

无人机机载三模单频GPS直接定向案例

飞马智能航测系统F1000作业采用GPS导航定位，获取高精度DOM影像，地面分辨率达到3~30cm，可以满足国土规划、土地执法检查、地籍管理、城市/基础设施规划、交通规划、林业监测、水土保持、水工建筑监测、应急救援等各行业应用。

这里分别对F1000在直接定向成图精度、三维建模能力这两个方面的特点进行分析，用实际案例说话，证明飞马智能航测系统F1000具备快速、准确获取直接定向高精度DOM以及提供三维建模所需基础数据的能力。

基于F1000机载三模单频GPS直接定向案例

测区分析

为测试飞马智能航测系统F1000直接定向方式获取的DOM精度，在北京市昌平区西峰山附近选择了一个带地面靶标的测区进行验证。测区地形属于平地，海拔最高约178m，最低约145m。

精度要求

根据规范中的要求，在确保成图精度的前提下，本着有利于缩短成图周期、降低成本、提高测绘综合效益的原则在表 1 的范围内选择。

表 1 地面分辨率

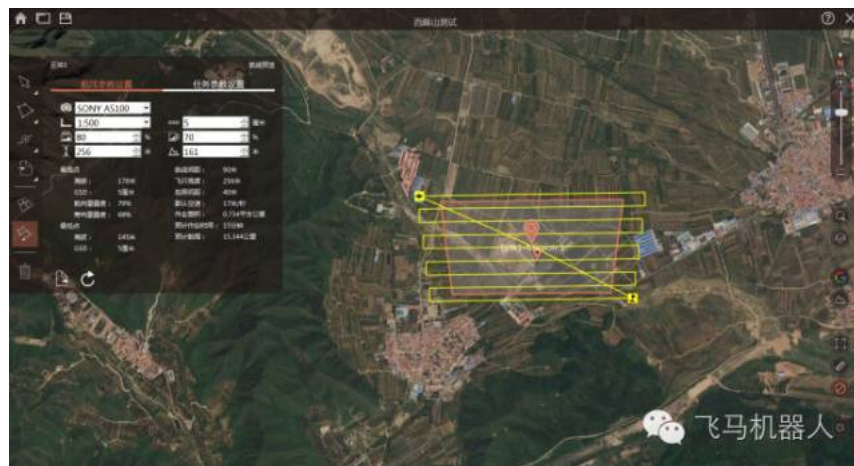
测图比例尺	地面分辨率值(cm)
1:500	≤5
1:1000	8~10
1:2000	15~20

此次摄影获取的影像用于制作成图比例尺为1:1000的数字产品（DEM、DOM），要求航空影像的地面分辨率（GSD）小于等于10cm。

飞行方案

测区面积约1km²，地形属于平地，平均海拔约161m，最高约178m，最低约145m。本次飞行方案采用Sony α5100微单数码相机，设计地面分辨率5cm，相对航高256m，航向重叠80%，旁向重叠70%，共设计1架次飞行作业。

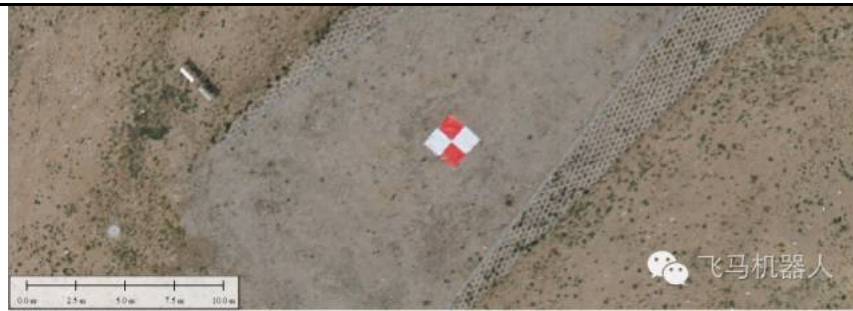
测区平均飞行高度约为405m，根据测区内最高点和最低点高程，计算可得实际获取影像的GSD为4.4cm~5.1cm，符合设计需求。



▲图 1 测区航线规划图

地面靶标布设方案

为适应多种测试目的，测区周边均匀布设了34个控制点，其中22个为地面靶标，其余点为地物拐角、道路交叉口等特征地面点。靶标为红白方格组成，边长为2m的正方形，如下图所示。靶标采用RTK方式进行量测，平面精度和高程精度均在1cm左右。



▲图2 地面靶标示意图

飞行参数

采用飞马智能航测系统F1000进行航摄。具体参数如下：

表2 F1000航摄参数

航摄时间	2016.04.25
航摄相机	SONY-α5100
像元大小	3.9μm
镜头焦距	20 mm
相对航高	256m
地面分辨率	0.05m
快门速度	1/1250秒
光圈大小	3.2
ISO	125
飞行里程	15.3km
飞行时间	15分钟
拍摄像片	304张

飞行过程监控各飞行参数均正常，巡航时速度基本稳定在60 km/h，飞行姿态平稳，三姿角度偏差< 5°。整个任务共完成304张原始影像拍摄，通过无人机管家软件质检图进行数据质检，共用时7分钟，确认全部影像合格可用。

卫星定位数据

飞马智能航测系统F1000搭载了三模单频GPS，飞行过程中卫星观测数量始终保持在20颗以上，有效避免了因个别卫星失锁或观测质量不高而影响整体定位精度的问题。且高精度卫星定位数据能大量减少后续布设地面控制点的工作，或直接应用于无控制点快速成图的场景。

质检报告

无人机数据质检报告

FeimaRobotics

工程概况：

工程名称：	西峰山测试0425_256m
作业时间：	2016-04-26 10:31:37
测区面积：	1.31 平方公里
相机名称：	ILCE-5100
平均地面分辨率：	0.05 米
坐标系统：	UTM zone 50N
处理时间：	8 分 20 秒

匹配平差：

参与计算片数：	304
平差情况：	303 个成功，1 个失败
匹配像素点：	19656
每张影像像素点数：	64
匹配点度分布数：	2度点：2249 个 3度点：1823 个 4度点：1664 个 5度点：1595 个 5+度点：12305 个
匹配点平均高程：	149.29 米

▲图3 质检报告

空三加密

采用无人机管家进行空三加密处理，导入质检工程文件，经过自动匹配连接点、空三加密、影像匀光匀色、正射纠正、影像镶嵌等处理，完成点云、DEM、DOM数据提取。

直接定向精度

表 3 DOM量测值与地面实测值对比

ID	地面量测值(m)*		DOM量测值(m)*	
	X	Y	X	Y
f1	8291.548	6537.079	8291.052	6538.360
f2	8247.606	6487.826	8246.746	6489.300
f3	8215.136	6453.402	8214.099	6454.805
f4	8174.210	6417.528	8173.253	6418.647
f5	8139.103	6373.348	8137.997	6374.701
f6	8073.302	6314.483	8071.757	6315.745
f8	8048.552	6408.837	8047.298	6410.298
f9	8093.524	6458.011	8092.792	6459.995
f10	8180.309	6488.627	8179.454	6490.000
f11	8217.079	6521.557	8216.298	6523.046
f12	8258.290	6559.354	8257.545	6560.750
f13	8170.937	6624.636	8170.353	6626.546
f14	8152.937	6584.167	8152.652	6586.700
f15	8113.755	6563.328	8112.845	6564.948
f17	8037.276	6480.913	8036.548	6482.339
f18	7979.956	6440.485	7978.743	6442.345
f19	7938.466	6472.861	7937.197	6474.403
f20	7958.810	6532.077	7958.100	6533.751
f21	8003.345	6566.989	8002.651	6568.550
f22	8039.927	6606.669	8039.269	6608.174
f24	8087.375	6658.886	8087.143	6660.349
f26	8020.299	6652.336	8020.496	6654.949

由于未引入地面控制，DOM上量测的坐标与地面真实坐标之间存在一定的系统偏差。经空三处理消除系统误差之后，得到

表 4 去掉系统误差后DOM量测值与地面实测值对比

ID	差值(m)		
	X	Y	XY
f1	0.297	-0.324	0.439
f2	-0.067	-0.131	0.147
f3	-0.244	-0.202	0.316
f4	-0.164	-0.486	0.512
f5	-0.313	-0.252	0.401
f6	-0.752	-0.343	0.826
f8	-0.461	-0.144	0.482
f9	0.061	0.379	0.384
f10	-0.062	-0.232	0.240
f11	0.012	-0.116	0.117
f12	0.048	-0.209	0.214
f13	0.209	0.305	0.370
f14	0.508	0.928	1.059
f15	-0.117	0.015	0.118
f17	0.065	-0.179	0.190
f18	-0.420	0.255	0.491
f19	-0.476	-0.063	0.480
f20	0.083	0.069	0.109
f21	0.099	-0.044	0.109
f22	0.135	-0.100	0.168
f24	0.561	-0.142	0.579
f26	0.990	1.008	1.413
最大值	0.990	1.008	1.413
中误差	0.376	0.367	0.321

可见，消除系统误差的影响后，直接定向得到的DOM上地面靶标的最大平面误差约为1.413m，平面误差中误差为±0.321m。（注：为保护测绘成果，对测区坐标进行了保密处理）



▲图 4 地面靶标分布图

DOM成果图



▲图 5 DOM成果图

实验结论

本次低空遥感航测任务快速高效的获取了测区高精度DOM，数据一致性好、色彩均匀、无明显接缝痕迹。在不使用地面控制点，经空三处理消除系统误差的情况下，DOM成果中直接定向平面精度达到1.413m。

飞马智能航测系统F1000搭载了三模单频GPS，通过精确获取摄影中心的位置信息，能够有效减少地面控制点的布设工作，或直接应用于无控制点快速成图的场景。实验证明F1000可快速高效获取高精度低空遥感影像地形数据，使得测绘成果更具有时效性，尤其适用于时间紧、任务重、特殊情况的应急测绘任务，能够为国家基础地理测绘、大比例尺地形获取等应用提供实时可靠的数据支撑。