



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106500729 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201611072738.4

(22)申请日 2016.11.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106500729 A

(43)申请公布日 2017.03.15

(73)专利权人 武汉大学
地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学科发院

(72)发明人 赵双明 付兵杰

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

代理人 王丹

(51)Int.Cl.
G01C 25/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101226057 A,2008.07.23,

CN 102636159 A,2012.08.15,

CN 103364012 A,2013.10.23,

徐殿成等.一种基于智能手机成像的立体量测方法.《测绘通报》.2015,(第2期),第73-76页.

审查员 朱敬敬

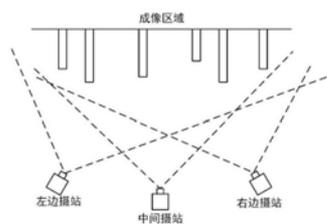
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种无需控制信息的智能手机自检校方法

(57)摘要

本发明提供一种无需控制信息的智能手机自检校方法,基于 3×3 模式获取影像数据;选取基准影像进行相对定向,建立单元模型;基于比例系数进行模型连接,建立自由网模型;建立自检校光束法自由网平差模型;联合平差解算,获取相机检校参数。本发明的自检校方法无需控制信息,不受限于高精度的三维检校场或已知空间结构的检校模板,仅需要用智能手机拍摄 3×3 张影像即可,并且对各影像拍摄的位置精度要求不高,容易实现。



1. 一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:它包括以下步骤:

S1、基于 3×3 模式获取影像数据:

采用智能手机,在3个与目标物体距离大致相等的摄站拍摄目标物体,相邻摄站之间的距离大致相等,在每个摄站从上到下依次拍摄3张影像;

所述的大致相等为肉眼判断距离相等;

S2、选取基准影像进行相对定向,建立单元模型:

从S1获取的 3×3 个影像中选取基准影像,以基准影像的像空间坐标系为基准进行连续法相对定向,确定其它非基准影像的相对定向元素,每个非基准影像与基准影像通过相对定向构成单元模型;

S3、基于比例系数进行模型连接,建立自由网模型:

选择若干个在所有单元模型中均有成像的公共点,对各单元模型分别进行前方交会,计算公共点的坐标;从单元模型中选取基准模型,根据公共点的距离信息,确定各非基准模型的比例系数,将各单元模型连接成自由网模型;通过自由网模型内部的整体前方交会,确定自由网模型中公共点初始的物方坐标;

所述的各非基准模型的比例系数具体由以下方式得到:在公共点中任选一个作为基准点,每个单元模型的公共点距离信息为在该单元模型中其他公共点到基准点的距离之和;各非基准模型的比例系数由非基准模型相对于基准模型的公共点距离信息作除运算得到;

S4、建立自检校光束法自由网平差模型:

根据自由网模型提供的相对位置关系约束,以共线条件方程为数学模型,将物方坐标、像片外方位元素和附加参数作为未知数,建立像点坐标观测值误差方程;将像片外方位元素作虚拟观测处理,建立像片外方位元素虚拟观测值误差方程;

S5、联合平差解算:

利用S4建立的像点坐标观测值误差方程和像片外方位元素虚拟观测值误差方程,采用最小二乘平差方法进行联合平差解算,得到相机检校参数。

2. 根据权利要求1所述的一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:所述的S2中,进行连续法相对定向时,采用连续像对严密解法,以选定的基准影像的像空间坐标系为基准,相对定向元素包括确定两张影像相对位置关系的线元素和角元素。

3. 根据权利要求2所述的一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:所述的S3中,对各单元模型分别进行前方交会严格解法,计算各单元模型公共点的坐标;

根据各非基准模型的比例系数,统一单元模型中非基准影像的摄站点坐标,形成自由网模型;

在自由网模型内部再次进行整体的前方交会,确定公共点在自由网模型的初始的物方坐标。

4. 根据权利要求1所述的一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:所述的S4中,所述的附加参数包括内方位元素和镜头光学畸变差;

先建立附加参数模型;再利用附加参数模型和共线条件方程式,列出像点坐标观测值误差方程;对像片外方位元素作虚拟观测处理,列出像片外方位元素虚拟观测值误差方程。

5. 根据权利要求1所述的一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:选择左、中、右三个方向的摄站,每个摄站拍摄上、中、下三张影像;拍摄物距大于4m,摄站间距大

于3m。

6. 根据权利要求5所述的一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:取中间的摄站中间的影像作为基准影像,非基准影像与基准影像的重叠度为60%以上。

一种无需控制信息的智能手机自检校方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字摄影测量领域,特别涉及一种无需控制信息的智能手机自检校方法。

背景技术

[0002] 相机的高精度检校是数字摄影测量的关键步骤。摄影测量中的相机包括量测型相机和非量测型相机。专业的量测型相机虽然精度非常高,可是价格比较昂贵,应用成本较高。而非量测型相机价格低廉,使用灵活方便,性能日益成熟,在摄影测量及计算机视觉中应用越来越广泛。随着硬件技术的进步和移动互联网的发展,智能手机作为一种非量测设备,普及程度越来越广,成像精度不断增加,利用其进行摄影测量日益成为一种重要的测绘手段。

[0003] 根据高斯成像规律有: $1/F=1/u+1/v$,其中F为焦距,u为物距,v为像距。在智能手机中焦距一般是一个固定的值,约4mm左右。如果焦距不固定,就意味着镜头中镜组的前后移动,会占用更多空间,这对于讲究纤薄轻巧的智能手机来说是无法承受的。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:提供一种无需控制信息的智能手机自检校方法,能够在缺少控制信息的条件下,实现智能手机的无控制信息高精度检校。

[0005] 本发明为解决上述技术问题所采取的技术方案为:一种无需控制信息的智能手机自检校方法,其特征在于:它包括以下步骤:

[0006] S1、基于 3×3 模式获取影像数据:

[0007] 采用智能手机,在3个与目标物体距离大致相等的摄站拍摄目标物体,相邻摄站之间的距离大致相等,在每个摄站从上到下依次拍摄3张影像;

[0008] 所述的大致相等为肉眼判断距离相等;

[0009] S2、选取基准影像进行相对定向,建立单元模型:

[0010] 从S1获取的 3×3 个影像中选取基准影像,以基准影像的像空间坐标系为基准进行连续法相对定向,确定其它非基准影像的相对定向元素,每个非基准影像与基准影像通过相对定向构成单元模型;

[0011] S3、基于比例系数进行模型连接,建立自由网模型:

[0012] 选择若干个在所有单元模型中均有成像的公共点,对各单元模型分别进行前方交会,计算公共点的坐标;从单元模型中选取基准模型,根据公共点的距离信息,确定各非基准模型的比例系数,将各单元模型连接成自由网模型;通过自由网模型内部的整体前方交会,确定自由网模型中公共点初始的物方坐标;

[0013] S4、建立自检校光束法自由网平差模型:

[0014] 根据自由网模型提供的相对位置关系约束,以共线条件方程为数学模型,将物方坐标、像片外方位元素和附加参数作为未知数,建立像点坐标观测值误差方程;将像片外方

位元素作虚拟观测处理,建立像片外方位元素虚拟观测值误差方程;

[0015] S5、联合平差解算:

[0016] 利用S4建立的像点坐标观测值误差方程和像片外方位元素虚拟观测值误差方程,采用最小二乘平差方法进行联合平差解算,得到相机检校参数,相机检校参数是S4中提及的未知数的一部分。

[0017] 按上述方法,所述的S2中,进行连续法相对定向时,采用连续像对严密解法,以选定的基准影像的像空间坐标系为基准,相对定向元素包括确定两张影像相对位置关系的线元素和角元素。

[0018] 按上述方法,所述的S3中,对各单元模型分别进行前方交会严格解法,计算各单元模型公共点的坐标;

[0019] 在公共点中任选一个作为基准点,每个单元模型的公共点距离信息为在该单元模型中其他公共点到基准点的距离之和;各非基准模型的比例系数由非基准模型相对于基准模型的公共点距离信息作除运算得到;

[0020] 根据各非基准模型的比例系数,统一单元模型中非基准影像的摄站点坐标,形成自由网模型;

[0021] 在自由网模型内部再次进行整体的前方交会,确定公共点在自由网模型的物方坐标。

[0022] 按上述方法,所述的S4中,所述的附加参数包括内方位元素和镜头光学畸变差;

[0023] 先建立附加参数模型;再利用附加参数模型和共线条件方程式,列出像点坐标观测值误差方程;对像片外方位元素作虚拟观测处理,列出像片外方位元素虚拟观测值误差方程。

[0024] 按上述方法,选择左、中、右三个方向的摄站,每个摄站拍摄上、中、下三张影像;拍摄物距大于4m,摄站间距大于3m。

[0025] 按上述方法,取中间的摄站中间的影像作为基准影像,非基准影像与基准影像的重叠度为60%以上。

[0026] 本发明的有益效果为:

[0027] 1、本发明的自检校方法无需控制信息,不受限于高精度的三维检校场或已知空间结构的检校模板,仅需要用智能手机拍摄3×3张影像即可,并且对各影像拍摄的位置精度要求不高,容易实现。

[0028] 2、本方法建立特定的自由网模型,将摄站点、物方点纳入一个统一的坐标基准中;基于自由网模型提供的相对位置关系约束和附加参数模型,建立自检校光束法自由网平差模型,进行联合平差解算;具有平差稳健、计算精度高、检校速度快的优点。

附图说明

[0029] 图1为本发明一实施例的影像获取模式图。

[0030] 图2为拍摄位置示意图。

[0031] 图3为基准模型示意图。

具体实施方式

[0032] 下面结合具体实例和附图对本发明做进一步说明。

[0033] 在智能手机成像过程中,拍摄距离也就是物距 u 变化时,由于焦距 F 固定,像距 v 也就是主距 f 会相应地发生变化。当拍摄距离超过4m的时候,摄影比例尺约为 $1/1000$,主距 f 与焦距 F 非常接近。对于拍摄的多张影像来说,只要拍摄距离大体相等,那么其成像清晰度也是接近的。相对于其中一张基准影像来说,即使其它影像出现轻微的物距波动,对于主距的影响也是微乎其微的。因此,在保证每次拍摄物距大体相等的情况下,使用智能手机在完成某个测量任务的同时对其相机进行检校,既可以把物距因素对主距的影响降到最低,又能保证检校参数的实时性与可靠性,进而满足后续摄影测量工作的精度要求。

[0034] 本发明的自检校方法无需控制信息,不受限于高精度的三维检校场或已知空间结构的检校模板。基于 3×3 模式,使用智能手机获取影像数据;选择基准影像进行相对定向,建立单元模型;基于比例系数进行模型连接,建立特定的自由网模型,将摄站点、物方点纳入一个统一的坐标基准中;基于自由网模型提供的相对位置关系约束和附加参数模型,建立自检校光束法自由网平差模型,进行联合平差解算。本发明中的自检校方法,能够在无需控制信息的条件下,为智能手机提供高精度的检校,具有平差稳健、计算精度高、检校速度快等优点。

[0035] 本发明提供一种无需控制信息的智能手机自检校方法,包括以下步骤:

[0036] S1、基于 3×3 模式获取影像数据:采用智能手机,在3个与目标物体距离大致相等的摄站拍摄目标物体,相邻摄站之间的距离大致相等,在每个摄站从上到下依次拍摄3张影像;所述的大致相等为肉眼判断距离相等。

[0037] S2、选取基准影像进行相对定向,建立单元模型:从S1获取的 3×3 个影像中选取基准影像,以基准影像的像空间坐标系为基准进行连续法相对定向,确定其它非基准影像的相对定向元素,每个非基准影像与基准影像通过相对定向构成单元模型;进行连续法相对定向时,采用连续像对严密解法,以选定的基准影像的像空间坐标系为基准,相对定向元素包括确定两张影像相对位置关系的线元素和角元素。

[0038] S3、基于比例系数进行模型连接,建立自由网模型:选择若干个在所有单元模型中均有成像的公共点,对各单元模型分别进行前方交会,计算公共点的坐标;从单元模型中选取基准模型,根据公共点的距离信息,确定各非基准模型的比例系数,将各单元模型连接成自由网模型;通过自由网模型内部的整体前方交会,确定公共点在自由网模型的物方坐标。

[0039] 对各单元模型分别进行前方交会严格解法,计算各单元模型公共点的坐标;在公共点中任选一个作为基准点,每个单元模型的公共点距离信息为在该单元模型中其他公共点到基准点的距离之和;各非基准模型的比例系数由非基准模型相对于基准模型的公共点距离信息作除运算得到;根据各非基准模型的比例系数,统一单元模型中非基准影像的摄站点坐标,形成自由网模型;在自由网模型内部再次进行整体的前方交会,确定自由网模型中公共点初始的物方坐标。

[0040] S4、建立自检校光束法自由网平差模型:根据自由网模型提供的相对位置关系约束,以共线条件方程为数学模型,将物方坐标、像片外方位元素和附加参数作为未知数(解释:初始的物方坐标并不精确,需要作为未知数在平差过程中进一步精确确定),建立像点坐标观测值误差方程;将像片外方位元素作虚拟观测处理,建立像片外方位元素虚拟观测

值误差方程。

[0041] 所述的附加参数包括内方位元素和镜头光学畸变差;先建立附加参数模型;再利用附加参数模型和共线条件方程式,列出像点坐标观测值误差方程;对像片外方位元素作虚拟观测处理,列出像片外方位元素虚拟观测值误差方程。

[0042] S5、联合平差解算:

[0043] 利用S4建立的像点坐标观测值误差方程和像片外方位元素虚拟观测值误差方程,采用最小二乘平差方法进行联合平差解算,得到相机检校参数,即是S4中提及的未知数的一部分。

[0044] 本实施例的过程如下:

[0045] 1、基于 3×3 模式获取影像数据

[0046] 智能手机的相机属于CMOS传感器,焦距约为4mm左右。按 3×3 模式,使用智能手机采集影像数据。选择左、中、右三个方向的摄站采集数据,拍摄物距大于4m,摄站间距大于3m。在每个摄站使用相机从水平方向拍摄上、中、下3张影像,共得到9张影像,如图1和图2所示,中间摄站上中下的影像设为image1、image0、image2,左摄站上中下的影像设为image7、image6、image8,右摄站上中下的影像设为image4、image3、image5。

[0047] 2、选择基准影像进行相对定向,建立单元模型

[0048] 基准影像选取中间摄站中间位置的image0影像,其它影像与基准影像都有足够高的重叠度(大于60%),这样其它影像与基准影像就可以通过相对定向分别构成单元模型。单元模型之间保证足够高的重叠度,目的是方便后续的连接;相对定向采用连续像对严密解法,构建的单元模型共计8个,即image0-image1、image0-image2、image0-image3、image0-image4、image0-image5、image0-image6、image0-image7、image0-image8。

[0049] 相对定向的目的是恢复摄影时相邻两影像摄影光束的相互关系,从而使同名光线对对相交,建立单元模型。单元模型的相对定向以选定的基准影像(即图1中的image0影像)的像空间坐标系为基准,相对定向元素包括: B_Y 、 B_Z 、 φ 、 ω 、 κ (即确定两张像片相对位置关系的两个线元素和三个角元素)。

[0050] 设进行相对定向的一个像片对的投影中心为 S 、 S' ,对某物面点 A 的同名射线分别为 SA 、 $S'A$ 。则 SA 、 $S'A$ 与基线 SS' 的共面条件方程式为:

$$[0051] \quad F = \begin{vmatrix} B_X & B_Y & B_Z \\ X_1 & Y_1 & Z_1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

[0052] 将上式按照多元函数泰勒级数展开成一次项线性式为:

$$[0053] \quad F = F_0 + \frac{\partial F}{\partial B_Y} dB_Y + \frac{\partial F}{\partial B_Z} dB_Z + \frac{\partial F}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial F}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial F}{\partial \kappa} d\kappa = 0 \quad (2)$$

[0054] 其中, F_0 是 F 的近似初始值, B_Y 、 B_Z 、 φ 、 ω 、 κ 为相对定向元素。根据上式列出误差方程式得:

$$[0055] \quad V_F = \frac{\partial F}{\partial B_Y} dB_Y + \frac{\partial F}{\partial B_Z} dB_Z + \frac{\partial F}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial F}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial F}{\partial \kappa} d\kappa - (F - F_0) \quad (3)$$

[0056] 其中, V_F 是 F 的改正数。利用6对以上同名像点,列出误差方程式,其矩阵形式为:

$$[0057] \quad V = AX - L \quad (4)$$

[0058] V 为改正数向量; X 为相对定向元素的改正数向量, A 为相应的系数矩阵; L 为观测值

向量

[0059] 根据最小二乘原理,相应的法方程为:

$$[0060] \quad A^T P A X = A^T P L \quad (5)$$

[0061] P 为观测值的权矩阵,它反映了观测值的量测精度。

[0062] 最后可求出未知数的解为:

$$[0063] \quad X = (A^T P A)^{-1} A^T P L \quad (6)$$

[0064] 3、基于比例系数进行模型连接,建立特定的自由网模型

[0065] 单元模型相对定向后,模型比例尺不一致,须利用模型连接对单元模型比例尺进行归一化,将各单元模型拼接成自由网。首先选择若干个在所有单元模型中均有成像的公共点,对各单元模型分别进行前方交会,计算公共点的坐标。然后选取基准模型(即image0-image3),根据公共点的距离信息,确定其它单元模型(即image0-image1、image0-image2、image0-image4、image0-image5、image0-image6、image0-image7、image0-image8)相对于基准模型的比例系数,进而实现坐标基准的统一。

[0066] 如图3。点 M 在image0、image3和image6三张影像中都有成像,单元模型image0-image6与基准模型image0-image3在比例尺一致的情况下,射线 S_0M 、 S_3M 、 S_6M 必然交会到同一点 M 。其中, S_0 、 S_3 、 S_6 分别为image0、image3和image6的摄影中心。

[0067] 首先通过前方交会计算各单元模型公共点的坐标。利用立体像对左右两影像的内、外方位元素和同名点的影像坐标量测值,来确定公共点的物方坐标。这里采用前方交会的严格解法。由共线方程整理得到:

$$[0068] \quad \begin{cases} l_1 X + l_2 Y + l_3 Z - l_x = 0 \\ l_4 X + l_5 Y + l_6 Z - l_y = 0 \end{cases} \quad (7)$$

[0069] 其中 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 、 l_5 、 l_6 、 l_x 、 l_y 为合并同类项后相应的系数。一对同名点可以列出4个上述的线性方程式,以最小二乘法求得 X 、 Y 、 Z 。这样就确立了公共点在各单元模型局部坐标系下的物方坐标 (X, Y, Z) 。

[0070] 接下来根据公共连接点的距离信息来计算模型比例系数。假设有 s 个单元模型(本发明中 $s=8$),其中第1个模型为基准模型。选取 t 个在所有单元模型都有成像的公共连接点,以其中一个为基准点,在各个单元模型内部计算其它公共连接点到基准点的距离之和,这样就得到了 s 个距离信息。令第 i ($i=1, 2, \dots, s$)个模型中的距离信息为 d_i ,则第 i 个单元模型的比例系数 k_i 计算如下:

$$[0071] \quad k_i = d_i / d_1 \quad (8)$$

[0072] 单元模型中非基准影像摄站点坐标为:

$$[0073] \quad \begin{cases} (X_{si})_{new} = k_i \times (X_{si})_{old} \\ (Y_{si})_{new} = k_i \times (Y_{si})_{old} \\ (Z_{si})_{new} = k_i \times (Z_{si})_{old} \end{cases} \quad (9)$$

[0074] $(X_{si})_{old}$ 、 $(Y_{si})_{old}$ 、 $(Z_{si})_{old}$ 为模型连接前的摄站点坐标, $(X_{si})_{new}$ 、 $(Y_{si})_{new}$ 、 $(Z_{si})_{new}$ 为模型连接后的摄站点坐标。摄站点坐标统一以后,在自由网模型内部再次进行整体的前方交会,以确定模型连接后物方点的坐标。这样,我们就得到了一个统一的坐标基准下物方点、摄站点的位置信息,以此作为光束法的初始值。

[0075] 4、建立自检校光束法自由网平差模型

[0076] 4.1附加参数模型

[0077] 采用8参数相机畸变模型,主要包括两部分:内方位元素(主距 f 、像主点偏移),镜头光学畸变差(径向畸变、切向畸变)。据此,附加参数模型构建如下:

$$[0078] \quad \begin{cases} \Delta x = \bar{x}(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_1(r^2 + 2\bar{x}^2) + 2P_2\bar{x}\bar{y} \\ \Delta y = \bar{y}(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_2(r^2 + 2\bar{y}^2) + 2P_1\bar{x}\bar{y} \end{cases} \quad (10)$$

[0079] 其中, Δx 和 Δy 为像点坐标的系统误差改正数; \bar{x} 和 \bar{y} 为像主点偏移; r 为像点坐标到像主点的距离; K_1 、 K_2 、 K_3 为径向畸变系数; P_1 、 P_2 为切向畸变系数。

[0080] 4.2像点坐标观测值误差方程

[0081] 基本共线条件方程式如下:

$$[0082] \quad \begin{cases} x = -x_0 + \Delta x - \frac{a_1(X_A - X_S) + b_1(Y_A - Y_S) + c_1(Z_A - Z_S)}{a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)} = -x_0 + \Delta x - f \frac{\bar{X}}{\bar{Z}} \\ y = -y_0 + \Delta y - f \frac{a_2(X_A - X_S) + b_2(Y_A - Y_S) + c_2(Z_A - Z_S)}{a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)} = -y_0 + \Delta y - f \frac{\bar{Y}}{\bar{Z}} \end{cases} \quad (11)$$

[0083] 其中, x 、 y 为像点的像平面坐标;

[0084] x_0 、 y_0 、 f 为影像的内方位元素;

[0085] X_S 、 Y_S 、 Z_S 为摄站点的物方空间坐标;

[0086] X_A 、 Y_A 、 Z_A 为物方点的物方空间坐标;

[0087] a_i 、 b_i 、 c_i ($i=1, 2, 3$) 为影像的3个外方位元素角元素组成的9个方向余弦;

$$[0088] \quad \bar{X} = a_1(X_A - X_S) + b_1(Y_A - Y_S) + c_1(Z_A - Z_S);$$

$$[0089] \quad \bar{Y} = a_2(X_A - X_S) + b_2(Y_A - Y_S) + c_2(Z_A - Z_S);$$

$$[0090] \quad \bar{Z} = a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)$$

[0091] 将像点坐标视为观测值,物方坐标、像片外方位元素和附加参数(相机内参数和镜头畸变参数)视为未知数,则像点坐标观测值误差方程如下:

[0092]

$$v_x = \frac{\partial x}{\partial X_A} \Delta X_A + \frac{\partial x}{\partial Y_A} \Delta Y_A + \frac{\partial x}{\partial Z_A} \Delta Z_A + \frac{\partial x}{\partial X_S} \Delta X_S + \frac{\partial x}{\partial Y_S} \Delta Y_S + \frac{\partial x}{\partial Z_S} \Delta Z_S + \frac{\partial x}{\partial \varphi} \Delta \varphi + \frac{\partial x}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial x}{\partial \kappa} \Delta \kappa + \frac{\partial x}{\partial x_0} \Delta x_0 + \frac{\partial x}{\partial y_0} \Delta y_0 + \frac{\partial x}{\partial f} \Delta f + \frac{\partial x}{\partial K_1} \Delta K_1 + \frac{\partial x}{\partial K_2} \Delta K_2 + \frac{\partial x}{\partial K_3} \Delta K_3 + \frac{\partial x}{\partial P_1} \Delta P_1 + \frac{\partial x}{\partial P_2} \Delta P_2 - l_x \quad (12)$$

[0093]

$$v_y = \frac{\partial y}{\partial X_A} \Delta X_A + \frac{\partial y}{\partial Y_A} \Delta Y_A + \frac{\partial y}{\partial Z_A} \Delta Z_A + \frac{\partial y}{\partial X_S} \Delta X_S + \frac{\partial y}{\partial Y_S} \Delta Y_S + \frac{\partial y}{\partial Z_S} \Delta Z_S + \frac{\partial y}{\partial \varphi} \Delta \varphi + \frac{\partial y}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial y}{\partial \kappa} \Delta \kappa + \frac{\partial y}{\partial x_0} \Delta x_0 + \frac{\partial y}{\partial y_0} \Delta y_0 + \frac{\partial y}{\partial f} \Delta f + \frac{\partial y}{\partial K_1} \Delta K_1 + \frac{\partial y}{\partial K_2} \Delta K_2 + \frac{\partial y}{\partial K_3} \Delta K_3 + \frac{\partial y}{\partial P_1} \Delta P_1 + \frac{\partial y}{\partial P_2} \Delta P_2 - l_y \quad (13)$$

[0094] v_x 、 v_y 为改正数; l_x 、 l_y 为观测值; ΔX_A 、 ΔY_A 、 ΔZ_A 、 ΔX_S 、 ΔY_S 、 ΔZ_S 、 $\Delta \varphi$ 、 $\Delta \omega$ 、 $\Delta \kappa$ 、 Δx_0 、 Δy_0 、 Δf 、 ΔK_1 、 ΔK_2 、 ΔK_3 、 ΔP_1 、 ΔP_2 为待求参数相应的改正数。

[0095] 若第 i 个物方点在第 j 张像片上成像,则像点坐标观测值误差方程式用矩阵形式可表示为:

$$[0096] \quad V_{ij} = A_{ij}X_i + B_{ij}Y_j + C_{ij}Z - L_{ij}P_{ij} \quad (14)$$

[0097] 式中, X_i 为物方坐标的改正数向量, A_{ij} 为相应的系数矩阵; Y_j 为像片外方位元素的改正数向量, B_{ij} 为相应的系数矩阵; Z 为附加参数向量, C_{ij} 为相应的系数矩阵; V_{ij} 为改正数

向量; L_{ij} 为观测值向量; P_{ij} 为权矩阵。

[0098] 4.3 虚拟观测值误差方程

[0099] 在光束法自由网平差过程中,通常将像片外方位元素作虚拟观测处理。若第 i 个物方点在第 j 张像片上成像,则像片外方位元素虚拟观测值误差方程式用矩阵形式可表示为:

$$[0100] \quad \hat{V}_j = E_j Y_j - \hat{L}_j \hat{P}_j \quad (15)$$

[0101] 式中, \hat{V}_j 为外方位元素虚拟观测值改正数; \hat{L}_j 为外方位元素虚拟观测值向量; \hat{P}_j 为外方位元素虚拟观测值的权矩阵, E_j 为单位矩阵。

[0102] 5、联合平差解算

[0103] 根据像点坐标观测值误差方程 (14) 和像片外方位元素虚拟观测值误差方程 (15), 建立平差观测值误差方程。设对 n 个物方点拍摄 m 张像片, 每个物方点在所有像片上均成像, 则相应的法方程系数矩阵的阶为 $3n+6m+8$, 如下所示:

[0104]

$$[0104] \quad \begin{bmatrix} A_1^T P_1 A_1 & 0 & \cdots & 0 & A_1^T P_1 B_1 & A_1^T P_1 C_1 \\ 0 & A_2^T P_2 A_2 & \cdots & 0 & A_2^T P_2 B_2 & A_2^T P_2 C_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_n^T P_n A_n & A_n^T P_n B_n & A_n^T P_n C_n \\ B_1^T P_1 A_1 & B_2^T P_2 A_2 & \cdots & B_n^T P_n A_n & \sum_{i=1}^n B_i^T P_i B_i + \hat{P} & \sum_{i=1}^n B_i^T P_i C_i \\ C_1^T P_1 A_1 & C_2^T P_2 A_2 & \cdots & C_n^T P_n A_n & \sum_{i=1}^n C_i^T P_i B_i & \sum_{i=1}^n C_i^T P_i C_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1^T P_1 L_1 \\ A_2^T P_2 L_2 \\ \vdots \\ A_n^T P_n L_n \\ \sum_{i=1}^n B_i^T P_i L_i \\ \sum_{i=1}^n C_i^T P_i L_i \end{bmatrix} \quad (16)$$

[0105] 式中, $A_i = [A_{i1} \ A_{i2} \ \cdots \ A_{im}]^T$;

[0106] $B_i = \text{diag} (B_{i1}, B_{i2}, \cdots, B_{im})$;

[0107] $C_i = [C_{i1} \ C_{i2} \ \cdots \ C_{im}]^T$;

[0108] $Y = [Y_1 \ Y_2 \ \cdots \ Y_m]^T$;

[0109] $P_i = \text{diag} (P_{i1}, P_{i2}, \cdots, P_{im})$;

[0110] $L_i = [L_{i1} \ L_{i2} \ \cdots \ L_{im}]^T$;

[0111] $\hat{P} = \text{diag}(\hat{P}_1, \hat{P}_2, \cdots, \hat{P}_m)$ 。

[0112] 采用最小二乘平差方法进行平差解算, 解算相机检校参数。

[0113] 以上实施例仅用于说明本发明的设计思想和特点, 其目的在于使本领域内的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施, 本发明的保护范围不限于上述实施例。所以, 凡依据本发明所揭示的原理、设计思路所作的等同变化或修饰, 均在本发明的保护范围之内。

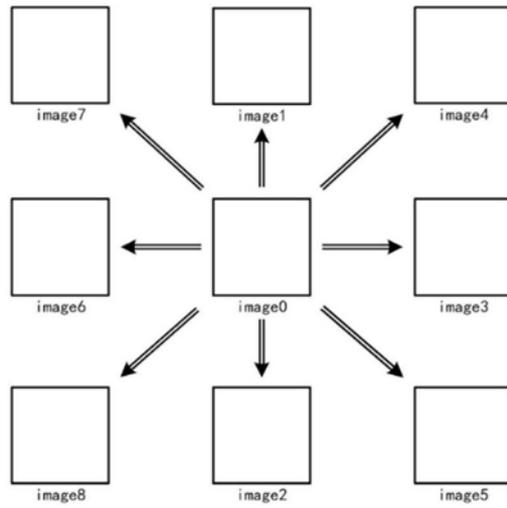


图1

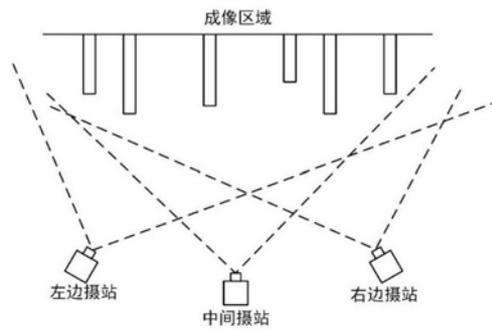


图2

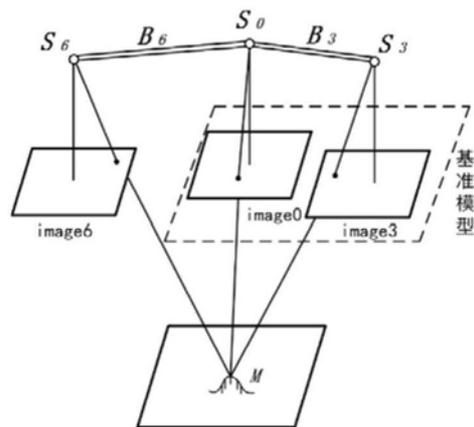


图3