

无人机遥感技术在农业中应用的发展对策研究

洪小丽, 张语桐, 王廷超, 黄 帅, 舒坤良, 赵 娜*

(吉林省农业科学院农业经济与信息研究所, 长春 130033)

摘要: 无人机遥感技术能够以低成本、高通量方式获取高质量数据, 现阶段已成为现代农业的重要组成部分。本文旨在概述无人机遥感技术在农业中的发展现状和问题, 重点介绍了具体应用的方向、存在的问题和解决的对策。本文介绍了无人机遥感技术在农业领域中应用的详细例子, 包括作物的长势监测、产量估计、病虫害监测和灌溉管理四个方面。讨论了无人机遥感技术在农业领域中应用所面临的挑战和存在的问题, 如数据处理和分析、数据集成和融合、数据的准确性可靠性和无人机作业监管问题, 并提出了相应的解决对策, 在有效管理无人机的基础上促进无人机技术的发展和推广, 为农业的可持续发展作出贡献。

关键词: 无人机; 遥感; 发展对策

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0140-05

Problems and Countermeasures Existing in the Development of UAV Remote Sensing Technology in Agriculture

HONG Xiaoli, ZHANG Yutong, WANG Tingchao, HUANG Shuai, SHU Kunliang, ZHAO Na*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Economy and Information, Changchun 130033, China)

Abstract: Unmanned Aerial Vehicle(UAV) remote sensing technology can obtain high-quality data in a low-cost and high-throughput way, and has become an important part of modern agriculture. In recent years, with the application of UAV remote sensing technology in agriculture. This paper aims to summarize the development status and problems of UAV remote sensing technology in agriculture, focusing on the specific application direction, existing problems and solving countermeasures. This paper introduces detailed examples of the application of UAV remote sensing technology in agriculture, including four aspects of crop growth monitoring, yield estimation, pest disaster monitoring and irrigation management. In addition, this article also discusses the challenges and existing problems faced by the application of drone remote sensing technology in the agricultural field, such as data processing and analysis, data integration and fusion, data accuracy and reliability, and drone operation supervision issues. Corresponding solutions are proposed to promote the development and promotion of drone technology on the basis of effective management of drones, and contribute to the sustainable development of agriculture.

Key words: Unmanned Aerial Vehicle; Remote Sensing; Development Countermeasure

随着无人机技术的快速发展, 为包括农业在内的各种行业提供了新的机会。无人机遥感技术通过提供低成本、大面积、高通量、高分辨率的数据, 为农业从业者的农事决策提供更准确的数据

支撑, 从而彻底改变农业的实际生产^[1]。近年来, 无人机遥感技术在农业中的应用得到了广泛的关注, 随着越来越多的研究探索其潜在的应用和效益, 该技术已应用于农业各领域, 如作物监测、病虫害检测、灌溉管理和精准农业等^[2-4]。无人机遥感技术在农业领域中的应用主要可以归因于几个因素。首先, 与卫星图像或载人飞机等传统方法相比, 无人机提供了一种更经济、更高效的数据采集方法^[5]。其次, 无人机可以提供高达1厘米每像素空间分辨率的高分辨率数据, 这对于精准农业是必不可少的。此外, 无人机部署的灵活性和方便

收稿日期: 2023-06-05

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20200402003NC); 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2023DX006, CXGC2021TD019)

作者简介: 洪小丽(1989-), 女, 研究实习员, 硕士, 主要从事数字农业研究。

通讯作者: 赵 娜, 女, 硕士, 研究员, E-mail: 30297447@qq.com

性更适用于各种农业环境和场景^[6]。很多国家已经认识到无人机遥感技术在农业中的潜力,并开展了大量研究和开发工作。我国通过国家高新技术研发计划(863计划)等多项举措支持无人机技术的发展^[7],现已成为全球无人机市场的领先参与者,并尤为重点关注无人机遥感技术在农业领域的应用^[8]。本文旨在概述无人机遥感技术在农业领域中的发展现状和存在的问题,重点关注作物生长监测、产量估测、病虫害检测和灌溉管理四个方面,并探讨研究人员和从业人员所面临的挑战和局限性。

1 农业无人机遥感技术发展现状

农业无人机遥感技术的发展是由于对高分辨率、高通量数据的需求不断增长,以支持决策和优化农业实际生产。近年来随着无人机飞行耐久性、有效载荷能力和传感器集成等方面的飞速发展,探究无人机遥感技术在农业领域应用的研究数量显著增长^[9]。我国农业农村部大数据发展中心也建设了国家农业遥感应用与研究中心,重点研究无人机遥感技术在农业各领域中的应用。

尽管无人机遥感技术在农业领域的发展迅速,但要充分发挥其潜力,仍需要解决一些现阶段所面临的挑战和限制。主要挑战之一是处理和析无人机遥感产生的大量高分辨率数据,开发高效的数据处理算法和软件工具对于方便从无人机遥感数据中提取有价值的信息至关重要^[10];另一个挑战是将无人机遥感数据与其他数据源集成,如卫星图像、地面测量和天气数据,以提供对农业生产所需信息的全面了解^[11]。数据融合技术和多源数据集成方法的发展对于提高无人机遥感数据在农业决策中的实用性至关重要。

无人机遥感数据的准确性和可靠性也是需要解决的关键因素。传感器校准、大气校正、地理信息参考等因素会影响无人机遥感数据的质量^[12]。加快发展成熟的遥感数据质量标准和验证程序,能够确保无人机遥感数据的准确性和可靠性。无人机遥感技术在农业领域应用的标准框架仍需进一步推进,这对于促进农业无人机遥感技术的安全和发展至关重要^[13]。无人机遥感技术已越来越多地应用于精准农业,使农民能够根据特定地点的信息优化其作物管理实践。高分辨率和光谱影像可用于生成化肥、农药和灌溉用水可变速率应用的处方地图,提高农业投入效率,减少对环境的影响,为精准农业提供大面积、高精度、

快时效的数据支撑,为推进农业现代化的发展提供新思路^[14]。

2 无人机遥感技术在农业中的应用情况

2.1 生长监测

无人机遥感技术已被广泛应用于作物生长监测,为农业从业者优化作物生产管理提供有价值的信息^[15-16]。无人机遥感平台能够搭载多种传感器来获取光谱影像,通过计算对作物长势具有代表性的植被指数,来评估和反演作物生长状态。魏鹏飞等^[17]利用多光谱影像估测夏玉米叶片氮素含量,模型估测精度达到79.5%;裴浩杰等^[18-19]利用偏最小二乘回归方法建立了基于高光谱影像的冬小麦长势反演模型,能精准反演出反映小麦长势的综合长势指标;冯帅等^[20]利用高光谱影像对东北粳稻冠层叶片氮素含量进行反演研究,反演模型决定系数 R^2 均在0.81以上,为精准监测东北粳稻长势提供科学依据;牛鲁燕等^[21-22]利用多光谱遥感数据对小麦叶片的SPAD值、地上部鲜重和干重进行估测,估测模型 R^2 分别为0.965、0.951和0.766,该方法为大尺度小麦长势监测提供了有效技术支持。

2.2 产量估计

无人机遥感技术也被用于作物产量估计,为农民和决策者提供有价值的信息,以便作出与作物管理和营销有关的决策,也能为政府部门的相关政策制定提供可靠数据支撑。朱婉雪等^[23]在山东省滨州市的典型规模化农田中,获取多种光谱植被指数对冬小麦进行估产,估产模型决定系数 R^2 达到0.70;Paul等^[24]利用机载RGB和多光谱传感器,对大麦作物的冠层高度、植被覆盖度等性状进行分析,并对其产量进行预测;Fei等^[25]利用机器学习方法融合无人机多传感器数据,对小麦产量进行预测,预测模型的决定系数在0.257~0.670;赵晓庆等^[26-27]利用无人机载高光谱相机,在不同生育期采集了多个品种的大豆冠层高光谱影像,探究了大豆作物表性信息与产量间的关系;陶惠林等^[28]利用无人机获取冬小麦多个时期的数码影像和高光谱数据,通过计算光谱参数为建模因子对产量进行估算,结果误差为10.32%,该方法实现了对冬小麦作物快速、方便的产量预测。

2.3 病、虫、灾害监测

无人机遥感技术在农业病害、虫害、灾害监测方面显示出了巨大的潜力,能够及早发现病、虫、

灾害,指导有针对性的防治措施,并对灾害程度进行预估。基于受影响作物叶片和冠层的光谱特征,可利用高分辨率的多光谱和高光谱图像来进行灾害识别^[29]。王震等^[30]利用无人机可见光图像,能够有效对大面积稻田中的白穗进行精准识别,白穗识别率可达93.62%,识别误差率为5.44%;孙钰等^[31]基于深度学习的目标检测技术,对受红脂大小蠹危害的油松林进行监测,试验模型平均准确率达到97.22%,实现了受害油松的实时检测和计数,提升了森林虫害的早期预警能力;马涛等^[32]利用低空遥感航拍影像探究了荒漠林中大沙鼠分布情况,提高了鼠害的防治效率,为鼠害治理提供了新的思路和方法;李宗南等^[33]利用小型无人机获取RGB影像来提取玉米倒伏面积,基于RGB均值纹理特征提取的倒伏玉米面积误差最小为0.3%,该方法能精准提取倒伏玉米面积,为农业生产和保险公司进行灾后生产管理和救助提供技术支持。

2.4 灌溉管理

无人机遥感技术已被用于农业灌溉管理,为农民优化用水和提高用水效率提供了有价值的信息^[13]。无人机获得的高分辨率多光谱和热图像可用于估算作物水分胁迫和蒸散量,这对评估作物水分需求和指导灌溉调度至关重要^[34]。陈硕博等^[35]反演了冬小麦抽穗期土壤的含水量,反演模型 R^2 和验证 R^2 均达到0.9以上,该方法能够大面积快速获取田间土壤水分含量数据,为精准灌溉提供理论依据;刘奇等^[36]利用机载可见光和热红外传感器,获取了玉米冠层温度空间分布信息,提出了两种改进的作物水分胁迫指数,该指数可以更加精确监测作物水分胁迫,为无人机遥感技术精准监测作物水分胁迫情况提供技术支持;张瑜等^[37]利用内蒙古达拉特旗昭君镇试验站中不同水分胁迫下的大田玉米冠层光谱影像,探究了无人机遥感传感器与地面传感器协同估算玉米作物系数的可行性;谭丞轩等^[38]利用多光谱遥感数据提取了玉米冠层光谱反射率,并对玉米各生育期根域土壤含水率进行反演,反演结果标准均方根误差小于13.55%,为快速、准确监测农田土壤墒情提供新途径。

3 农业无人机遥感技术发展存在的问题

3.1 数据处理与分析

无人机遥感技术比较适用于拥有大面积农田的农场、农垦和农村合作社等农业生产单位,在

进行大面积作业的同时会产生大量影像数据,如何处理和分析无人机产生的大量高分辨率数据是无人机遥感技术在农业中应用的主要问题之一^[7,39]。现有的数据处理与分析方法很难做到让非专业人员快速熟练操作,农业从业者需要更为简单、高效的数据处理算法和软件工具,实现对无人机获取的原始影像进行快速的拼接、识别、分析和计算,并准确地在大量遥感数据中提取出与农业生产决策相关的关键信息。

3.2 数据集成与融合

数据融合技术和多源数据集成方法的发展对提高无人机遥感数据在农业生产决策中的实用性至关重要。无人机遥感数据需要与其他数据源获取的数据相结合,如卫星遥感影像、地面测量数据和自然环境数据等,需要搭建大数据中心和可视化平台对融合数据进行存储与展示,基于“空”“天”“地”数据融合,实现对农作物全生育期生长环境、生理状态和生育情况进行全方位监测,为整个农业生产系统提供全面的信息解析。

3.3 数据的准确性和可靠性

无人机遥感数据的准确性和可靠性是确保该技术在农业上成功应用的关键因素。获取遥感数据时,有很多影响数据质量的问题存在,例如无人机搭载的传感器校准、低空遥感数据大气校正、地理与气象环境参考等因素都会直接影响无人机遥感数据的质量。由于需要分析大量的数据,对无人机遥感技术没有全面了解的农业生产者来说,将该技术整合到当前的农业实践中还存在大量问题,当前农业生产一线人员还缺少必要的基础设施和技术专业知识来有效地支持该技术的推广与应用。

3.4 无人机作业监管问题

无人机在农业领域中应用的监管框架仍在发展中,不同的国家有不同水平的监管和限制,我国设立了多个禁飞区对无人机的使用进行限制。在使用无人机进行任务作业时,仍然存在很多潜在的风险,无人机伤人事件也时有发生。为无人机应用制定完善的标准法规和行业准则,对于促进无人机遥感技术的推广应用和安全使用至关重要。

4 农业无人机遥感技术发展对策

4.1 数据处理与分析算法研究

随着信息技术在农业领域中的大力发展,产生了很多先进的数据处理和分析方法,能够为无人机遥感技术在农业领域应用时产生的数据处理

和分析问题提供有效解决方法。研究人员需要开发先进的数据处理算法和软件工具,以有效地处理大量的高分辨率无人机遥感数据。计算机领域中的机器学习和人工智能技术,如深度学习和卷积神经网络,已被应用于无人机遥感数据的自动化处理和分析,该项技术能够大大减少数据处理和分析所需的时间和精力,为无人机遥感技术的应用提供便利条件。

4.2 数据集成与融合技术

为了提高无人机遥感数据在农业决策中的实用性和适用性,研究人员需要开发数据融合技术和多源数据集成方法。近年来,无人机遥感影像与卫星遥感影像、地面气象站数据、作物生理信息和土壤养分及墒情融合一直是智慧农业研究的重点,利用多尺度数据融合技术对作物及土壤关键信息进行反演,为农业实际生产提供决策关键信息分析与提取,有效弥补无人机遥感技术获取数据单一的问题。

4.3 数据质量控制和验证程序

无人机遥感技术在数据采集过程中缺乏标准化,导致数据质量的变化和数据解释的不一致。为确保无人机遥感数据在农业应用中的准确性和可靠性,研究人员一直在开发稳健的质量控制和验证程序,结合当地农业实际生产情况建立数据存储标准库,并在此基础上对一线农业从业者进行相关培训和技术推广,为基于无人机遥感技术的农业信息化发展提供标准化的技术支持和人才储备。

4.4 协调一致的法规和准则

为了促进无人机遥感技术在农业中安全和负责任地使用,制定有关农业中无人机操作的协调一致的法规和准则至关重要。我国作为全球最早出台无人机相关标准的国家,颁布了《民用无人驾驶航空器实名制登记管理规定》《无人机围栏》和《无人机云系统接口数据规范》等相关法律法规,设立了无人机登记注册方法、划设无人机禁飞区以及提出了无人机驾驶航空器系统标准体系框架等规定,但农业实际生产环境中应用无人机技术的相关法规和准则仍需进一步扩充,在有效管理无人机的基础上充分促进无人机技术的发展和推广。

5 结 语

无人机遥感技术能够为农业生产提供高分辨率、实时的数据,包括对农作物的生长监测、产量

估计、病虫害检测和灌溉管理等方面,为革新农业生产展示出了巨大的潜力。随着无人机遥感技术的不断发展和农业生产对准确、及时的农业数据需求的不断增加,我国无人机技术在农业上的发展和应用方面取得了重大进展。尽管有良好的应用前景,要充分发挥无人机遥感技术在农业中的潜力,仍需要解决一些挑战和问题,其中包括数据处理和分析、数据集成和融合、数据的准确性可靠性和无人机作业监管问题。为了解决这些问题,研究人员需要再开发先进的数据处理算法、数据融合技术以及质量控制和验证程序,有关部门需要设立无人机遥感技术应用于农业生产环境中的相关法律法规。通过解决上述挑战和问题,无人机遥感技术在农业中的应用才能够继续推进,并为农业的可持续发展作出贡献。

参考文献:

- [1] Zhang Chunhua, J M Kovacs. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review[J]. Precision Agriculture, 2012, 13(6): 693-712.
- [2] Colomina I, Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014, 92: 79-97.
- [3] 郭宏亮,黄 帅,聂楚楚,等.基于分光吸收特性的辣椒叶片叶绿素含量测量方法研究[J].东北农业科学,2021,46(5):82-86.
- [4] Huang Shuai, Wu You, Wang Qinglang, et al. Estimation of chlorophyll content in pepper leaves using spectral transmittance red-edge parameters[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2022, 15(5): 85-90.
- [5] Kevin Anderson, Kevin J Gaston. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2013, 11(3): 138-146.
- [6] Andrea S Laliberte, Albert Rango. Texture and scale in object-based analysis of subdecimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2009, 47(3): 761-770.
- [7] 刘建刚,赵春江,杨贵军,等.无人机遥感解析田间作物表型信息研究进展[J].农业工程学报,2016,32(24):98-106.
- [8] 赵春江.智慧农业的发展现状与未来展望[J].华南农业大学学报,2021,42(6):1-7.
- [9] Mulla David J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps[J]. Biosystems Engineering, 2013, 114(4): 358-371.
- [10] J Torres-Sánchez, F López-Granados, J M Peña. An automatic object-based method for optimal thresholding in UAV images: Application for vegetation detection in herbaceous crops[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2015, 114: 43-52.
- [11] Li Wang, Niu Zheng, Chen Hanyue, et al. Remote estimation of canopy height and aboveground biomass of maize using high-

- resolution stereo images from a low-cost unmanned aerial vehicle system[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 67: 637-648.
- [12] R Ballesteros, J F Ortega, D Hernández, et al. Applications of georeferenced high-resolution images obtained with unmanned aerial vehicles. Part I: Description of image acquisition and processing[J]. *Precision Agriculture*, 2014, 15: 579-592.
- [13] 王利民, 刘佳, 杨玲波, 等. 基于无人机影像的农情遥感监测应用[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(18): 136-145.
- [14] E Raymond Hunt, W Dean Hively, Stephen J Fujikawa, et al. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring[J]. *Remote Sensing*, 2010, 2(1): 290-305.
- [15] 刘忠, 万炜, 黄晋宇, 等. 基于无人机遥感的农作物长势关键参数反演研究进展[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(24): 60-71.
- [16] 杨福芹, 冯海宽, 刘小强, 等. 马铃薯地上部干生物量光谱指数的建立及模型构建[J]. *东北农业科学*, 2022, 47(5): 107-110, 115.
- [17] 魏鹏飞, 徐新刚, 李中元, 等. 基于无人机多光谱影像的夏玉米叶片氮含量遥感估测[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(8): 126-133, 335.
- [18] 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.
- [19] 李新伟, 陶新宇, 陈小芳, 等. 基于无人机遥感的冬小麦追肥推荐模型建立[J]. *东北农业科学*, 2021, 46(4): 135-138, 144.
- [20] 冯帅, 许童羽, 于丰华, 等. 基于无人机高光谱遥感的东北粳稻冠层叶片氮素含量反演方法研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(10): 3281-3287.
- [21] 牛鲁燕, 蒋风伟, 张俊丽, 等. 基于无人机多光谱遥感的冬小麦长势监测研究[J]. *山东农业科学*, 2021, 53(3): 139-145.
- [22] 杨福芹, 冯海宽, 刘小强, 等. 基于敏感波段的冬小麦氮素营养高光谱诊断[J]. *东北农业科学*, 2023, 48(1): 97-101, 115.
- [23] 朱婉雪, 李仕冀, 张旭博, 等. 基于无人机遥感植被指数优选的田块尺度冬小麦估产[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(11): 78-86.
- [24] Paul Herzig, Peter Borrmann, Uwe Knauer, et al. Evaluation of RGB and Multispectral Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery for High-Throughput Phenotyping and Yield Prediction in Barley Breeding[J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(14): 6-30.
- [25] Fei Shuaipeng, Muhammad Adeel Hassan, Yonggui Xiao, et al. UAV-based multi-sensor data fusion and machine learning algorithm for yield prediction in wheat[J]. *Precision Agriculture*, 2023, 24: 187-212.
- [26] 赵晓庆, 杨贵军, 刘建刚, 等. 基于无人机电载高光谱空间尺度优化的大豆育种产量估算[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(1): 110-116.
- [27] Maitiniyazi Maimaitijiang, Vasit Sagan, Paheding Sidike, et al. Soybean yield prediction from UAV using multimodal data fusion and deep learning[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 237: 111599.
- [28] 陶惠林, 冯海宽, 杨贵军, 等. 基于无人机数码影像和高光谱数据的冬小麦产量估算对比[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(23): 111-118.
- [29] Everton Castela Tetila, Bruno Brandoli Machado, Gilberto Astolfi, et al. Detection and classification of soybean pests using deep learning with UAV images[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 179: 105836.
- [30] 王震, 褚桂坤, 张宏建, 等. 基于无人机可见光图像 Haar-like 特征的水稻病害白穗识别[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(20): 73-82.
- [31] 孙钰, 周焱, 袁明帅, 等. 基于深度学习的森林虫害无人机实时监测方法[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(21): 74-81.
- [32] 马涛, 郑江华, 温阿敏, 等. 基于无人机低空遥感的荒漠林大沙鼠洞分布与地形的关系—以新疆古尔通古特沙漠南缘局部为例[J]. *林业科学*, 2018, 54(10): 180-188.
- [33] 李宗南, 陈仲新, 王利民, 等. 基于小型无人机遥感的玉米倒伏面积提取[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(19): 207-213.
- [34] 杨帅, 陈俊英, 周永财, 等. 无人机热红外遥感反演玉米根域土壤含水率方法研究[J]. *节水灌溉*, 2021(3): 12-18.
- [35] 陈硕博, 陈俊英, 张智韬, 等. 无人机多光谱遥感反演抽穗期冬小麦土壤含水率研究[J]. *节水灌溉*, 2018(5): 39-43.
- [36] 刘奇, 张智韬, 刘畅, 等. 基于无人机遥感的夏玉米水分胁迫指数改进方法[J]. *农业工程学报*, 2023, 39(2): 68-77.
- [37] 张瑜, 张立元, Zhang Huihui, 等. 玉米作物系数无人机遥感协同地面水分监测估算方法研究[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(1): 83-89.
- [38] 谭丞轩, 张智韬, 许崇豪, 等. 无人机多光谱遥感反演各生育期玉米根域土壤含水率[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(10): 63-74.
- [39] 黄帅, 洪小丽, 王青蓝, 等. 吉林省智慧农业发展对策研究[J]. *农业科技管理*, 2022, 41(6): 32-34, 96.

(责任编辑:刘洪霞)