

基于姿态数据的无人机影像自动刺点功能研究

任志明, 李永树, 何敬, 鲁恒

(西南交通大学 测量工程系, 四川 成都 610031)

On Automatic Pricking for UAV Image Based on Pose Data

REN Zhiming LI Yongshu HE Jing LU Heng

摘要: 由于无人机影像的重叠度高, 一个控制点可能出现在多张像片上。对于空中三角测量而言, 在像片上寻找控制点的精确位置是一项繁杂的内业工作, 可以利用高精度的无人机姿态数据和共线方程建立模型实现无人机影像的自动刺点功能。姿态数据精度越高, 控制点在相片上的位置越准确, 这项功能可以应用到影像的快速拼接系统和空中三角测量系统中。

关键词: 无人机; 控制点; 航测; 姿态数据

一、引言

国内外的摄影测量软件, 诸如 LPS、JX-4 等的刺点工作都是作业人员手工完成的, 因此刺点成为了摄影测量内业中最繁杂的工作之一。如何实现自动刺点就成了摄影测量软件提高效率的关键。

无人机的姿态数据由摄影中心的地理坐标 X 、 Y 、 Z , 以及飞机平台相对于地面坐标系 3 个坐标轴的偏角 Φ 、 Ω 、 K 构成。这些姿态数据是外方位元素的初值, 与传统航测飞机相比, 由于无人机有效荷载的限制, 无人机姿态数据的精度较差。但随着 GPS 技术的发展和惯性导航系统的完善, 无人机的姿态数据的精度也在不断的提高。

无人机影像的重叠度和分辨率较高, 一个控制点可能在多张像片和多个航带中出现, 人工确定控制点的位置和控制点分布在哪些影像上是非常繁杂的工作, 基于姿态数据和共线方程模型可以确定控制点在哪些像片上, 并刺出控制点在像片的相对位置。本文通过 C# 平台, 实现利用无人机提供的姿态数据自动确定控制点在像片上的位置, 并进行精度分析。

二、自动刺点功能的原理

1 共线方程

在摄影测量中, 为了利用像点坐标计算相应的地面点坐标, 首先应该建立像点在不同的空间直角坐标系之间的坐标变换关系。共线方程是表达物点、像点和投影中心 (对像片而言通常是镜头中心

3 点位于一条直线的数学关系式, 是摄影测量学中最基本的公式之一。当已知若干像点和物点时, 可用它来解算拍摄时像片的方位; 当已知立体像对两张像片的方位元素时, 可用它来解算物点坐标; 当已知像片方位和物点坐标时, 可用它来计算像点坐标 (第三维场景生成的虚拟影像即属此用法)。即

$$\left. \begin{aligned} x &= -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \\ y &= -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \end{aligned} \right\}$$

式中, x 、 y 为以像主点为原点的像平面坐标; f 为像片主距; X 、 Y 、 Z 为物点的地面坐标; X_s 、 Y_s 、 Z_s 为外方位线元素; a_1 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c_1 、 c_2 、 c_3 为外方位角元素表示的方向余弦。

2 自动刺点功能的实现步骤

自动刺点功能的实现分为 3 个主要步骤。

1 无人机姿态数据的纠正: 由于无人机的有效荷载非常有限, 所以无人机航测系统所提供的姿态数据误差比较大, 可以根据 N 张分布均匀的无人机影像和控制点数据后方交会得到相对精确的外方位元素。建立姿态数据的拟合模型, 进行无人机的姿态数据纠正, 具体流程如图 1 所示。

2 影像摄影范围的确定: 根据纠正的外方位元素和像片四角的像素坐标可以确定每张像片摄影的大致范围。输入控制点可判别出每个控制点所在的像片号码。

3 单张影像的刺点: 输入无人机影像, 自动识别出这张影像的控制点, 利用共线方程计算出控制

点的像素坐标, 并自动在像片上刺出控制点。

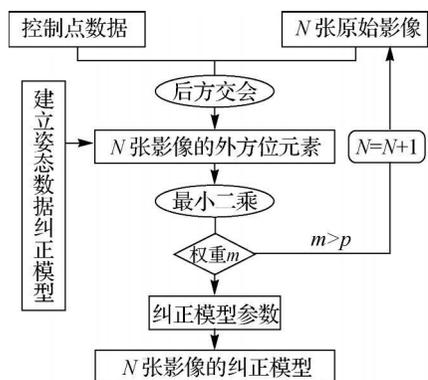


图1 无人机姿态数据纠正流程

本文的试验区位于成都平原北部, 属于山地丘陵地区, 高差较大, 多云雾。在“5·12”地震中受灾较为严重, 很多房屋都已倒塌。这次获取影像的目的就是对受灾情况进行评估, 同时也为灾后重建规划提供相关基础资料。本文利用 C#语言开发平台实现了像片的自动刺点功能, 具体流程如图 2 所示。

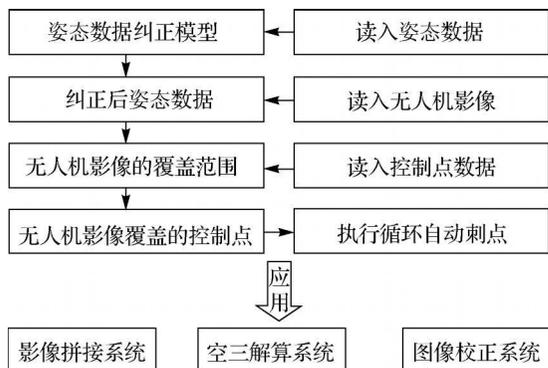


图2 无人机自动刺点流程图

三、自动刺点功能实现和误差分析

1 自动刺点功能实现

自动刺点的功能模块被集成应用于影像的快速拼接系统, 系统界面如图 3 所示。该功能模块主要实现了批量导入无人机影像和对应的姿态数据以及控制点数据文件后, 自动展绘无人机像片的控制点。其中, 界面中的上下窗口能对加载自动刺点后的像片和原始控制点像片进行对比, 图 4 为一张像片的刺点成果图。

2 试验结果及精度分析

本文选取成都平原北部无人机航摄影像作为原始数据进行自动刺点, 从中随机选取 10 张影像作为无人机姿态数据精度分析样本, 如表 1 所示。表 1 中, ΔX_s 、 ΔY_s 、 ΔZ_s 、 $\Delta \Phi$ 、 $\Delta \Omega$ 、 ΔK 表示校正后无

人机的姿态数据与三角测量完成后的反算外方位元素的差值, 单位为 m; Δx 、 Δy 表示每张无人机影像自动刺的点与实际点位在 x 方向和 y 方向的差值的平均值; Δh 表示影像的覆盖范围的最高点与最低点的高差 (精确到个位, 单位为像素。相控点在像片的实际位置如表 1、表 2 所示。

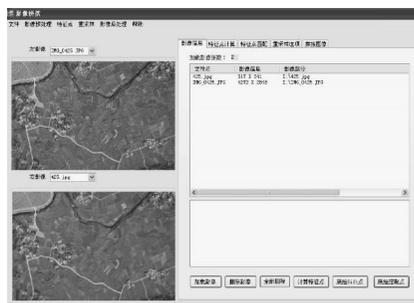


图3 无人机影像刺点功能界面



图4 刺点成果图

表1 样本影像姿态数据的样本误差表

相片号	变化量					
	$\Delta X_s / m$	$\Delta Y_s / m$	$\Delta Z_s / m$	$\Delta \Phi / (^\circ)$	$\Delta \Omega / (^\circ)$	$\Delta K / (^\circ)$
1	0.572	0.489	1.276	0.317	0.121	0.574
2	0.371	0.117	0.012	0.117	0.148	0.196
3	0.199	0.489	0.892	0.372	0.883	0.298
4	0.956	1.279	3.896	0.229	0.119	0.293
5	1.333	1.296	0.179	0.764	1.339	0.169
6	0.829	0.003	1.267	0.009	0.198	0.296
7	1.369	2.763	1.331	0.199	0.963	0.291
8	3.339	1.293	1.059	0.112	0.369	0.398
9	0.486	0.694	1.896	1.698	0.159	0.366
10	1.596	2.229	0.059	0.239	1.000	0.865

表2 样本影像姿态数据的样本误差表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta h / m$	5	6	4	11	9	6	8	15	33	59
Δx 像素	4	3	3	8	11	3	5	7	10	13
Δy 像素	2	3	4	7	10	4	8	6	12	11

由表 1 可以看出: ① ΔX_S 、 ΔY_S 、 ΔZ_S 3 个线元素的误差大概在 1 m 左右, 角元素大概在 0.5° 左右。该误差是由无人机自身的系统误差造成的, 主要影响了刺点的精度。随着 GPS 和测角仪器的发展, 其精度会不断地提高。② 高差可以引起像点位移, 在地势不是很平坦的地区也会引起像点的误差, 所以也是对刺点精度的一个影响因素。

无人机自动刺点功能的误差是系统性的, 现在仍难以彻底地消除, 但是其误差是随着仪器精度的提高而提高的, 而且是有限度的。本功能虽然不能实现完全的自动刺点, 但是可以批量、快速地自动判断出每张相片所包括的控制点的数量和大致位置, 加上手动的调整, 可以精确地确定控制点的位置。

四、结束语

本文介绍了一种利用无人机姿态数据实现自动刺点的方法, 并进行了刺点误差分析, 分析了导致自动刺点误差的因素。该方法已应用于无人机影像快速拼接系统中, 且与传统的空三系统刺点相比, 能够提高一定的效率。

参考文献:

[1] 梅安新, 彭望球, 秦其明, 等. 遥感导论 [M]. 北京:

高等教育出版社, 2001.

- [2] 李兵, 岳京宪, 李和军. 无人机摄影测量技术的探索与应用研究 [J]. 北京测绘, 2008, 4(1): 1-3.
- [3] 杨昕, 汤国安, 邓凤东, 等. ERDAS 遥感数字图像处理实验教程 [M]. 江苏: 科学出版社, 2009.
- [4] 刘淑珍, 周麟, 仇崇善, 等. 草地退化沙化研究 [M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 1999.
- [5] SCANLON T M, ALBERTSON J D, CAYLOR K. Determining Land Surface Fractional Cover from NDVI and Rainfall Time Series for a Savanna Ecosystem [J]. Remote Sensing of Environment 2002, 82(2): 376-388.
- [6] 陈君颖, 田庆久. 高分辨率遥感植被分类研究 [J]. 遥感学报, 2007, 11(2): 221-227.
- [7] 温兴平, 胡光道, 杨晓峰. 从高光谱遥感影像提取植被信息 [J]. 测绘科学, 2008, 33(3): 66-68.
- [8] 刘同海. TM 数据草原沙漠化信息提取研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2005.
- [9] VAN LEEUWEN J D, ORR B J, MARSH S E, et al. Multisensor NDVI Data Continuity: Uncertainties and Implications for Vegetation Monitoring Applications [J]. Remote Sensing of Environment 2006, 100(1): 67-81.

(上接第 43 页)

四、结束语

本文分析了地形图高程数据在 GIS 入库时存在的质量缺陷, 有针对性地设计了一种高程点批量修改算法, 同时利用 AutoCAD 二次开发技术, 实现了高程数据全自动检查和批处理修改, 较好地解决了数字化地形图数据加工整理入库中的一些问题, 并应用于某城市数字化地形图数据整理项目中, 显著提高了工作效率, 降低了错误出现的概率。

在该算法基础上, 稍加修改可以实现更多功能, 比如高程系统转换、批量加密高程数据、计算土方量、高程注记图面地物压盖处理等。同时, 参考批量修改高程数据的思想, 还可以进一步实现其他图形元素的批量检查修改, 这有待进一步研究。

参考文献:

[1] 钱业宏. 一种自动检查并修改高程点 Z 值的办法 [J].

城市勘测, 2006(4): 58-59.

- [2] 国家测绘局测绘标准化研究所. GB/T 13923-2006 基础地理信息要素分类与代码 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 国家测绘局测绘标准化研究所. GB/T 17941-2008 数字测绘成果质量要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [4] 郭朝勇. AutoCAD R14(中文版) 二次开发技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [5] 龙马工作室. AutoCAD 2004 完全自学手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [6] 王爱生, 欧吉坤, 赵长胜. “移去-拟合-恢复”算法进行高程转换和地形改正计算公式探讨 [J]. 测绘通报, 2005(4): 5-7.
- [7] 康博. AutoCAD 2002/2000 Visual LISP 开发指南 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.