

低空多维航摄成果归化及冗余约束系统设计与实现

李超¹, 柯尊杰¹, 陈宏¹, 陈姣², 宰春旭³

(1. 云南省基础测绘技术中心, 昆明 650100;

2. 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092;

3. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 昆明, 650093)

摘要: 使用 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家进行单镜头正射和倾斜航摄, 简单易用、作业高效。但存在大面积分区航摄影像重命名工作量大、影像 EXIF 绝对高程信息错误、数据冗余度高等问题, 导致数据预处理繁琐, 人工干预多。针对上述问题, 结合生产实践, 提出采用独立多模块 WinForm 框架形式, 以 Visual Studio 为开发平台, C#和 Python 为编程语言, ArcEngine 组件和 Agisoft Metashape Python API^[1]辅助, 构建低空多维航摄成果归化及冗余约束系统。系统实现了数据预处理流程化、标准化和规范化, 可操作性强, 自动化程度高, 冗余约束有效性评估准确, 极大的降低了数据冗余度, 提高了数据预处理和产品制作效率, 并在洱海生态环境保护“三线”划定中产生了良好的应用效果, 且平均剔除率达 18.3%。

关键词: 低空无人机; 成果归化; 冗余约束; 飞马无人机管家; 洱海保护

0 引言

近年来, 低空无人机遥感发展迅速, 相比卫星遥感和载人飞机航空遥感, 具有运行成本低、操作简单、机动灵活、可进行云下低空飞行、获取影像分辨率高等优势^[2]。尤其大疆系列无人机以价格实惠、到手即飞特点, 开拓了消费级无人机市场, 且随着倾斜摄影测量高新技术不断开展, 利用多台传感器从不同的角度对数据采集, 高效快速的获取海量数据信息, 真实可靠的反应地面客观情况, 满足人们对三维信息的需要, 在测绘地理信息行业得到广泛应用。其中, DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家, 如图 1, 实现了智能航线规划和飞行监控, 通过单镜头进行正射和倾斜航摄, 获取多视角特征, 以大范围、高精度、高清晰的方式全面感知复杂场景, 简单易用、作业高效。



图 1 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家

针对 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家,在实际作业中存在存储文件序号上限为 999、大面积分区航摄会顺次生成重复序号的多个文件夹、影像 EXIF 绝对高程信息需要修正、过渡航线无效拍摄,数据冗余度高。本文结合云南省基础测绘技术中心辅助洱海生态环境保护“三线”划定,使用构建的低空多维航摄成果归化及冗余约束系统,面向 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家,为归化统一和有效性定量评估提供实用高效的软件平台,提高数据预处理和产品制作效率。

1 系统设计

本系统采用独立多模块 WinForm 框架形式,由单架次数据归化模块、分区成果整合模块、分区属性修正模块、分区冗余约束模块组成。针对 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家进行正射和倾斜航摄采集的数据,以分区为单位,实现多起飞高度影像自动重命名、重命名操作结果可视化、影像自动归档、影像地理坐标自动提取、影像投影坐标自动变换、影像绝对高程信息自动修正、面向有效性定量评估的无效数据自动剔除。

其中,影像绝对高程信息自动修正基于 Agisoft Metashape,使用 Python 编写的 Repair_DJI_Altitude.py 脚本,调用 API `camera.photo.meta["DJI/RelativeAltitude"]`^[1]关键函数,获取影像 EXIF 信息中 DJI 自定义的相对高程属性,并根据输入的各架次起飞点高度,实现影像像主点绝对高程初值的自动修正。

此外,分区冗余约束模块操作界面如图 2,且调用 ArcEngine 工具集实现了处理效果显示和编辑,如图 3,以顺次相邻两影像像主点连线航向角为有效性定量,依据首航线设定航向角 Flight Direction、耕田航线转换阈值 Threshold 和交叉航线转换参数 Parameter,实现地面影像、转弯影像和过渡影像自动剔除。对于地面影像自动剔除,基于影像像主点绝对高程初值,以高程较差为判断依据。对于转弯影像自动剔除,鉴于耕田航线往返飞行航向角相差 180°,基于有效性定量,以偏离 Flight Direction 超过 Threshold 为判断依据,如图 3。对于过渡影像自动剔除,面向单镜头倾斜交叉航摄,在转弯影像自动剔除的基础上,以无效数据连续累加数量超过 Parameter 为依据,判断过渡航线首,继续以偏离 Flight Direction 不及 Threshold 为判断依据,判断过渡航线尾,如图 3。

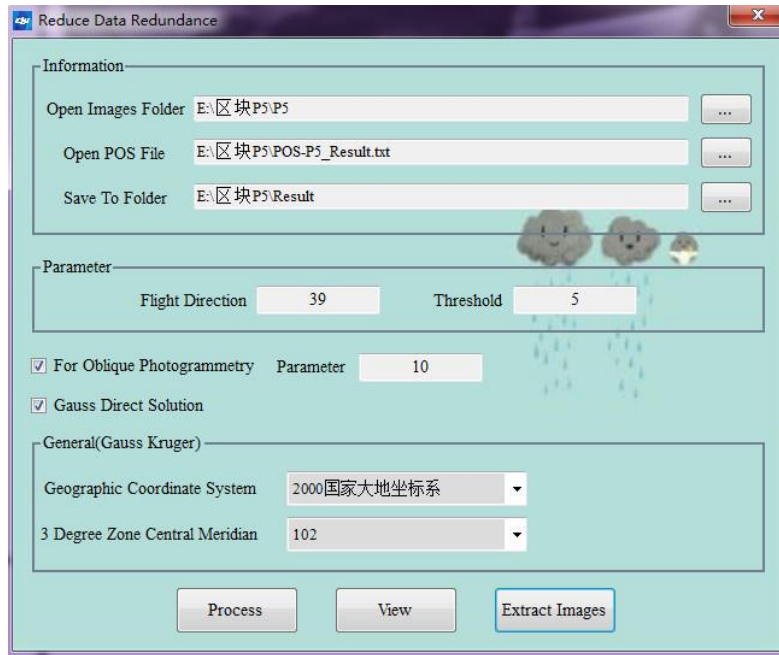


图 2 分区冗余约束模块操作界面（Threshold 默认值为 5，Parameter 默认值为 10）

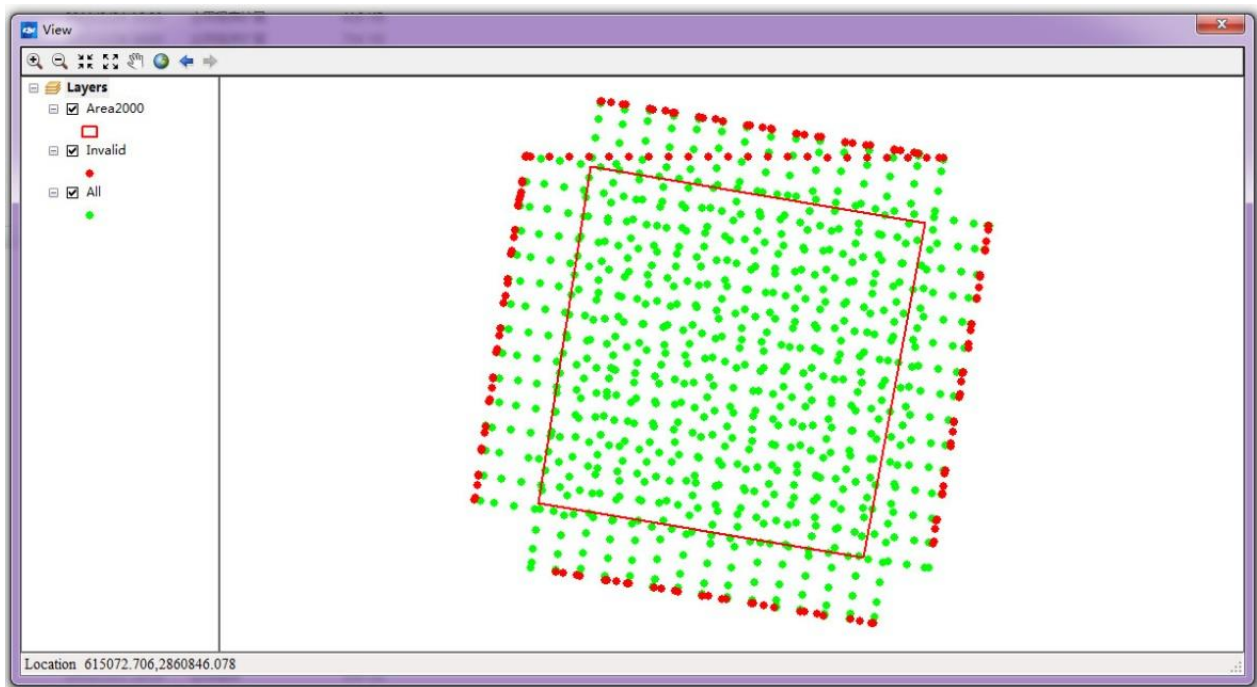


图 3 处理效果显示（绿色点为有效数据，红色点为无效数据）

2 系统实现

低空多维航摄成果归化及冗余约束系统以 Visual Studio 为开发平台，C#和 Python 为编程语言，采用独立多模块 WinForm 框架形式，ArcEngine 组件和 Agisoft Metashape Python API^[1]辅助构建。

3 应用实例

3.1 实例背景

洱海位于云南省大理白族自治州大理市，为云南省第二大淡水湖。洱海湿地生态系统保存较为完整，

与人类活动空间相交融，是大理及周边地区生态安全的重要保障。目前，由于人类长期无序活动，自然资源过多侵占，导致洱海生态环境急剧恶化，蓝藻频繁爆发，水质不断恶化、水体富营养化难以控制。

大理市 2018 年启动洱海抢救模式，以湖区界线实现洱海生态环境保护“三线”（蓝线、红线、绿线）划定，实施洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设工程，依法有偿征收项目建设用地，项目范围内土地房屋有序腾退。云南省基础测绘技术中心按照“三线”划定的要求，结合自身优势配合实施，采用倾斜摄影测量技术，承担 25.6 平方千米带状划定区域多视角特征获取和实景三维模型制作。

25.6 平方千米带状划定区域由海西阳南溪起，至海东波罗江止，环绕洱海区域，以洱海 1966 米等高线为基准，海西外扩 230 米，海东外扩 150 米，双廊镇和海东镇范围适当扩大，如图 4。项目实施根据进度要求，综合分析地形地貌，将区域划分为 29 个分区，其中 20 个分区使用 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家作业，并基于低空多维航摄成果归化及冗余约束系统进行数据预处理。



图 4 带状划定区域

3.2 技术流程

作业中使用低空多维航摄成果归化及冗余约束系统预处理 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家获取的数据，技术流程如图 5。

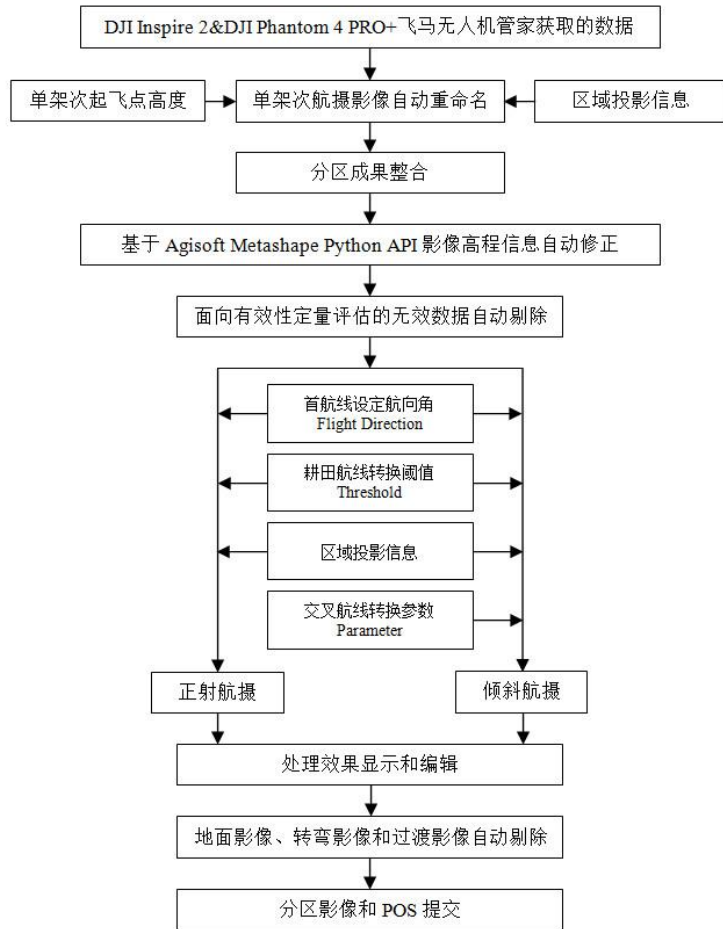


图 5 低空多维航摄成果归化及冗余约束系统数据预处理技术流程

3.3 实例总结

实例倾斜航摄面积 38.4 平方千米，采集像控点 1484 个，实景三维模型制作面积 25.6 平方千米。实现锁定现状、优化设计、评估预算、构建平台。助力洱海湿地建设，提高洱海水生态系统稳定性，防止生态退化，改善水质。

其中，DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家作业 20 个分区，如图 6，并基于低空多维航摄成果归化及冗余约束系统进行数据预处理，详细信息如表 1，操作简单、人工干预少、自动化程度高，冗余约束有效性定量评估准确、可操作性强、平均剔除无效数据 18.3%，如图 7，极大的降低了数据冗余度，提高了整体空三稳定性和产品制作效率，缩短工期。



图 6 DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家作业

表 1 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家分区作业详细信息

序号	分区名	面积 (平方千米)	影像数 (张)	无效数 (张)	剔除率	序号	分区名	面积 (平方千米)	影像数 (张)	无效数 (张)	剔除率
1	W01	0.79	10015	1843	18.4%	11	W17	1.06	14012	2508	17.9%
2	W02	0.84	10605	1856	17.5%	12	E01	0.75	12573	2339	18.6%
3	W03	0.75	7743	1409	18.2%	13	E02	0.69	9768	1729	17.7%
4	W04	0.85	17191	3301	19.2%	14	E03	0.91	15624	2890	18.5%
5	W05	1.25	17701	3151	17.8%	15	E04	0.71	11773	2143	18.2%
6	W12	0.89	7012	1290	18.4%	16	E05	0.63	8660	1541	17.8%
7	W13	0.87	8596	1564	18.2%	17	E06	0.75	12365	2300	18.6%
8	W14	1.02	12870	2381	18.5%	18	E07	0.99	15601	2871	18.4%
9	W15	0.98	9937	1749	17.6%	19	E08	0.77	12050	2314	19.2%
10	W16	0.96	10699	1937	18.1%	20	E09	1.18	14657	2668	18.2%

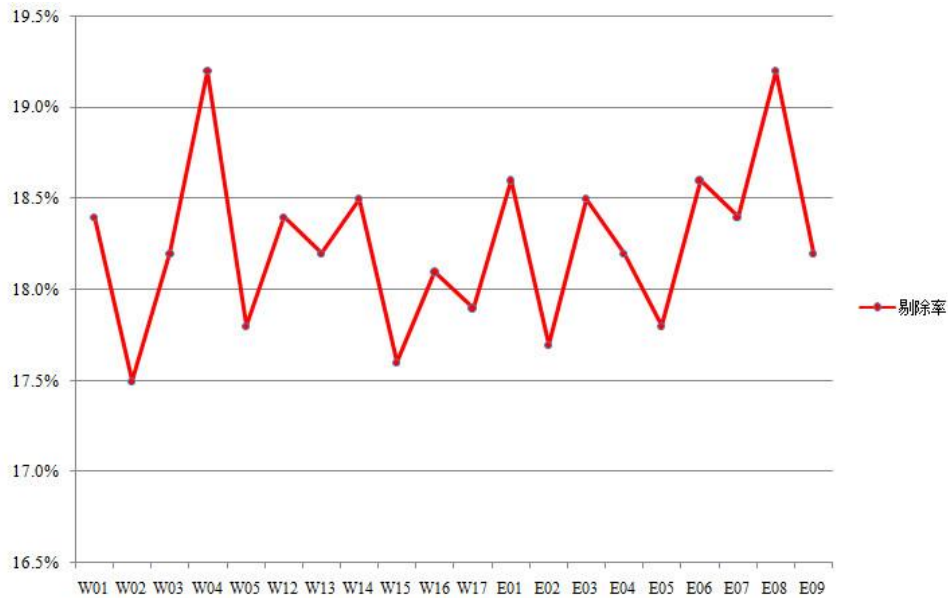


图7 剔除率统计图

4 结束语

本系统面向 DJI Inspire 2&DJI Phantom 4 PRO+飞马无人机管家，辅助正射和倾斜航摄数据预处理，通过需求分析和实例应用，积极探索目标技术流程，不断完善系统设计和功能算法，实现了成果归化和冗余约束。系统操作简单、自动化程度高，实现了数据预处理流程化、标准化和规范化，能高效指导生产，提高数据预处理和产品制作效率。对于其它作业平台，对系统设计和功能算法稍作适应性修改，同样适用。

参考文献

- [1] Agisoft. Python API Reference. https://www.agisoft.com/pdf/metashape_python_api_1_5_5.pdf[EB/OL].
- [2] 李超. 低空无人机航摄飞行质量自动检查方法研究[D]. 昆明, 昆明理工大学, 2013.

投稿单位名称：云南省基础测绘技术中心；

联系方式：云南省昆明市西山区环城西路 404 号。