Geomatics Science and Technology 测绘科学技术, 2021, 9(4), 125-131
Published Online October 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/gst
https://doi.org/10.12677/gst.2021.94015

Hans汉斯

基于轻型无人机的海岸高精度DOM和DSM快速制作方法

杜嘉星[1]，刘康宁[2]，史　岩[3]，杨一曼[1]，董　箭[1*]

[1]海军大连舰艇学院军事海洋与测绘系，辽宁　大连
[2]91194部队，辽宁　大连
[3]海军大连舰艇学院水面舰艇作战实验中心，辽宁　大连

收稿日期：2021年9月2日；录用日期：2021年10月1日；发布日期：2021年10月8日

摘　要

随着智能芯片朝着微型化趋势发展，无人机也在各个领域崭露头角，无人机测绘技术逐渐成为摄影测量的重要手段。无人机测绘能够较好地保证地理信息数据的现势性和满足高精度需求，且相较于传统方法具有高机动、快速、经济等优势。本文选取大连市付家庄公园为研究区，使用大疆消费级无人机快速地获取该区域的航测影像，并据此制作高分辨率DOM和DSM，在设定80 m飞行高度的情况下，单个像元的分辨率可达2.8 cm。研究表明：该方法可用于紧急情况下的快速出图，所制作的DOM和DSM能为海图要素的快速更新提供坚强有力的数据支撑。

关键词

无人机，摄影测量，数字正射影像，数字地表模型，海图

Rapid Manufacturing Method of Coast High-Precision DOM and DSM Based on Light UAV

Jiaxing Du[1], Kangning Liu[2], Yan Shi[3], Yiman Yang[1], Jian Dong[1*]

[1]Department of Military Oceanography and Hydrography, Dalian Navay Academy, Dalian Liaoning
[2]91194 Troops, Dalian Liaoning
[3]The Operation Experiment Centre, Dalian Navay Academy, Dalian Liaoning

Received: Sep. 2nd, 2021; accepted: Oct. 1st, 2021; published: Oct. 8th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 杜嘉星, 刘康宁, 史岩, 杨一曼, 董箭. 基于轻型无人机的海岸高精度 DOM 和 DSM 快速制作方法[J]. 测绘科学技术, 2021, 9(4): 125-131. DOI: 10.12677/gst.2021.94015

Abstract

With the development of intelligent chip towards miniaturization, UAV is also emerging in various fields. UAV mapping technology has gradually become an important means of photogrammetry. UAV mapping can better ensure the current situation of geographic information data and meet the needs of high precision, and has the advantages of high mobility. UAV mapping is rapider and more economic compared with traditional methods. This paper selects Fujiazhuang Park in Dalian as research area, uses DJI consumer UAV to quickly obtain aerial survey images of the area, and products high-resolution DOM and DSM. When the flight altitude is set at 80 m, the resolution of a single pixel can reach 2.8 cm. The research shows this method can be used for rapid mapping in emergency, and the DOM and DSM can provide strong data support for rapid update of chart elements.

Keywords

Unmanned Aerial Vehicle, Photogrammetry, Digital Orthophoto Map, Digital Surface Model, Chart

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

无人机(unmanned aerial vehicle, UAV)是一种机上无人驾驶的航空器，其具有动力装置和导航模块，在一定范围内靠无线电遥控设备或计算机预编程序自主控制飞行[1]。无人机最早于 1917 年登上历史舞台，最初只服务于军事领域，伴随着航空遥感技术的发展和智能芯片的小型化，相机、雷达等遥感设备在无人机上搭载，无人机作为一项技术手段逐渐应用于各领域，从战场的侦察监视到农业的检测监控，从灾难的预测与预防到交通巡逻与巡视，无人机都发挥起了重要的作用[2] [3] [4]。

我国的无人机研制开始于二十世纪五十年代后期[5]，最初像国外一样研制是为应用于军事的靶机，目前我国的无人机研发制造体系已经走向成熟，性能指标不断提升，无人机在各方面的应用也日益广泛。在民用方面，利用无人机进行航拍摄影、对农业生产进行监控、利用无人机进行气象观测、根据无人机遥感数据制作地形图等[6]。在新冠疫情期间，警方使用无人机进行警务巡检、治安防控、物质运输、喷洒消毒和红外测温，无人机充分发挥了潜在价值[7]。在军事方面，可以当靶机进行军事训练，根据其限制少、隐蔽性好、效费比高等特点进行军事打击，也利用无人机测绘技术进行战场勘测。其低人员伤亡的优点，被各个国家广泛应用，在现代战争中的地位和作用日渐突出[8] [9]。

数字正射影像(digital orthophoto map, DOM)是具有正射投影性质的遥感影像[10]。DOM 具有信息量丰富，直观性强的优点，并且数据结构简单，有良好的判读与量测性能及具有生产、更新周期短与低成本高效率的优势[11]。数字地表模型(digital surface model, DSM)是构建地形表面空间位置与其相关属性信息的数字化表示，它是对地形表面在地形采样数据基础上的表面重构。它可应用在城市规划、地形勘察、路径选取、灾害预测等各个方面[12] [13]。传统用于制作 DOM 和 DSM 数据来源有人工外业测量、航空摄影测量、遥感影像等，这些方法分别存在着耗时长、成本高、精度低等缺点，在战时或遭受自然灾害等紧急情况下，如何快速获取高精度的地理信息数据是亟需解决的问题，无人机测绘很可能是解决这一

问题的有效途径。

本研究基于大疆四旋翼无人机，使用 Altizure 软件进行航线规划，在位于大连市西岗区的付家庄公园附近开展航测作业，获取航测影像共 576 幅，之后使用 Pix4Dmapper 和 ArcGIS for Desktop 软件对照片进行内业处理，使用 Google Earth 的高程数据进行交叉验证，实现免像控快速绘制该地区的 DOM 和 DSM，探究在紧急情况下地理信息数据的快速获取及制图方法。

2. 数据源与方法

本研究选择的研究区大连付家庄公园附近海岸区域(图 1)，是大连市内著名的旅游区，测区整体呈东西走向的矩形，该区域沙滩宽度大、坡度低、沙质细腻，海水清澈透明，风浪小，地理条件十分优越，区域地形东西两侧为丘陵海岸，中部区域为开阔的海滩地带，海部和陆地要素具备，海部包括海洋、水下岸坡和礁石等要素；陆部包括森林、海滩、公园设施区、居民区、道路等要素。海部与陆部的分界线清晰可见，便于人工识别，且该区域无重要军事保密目标，无少数民族同胞居住。该区域距离大连周水子国际机场小于 20 km，属于限飞区，在进行 120 m 以下无人机作业时无需办理特别手续。综上，该区域满足本研究的整体条件，因此将区域选为本研究的研究区。

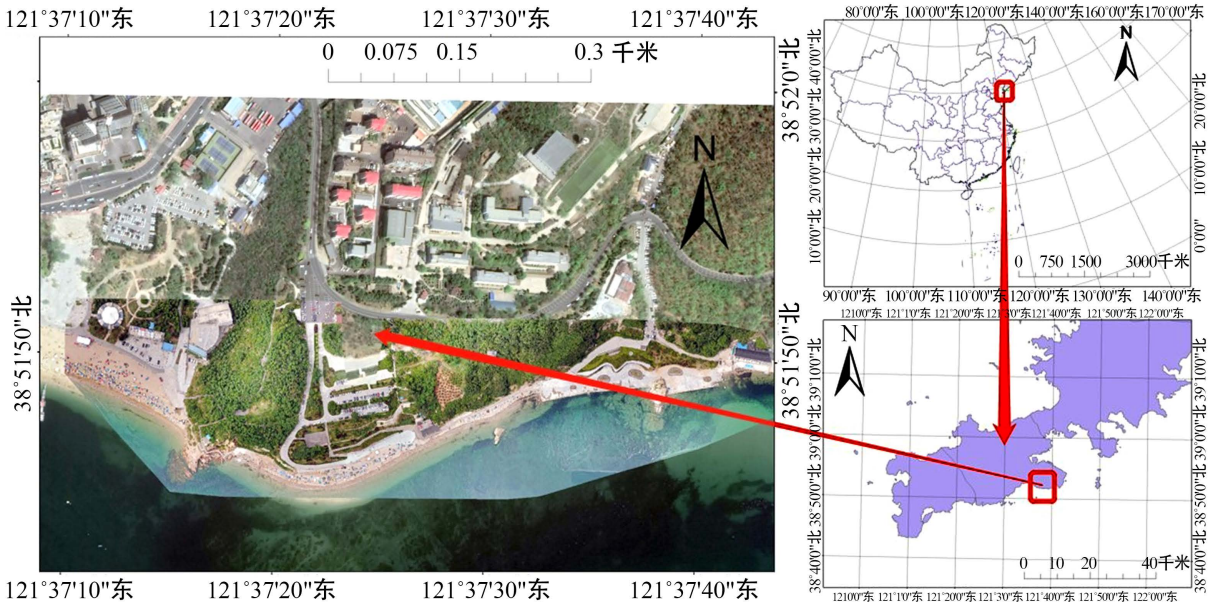

Figure 1. Schematic diagram of research area
图 1. 研究区示意图

本研究所采用的无人机为深圳市大疆创新科技有限公司(SZ DJI Technology Co., Ltd.)生产的大疆 Mavic 2 Zoom，该无人机发布于 2018 年 8 月 23 日，为民用消费级无人机。起飞重量 905 g，尺寸为 214 × 91× 84 mm (折叠)，322 × 242 × 84 mm (展开)。根据中国民用航空局关于无人机的分类，该无人机属轻型无人机。无人机的动力来源为锂电池供电，在无风环境下测得一个架次飞行最大飞行时间为 31 分钟(25 km/h 匀速飞行)，最大续航里程为 18 km (50 km/h 匀速飞行)，最大抗风能力为 5 级。无人机飞行的控制方式为使用 Altizure 航摄软件来设定计划航线，并通过遥控器连接手机来控制飞行。同时，Altizure 航摄软件还可支持在飞行中对飞行速度与高度进行实时调整。在对实验的航线规划设计时需要充分考虑测区的地形条件，再根据成图精度要求来确定飞行高度、航向重叠度、旁向重叠度等参数，本次实验由于测

区面积较大，单架次飞行航拍作业，以确保飞行作业的安全稳定。为满足数据精度需求，将航向重叠度设置为 80%，旁向重叠度设置为 80%，以保证不同幅航拍照片能准确地进行镶嵌。飞行相对高度为 80 m，倾斜角为 90˚，镜头垂直向下。本研究进行数据采样时所采用的飞行航线如图 2 所示。无人机所搭载的光学相机在 24 mm 焦段下的视场角为 83˚，单张照片的最大尺寸为 4000 × 3000 像素，根据计算可得到单个像元的分辨率为 0.028 m。

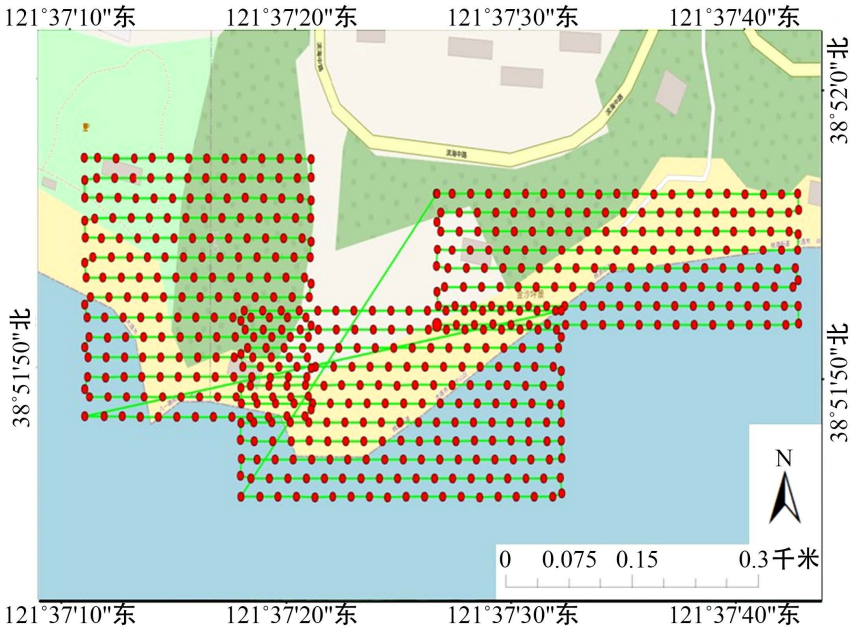

Figure 2. UAV flight route
图 2. 无人机飞行航线

Pix4Dmapper 是瑞士 Pix4D 公司生产的全自动快速无人机数据处理软件，是目前市场上独一无二的集全自动、快速、专业精度为一体的无人机数据和航空影像处理软件。研究使用 Pix4Dmapper 对影像进行处理，后续使用 ArcGIS for Desktop 软件对成图进行修饰加工。

3. 数据处理与分析

对航拍影像进行处理后得到，覆盖地表总面积约为 0.17 km^2，576 幅影像中有 526 幅进行过校准，可用于 DOM 和 DSM 制图。经过对相机参数进行校正后，初始和优化的内部相机参数之间的相对差异为 4.29%，每张校准图像中的匹配特征点中位数为 4473 个，对于一个区域的影像而言，具有的特征点数量越多，则生成的成果质量越高，具体的 2D 特征点信息见表 1。

Table 1. 2D feature point list
表 1. 2D 特征点列表

	每张影像 2D 特征点数量	每张影像匹配的 2D 特征点数量
中位数	32,900	4473
最小数	1383	25
最大数	53,680	9860
平均值	3172	4185

在研究区内选取 10 个具有明显地物特点的点位作为控制点，采用该地区的 Google Earth 高精度无偏移影像的方式来对进行无人机测绘所得 DOM 纠偏，之后对比通过两种数据源所得到的高程(表 2)。

Table 2. Elevation obtained from UAV mapping and Google Earth
表 2. 无人机测绘与 Google Earth 所得高程

点位编号	经度	纬度	无人机测绘高程(m)	Google Earth 高程(m)	偏差(m)
1	121.622531	38.862881	14.629	10.891	3.738
2	121.622348	38.862729	12.445	7.702	4.743
3	121.623023	38.862738	9.514	8.14	1.374
4	121.621183	38.862498	3.442	2.047	1.395
5	121.620923	38.863764	7.551	4.210	3.341
6	121.622165	38.862666	6.588	6.860	-0.272
7	121.622850	38.863776	27.582	23.762	3.82
8	121.622937	38.863181	18.451	16.106	2.345
9	121.625201	38.862996	9.606	6.565	3.041
10	121.620865	38.863683	7.291	3.135	4.156

通过无人机测绘所得到的大比例尺 DOM (1:1000)见图 3，DSM (1:500)见图 4，对两种方法得到的高程进行皮尔森相关性分析，得出到拟合优度 R^2 为 0.953，两者呈现极强的正相关。在后续添加地面控制点进行纠正的情况下，可以得到更为准确的 DSM。

Figure 3. Digital orthophoto map (1:1000)
图 3. 数字正射影像(1:1000)

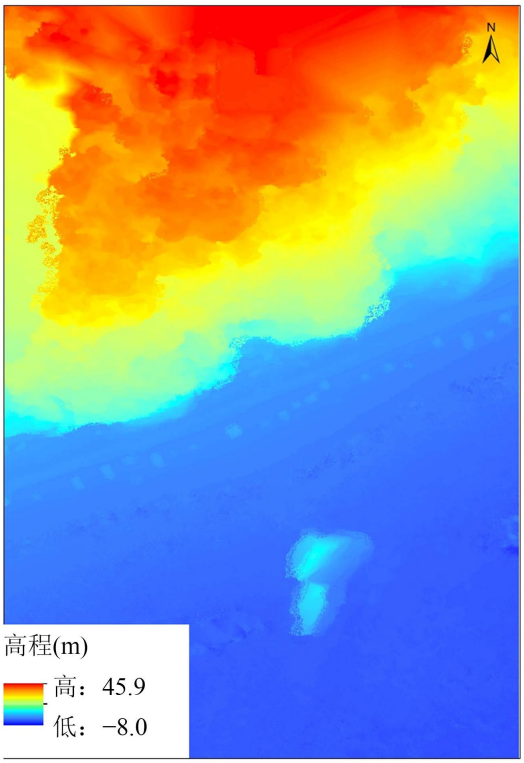

Figure 4. Digital surface model (1:500)
图 4. 数字地表模型(1:500)

通过下载常见的 DOM 数据源 Google Earth 和 Landsat 8 OLI_TIRS 卫星影像数据来制作 DOM，与无人机测绘制作 DOM 进行对比(图 5)。不难发现，无人机 DOM 分辨率最高，对部分区域进行放大，各种地物地貌仍然清晰可见(图 3)，Google Earth 的影像数据只能模糊的看见地物的大致轮廓，而 Landsat 8 OLI_TIRS 卫星影像数据则是一个个像素，对于具体的地物几乎无法辨认。由此可见无人机制的 DOM 精度最高，可以用作大比例尺制图。

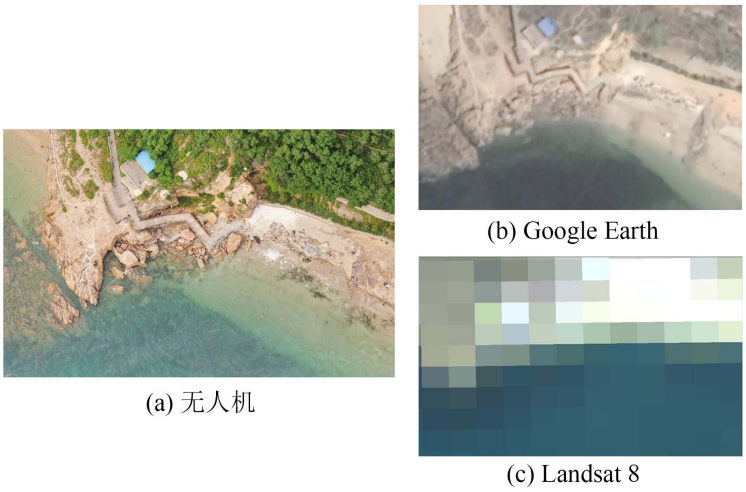

Figure 5. DOM based on different data sources
图 5. 基于不同数据源制作的 DOM

4. 结论

本文通过对成果的精度和误差分析，证明了采用无人机方法具有高分辨率、周期短、效率高等优点，能够制作出符合要求的大比例尺 DOM 和 DSM，可用于特殊情形下紧急制图，在时间紧迫的情况下快速出图。在对小区域进行测量制图任务时，传统的人工方法进行地面测绘数据采集方法成图，作业量大且耗时长；大飞机航空摄影测量成本高，受天气和空域管理的限制较多；卫星遥感影像分辨率低、重复周期长。而将无人机遥感系统进行工程化、实用化开发，则可以利用它机动、快速、经济等优势，在阴天、轻雾天也能获取精度合格的影像，从而将大量节省野外工作的时间，既能减轻劳动强度，又能提高作业的效率和精度。在军事领域，用无人机测绘技术进行情报侦察，测绘海洋、透明战场，能及时有效地保障战场环境，给指挥官一份有力的信息保障，是打胜仗的第一步，无人机正逐渐成为测绘部门的新宠儿，随着更多地方及军队测绘部门、地理信息单位的引进和使用，无人机测绘将成为今后基础地理信息数据获取的“新途径”。

基金项目

国家自然科学基金(42071439)：滚动球变换的高保真 TIN_DDM 构建及多尺度表达。

参考文献

[1] 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(5): 505-513.

[2] 范承啸, 韩俊, 熊志军, 等. 无人机遥感技术现状与应用[J]. 测绘科学, 2009, 34(5): 214-215.

[3] Niethammer, U., James, M.R., Rothmund, S., *et al*. (2012) UAV-Based Remote Sensing of the Super-Sauze Landslide: Evaluation and Results. *Engineering Geology*, **128**, 2-11. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.03.012

[4] Marris, E. (2013) Drones in Science: Fly, and Bring Me Data. *Nature*, **498**, 156-158. https://doi.org/10.1038/498156a

[5] 刘士凯, 胡明考, 李江坤, 等. 无人机航空γ能谱测量系统的研制[C]//中国地质学会. 中国地质学会 2015 学术年会论文摘要汇编(下册), 北京: 中国地质学会地质学报编辑部, 2015: 6.

[6] 毕凯, 李英成, 丁晓波, 等. 轻小型无人机航摄技术现状及发展趋势[J]. 测绘通报, 2015(3): 27-31+48.

[7] 邢玉秋. 警用无人机在新冠肺炎疫情防控中的应用研究[J]. 北京警察学院学报, 2020(3): 38-46.

[8] 冯琦, 周德云. 军用无人机发展趋势[J]. 电光与控制, 2003, 10(1): 9-13.

[9] Han, Y., Liu, T. and Li, Y. (2020) Typical Representative and Trend of Military UAV. *International Core Journal of Engineering*, **6**, 253-257.

[10] 张平. 数字正射影像的制作技术及问题探讨[J]. 测绘通报, 2003(10): 28-30.

[11] 方剑强. 生产数字正射影像图(DOM)的若干技术问题探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2007, 30(3): 91-93.

[12] 曹赛男, 蒋诗龙, 陶虹琳, 等. 数字地表模型构建方法的对比研究[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2015, 25(3): 42-44.

[13] Ishiguro, S. and Sugimura, T. (2008) Generation of a High-Resolution Digital Surface Model by Combining Single Images of IKONOS and QuickBird to Evaluate Damages Caused by Tsunami Disasters. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*, **28**, 265-273.