

## · 中药资源 ·

无人机低空遥感技术在中药资源领域的应用探讨<sup>△</sup>景志贤<sup>1</sup>, 王帅<sup>2,3</sup>, 张小波<sup>1\*</sup>, 史婷婷<sup>1</sup>, 朱寿东<sup>1</sup>, 王慧<sup>1</sup>, 李梦<sup>1</sup>

1. 中国中医科学院 中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100070;

2. 山东省科学院 菏泽分院, 山东 菏泽 274000; 3. 山东省生物工程技术创新中心, 山东 济南 250014

**[摘要]** 近年来, 无人机技术保持着高速发展态势。鉴于无人机具有分辨率高、灵活性好以及成本低的优势, 已被广泛应用于农业、林业、环境以及灾害监测等方面。如今, 无人机技术在资源调查领域也得到了广泛应用。中药资源是我国自然资源的重要组成部分, 具有分布广泛而又碎片化的特点, 人工调查方法和卫星遥感调查方法都受到一定限制。无人机低空遥感技术的引入, 有助于解决中药资源调查中面临的问题。本研究阐述了无人机低空遥感技术在中药资源领域的应用前景与重要意义, 为无人机低空遥感技术在中药资源调查领域的研究重点与方向提供参考。

**[关键词]** 无人机低空遥感; 中药资源; 资源调查

**[中图分类号]** R28; S25; TB853.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2019)10-1300-05

**doi:**10.13313/j.issn.1673-4890.20190325003

**Discussion on Application of UAVRS Technology in Traditional Chinese Medicine Resources**JING Zhi-xian<sup>1</sup>, WANG Shuai<sup>2,3</sup>, ZHANG Xiao-bo<sup>1\*</sup>, SHI Ting-ting<sup>1</sup>, ZHU Shou-dong<sup>1</sup>, WANG Hui<sup>1</sup>, LI Meng<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory Breeding Base of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica,

China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

2. Heze Branch of Shandong Academy of Sciences, Heze, 274000, China;

3. Biological Engineering Technology Innovation Center of Shandong Province, Jinan, 250014, China

**[Abstract]** With the progress of UAV remote sensing (UAVRS), it has been widely used in the field of resource investigation. Because of its high resolution, good flexibility and low cost, UAVRS has been widely used in agriculture, forestry, environment and disaster monitoring. Traditional Chinese medicine resources are an important part of natural resources in China. They are widely distributed and fragmented. Both manual survey method and satellite remote sensing survey method are limited to some extent. The introduction of UAVRS will help to solve the problems faced in the survey of traditional Chinese medicine resources. This paper describes the application prospects and significance of UAVRS in the investigation of traditional Chinese medicine resources, and puts forward the research focus and direction of UAVRS in the field of traditional Chinese medicine resources investigation.

**[Keywords]** UAVRS; traditional Chinese medicine resources; resource survey

如今, 遥感技术已成为人类获取地理环境及其变化信息的必备高科技手段, 3S 技术 (RS 遥感、GPS 全球定位系统、GIS 地理信息系统) 在中药资源领域的应用为中药资源调查和监测相关工作提供了

便利。2004 年, 郭兰萍等<sup>[1]</sup> 提出利用 3S 技术对中药资源进行实时监测、长势产量估测等, 其快速、经济、方便等特点在资源调查及监测方面显示出极大的优势。随着遥感技术不断发展, 国内外已发布

<sup>△</sup> **[基金项目]** 国家重点研发计划(2017YFC1701603, 2017YFC1700701); 国家科技重大专项(2018ZX09201009); 国家人口与健康科学数据共享服务平台项目(NCMI-SL-201806); 中央本级重大增减支项目(2060302); 国家中医药管理局委托项目(GZY-KJS-2018-004); 卫星应用及产业化项目(2013-2140); 科技基础性工作专项(2013FY114500); 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-21)

\* **[通信作者]** 张小波, 副研究员, 研究方向: 中药资源区划、中药资源信息化; Tel: (010)56296970, E-mail: jack110007@163.com

了一些优于0.5 m的商业遥感卫星,如美国数字地球公司的World View系列、中国航天科技集团公司的高景系列等高分辨率遥感平台。药用植物的栽培存在着种类繁多、分布破碎、品质差异化等特点,使用高分辨率卫星遥感数据受限于云层、重访周期、气候影像等诸多因素影响,效果往往不理想。而无人机具有可在云下低空飞行获取数据的能力,其快速机动、成本低廉、高效便捷的特性充分弥补了卫星遥感的不足。

近年来,无人机低空遥感技术(UAV Low Altitude Remote Sensing System,简称UAVRS)在航拍、农业、测绘、救灾等领域得到广泛应用,技术取得了巨大飞跃。随着大健康产业的不断发展和进步,中药资源得到了大力发展,产量也在逐年增加,利用UAVRS对栽培中药资源的种类、分布面积、产量、品质、病虫害、连作障碍等数据进行采集,可帮助提升采集数据的效率和精度。UAVRS主要以固定翼无人机、无人多旋翼机和垂直起降无人机等作为遥感平台来获取实时高分辨率遥感影像数据<sup>[2-3]</sup>。本研究就UAVRS进展进行简要概述,参照UAVRS在相关领域的应用情况,对其在中药资源领域的应用进展进行探讨,并对应用中出现的问题进行梳理,以期为基于UAVRS的中药资源研究提供参考。

## 1 UAVRS 技术研究

### 1.1 传感器技术研究进展

随着20世纪80年代传感技术的兴起与发展,传感器技术已经成为UAVRS的关键技术之一;同时为了进一步发展UAVRS中的监测技术,全世界相关研究机构在无人机遥感领域上发展了诸多新技术,如小型多光谱/超光谱成像技术、合成孔径雷达技术、超高频/甚高频探测技术、Li-DAR成像技术等<sup>[4]</sup>。由此,无人机遥感传感器在数字化、轻型化、探测精度等方面取得了重大进展,并极大地推动了UAVRS在调查监测方面的应用。

自20世纪60年代遥感技术兴起至今,我国的遥感技术及其产业已经取得了长足的进步,遥感采集设备早已经过渡到智能化、小型化的数字相机时代,设备类型涵盖多光谱、高光谱、光电红外传感器、激光3D扫描仪以及合成孔径雷达等。小型化、集成化的遥感采集设备为实现UAVRS提供了坚实的技术基础,使其具有了全天候实时遥感观测能力。

### 1.2 信息获取传输技术研究进展

自进入21世纪以来,伴随着通信理论与技术、无人机技术、计算机技术的蓬勃发展,无人机遥感传感器技术的日益成熟,无人机遥感信息获取传输技术得到迅速发展和应用。无人机遥感信息的获取与无线传输系统应具有数字化、轻型化、微型化、快速化、节能化和多功能化等特点,并通过D/A或A/D的传输方式,将机载遥感设备获取的信息传回地面控制系统。准确无误地调度机载遥感传感器的姿态,使被观测目标始终处于监测视野中,并实现远距离操控、图像信息获取和传输,现已成为无人机遥感信息获取传输技术的研究重点之一<sup>[5]</sup>。

### 1.3 图像处理技术研究进展

无人机通过软件控制或人工控制拍摄地面图像,飞行方向上相邻两张图片之间以及不同航线的图片之间满足一定的重叠率,需要通过摄像测量学方法进行图像的匹配及拼接,重构飞行覆盖区域的3D模型,进一步得到正射影像等产品。针对无人机遥感图像的匹配与拼接技术已经进入到商品化阶段,如PIX4D、Inpho等。

## 2 UAVRS 在中药资源领域的应用探讨

### 2.1 野生中药资源调查监测和蕴藏量估算

野生中药资源是指在一定的区域范围内分布的非人工种植的中药资源,我国野生中药资源种类繁多,包括植物类、动物类、矿物类。其中植物类中药资源生境各异,根据其生活型分为木本植物(乔木、灌木、竹类、藤本植物、附生木本植物和寄生植物)、半木本植物(半灌木和小半灌木)、草本植物(多年生草本、一年生草本、寄生草本、腐生草本和水生草本)、叶状体植物(苔藓及地衣、藻菌植物)<sup>[6]</sup>。针对木本植物,孙志超等<sup>[7]</sup>利用无人机的地面站控制点对飞行时间进行几何校正,采用3D工具测量立体区域树高,用地面控制点测量数据拼接区域面积和周长,结果表明小型无人机搭载非测量相机基本能够满足林业调查对树高、面积及周长等的测量精度要求,表明无人机技术适用于木本植物的分布及蕴藏量估算。而针对半木本植物及草本植物,中药资源分布零散并且地面覆盖范围不规则,上述方法常常不占据主导地位。无人机遥感平台可结合3S技术,利用分层抽样统计方法识别植物生活型、精确测算面积、提高抽样调查的精度和准确性,

其影像覆盖范围可达几平方米,远远大于传统的样方大小,且调查效率也会大大提高。利用 UAVRS 对不同生活型的中药资源覆盖地区进行无人机遥感调查,可得到不同覆盖度地区内的中药资源分布及蕴藏量情况。

野生动物调查前通常需要大致掌握动物的分布位置及其习性和栖息地状况,通过无人机热红外、正射拍摄或视频录像,实现对野生药用动物种类、数量、种群结构等项目的监测。对动物行为的丰富经验和知识为指导无人机遥感监测提供了有效保障,Chrisite 等<sup>[8]</sup>测试结果表明,无人机调查通过结合图像识别技术与分类解译技术实现物种的种类、数量等情况统计,其相同面积针对同一物种的调查结果在经济成本和人力成本上是普通地面调查的 50%,而物种的发现率则是地面调查的 200% 以上。目前已有调查监测对象有非洲象、考拉、狍、藏野驴、牦牛等大型脊椎动物,监测指标主要包括种群数量、栖息地范围等。

我国地域辽阔,药用矿物资源丰富、种类繁多,分布面积广泛、储量大,如石膏矿、滑石矿、高岭土矿等资源储量位居世界前列。目前,国内外都在加强药用矿物的开发和利用,如麦饭石、矿泉水、含矿物质啤酒等。林坤<sup>[9]</sup>基于无人机遥感测量的铝土矿测绘研究,准确地分析出铝土矿的地域位置并估算了矿床的质量。

## 2.2 栽培中药资源调查中的应用

科学合理种植中药材,实现中药材规范化、规模化和精细化已经成为中医药发展必然趋势。使用 UAVRS 可以获取更高分辨率影像数据,且采集数据时效性较强,可保证计算数据的准确性和客观性,从而提高结果数据准确性,节约了时间成本,对中药资源动态监测技术的发展具有重要意义。史婷婷等<sup>[10]</sup>以安徽省宁国市前胡种植为例,分别以不同分辨率的卫星遥感数据提取前胡的种植面积,结果表明高分辨率的影像提取结果精度较高。施开分<sup>[11]</sup>通过 2016 年开展的第三次农业普查工作的案例和数据,论述了无人机遥感调查所需的经费和效率均比实地调查有明显优势。

2.2.1 栽培中药资源的分布面积测算和产量估算 如在同一行政区域内分散种植了多种中药资源,若要对每种中药资源的分布面积进行精确区分,可使用无人机遥感系统,获取高分辨的无人机数据。通过

纹理、光谱等特征结合地面调查,进一步精确、定量地分析,并结合地面样本数据进行二次验证。通过这种方法来确认无人机遥感系统在中药资源分类面积的评估精度,这样便可以在一定精度上区分不同的中药资源种类及分布面积。2007 年,Swain 等<sup>[12]</sup>利用 UAVRS 获取了 5 个不同氮素水平下水稻田高时空分辨率的遥感图像,以用来估算水稻产量与生长状况。通过统计分析发现不同氮素水平下的水稻产量与生长状况,在幼穗分化期,不同氮素水平下的归一化植被指数(NDVI)与水稻产量和总生物量的回归系数达到 0.728 和 0.760,研究表明利用无人机低空遥感平台获取的遥感图像能够很好地代替卫星图像对水稻的产量和生物量进行估算。

2.2.2 中药资源长势监测 对栽培药用植物长势的监测和产量的估测,是中药资源动态监测的一个重要方面,而无人机遥感系统可精确地获取种植区种植结构、作物长势等信息。裴浩杰等<sup>[13]</sup>以冬小麦为例,利用无人机高光谱影像获取冬小麦的综合长势指标,能够判断出小麦的总体长势差异。李昂<sup>[14]</sup>基于无人机遥感系统的水稻产量估算,结果表明水稻穗数估计平均绝对百分误差达到 10.00%,产量估计平均绝对百分误差达到 15.66%。Lucieer 等<sup>[15]</sup>在 2012 年使用具有光学和高光谱相机的无人机低空遥感平台分析南极苔藓床的生长情况。这些研究为中药资源的长势监测研究提供了很好的参考。

2.2.3 中药材品质监测 药用植物人工种植,核心目的是生产出满足临床用药需要的中药材。临床用药对每种中药材均有特定的要求。基于低空无人机搭载高光谱等设备可以有效获取地面药用植物的光谱数据信息,基于植物光谱和中药材品质之间的关系模型可对中药材品质进行检测和预测,还可以系统分析指标含量与光谱之间的相关关系、筛选指标含量的显著相关光谱参量、建立相应的模型,进而评价各种中药材品质合格性。李佛琳<sup>[16]</sup>利用烟叶不同光谱的特性及影响因素,建立了总糖、烟碱、钾的光谱预测估算模型,实现了烟草的生长与品质监测。王琦等<sup>[17]</sup>利用卫星光谱参数等影响因素实现了对冬小麦凝胶渗透色谱(GPC)的预测并构建了相关的预测模型。

2.2.4 中药资源病虫害监测 药用植物在遭受到病虫害时,其植物叶片在不同光谱、波段上会表现出不同程度的吸收和反射特性,与正常植物叶片也有

着显著性差异和变化。基于此原理,可以使用无人机系统搭载多光谱或高光谱设备,进行中药资源的病虫害监测。通过对采集数据的分析得到精确结果,及时准确地采取防治措施,从而降低损失,从巡诊防治全过程保障中药材的品质和产量。兰玉彬等<sup>[18]</sup>利用无人机搭载高光谱设备对柑橘的黄龙病情况进行监测和分类,分类准确率为94.7%,误判率为3.36%,表明了无人机低空高光谱遥感监测手段用于中药资源病虫害监测的可行性。

### 2.3 中药资源区划研究

中药资源区划是在中药资源调查的基础上,按照中药资源的自然规律和社会经济客观规律,因地制宜地指导中药资源开发和生产,为中药资源的保护和开发规划提供科学依据。从2011年开始第四次全国中药资源普查工作已经在全国31个省(区、市),1300多个县级行政区划单元开展了工作<sup>[19]</sup>,基于某种中药资源位置与生态环境数据的大尺度区划研究已有很多,如党参、穿龙薯蓣、五味子等<sup>[20-22]</sup>,其在中药资源区划中应用能够达到区县级。

基于现有空间数据,进行大尺度的区划研究,形成大尺度、小比例尺的区划结果相对容易。但实际上,县域或更小尺度范围内,影响中药材生产活动因素的差异性不仅明显,而且往往是错综复杂的。中药材的农业生产实践是在具体地块上开展。小区域之间土壤微环境、耕作习惯等,表现出复杂的差异性,因此进行县级以下或更小区域范围的区划,对指导中药材具体的生产实践活动非常有必要。

为更好地服务优质中药材生产,需要将区划研究范围落实到地块级,中小尺度或地块级的区划研究是今后中药区划研究的一个发展方向。小尺度和微观方面的区划工作,需要进行细致、深入和具体的调查,力求掌握每一地块的位置、生产条件、特点和问题等。基础情况、空间范围清晰明确,在此基础上的区划方案才能切合实际、因地制宜,指导生产实践。

区划单元最小粒度划分到地块级,需要借助现代化的技术手段,获取区划所需的基础数据,UAVRS具有这方面的优势。而无人机遥感技术在中药资源区划中的应用能明显提高区划的效率和精确度,达到村级和种植地块级,可以突破其他区划方法中的不足。

## 3 UAVRS 在中药资源领域应用挑战

### 3.1 UAVRS 标准有待完善

中药资源的分布特点决定其遥感分析需要利用低空遥感手段获得高清晰度数据,UAVRS主要以无人机遥感技术为主,目前还没有面向中药资源调查需求的标准,需要相关的设备和数据标准来规范无人机低空数据采集,以保证数据质量。

### 3.2 海量数据存储和处理能力有待提升

无人机遥感会产生大量高清的图片数据,数据存储需求会随着时间不断增长,需要适当的存储技术手段来组织存储数据,保证数据的高效、有序存储和存储容量的动态增长,为数据分析建立基础。

目前中药资源遥感应用主要通过人工利用单机软件进行数据分析和提取,没有系统化的分析平台支持,分析结果很难迅速推广到更大的空间和时间尺度。同时由于通用的遥感分析软件没有针对中药资源分布特点进行优化,处理结果准确性受到一定影响。

目前无人机设备多采用锂电池做为动力来源,锂电池能量存储密度有限,造成无人机续航时间短,通常在1h以内,一次飞行覆盖的地面范围较小,制约其应用推广。

### 3.3 UAVRS 在中药资源领域应用技术有待创新

随着大数据、云计算、5G技术的发展,无人机飞控技术将会更加成熟,无人机的航程和有效载荷也会增加,数据的运算和传输等都会进一步扩展。由于部分中药资源分布在地形复杂的山区,利用无人机低空遥感技术进行中药资源的监测等作业,需要根据中药资源的特点,提高无人机遥感平台的高稳定性、扩展性;同时对机载传感器获取的遥感图像质量、数据的实时传输以及高精度的图像处理算法提出了更高的要求。因此,UAVRS在中药资源领域应用技术有待提高创新。其中包括:1)研究基于低空无人机获取遥感数据的软件自动处理方法,包括遥感数据的校正算法、观测目标识别及中药资源生长信息快速提取与分析方法、中药资源精准管理快速决策支持算法等,开发具有较高实时性、稳定性、可扩展的中药资源遥感监测管理平台。2)研发基于无人机遥感平台的中药资源智能识别技术,搭载智能化设备,实时监测中药资源长势、病虫害、重金属污染等因子,并开发多种内业智能化平台,

实现中药资源智能化工作。3)构建基于三维立体遥感的数字化中药资源可持续发展利用平台,开发或者利用三维模型软件,将无人机遥感数据制作成三维动态的可视化产品。

### 3.4 专业技术人员数量有待提高

培养更多既懂中药资源,又懂计算机技术、遥感技术,既懂中药资源外业调查,又懂内业处理的优秀人才,在高校创建二者结合的交叉学科,形成梯队人才队伍和架构模式。

综上,无人机技术在中药资源调查领域具有广阔的应用前景,而目前 UAVRS 在中药资源普查中的应用还缺乏专用平台系统的支持,没有形成专业化、常态化的应用模式,而建立基于大数据的无人机低空遥感中药资源监测平台,提供数据存储和分析支持,对于推动中药资源精准监测的全面发展、建立健全中药材生产统计制度等,具有重要的研究意义和实际应用价值。

### 参考文献

- [1] 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪. "3S"技术在中药资源可持续利用中的应用[J]. 中国中药杂志,2005,30(18):1397-1400.
- [2] 白由路,金继运,杨俐苹,等. 低空遥感技术及其在精准农业中的应用[J]. 土壤肥料,2004(1):3-6.
- [3] XIANG H T, TIAN L. Development of a Low-cost Agricultural Remote Sensing System Based on an Autonomous Unmanned Aerial Vehicle(UAV)[J]. BIOSYST ENG,2010(108):174-190.
- [4] HERWITZ S R, JOHNSON L F, GUNAGAN S E, et al. Imaging from an Unmanned Aerial Vehicle: Agricultural Surveillance and Decision Support [J]. Comput Electron Agr,2004,44(1):49-61.
- [5] 汪沛,罗锡文,周志艳,等. 基于微小型无人机的遥感信息获取关键技术综述[J]. 农业工程学报,2014,30(18):1-12.
- [6] 黄璐琦,王永炎. 全国中药资源普查技术规范[M]. 上海:上海科学技术出版社,2015:95-96.
- [7] 孙志超,杨雪清,李超. 小型无人机非测量相机在林业调查中的应用研究[J]. 林业资源管理,2017(2):103-109.
- [8] CHRISTIE K S, GILBERT S L, BROWN C L, et al. Unmanned Aircraft Systems in Wildlife Eesearch: Current and Future Applications of a Transformative Technology[J]. Front Ecol Environ,2016(14):241-251.
- [9] 林坤. 基于无人机遥感测量的铝土矿测绘研究[J]. 中国锰业,2018,36(2):17-19,25.
- [10] 史婷婷,张小波,张珂,等. 基于多源多时相遥感影像的宁国前胡种植面积提取研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(22):4362-4367.
- [11] 施开分. 无人机在农作物面积实地调查中应用的效用分析[J]. 调研世界,2018(3):28-32.
- [12] SWAIN K C, THOMSON S J, JAYASURIYA H P W. Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of a Rice Crop[J]. ASABE,2010,53(1):21-27.
- [13] 裴浩杰,冯海宽,李长春,等. 基于综合指标的冬小麦长势无人机遥感监测[J]. 农业工程学报,2017,33(20):74-82.
- [14] 李昂. 基于无人机数码影像的水稻产量估测研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [15] LUCIEER A, ROBINSON S, TURNER D, et al. Using a Micro-UAV for Ultra-high Resolution Multi-sensor Observations of Antarctic Moss Beds [J]. ISPRS, 2012(1):429-433.
- [16] 李佛琳. 基于光谱的烟草生长与品质监测研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [17] 王琦,宋晓宇,杨贵军,等. 区域冬小麦籽粒蛋白含量遥感预测研究[J]. 中国农业信息,2018,30(6):35-52.
- [18] 兰玉彬,朱梓豪,邓小玲,等. 基于无人机高光谱遥感的柑橘黄龙病植株的监测与分类[J]. 农业工程学报,2019,35(3):92-100.
- [19] 黄璐琦,张小波. 全国中药资源普查的信息化工作[J]. 中国中药杂志,2017,42(22):4251-4255.
- [20] 吴晓俊,张小波,郭兰萍,等. 党参药材分布区划研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(22):4368-4372.
- [21] 王哲,李波,肖井雷,等. 基于 MaxEnt 和 ArcGIS 的吉林省穿龙薯蓣分布区划研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(22):4373-4377.
- [22] 肖井雷,张小波,刘玉翠,等. 基于 GIS 技术的五味子品质区划研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(22):4408-4413.

(收稿日期:2019-03-25 编辑:周鹭)