y} &= d_{y_1} - d_{y_2} - (\hat{Y}_1 - \hat{Y}_2) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

其中,

$$\begin{aligned} d_{x_1} &= d_{b_{x_i}} + \frac{\hat{X}_i}{H}d_{b_{z_i}} + \left(H + \frac{\hat{X}_i^2}{H}\right)d_{\varphi_i} + \\ &\quad \frac{\hat{X}_i \hat{Y}_i}{H}d_{\omega_i} - \hat{Y}_i d_{\kappa_i} \\ d_{y_i} &= d_{b_{y_i}} + \frac{\hat{Y}_i}{H}d_{b_{z_i}} + \frac{\hat{X}_i \hat{Y}_i}{H}d_{\varphi_i} + \\ &\quad \left(H + \frac{\hat{Y}_i^2}{H}\right)d_{\omega_i} + \hat{X}_i d_{\kappa_i} \end{aligned}$$

参数估计值为

$$\begin{aligned} \hat{X}_i &= - (f + Z_i^s) \frac{a_{i,1}x_i + a_{i,2}y_i - a_{i,3}f}{c_{i,1}x_i + c_{i,2}y_i - c_{i,3}f} + X_i^s \\ \hat{Y}_i &= - (f + Z_i^s) \frac{b_{i,1}x_i + b_{i,2}y_i - b_{i,3}f}{c_{i,1}x_i + c_{i,2}y_i - c_{i,3}f} + Y_i^s \end{aligned}$$

如前所述,由于平差是为了消除影像纠正后残余的几何变形,而且影像的外方位角元素应该在影像纠正时所求得的元素值的局部范围内进行调整,所以可将影像纠正时确定的外方位角元素作为加权观测值,用来进行类似于航带法的多影像整体平差,这里所讲的多影像可以是单条带影像,也可以是多条带影像。以此即可确定包含该墙面纹理的多幅影

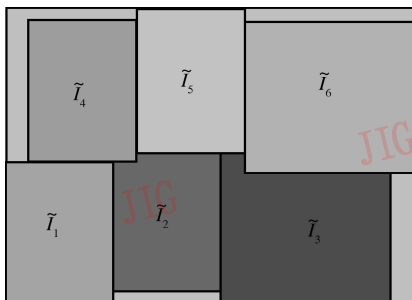


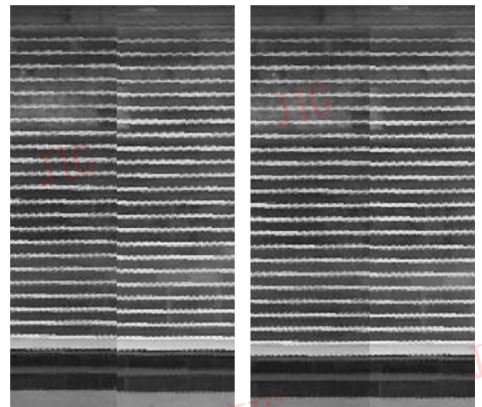
图 4 拼接影像的生成

Fig.4 The generation of mosaic image

像的相对空间关系,然后即可利用类似于常规生成正射影像的方法生成完整的墙面纹理,以达到自动拼接的目的,拼接影像的生成过程如图 4 所示(图中 \tilde{I} 表示纠正后的影像)。

3 影像拼接结果的优化

根据前述条带法的拼接方法,虽然能够得到多影像拼接的整体最优结果,但是由于平差模型中的观测是同名点坐标,而且由于墙面纹理的复杂性,致使影像上可能有些区域在连续相对定向过程中匹配得到的同名点很少,甚至没有同名点(如图 5(a)和图 6(a)所示),在经过平差后,这些区域的拼接效果不好。因此本文提出通过加入影像间同名水平直线的约束和加密匹配同名点的方法来对上述区域的拼接结果进行优化。



(a) 纠正前 (b) 纠正后

图 5 加入同名水平直线约束的优化结果

Fig.5 The refined result with constraint of correspondingly horizontal lines



(a) 优化前 (b) 优化后

图 6 加密匹配同名点的优化结果

Fig.6 The refining result by densifying corresponding points

3.1 影像间同名水平直线约束

如图 5 所示的区域能匹配出的同名点很少,但是存在大量的水平直线,而且经过前述的整体平差后,在拼接影像接边处同名水平直线间的上下视差变得很小,这就使得在拼接影像上寻找同名水平直线成为可能。

图 7 为从相邻两幅原始影像上提取的直线,为了寻找同名直线,首先将它们投影到拼接影像上,然后为左影像上每条直线确定一个同名直线的拉入范围(如图 8 所示),所谓拉入范围就是以该直线为中心,确定宽度为 2 倍 Δ_y 的一个水平条带。考虑该直线附近的同名点在承影面上投影差的 Y 分量 d_y ,还要在 Y 方向自适应地移动 d_y 。由于图 8 中的直线在拼接影像上的投影都近

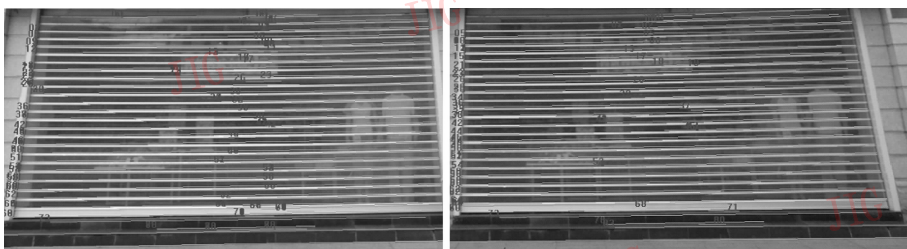


图 7 同名直线的确定

Fig. 7 The determination of corresponding lines

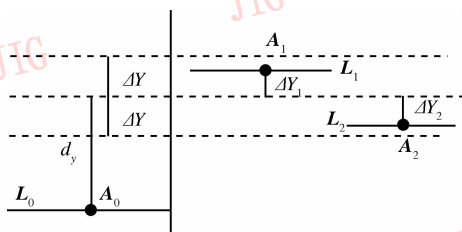


图 8 同名直线的拉入范围

Fig. 8 The included range of corresponding

3.2 加密匹配同名点

由于不是所有区域都存在大量的水平线,而且如果影像接边处有明显错开的话,如图 6(a)所示,在拼接影像上确定同名直线出错的概率也会增大,因此利用上述的加入同名水平直线约束的方法来优化图中的区域,效果不理想。图 6(a)中影像接边处之所以会错开,其根本原因就在于这一区域内的同名点很少。由于建筑墙面纹理的复杂性,致使匹配得到的同名点一般来说分布都不均匀(如图 9(a)所示),墙面的窗户部分同名点分布比较密集,而屋顶以及店面部分的同名点则分

似于水平,所以取待选直线的中心点为判断的对象,即右影像上中心点在拉入范围之内内的待选直线就是该直线的同名直线。图 8 中直线 L_0 与同名直线 L_1 、 L_2 之间存在 Y 方向的投影差 Δ_{y_1} 和 Δ_{y_2} ,也可以等价为直线的中心点 A_0 与 A_1 、 A_2 之间存在的 Y 坐标差。可见,优化拼接的结果就是通过平差使 ΔY 的平方和最小。平差的观测方程可参照式(4)中 Y 坐标观测方程的列立,即影像间同名水平直线的约束条件方程经过转化,可以等价为同名点 Y 坐标的观测方程。最后将同名水平直线的观测方程与同名点的观测方程进行联合平差。图 5(b)为平差后的拼接结果,可见在加入同名水平直线约束后,图 5(a)所示的区域,其拼接结果得到明显的改善。

布得比较稀疏,如前所述,经过整体平差后,同名点在拼接影像上的投影间的坐标差分布在一个很小的范围,这就使得在拼接影像上进行同名点的加密匹配成为可能。

首先要确定需要加密同名点的区域。在影像上叠加一个矩形格网,格网单元的大小视影像的像幅而定。图 9(a)中的影像尺寸为 $1\ 000\text{pixels} \times 1\ 500\text{pixels}$,



(a) 加密匹配前

(b) 加密匹配后

图 9 同名点的分布

Fig. 9 The distribution of corresponding points

叠加的是 20×20 pixels 的矩形格网,格网单元的大小为 50×75 。由于建筑物顶部以外的部分是天空,而在天空部分加密匹配同名点是没有意义的,所以需要先结合图中所示的跟踪出的屋顶边界(黑线),去掉在边界以外的格网单元;然后对落入各格网单元的同名点个数进行统计,没有同名点落入或落入的同名点很少的单元格就是需要加密同名点的区域。

为了减少匹配运算的时间,对同名点的加密匹配不是在整个影像上,而是在与每个单元格对应的小块影像上进行。图 6(a)左右影像的同名点在拼接影像上的“投影差”,由于大致反映了接边处纹理的错位情况,因而在点匹配时可以用于预测同名点。预测的原则是:如果该单元格中包含已有的同名点,则根据左右影像上已有的同名点在拼接影像上的“投影差”来确定该单元格中特征点在右影像上的位移量;如果没有同名点,则根据邻近单元格的同名点来确定同名点。同名点加密匹配后的结果如图 9(b)所示。实验证明,由于预测的位置比较准,所以匹配的同名点精度比较高。最后对加密匹配得到的同名点和原有的同名点进行整体平差优化(优化后的影像如图 6(b)所示),平差后接边处纹理的明显错位得到了很好的纠正,图 6(a)左右影像同名点在拼接影像上的投影几乎重合,基本实现了无缝拼接。

4 实验结果

本文分别对以下 3 套数据进行了影像拼接实验:(1)从 Sony IP-7 数码摄像机拍摄的武汉大学信息学部一号教学楼视频录像中提取的序列影像,像幅大小为 720×480 pixels(如图 10 所示);(2)从 Sony IP-7 数码摄像机拍摄的武汉市江汉路步行街视频录像中提取的序列影像,像幅大小为 720×480 pixels(如图 11 所示);(3)使用 KODAK PROFESSIONAL DCS Pro SLR/n 数码相机拍摄的武汉市江汉路步行街的序列影像,像幅大小为 4500×3000 pixels(如图 12 所示)。其中一号教学楼的序列影像是在汽车上用手持摄像机拍摄的,但是由于步行街上禁止机动车通行,所以江汉路步行街的序列影像是在轮椅上用手持摄像机拍摄的。在拍摄过程中,为了尽量保证相机内方位元素的稳定,镜头被设为在无穷远处对焦,同时关闭自动调焦的功能,并固定曝光时间。



图 10 实验数据 1

Fig. 10 Dataset 1



图 11 实验数据 2

Fig. 11 Dataset 2



图 12 实验数据 3

Fig. 12 Dataset 3

为了进行比较,首先分别使用常规的影像镶嵌软件 ImageSuite 和全景照片制作软件 PhotoStitch 对实验数据 1 和数据 3 进行拼接处理,拼接结果如图 13 所示,由该图可见,常规的影像镶嵌软件和全景照片制作软件对处理大倾角的近景数码影像的拼接效果是不理想的。这是因为常规的影像拼接算法是任意选取一张像片(通常是第 1 张)作为参考,且不对其进行几何纠正的缘故。然后通过计算其余像片与之对应的几何变换参数,并将所有像片统一到参考像片的坐标系下,即可完成影像的拼接。由于不对参考像片进行纠正,所以这一类算法适用于几何变形小的远景像片拼接。而对于本文处理的近景像片,则由于几何变形大,因此拼接结果就出现了如图 13 所示的扭曲变形现象。



(a) ImageSuite



(b) PhotoStitch

图 13 利用常规软件的立面纹理拼接结果

Fig. 13 Mosaic results by existing softwares

本文是对几何纠正后的影像进行影像拼接的。图 14 为利用选取拼接点的方法^[1]对数据 1 进行自动拼接的结果。与图 13 相比,由于预先进行了几何纠正,所以拼接的结果不会出现扭曲变形,而且能获得建筑立面的真实纹理。



图 14 采用选取拼接点方法的拼接结果
Fig. 14 Mosaic results by selecting mosaic points

前文已经阐述,对于比较狭窄的街道(如步行街),由于摄站与建筑物之间的距离比较小,仅确定相邻影像之间平移量 d_x 、 d_y 来进行拼接是无法获得理想的拼接效果的。图 15(a)为选取对接点对实验数据 2 进行拼接的结果(接边部分),由该图可见,由于相邻影像间的几何差异没有得到消除,因此在接边处有明显的错位,而且越向上错位越大,这说明存在的几何差异是非线性的。图 15(b)是使用条带法进行拼接,并结合加入影像间同名水平直线的约束和加密匹配同名点两种方法对拼接结果进行优化,由结果可知,相邻影像间的几何差异得到了显著的消除,因而接边处不存在错位,真正实现了影像的无缝拼接。

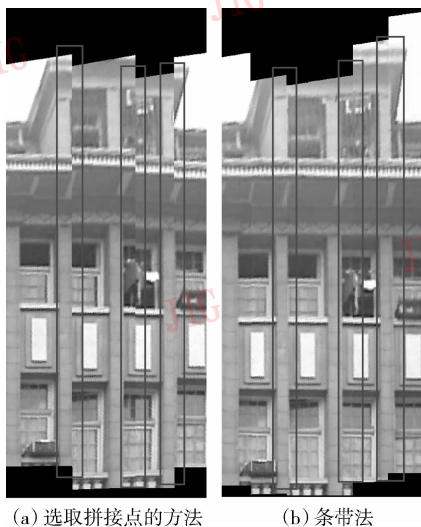


图 15 拼接结果比较

Fig. 15 Comparison of mosaic results

如图 16 所示,对于实验数据 2 由于拍摄位置很近,而且影像的像幅也有限,所以单幅影像所覆盖的墙面纹理就很少,因此为生成完整的纹理,上下也需要拍摄多幅影像,于是左右相邻和上下相邻的影像都

需要进行拼接。条带法不仅适用于单条带影像的拼接,而且也适用于多条带影像的拼接,如图 17 所示为上中下 3 个条带分别拼接的结果(部分),图 18 为 3 个条带整体拼接的结果,可见该方法对于解决单幅影像所覆盖的墙面纹理少的问题是非常有效的。



图 16 上下拍摄的多幅影像

Fig. 16 Images taken from bottom to top



(a) 条带1的拼接结果



(b) 条带2的拼接结果



(c) 条带3的拼接结果

图 17 单条带的拼接结果

Fig. 17 Mosaic results of single strips

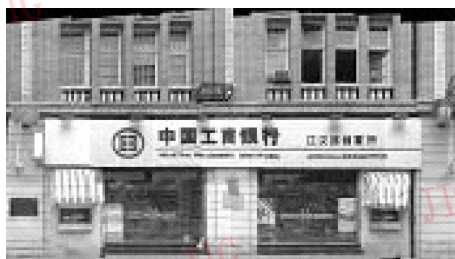


图 18 3 个条带的整体拼接结果

Fig. 18 Whole Mosaic result of three strips

然而实际应用中,为了覆盖建筑立面纹理,像幅小的影像需要拍摄多个条带,这样需要处理的影像数目就大大增加。实验说明一栋长度为 82m 的房屋,共拍摄了 4 个条带的影像,总计 238 幅,影像处理共计耗时 40min,对于一栋房屋的立面纹理恢复来说,其效率是比较低的。

为了解决这一问题,对第 3 套实验数据,即使用附加广角镜头的高分辨率数码相机(1 385 万 pixels)拍摄的序列影像进行了实验。为了尽量使拍摄的影像在 Y 方向覆盖整个墙面纹理,采用了竖拍的方式,其影像的尺寸为 3 000 pixels × 4 500 pixels。考虑到

影像处理的效率和实际需要的影像清晰度,在处理之前首先将影像进行压缩,压缩后的尺寸为 1 000 pixels × 1 500 pixels,即相当于 150 万 pixels 的普通数码相机拍摄的照片。由于数据 3 影像清晰度更高,所以得到的立面纹理更为美观(如图 19 所示)。



图 19 完整的建筑立面纹理

Fig. 19 Whole facade texture

5 结 论

由于建筑立面纹理的跨度比较大,通常包括多幅影像,因此为了生成完整的立面纹理,需要对多幅影像进行拼接,但目前常规的影像镶嵌软件和全景照片制作软件对大倾角近景数码影像的拼接效果均不理想。本文单纯基于影像信息对从近景数码影像中自动拼接墙面纹理的方法进行了研究,得出了以下结论:

(1) 选取拼接点的方法只适用于相机的位置离建筑物相对较远的情况。而条带法则是通过调整影像的投影参数来使得各影像之间的同名光线在公共投影面上两两相交,从而在像方首先恢复各影像间的相对空间关系,然后利用类似于常规生成正射影像的方法来生成完整的墙面纹理,即可达到自动拼接的目的。由于这种方法能消除各纠正影像之间存在的非线性几何差异,因此条带法不仅适用于单条带影像的拼接,而且也适用于多条带影像的拼接;

(2) 对于匹配的同名点很少,甚至没有同名点的区域,本文提出利用影像间同名水平直线约束和加密匹配同名点两种方法对拼接结果进行优化。影像间同名水平直线约束由于需要存在大量的水平直线所以具有一定的局限性。而加密匹配同名点的方法,顾名思义,由于能够基于条带法的结果进一步对同名点进行加密,使同名点的分布均匀,从而能改善拼接的结果。可见该方法与影像间同名水平直线约束相比更为实用。

由于地面序列影像的获取具有经济快捷的特点,同时因为由此生成的纹理清晰度高,从而弥补了航空影像和直升机载影像上建筑墙面纹理清晰度低

的不足。然而由于地面影像是近景拍摄的,所以存在单幅影像覆盖纹理少的问题,为了生成完整的立面纹理,需要对多张影像进行拼接。由于单纯基于影像信息从近景数码影像中自动拼接墙面纹理的方法能够提高地面序列影像纹理处理的自动化程度,从而使得基于地面序列影像来快速重建建筑立面纹理更加具有现实的意义和广泛的应用前景。

参考文献 (References)

- 1 Kang Zhi-zhong, Zhang Zu-xun, Zhang Jian-qing. The rapidly reconstructing texture for building facades from vehicle-based image sequence [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(11):960 ~ 964 (in Chinese). [康志忠,张祖勋,张剑清.基于车载序列影像的建筑立面纹理的快速重建[J].武汉大学学报(信息科学版),2005,30(11):960 ~ 964.]
- 2 Chon J, Fuse T, Shimizu E. Urban visualization through video mosaics based on 3-D multi-baselines[A]. In: Proceedings of XXth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress[C], Istanbul, Turkey, 2004, XXXV, B3:727 ~ 731.
- 3 Szeliski R. Video mosaics for virtual environments [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1996, 16(2): 22 ~ 30.
- 4 Jones R C, DeMenthon D, Doermann D S. Building mosaics from video using MPEG motion vectors [A]. In: Proceedings of ACM Multimedia[C], Orlando, FL, USA, 1999, 2:29 ~ 32.
- 5 Robertson Mark A, Heath Thomas S. Mosaics from MPEG-2 video [J]. Proceedings of the SPIE, 2003, 5016:196 ~ 207.
- 6 Thomas Luhmann, Werner Tecklenburg. High-resolution image rectification and mosaicing - a comparison between panorama camera and digital camera [A]. In: Proceedings of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing ISPRS Working Group V/5 Panoramic Photogrammetry Workshop[C], Berlin, Germany, 2005: 24 ~ 25.
- 7 Konecny Gottfried, Lehmann Gerhard. Photogrammetrie[M]. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1984: 218 ~ 221.