

•数据论文•

中国亚热带4个森林动态监测样地无人机可见光遥感影像数据集

张昭臣¹, 胡健波², 杨庆松¹, 练琚愉³, 李步杭⁴, 王希华¹, 叶万辉³, 张健^{ID1*}

1. 华东师范大学生态与环境科学学院, 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 上海 200241; 2. 交通运输部天津水运工程研究所, 天津 300456; 3. 中国科学院华南植物园退化生态系统植被恢复与管理重点实验室, 广州 510650; 4. 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 中山大学生命科学院, 广州 510275

摘要: 常绿阔叶林是我国亚热带地区的地带性植被类型。由于亚热带森林植物群落垂直结构复杂、林冠郁闭度高, 对常绿阔叶林冠层的研究尚缺乏高质量的监测数据。本数据集包含浙江天童山、浙江百山祖、广东车八岭、广东鼎湖山4个大于20 ha的森林动态监测样地2014年8月或2016年9月采集的无人机可见光遥感影像。本数据集是通过将无人机影像、地面控制点和地面调查数据相结合而获得的。每个样地的数据集包括4个文件: ~5 cm空间分辨率的正射影像图和数字表面模型、1 m空间分辨率的森林冠层高度数据和正射影像质量报告。本数据集可为常绿阔叶林的林冠生态学、生物多样性、生态系统功能等研究提供数据支撑。

关键词: 无人机遥感; 近地面遥感; 常绿阔叶林; 森林动态监测样地; 林冠生态学

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	中国亚热带4个森林动态监测样地无人机可见光遥感影像数据集
作者	张昭臣, 胡健波, 杨庆松, 练琚愉, 李步杭, 王希华, 叶万辉, 张健
通讯作者	张健(jzhang@des.ecnu.edu.cn)
时间范围	2014年8月或2016年9月
地理区域	29°48' N, 121°47' E, 浙江省天童国家森林公园; 27°45' N, 119°12' E, 浙江省凤阳山-百山祖国家级自然保护区; 24°43' N, 114°15' E, 广东省车八岭国家级自然保护区; 23°10' N, 112°32' E, 广东省鼎湖山国家级自然保护区
空间分辨率	正射影像与数字表面模型: ~5 cm; 林冠层高度图: 1 m
文件大小	5.48 G
数据格式	GeoTiff; CSV
数据链接	http://dataopen.info/article/212 http://doi.org/10.24899/do.202107002 https://www.biodiversity-science.net/fileup/1005-0094/DATA/2021299.zip
数据库(集)组成	数据集共包括16个数据文件, 包括4个样地的正射影像、数字表面模型、林冠高度数据和正射影像质量报告数据

张昭臣, 胡健波, 杨庆松, 练琚愉, 李步杭, 王希华, 叶万辉, 张健 (2021) 中国亚热带4个森林动态监测样地无人机可见光遥感影像数据集. 生物多样性, 29, 1181–1185. doi: 10.17520/biods.2021299.

Zhang ZC, Hu JB, Yang QS, Lian JY, Li BH, Wang XH, Ye WH, Zhang J (2021) An unmanned aerial vehicle visible light remote sensing image dataset of four forest dynamic plots in subtropical China. Biodiversity Science, 29, 1181–1185. doi: 10.17520/biods.2021299.

An unmanned aerial vehicle visible light remote sensing image dataset of four forest dynamic plots in subtropical China

Zhaochen Zhang¹, Jianbo Hu², Qingsong Yang¹, Juyu Lian³, Buhang Li⁴, Xihua Wang¹, Wanhui Ye³, Jian Zhang^{ID1*}

1 Zhejiang Tiantong Forest Ecosystem National Observation and Research Station, School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241

2 Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Ministry of Transport, Tianjin 300456

收稿日期: 2021-07-27; 接受日期: 2021-09-05

基金项目: 国家自然科学基金(32071538; 31670439)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jzhang@des.ecnu.edu.cn

3 Key Laboratory of Vegetation Restoration and Management of Degraded Ecosystems, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

4 State Key Laboratory of Biocontrol, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275

ABSTRACT

The evergreen broad-leaved forest is a zonal vegetation type in the subtropical regions of China. However, due to complex vertical structure and relatively dense canopy of subtropical forests, we are lack of reliable data in current canopy studies of this forest. Here we present a large dataset of visible light remote sensing images of four large-scale (> 20 ha) forest dynamic plots in Tiantongshan and Baishanzu of Zhejiang, and Dinghushan and Chebaling of Guangdong. These data were collected by unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with visible light camera in August of 2014 or September of 2016. By combining the UAV data with ground survey data, we generated four data files for each plot: orthoimages and surface digital models with spatial resolution of ~5 cm, forest canopy height data with spatial resolution of 1 m, and data quality reports of the orthoimages. This dataset of evergreen broad-leaved forest provides significant supports for the studies in forest canopy ecology, biodiversity and ecosystem function.

Key words: UAV-based remote sensing; near-surface remote sensing; evergreen broad-leaved forest; forest dynamics plot; forest canopy ecology.

Database/Dataset Profile

Title	An unmanned aerial vehicle visible light remote sensing image dataset of 4 subtropical forest dynamic monitoring plots in China
Authors	Zhaochen Zhang, Jianbo Hu, Qingsong Yang, Juyu Lian, Buhang Li, Xihua Wang, Wanhui Ye, Jian Zhang
Corresponding author	Jian Zhang (jzhang@des.ecnu.edu.cn)
Time range	August of 2014 or September of 2016
Geographical scope	29°48' N, 121°47' E, Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province; 27°45' N, 119°12' E, Fengyangshan- Baishanzu National Nature Reserve, Zhejiang Province; 24°43' N, 114°15' E, Chebaling National Nature Reserve, Guangdong Province; 23°10' N, 112°32' E, Dinghushan National Nature Reserve, Guangdong Province
Spatial resolution	Orthoimages and the digital elevation model: ~5 cm, UAV-driven canopy height map: 1 m
File size	5.48 G
Data format	GeoTiff; CSV
Data link	http://dataopen.info/article/212 http://doi.org/10.24899/do.202107002 https://www.biodiversity-science.net/fileup/1005-0094/DATA/2021299.zip
Database/Dataset composition	The dataset consists of 16 data files in total. For each plot, it includes orthoimages, digital surface model, canopy height maps, and data quality reports of the orthoimages.

常绿阔叶林是我国亚热带地区的地带性植被类型(宋永昌, 2013)。由于其垂直结构复杂、林冠郁闭度较高, 传统的基于地面的冠层结构测量方法成本高、覆盖范围小、获得数据精度较差(Zhang et al, 2016a)。尽管一些高分辨率的卫星影像已被用来分析森林冠层结构, 但由于获取图像周期长、实时性差等限制, 使其很难应用到局域尺度的群落生态学研究。近几年来, 基于无人机(unmanned aerial vehicle, UAV)为载体的近地面遥感技术的快速发展使得获取实时的高精度遥感影像数据成为可能(Anderson & Gaston, 2013; 胡健波和张健, 2018)。

本数据集是我国东部地区4个20 ha以上的亚热带常绿阔叶林森林动态监测样地(浙江天童山20 ha样地、浙江百山祖25 ha样地、广东车八岭25 ha样地和广东鼎湖山20 ha样地)的无人机可见光遥感影像

(空间分辨率约5 cm)以及林冠层高度数据(空间分辨率约1 m)。研究人员可利用样地内的树木空间分布、地形等信息, 结合生态学模型和空间统计学等方法与技术, 构建各样地的高分辨率三维冠层结构数据库, 探讨群落尺度上森林垂直方向上的空间异质性, 分析局域或区域尺度上森林冠层结构对森林生物多样性的影响(Zhang et al, 2016a, b)。这些数据可以为常绿阔叶林的生物多样性保护、自然保护区管理、生态系统功能评估等提供科学依据。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集

本文中采用的无人机型号为MD4-1000四旋翼无人机(表1), 该系统主要由无人机飞行平台、飞行控制系统、遥感系统、作业软件和影像处理软件系

统、无线电遥控系统组成, 采用的相机为Sony NEX-5R。其主要性能指标如下: 机身重2.65 kg, 巡航空速为12 m/s, 1 kg标准载荷且无风情况下续航时间约30 min。

无人机遥感影像的采集主要包括航拍前期准备和航拍数据获取两个阶段。前期准备阶段主要包括: (1)根据研究样地的空间信息和高程数据选择起降场地和航迹规划(图1), 航迹规划使用无人机自带的地面控制软件mdCockpit完成; (2)在样地及周边选取5–10个地面控制点, 采用Trimble RTK (Real-Time Kinematic)在1 m精度下测量。地面控制点选择在样地内或样地附近相对比较开阔的地方(如林窗、小的道路等)。航拍数据获取阶段需注意: (1)在适航条件下, 对无人机进行飞行条件测试以及相应的飞行指令传输等; (2)执行飞行时, 飞行高度始终设置为距地约200 m, 航向重叠率约为70%, 旁向重叠率为60%以上; (3)实时监控, 完成航飞拍摄。

研究团队分别于2016年9月7日完成浙江天童山样地、2016年9月9日完成浙江百山祖样地、2016年9月13日完成广东车八岭样地和2014年8月25日完成广东鼎湖山样地的无人机遥感数据采集工作。这4个样地的地面植物多样性调查都是按照CTFS-ForestGEO (the Smithsonian Center for Tropical Forest Science—Forest Global Earth Observatory)的标准, 对每一个胸径 ≥ 1 cm的植物进行定位、挂牌和胸径测量, 并鉴定到物种。样地的高程数据是采用全站仪准确测量每个20 m \times 20 m样方的顶点而获得(表2)。

1.2 数据处理方法

使用Pix4D mapper软件进行图像处理。通过软

表1 MD4-1000四旋翼无人机的相机型号、设置和照片参数
Table 1 The camera type, settings and photograph parameters equipped with MD-4 1000 quadrotor UAV (unmanned aerial vehicle)

相机设置 Camera setting	相关参数 Parameters
相机型号 Camera model	SONY NEX-5R
镜头 Camera lens	16–50 mm
光圈值 The aperture	f/2.8–f/5.6
曝光时间 Exposure time	1/1000
ISO 速度 ISO speed	ISO-400
焦距 Focal length	35 mm
最大光圈 Maximum aperture	1.69
有效像素 Effective pixels/megapixels	16.1
照片分辨率 Image resolution	4912 \times 3264
图片格式 Image format	JPEG

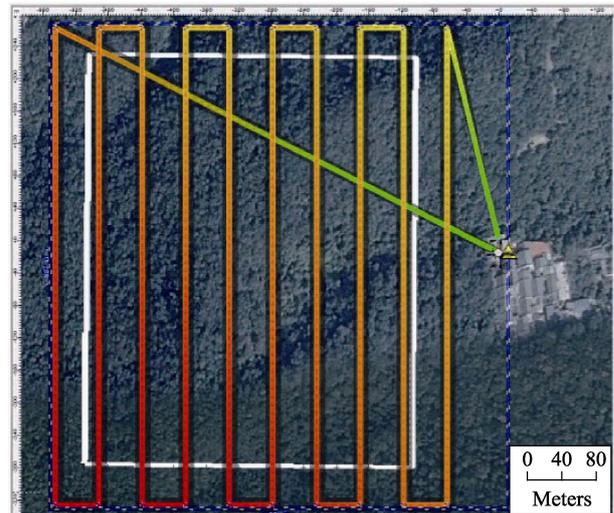


图1 无人机在野外调查时的飞行航线设计示例图

Fig. 1 An example of UAV (unmanned aerial vehicle) mission path

表2 四个亚热带常绿阔叶林森林动态监测样地的基本特征

Table 2 Descriptive statistics for four stem-mapped forest dynamics plots in subtropical regions in China

样地名称 Site	经纬度 Location	年均温 Mean annual temperature (°C)	年降雨 Annual precipitation (mm)	海拔 Elevation range (m)	坡度 Slope (°)	样地大小 Area (ha)	物种数 Species richness (DBH ≥ 1 cm)	总个体数(密度) Total abundance of live trees (Density)
浙江天童山 Tiantongshan, Zhejiang	29°48' N, 121°47' E	16.2	1,735	304–603	13–50	20	152	94,603 (4,730/ha)
浙江百山祖 Baishanzu, Zhejiang	27°45' N, 119°13' E	12.8	2,342	1,407–1,646	20–35	25	155	224,483 (8,979/ha)
广东车八岭 Chebaling, Guangdong	24°43' N, 114°15' E	18.1	1,900	431–545	4–53	20	223	86,518 (4,316/ha)
广东鼎湖山 Dinghushan, Guangdong	23°10' N, 112°31' E	20.9	1,985	230–470	30–50	20	195	80,566 (4,028/ha)

件块拼检查是否能够形成一张整图, 并检查是否存在漏拍或俯仰、侧倾过大导致的重叠率过低的现象, 如有则重拍或补拍, 并通过软件自带匀光处理功能对图像进行匀光处理, 进而生成正射影像图。

天童山、百山祖、车八岭和鼎湖山4个样地所采集的有效照片数量分别为303张、289张、228张和322张。基于无人机采集的航拍图像, 选取地面控制点对云进行地理校正。每个控制点的坐标使用Trimble Geo7X RTK在小于1 m精度下测量。由于各个保护区样地附近的植被覆盖的差异以及样地地形复杂程度的差异(表2), 各样地的地面控制点也存在差异。四个样地地面控制点的数量分别为: 天童山16个, 百山祖6个, 车八岭6个, 鼎湖山42个。

结合地面调查所获得的样地高程数据, 通过比较数字化坐标和已知的地面坐标来评估空间精度, 最后生成空间分辨率约为5 cm的数字表面模型(Digital Surface Model, DSM)和分辨率为1 m的冠层高度模型(Canopy Height Model, CHM)。所有图像采集和图像处理都使用WGS84坐标系统。我们认为CHM仅在大于1 m或更高的范围内才有生态学意义, 同时考虑到地面高程数据的精度而将其数据精度确定为1 m。

2 数据描述

本数据集包含以下文件: (1) 4份样地航拍正射影像文件; (2) 4份样地DSM文件; (3) 4份1 m精度的样地林冠高度数据文件(示例见图2); (4) 4份样地质量报告文件。

3 数据质量控制和评估

本数据集来源于4个亚热带森林动态监测样地的航拍, 数据获取的整个过程均进行质量把控。首先, 4个森林监测样地均采用统一标准进行调查, 所有样地的无人机遥感数据均由同一位研究人员严格按照航拍流程进行采集; 其次, 为确保数据的完整性, 在航拍过程中始终保证无人机在距地面约200 m的高度飞行, 实际拍摄面积为样地大小的两倍且航拍照片平均重叠约70%; 最后, 为降低人为干扰误差, 后期数据处理阶段的航拍图像拼接、几何校正等由同一位研究人员完成。数据质量评估的其他信息详见数据集中各样地质量报告文件。

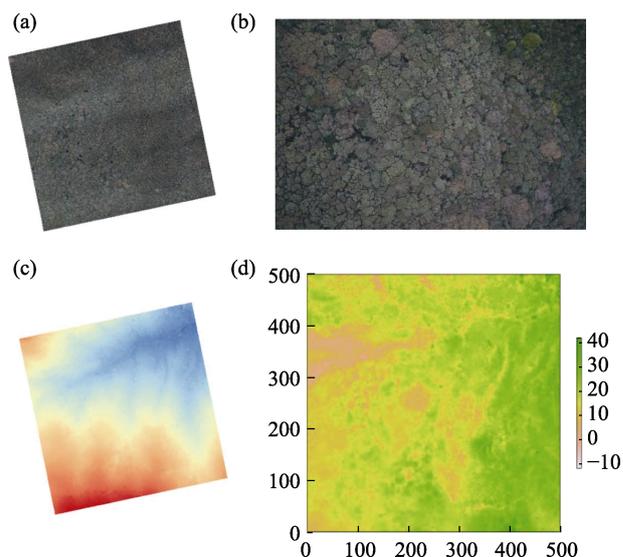


图2 无人机可见光遥感数据示例。(a)正射影像图; (b)无人机拍摄的原始图片; (c)数字表面模型图; (d)林冠层高度图。
Fig. 2 One example of UAV (unmanned aerial vehicle) visible light remote sensing data. (a) Orthoimages; (b) One of the raw pictures taken by UAV; (c) The map of the digital surface model; and (d) The map of canopy height.

4 数据使用方法和建议

本数据使用时请注意以下潜在的问题: (1)由于无人机影像数据与地面调查数据并不能完全匹配, 本数据的空间匹配精度尚存在限制, 研究者应根据研究问题所对应的空间尺度来确定本数据是否可以用于自己的研究工作; (2)由于4个样地的地面高程数据是用全站仪在20 m间隔逐一测量的, 不能获取每个20 m × 20 m小样方内的地形变异, 因此本数据中的DSM数据的精度也存在一定限制, 但足以满足很多群落生态学研究的需求; (3)本数据为各个样地的无人机单次调查数据, 采集时间也不完全一致。尽管对于亚热带成熟森林来说, 在相对稳定的环境下, 在短期内林冠结构不会有大的变异, 但一些样地仍会受到台风、风雪灾害等极端天气的影响, 因此在使用本数据时还要注意本数据采集期间的环境条件是否与研究者使用的其他数据匹配, 以免在有光时相的分析中失去可比性。

作者分工

张昭臣主要承担无人机遥感数据收集与论文撰写; 胡健波主要承担无人机遥感数据收集与数据处理; 杨庆松和王希华主要承担浙江天童山, 练塘愉和叶万辉主要承担广东鼎湖山, 李步杭主要承担浙江百山祖和广东车八岭样地地面调查

数据收集; 张健主要承担研究方案设计与论文撰写。

ORCID

张健  <https://orcid.org/0000-0003-0589-6267>

参考文献

Anderson K, Gaston KJ (2013) Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 138–146.

Hu JB, Zhang J (2018) Unmanned Aerial Vehicle remote sensing in ecology: Advances and prospects. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 20–30. (in Chinese with English abstract) [胡健波, 张健 (2018) 无人机遥感在生态学中的应用进展. *生态学报*, 38, 20–30.]

Song YC (2013) *Evergreen Broad-leaved Forests in China: Classification, Ecology, and Conservation*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [宋永昌 (2013) 中国常绿阔叶林: 分类·生态·保育. 科学出版社, 北京.]

Zhang J, Hu JB, Lian JY, Fan ZJ, Ouyang XJ, Ye WH (2016a) Seeing the forest from drones: Testing the potential of lightweight drones as a tool for long-term forest monitoring. *Biological Conservation*, 198, 60–69.

Zhang J, Nielsen SE, Mao LF, Chen SB, Svenning JC (2016b) Regional and historical factors supplement current climate in shaping global forest canopy height. *Journal of Ecology*, 104, 469–478.

(责任编辑: 郭庆华 责任编辑: 周玉荣)