

文章编号: 0494-0911(2006)10-0059-03

中图分类号: P234

文献标识码: B

非量测数码相机的影像纠正

李天子^{1,2}, 郭 辉^{1,2}

(1. 河南理工大学, 河南 焦作 454008; 2. 中国测绘科学研究院, 北京 100039)

Image Rectification of Non Metric Digital Camera

LI Tianzi, GUO Hui

摘要: 国内数字摄影测量工作站只适用于量测数码相机, 非量测数码相机影像畸变大, 必须进行影像纠正。给出影像纠正的公式及部分程序代码。试验证明, 此纠正公式及程序有效、实用, 为数字摄影测量工作站提供了可靠的影像。

关键词: 非量测相机; 影像纠正; 影像参数

一、引 言

随着 CCD 技术的发展, 非量测数码相机在摄影测量中得到了广泛应用。但非量测数码相机镜头畸变大, 像主点不在 CCD 几何中心上, CCD 面阵内畸变等, 使得图像畸变大, 而国内的数字摄影测量工作站 JX4-C 和 VirtuoZo 只针对量测数码相机, 并未考虑这些畸变, 直接使用, 测图精度低。因此实现非量测相机的量测化, 影像的纠正成为一项必要的工作。

二、影像参数的获取

为获取高精度的检校参数, 我们建立了大型室外的 3 维控制场。采用澳大利亚墨尔本大学的 Australis 软件完成了对相机的检校, 获取了相机内方位元素及镜头畸变参数。

三、影像参数的理论分析及影像纠正

相对于量测相机, 非量测相机的影像参数主要描述 CCD 安装误差、镜头光学畸变以及 CCD 面阵内畸变等。以下给出了理论分析及相应影像纠正的部分源代码。

1. CCD 安装引起的误差

此误差主要包括两个方面: ① CCD 平面不垂直于透镜的主光轴而引起的误差。实验证明, 这种误差对数字摄影测量工作站的成图影响可以忽略。② CCD 的几何中心不在像主点上。纠正的部分源代码为:

```
// 计算该像素在源 DIB 中的坐标
i0= i- (LONG)IYOffset;
```

```
j0= j+ (LONG)IXOffset;
```

2. 光学畸变

光学畸变差包括径向畸变差(Radial Distortion)和偏心畸变差(Decentering Distortion)两类。以下给出这两类畸变差的公式及其实现的部分源代码。

1. 径向畸变差

$$\Delta x = x(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$

$$\Delta y = y(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$

$k_i (i = 1, 2, 3)$ 是描述物镜系统径向畸变的系数; r 为像点的径向。 r 近似计算公式为

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

式中, x, y 是该像点坐标。

2. 偏心畸变差

$$\Delta x = p_1(r^2 + 2x^2) + 2p_2xy$$

$$\Delta y = p_2(r^2 + 2y^2) + 2p_1xy$$

$p_i (i = 1, 2)$ 是描述物镜系统偏心畸变的系数。

3. 面阵内畸变(Distortion in array)

对于数码相机, 面阵内变形参数有两个, 一个比例尺参数 b_1 和一个修剪参数 b_2 , 计算公式为

$$\Delta x = b_1 x + b_2 y$$

$$\Delta y = 0$$

比例尺参数 b_1 代表了非方形像元的尺寸, 修剪参数 b_2 用来补偿像素阵列的非正交特性。

部分源代码:

```
while( a> 1E- 004|| b> 1E- 004)
{
    r= tx* tx+ ty* ty;
    float m= k1* r+ k2* r* r+ k3* r* r* r;
    //简化公式
```

收稿日期: 2005-09-21

作者简介: 李天子(1973), 男, 河南南乐人, 硕士生, 主要从事摄影测量与遥感研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

```
dx= tx* m+ p1* (r+ 2* tx* tx)+ 2* p2*  
tx* ty+ b1* tx+ b2* ty;  
dy= ty* m+ p2* (r+ 2* ty* ty)+ 2* p1* tx* ty;  
a= tx- (float)((i+ 1/2)* p/1000.0- dx);  
// 设定阈值  
b= ty- (float)((j+ 1/2)* p/1000.0- dy);  
// 设定阈值  
if(a< 0)  
{a= - a;}  
if(b< 0)  
{b= - b;}  
tx= float((i+ 1/2)* p/1000.0- dx);  
ty= float((j+ 1/2)* p/1000.0- dy);  
}
```

4. 影像重采样

为了纠正上述畸变,进行了影像重采样。本程序采用双线性差值法(如图1)。

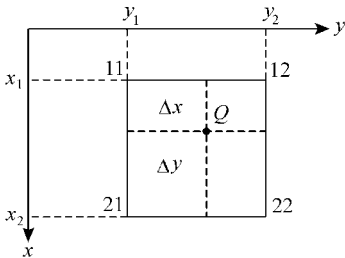


图 1 双线性插值原理

$$I(Q)=(1-\Delta x)(1-\Delta y)I_{11}+(1-\Delta x)\Delta yI_{12}+\\ \Delta x(1-\Delta y)I_{21}+ \Delta x\Delta yI_{22}$$

其中, $I_{ij}(=1,2)$ 表示 ij 点的灰度值; $I(Q)$ 表示 Q 点的灰度值。

四、精度分析

采用澳大利亚墨尔本大学的 Australis 软件对哈苏 50 mm 镜头, 4 K × 4 K CCD 相机的检校, 获取了纠正前后相机内方位元素、镜头畸变参数及面阵内畸变参数, 比较如表 1。纠正前后的图像如图 2, 图 3。

表 1 相机内方位元素及镜头畸变参数对照表

参数	纠正前	纠正后	备注
x_p	1.867 0 E- 001	9.520 7 E- 004	主点坐标/mm
y_p	4.849 6 E- 001	2.606 0 E- 003	
k_1	2.558 5 E- 005	2.146 0 E- 008	
k_2	- 1.008 4 E- 008	4.241 4 E- 010	径向畸变参数
k_3	- 1.807 1 E- 012	4.629 3 E- 013	
p_1	- 4.438 5 E- 006	1.731 1 E- 007	
p_2	- 3.762 8 E- 006	2.537 9 E- 007	偏心畸变参数
b_1	4.401 0 E- 005	2.088 7 E- 006	
b_2	- 3.699 0 E- 006	1.924 4 E- 006	



图 2 纠正前中心投影影像



图 3 纠正后中心投影影像

五、应 用

对同一对非测量数码相机摄取的航空像片用 JX4- C, 在相同核线倍率、相同放大倍数的情况下, 进行相对定向和绝对定向, 绝对定向的标志点为相同的 23 个地标点。纠正前后相对定向结果如图 4, 图 5 所示。相对定向、绝对定向精度对照见表 2。

表 2 精度对照表

		参数	纠正前	纠正后
相对定向	中误差/mm		±0.009	±0.007
		定向点个数	178	446
		$M_x/m(N)$	±0.830	±0.054
绝对定向	中误差	$M_y/m(E)$	±0.514	±0.038
		$M_z/m(h)$	±0.976	±0.102



图 4 纠正前相对定向结果

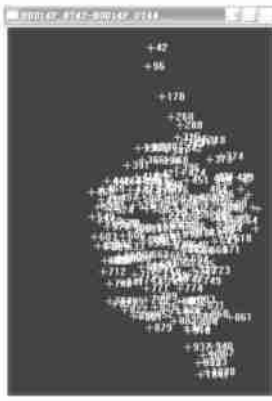


图 5 纠正后相对定向结果

通过对影像的纠正,使绝对定向精度有了很大提高,达到了成图要求。此程序对影像的纠正已经达到微米级。由此可知双线性插值法达到了要求的精度。以上 9 个参数,已经完成了对数码相机畸变的描述,由其他因素引起的随机畸变误差可以忽略不计。

(上接第 50 页)

为了进行坐标传递检核,在坐标传递时,对天花顶两点间的水平距离进行了检核。

2. 高程传递

利用钢尺进行高程传递,将地面高程传递至天花顶,作为天花顶内的高程起算依据。传递时地面与天花顶同时变化仪器高,重复观测 3 次,最大差值为 2 mm。

五、标靶及特征控制点的 3 维坐标测量

标靶中心和特征点作为模型建立与分析的控制点,需要提供精确的 3 维坐标,而标靶点和特征点是无法安置棱镜的,另外,大殿内尤其是大殿天花顶内,梁柱纵横交错,光线昏暗,测站点的选择受到很大制约,很难保证有利的观测图形,所以只能采用前方交会法和免棱镜全站仪极坐标法观测。为了提高精度和增加检核,在该项目实施中同时使用两种方法进行观测。最后根据交会图形条件、测距时视准轴与反射面夹角等条件,进行综合处理。

六、结束语

由于 3 维激光扫描技术属于测绘新技术,有关利用 3 维激光扫描技术进行古文物保护,以及有关 3 维激光扫描技术应用中的 3 维控制网的资料有

六、结 论

试验所用的检校方法可靠,纠正公式对数码相机畸变描述完整,算法程序正确,对影像进行了有效的纠正,实现了非量测相机的量测化。为数字摄影测量工作站提供了可靠的影像,并取得了较高的精度,为数码相机应用于摄影测量,迈出了必要的一步。

参考文献:

- [1] 林宗坚,等.数码相机畸变差研究[J].武汉大学学报(科学信息版),2005,(2).
- [2] 冯文灏.工业测量[M].武汉:武汉大学出版社,2004.
- [3] 张祖勋,张剑清.数字摄影测量学[M].武汉:武汉大学出版社,1997.
- [4] SCHENK T. Machine Vision and Close Range Photogrammetry[A]. Proceedings of ISPRS Congress 1992 [C]. [s.l.]: [s.n.], 1992.

限,这给我们的测量工作带来了较大困难。在项目实施过程中,测量人员经常需要与扫描人员、模型处理人员进行协商与探索,因此测量方案的变更情况也时有发生。本测量项目实施中还存在一些问题,如:控制网的精度设计与模型的精度指标的关系,适合模型建立和分析的测量基准选择,特殊标志设置,免棱镜全站仪的测距精度等,都需要进一步探索和研究。

参考文献:

- [1] 李青岳,陈永奇.工程测量学[M].北京:测绘出版社,1997.
- [2] 吴翼麟,孔祥元.特种精密工程测量[M].北京:测绘出版社,1993.
- [3] CJJ8 99,城市测量规范[S].
- [4] 顾孝烈.城市导线测量[M].北京:测绘出版社,1985.
- [5] 张远智.基于工程应用的 3 维激光扫描系统[J].测绘通报,2002,(1).
- [6] 曾义星,史天元.3 维雷射扫描技术及其在工程测量之上应用[J].土木水利,2002,29.
- [7] LAVARONE A. Laser Scanner Fundamentals[J]. Professional Surveyor, 2002,(9).
- [8] OPTECH. Civil Engineering: Bridge Deflection Analysis [DB/CD]. <http://www.optech.on.ca>.