

基于多旋翼大疆无人机的土地利用正射遥感影像的快速获取方法研究

杨存建¹, 李何超², 李晓¹, 向筱² (1. 四川师范大学西南土地资源评价与监测省部共建教育部重点实验室遥感与 GIS 应用研究中心, 四川成都 610068; 2. 四川省土地统征与整理事务中心, 四川成都 610000)

摘要 针对常规无人机航拍系统价格高、操作复杂、灵活性差等特点, 对基于多旋翼 DJ 无人机的土地利用正射遥感影像的快速低成本获取方法进行了研究, 主要包括: 无人机遥感影像的获取、鱼眼影像的镜头校正、影像匹配、影像拼接、精度评价、影像质量分析、效率分析。通过该研究, 得到了利用多旋翼 DJ 无人机快速获取土地利用正射遥感影像的技术方法。利用该技术方法, 在成都市新都区清流镇, 获取到覆盖地面 646 063 m² 的正射遥感影像, 其影像分辨率在 10 cm 以内, 相邻影像接边最大误差在 0.60 m 内, 线误差和面误差均在 1% 以内。该影像质量好, 且土地利用信息清楚而精细, 农作物的类型和长势也可识别。该技术方法具有成本低、效率高、易学易用、灵活方便的优点, 在平原和坝区具有极大的推广应用价值, 适合点多、分散、面积小的坝区。

关键词 无人机; 遥感; 平原; 正射影像

中图分类号 S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)33-0060-03

Study on Rapidly Obtaining Landuse Remote Sensing Image Using Dajiang Unmanned Aircraft

YANG Cun-jian¹, LI He-chao², LI Xiao¹ et al (1. Research Center of Remote Sensing and GIS Application, Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610068; 2. Sichuan Center of Land Levy and Land Consolidation, Chengdu, Sichuan 610000)

Abstract In order to avoid the disadvantage of high cost, complex operation and inconvenience of general unmanned air craft, and the technology of rapidly obtaining ortho-photo for landuse by using DJ unmanned aircraft at a cheap cost was discussed. It included several steps: obtaining the un-manned aircraft images, processing the images with camera lens model, matching the images with geo-coded high resolution images, mosaicing the images, evaluating accuracy and quality of the mosaic images, analyzing the efficiency of obtaining the mosaic images. The technology was developed here, which was used to rapidly obtaining ortho-photo for landuse based on DJ unmanned aircraft. The ortho-photo covering the ground area of 646 063 m² was obtained by the technology in Xinliu town of Xindu district of Chengdu city. The resolution of the ortho-photo was above 10 cm. The error of mosaic was less than 0.60 m and the error of line length and area were both less than 1%. The quality of the ortho-photo is fine, and the detail of landuse and farm vegetation can be identified in the ortho-photo. The technology has the advantages of low cost, high efficiency, easy to learn, easy to use, flexible and application value in plain and dam area. It is suitable for the dam area with many points, scattered and small area.

Key words Unmanned aircraft; Remote sensing; Plain; Ortho-photo

近年来, 无人机遥感技术快速发展, 为快速获取地表精细信息提供了先进的技术手段。无人机技术已广泛应用于土地利用规划^[1]、土地整治^[2-3]、农村土地承包登记^[4]、矿山地质灾害精细探测^[5]、土地整理施工监控^[6]、山洪灾害调查评价^[7]。常规无人机航拍影像精度高, 其分辨率可达 5~40 cm, 成图比例尺一般在 1:500~1:5 000。拍摄成本合计约 1 000 元/km²。但是, 常用的航拍无人机系统价格较贵, 一般在几十万元至几百万元。长航时宽镜头无人机航拍系统的价格可达千万元^[8]。常规无人机航拍系统操作复杂, 需要培养专人操作, 其培养成本高。常规无人机航拍系统, 由于其飞行高度一般在 200 m 以上的高空, 需要申请飞行许可, 其手续复杂, 且耗时。因此, 探索一套简单易行、操作方便、价格便宜的无人机航拍系统, 并用其来获取小范围的土地利用和农作物的正射遥感影像, 为土地利用和农作物的监测服务是一个值得探索的问题。

常规无人机航拍系统所获取的航拍影像具有分辨率高、数据量大的特点, 一般需要专门的航空摄影测量软件(如 PixelGrid 软件和 MAP-AT 软件)才能制作正射影像图, 且需

要 POS 数据、像控参数和大量地面控制点^[9]。其 POS 数据的获取需要高精度的 GPS。大疆无人机航拍系统的价格在 1 万元以下, 由于其负荷小, 所使用的相机为鱼眼相机, 且无高精度的 GPS 所获得的影像无 POS 数据。在此情况下, 如何对其影像进行处理, 以获得土地利用正射影像, 这又是一个亟需解决的问题。随着第二次全国土地调查、地理国情监测和森林资源调查等工作的开展, 已积累了大量高分辨率遥感数据; google earth、天地图也公开共享了大量的高分遥感数据; 高分重大专项的实施也获取了很多国产高分遥感数据。为此, 笔者利用已具有地理坐标的高分遥感数据作为基础, 探索利用大疆无人机航拍系统获取土地利用和农作物正射影像的技术方法, 旨在为小范围土地利用和农作物的快速监测提供科技支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区及数据 试验区为成都平原的新都区清流镇。该区域地势平坦, 有利于正射影像的获取。所用无人机航拍系统为大疆小精灵 2, 其价格在 1 万元以下, 无高精度 GPS, 所带相机为鱼眼相机, 该相机具有质量轻、视场范围大的优点。利用已具地理坐标的高分辨率卫星遥感正射影像作为基准影像, 其影像分辨率约为 0.6 m。

1.2 获取无人机遥感影像 对无人机系统进行充电, 确保电量充足。打开无人机, 连接通讯系统, 对无人机进行校准和调式。当无人机处于可安全飞行的状态时, 起飞无人机。

基金项目 国家科技支撑项目(2014BAL01B04); 四川省教育厅重点项目(11ZA098)。

作者简介 杨存建(1967—), 男, 四川成都人, 研究员, 博士, 从事遥感与 GIS 应用研究。

鸣谢 感谢中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远研究员和周成虎院士等提供的帮助和指导!

收稿日期 2017-09-22

将无人机升空至 150 m 的高度后,开始航拍。对无人机实施水平方向的前进操作,当飞到指定位置时,悬停无人机,进行垂直摄影航拍。按规划的航拍线路,通过前、后、左、右水平移动无人机,扩大航拍的面积。该无人机在空中时间为 25 min。一次起飞,获得了无人机航拍影像 34 张。所获得的影像如图 1 所示,该影像为鱼眼影像,具有较大的变形,其分辨率中心高,远离中心,分辨率逐渐降低。



图 1 无人机航拍影像

Fig.1 Image obtained by unmanned air craft

1.3 无人机影像的预处理 由于该无人机负荷小,所搭载的相机为鱼眼相机,其分辨率为 1 400 万像素,所获得的影像为鱼眼影像。因此,笔者探索出了利用 Adobe photoshop CS6 软件中的镜头校正模型,并选取 DJ 的镜头配置文件,实现了对该无人机影像的镜头校正处理。经镜头校正后的影像与一般航拍相机拍摄的影像比较接近(图 2)。利用以上方法,对所有无人机影像进行了镜头校正处理,得到校正后的无人机影像。



图 2 经镜头校正后的无人机影像

Fig.2 Unmanned air craft image corrected by len correction

1.4 无人机影像的几何校正处理 利用已具地理坐标的高分遥感影像作为基准影像,分别在高分遥感影像和无人机遥感影像上均匀分布选取 9 个以上的同名地物点作为控制点,一般选取道路、河流的交叉点或拐点、田块的角点等作为控制点,利用多次多项式校正模型进行几何校正,采用最近邻法获取像元的亮度值。其校正精度一般控制在 2 个像元内。经校正处理后,无人机影像的空间分辨率为 0.1 m。

1.5 无人机影像的拼接 利用常用的遥感图像处理软件(如 PCI),先创建一个空的区域影像文件,然后依次将已校正好的无人机影像拼接到该空的影像文件中。最后,形成覆盖试验区的拼接影像。在拼接时,尽量选用影像变形最小的部分,尽量选用显处进行接边。拼接后的影像见图 3。



图 3 经拼接后的无人机影像

Fig.3 Unmanned air craft image joined together

2 结果与分析

2.1 精度评价 将拼接影像与已具地理坐标的高分遥感影像进行叠加,从目视来看,地物重叠较好,且接边效果较好。放大影像,随机选取接边处,对接边处河流或道路的错位距离进行测量,并将该距离作为接边误差(图 4)。总体上,其接边误差可控制在 0.6m 以内。该误差还可随着基准影像分辨率的提高而进一步降低。

在基准影像和拼接影像上随机选取 2 个同名地物点,分别测量 2 点间的直线距离(图 5a)。以基准影像上的距离为真值,拼接影像上的距离减去真值即为误差值,差值占真值的百分比即为线误差。通过测定计算,其线误差情况见表 1。由表 1 可知,拼接影像的线误差可控制在 1% 以内。

随机在基准影像和拼接影像上选取 3 个明显的同名地块,分别测量其面积(图 5b)所示。以基准影像上的面积为真值,拼接影像上的面积减去真值即为误差值,该误差值占真值的百分比即为面误差。通过测量和计算,得到各地块的面误差情况(表 2)。由表 2 可知,面积误差可控制在 1% 以内。

2.2 影像质量分析 拼接影像分辨率高,质量好,土地利用信息丰富(图 3~5)。图 3 中,居民地、耕地、道路、沟渠等清晰可见,很容易判读提取;田块、房屋也清晰可见,也易判读提取。图 4、5 中,田坎、四旁树以及耕地上的农作物清晰可见,很容易判读提取。这些信息对于监测土地利用具有重要价值。

2.3 效率分析 该试验的数据获取时间约 60 min。主要包括无人机起飞前准备 30 min,飞行航拍 25 min,飞后整理 5 min。1 人负责飞行,另 1 人负责航拍。数据处理需 2 人天。通过该试验,拼接影像覆盖地面的面积为 646 063 m²。据此计算,获取 1 km² 的拼接正射影像需要大概 4 人天。



注:a. 接边误差为0.39 m;b. 接边误差为0.60 m,红色线为接边误差的距离

Note:a. The edge error is 0.39 m; b. The edge error is 0.60 m, the red line is the distance of the edge error

图4 接边误差

Fig.4 Error of in image mosaic border



图5 精度评价

Fig.5 Accuracy evaluation

表1 线误差

Table 1 Error of line

| 线号 No. | 卫星影像上的距离 Distance on satellite images // m | 无人机影像距离 UAV image distance // m | 差值 The difference m | 线误差 Line error % |
|-----------|--|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | 298.05 | 299.17 | 1.12 | 0.376 |
| 2 | 460.14 | 462.00 | 1.86 | 0.405 |
| 3 | 96.21 | 96.75 | 0.54 | 0.562 |
| 4 | 380.20 | 380.29 | 0.09 | 0.024 |
| 5 | 301.51 | 301.71 | 0.20 | 0.066 |

表2 面误差

Table 2 Area error of plots

| 地块号 No. | 卫星影像上的距离 Distance on satellite images // m | 无人机影像距离 UAV image distance // m | 差值 The difference m | 面误差 Area error // % |
|------------|--|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1 250.38 | 1 242.64 | -7.74 | -0.619 |
| 2 | 1 138.40 | 1 148.75 | 10.35 | 0.901 |
| 3 | 758.95 | 759.90 | 0.95 | 0.125 |
| 4 | 1 378.08 | 1 375.24 | -2.84 | -0.206 |
| 5 | 1 638.84 | 1 645.25 | 6.41 | 0.391 |

3 结论

该研究探索了利用大疆无人机航拍系统获取土地利用正射影像的技术方法。结果表明,利用该技术方法,可以获得平原区土地利用正射拼接影像,其影像质量好,分辨率在0.1 m以上。各种土地利用类型在该影像上清晰可见,易判读提取;耕地上的农作物、居民地上的房屋清晰可见,易判读提取;农作物的栽种状况和长势也清晰可见;地块、田坎、沟渠清晰可见。该技术路线特别适用于点多分散面小的平坝小区域(一般面积在2 km²内)。当使用空间分辨率为0.6 m的遥感影像作为基准影像时,其拼接影像的接边误差可控制在0.6 m以内,其线误差和面误差均可控制在1%以内。

该研究还表明,该技术方法易学、易用,具有效率高、成本低、风险小的特点。获取1 km²的拼接正射影像大概需要4人天。该无人机对起飞条件要求不高,有几千平方米的空地就可起落。该无人机飞行的高度在200 m以下,因而可以不受云雾和空管的限制,而具有飞行灵活的优点。总之,该技术方法特别适合在平原或坝区推广,用于获取点多、分散、小区域的拼接遥感影像,这对点多、分散、不成片的小区域土地利用精细调查和监管具有重要意义。

(下转第64页)

表1 3种荷花品种叶片数

Table 1 Leaf numbers of 3 kinds of *Elumbo nucifera*

| 序号 No. | 荷花品种 <i>Elumbo nucifera</i> | 叶片数 Leaf number//片/m ² | | | | 增长率 Growth rate % |
|-----------|------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|
| | | 06-15 | 06-25 | 07-15 | 07-25 | |
| 1 | 粉荷点晕 | 11.7 | 14.3 | 16.8 | 20.6 | 76 Aa |
| 2 | 玉堂春 | 18.5 | 22.4 | 25.5 | 30.9 | 67 Aa |
| 3 | 鹤冠红 | 16.7 | 19.2 | 21.5 | 24.2 | 45 Bb |

注:同列不同大、小写字母分别表示处理间在0.01、0.05水平差异显著

Note: Different large and lowercase letters in the same column showed significant differences between the 0.01 and 0.05 levels

间的延长,各污水中TN含量均呈下降趋势。粉荷点晕、玉堂春和鹤冠红对TN的去除效果均较好,去除率分别为65.1%、67.2%和70.5%,3个水池内TN含量在7月25日均低于2.0 mg/L,均到达安全标准。CK的TN含量也呈现出随时间的延长而下降的趋势,其去除率仅为25%,明显低于荷花处理,且差异显著($P < 0.05$)。

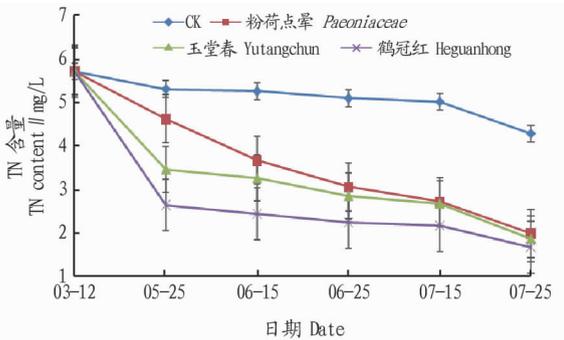


图1 3种荷花对污水中TN的净化效果

Fig. 1 Purification effect of 3 kinds of *Elumbo nucifera* on TN in waste water

2.2.2 对污水中TP的净化效果。由图2可知,粉荷点晕、玉堂春和鹤冠红对污水中TP的去除率均在90%以上,分别为93.5%、96.8%和96.8%,并在6月25日测定时接近或到达安全值,且三者之间均无显著差异($P > 0.05$)。CK的TP含量也有所降低,其去除率为33.9%,明显低于荷花处理,且与它们之间差异显著($P < 0.05$)。

3 结论

(1)该试验选取粉荷点晕、玉堂春和鹤冠红3个荷花品种为研究对象,通过试验发现这3个荷花品种均能在污水中较好的生长,三者对污水的适应能力从大到小依次为粉荷点晕、玉堂春、鹤冠红。

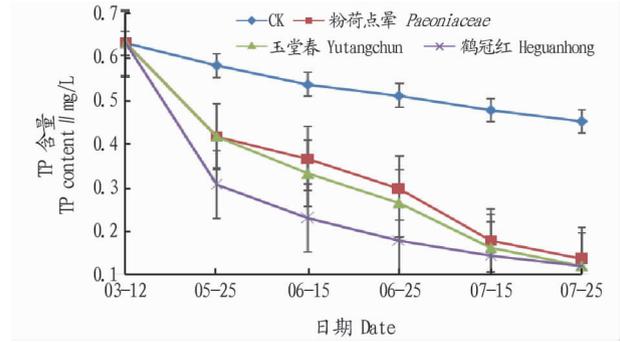


图2 3种荷花对污水中TP的净化效果

Fig. 2 Purification effect of 3 kinds of *Elumbo nucifera* on TP in waste water

(2)3种荷花品种均表现出较强的污水净化能力,对TN的去除率均在65%以上,对TP的去除率均在93%以上,且三者去除效果相似,水体中的TN和TP含量分别在7月25日和6月25日到达安全值范围。

(3)污水中TN、TP的去除受控于诸多因素,除了温度和动力条件外,还可依靠沉积吸附、植物吸收等多种途径^[11-13],因此CK中的TN、TP含量也在一定程度上有所减少,但其减少程度均显著低于荷花种植池,说明荷花对污水中的各种氮素和磷素的去除发挥主要作用。

参考文献

- [1] 曾春霞. 人工湿地技术在农村生活污水治理中的应用研究:以湖南省衡阳市为例[J]. 重庆三峡学院学报, 2011, 27(1): 66-69.
- [2] 姜文明, 潘学梅. 水生植物在乡镇生活污水治理中的应用实例[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(6): 73-75.
- [3] 吴湘. 漂浮栽培植物对富营养化水体中磷的去除效应基因型差异及其原因分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [4] 于长丽. 荷花的栽培管理及在园林中的应用[J]. 中国林副特产, 2011(3): 78-79.
- [5] 蔡佩英, 刘爱琴, 侯晓龙. 9种水生植物对模拟污水中氮、磷的生物净化效果[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2010, 39(3): 313-318.
- [6] 关秀婷, 周林飞, 成道. 不同生长期水生植物对湿地沉积物中营养物质含量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(1): 70-77.
- [7] 聂雅萍, 冯子云, 刘波, 等. 荷花净化水质能力分析[J]. 林业调查规划, 2006, 31(S1): 110-112.
- [8] 王省山. 荷花种植对水库水质的影响与分析[J]. 水资源开发与管理, 2015(2): 77-79.
- [9] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 243-672.
- [10] 陈友媛, 崔香, 董滨, 等. 3种水培观赏植物净化模拟污水的试验研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 257-260.
- [11] 宋祥甫, 邹国燕, 吴伟明, 等. 浮床水稻对富营养化水体中氮、磷的去除效果及规律研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 489-494.
- [12] 王敬富, 陈敬安, 杨永琼, 等. 红枫湖季节性热分层消亡期水体的理化特征[J]. 环境科学研究, 2012, 25(8): 845-851.
- [13] 王春景. 菖和菖蒲对污染水体净化和修复效果的研究[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2006.

(上接第62页)

参考文献

- [1] 张孝成, 赵紫阳, 周志跃, 等. CORS和无人机遥感技术结合在村级土地利用规划中的应用:以重庆市江津区燕坝村为例[J]. 土地科学, 2012, 26(1): 82-85.
- [2] 任向红. 基于低空无人机航空影像的土地整治项目正射影像图制作[J]. 测绘技术装备, 2014, 16(1): 48-51.
- [3] 罗先权, 王琰, 袁小燕. 农村土地整治测绘技术方法的探索与实践[J]. 地理空间信息, 2013, 11(5): 37-39.
- [4] 王杰, 梁景辉, 郑金祥. 浅谈无人机在农村土地承包登记中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(8): 183-184.
- [5] 赵星涛, 胡奎, 卢晓攀, 等. 无人机低空航摄的矿山地质灾害精细探测方法[J]. 测绘科学, 2014, 39(6): 49-52.
- [6] 季顺海, 刘耀. 无人机低空遥感技术在土地整理施工监控中的应用探索[J]. 现代测绘, 2014, 37(3): 48-50.
- [7] 刘昌军, 郭良, 岳冲. 无人机航测技术在山洪灾害调查评价中的应用[J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24(3): 3-7.
- [8] 刘洋, 祁琼. 无人机航测技术在国土资源领域的应用[J]. 地理空间信息, 2014, 12(1): 29-30.
- [9] 王雅萍, 陈宜金, 谢东海, 等. 面向无人机水域影像的自动拼接方法[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(5): 92-95.