

基于WEB的无人机三维仿地飞行规划 在农业植保中的应用*

白明亮¹, 范冲^{1*}, 何明宏²

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083; 2. 湖南畅图信息科技有限公司, 长沙 410083)

摘要:【目的】我国是一个农业大国, 农业生产在我国占着举足轻重的地位, 无人机植保在农业生产中应用越来越广泛, 极大地促进了农业植保的快速发展。建立易操作的智能化平台更有利于无人机植保的快速推广应用。【方法】文章提出了建立基于Web的无人机飞行规划平台, 在平台中集成影像和DEM等各类数据, 由专业技术人员进行远程三维仿地飞行规划, 普通用户只需要在移动飞行规划平台上同步下载规划任务, 完成傻瓜式的一键飞行, 顺利完成植保任务。【结果】通过实地实验测试, 文章中的研究方案可以智能化地完成农业植保任务, 显著提高无人机植保的安全性和易用性。【结论】针对现代化农业植保中存在的问题, 文章提出的基于WEB的无人机三维仿地飞行规划在农业植保中的应用方案, 可以有效解决无人机植保操控复杂、技术程度要求高等问题, 提升了农业植保的信息化、智能化程度。

关键词: 农业植保; 航线规划; 三维仿地; 任务下载; 一键飞行

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20180411

0 引言

我国是农业大国, 农业生产在我国占举足轻重的地位, 在实际的农业生产过程中, 病虫害是制约农业发展的一个重要因素, 因此, 如何有效解决病虫害、做好农业植保工作成了农业发展的重中之重。旋翼无人机是一种利用无线电遥控设备和自备程序控制装置操纵的不载人多旋翼飞行器^[1], 小型旋翼无人机具有结构简单、重量轻、体积小、成本低、飞行时间长、机动性好等优点^[2]。随着我国智能农业、信息农业的兴起, 小型旋翼无人机在农业植保方面的应用越来越广泛。

传统的农业植保方式多由人工操作控制, 将药剂等施加到农作物表面, 不仅速度慢, 而且效率低。鉴于这种情况, 结合小型旋翼无人机的特点, 在农业植保中引入无人机成为较优选择。蒙艳华、周国强等^[3-4]指出利用小型旋翼无人机进行植保有如下优点: (1) 省药、省水、减少污染。有效降低农药残留、土壤污染和水源短缺等问题。(2) 作

收稿日期: 2018-08-04

第一作者简介: 白明亮(1993—), 男, 汉族, 河南汝州人, 硕士研究生。研究方向: 农业遥感、GIS系统设计与开发。
Email: bml_csu@163.com

※ 通信作者简介: 范冲(1997—), 男, 汉族, 湖北黄冈人, 博士, 副教授。研究方向: 遥感图像处理。Email: fanchong@mail.csu.edu.cn

* 基金项目: 国家重点研发技术“一体化综合减灾智能服务系统”项目资助(2016YFC0803108)

业效率高。很大程度上减少了人力与物力支出，空中喷洒作业可以有效提高病虫害防治工作的效率。(3) 施药人员安全系数高。采用人工遥控技术和自主导航技术相结合，操控人员在施药区外便可通过无线遥测系统发出指令来控制无人机的动作，自动完成无人机施药全过程。(4) 适用性好。可垂直起降，不受地理因素的制约。(5) 作物损伤小。不会像大型地面施药器械碾压作物。

然而无人机在农业植保方面的应用目前还是一门新兴产业，技术应用上并不成熟，还存在一定问题。(1) 当前无人机植保对飞手技术要求高，特别是在地形起伏明显的区域。在用无人机进行农业植保过程中，一般无人机飞行规划软件都是移动端进行航线规划，由于移动端性能的限制，几乎不能加载数字高程模型数据，没有考虑地形起伏因素。而地形起伏对于无人机飞行安全有较大影响，容易产生碰撞，飞手需要具备较高飞行技术和充足的经验。因此，如何进行无人机三维仿地飞行规划来提高飞行安全是亟待解决的问题。(2) 无人机植保操作复杂。在农业植保过程中，操作小型无人机群体以农民为主，虽然在使用前都会对其进行相关操作培训，但是由于飞行规划需要考虑地形、障碍物、作业区域等因素，农民很难有效掌握，并且在出现问题时也无法有效应对^[5]。因此，如何使无人机操作更加简单化、傻瓜化、智能化是高效进行农业植保工作的现实需求。

1 方案设计

针对上述问题，本文采用 Web 端和移动终端相结合的平行架构进行系统的整体设计，在地面控制端，即在 Web 端由专业技术人员进行任务规划，生成植保任务，在移动端由实施人员进行任务下载、一键飞行，从而解决了专业化技术难题；采用三维仿地飞行设计，提前预测飞行航线的三维地势模型，可解决作业保护强度不足的问题。实验结果表明，通过本文的研究设计，加深了无人机与农业植保工作的联系，有效解决了现实中利用无人机进行农业植保的问题，明显提高了无人机在农业植保中的使用效率。本文的整体设计流程图如图 1 所示，工作流程图如图 2 所示。

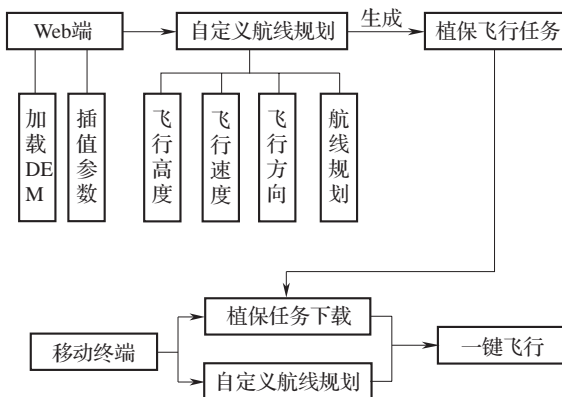


图 1 设计流程

Fig.1 Design flow chart

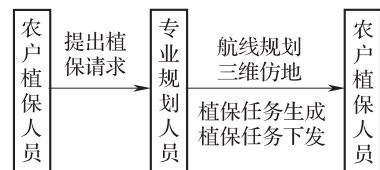


图 2 工作流程

Fig.2 Work flow chart

2018年8月

2 三维仿地飞行

对于一些平原地区,地形地势平坦起伏较小,无人机执行植保任务时不会遇到相应的安全问题,而对于一些山区、丘陵等田地而言,地形起伏不定,很容易给无人机的飞行带来安全隐患,从而导致植保任务中断。因此本文在航线规划的基础上提出“三维仿地飞行”的方案设计,在Web端通过在目标飞行区域地图底图上加载DEM,并根据地形的实际情况设置相应阈值。通过设置插值阈值和在飞行区域进行DEM选择等,可生成可视化的飞行航线三维模型,在可视化的三维模型图中可清晰地观看到所规划航线的地势状况,从而根据模型图为我们规划合理的航线提供依据。

2.1 自定义航线规划

在无人机植保过程中,提前指定好植保飞行航线是任务规划的核心内容,即从起始点到目标点规划航线,并对规划出的航线进行检验。规划的航线必须满足无人机的性能要求,即航线规划必须考虑平台机动性能的限制,确保规划航线的可实现性^[6-7]。本文运用GeoTools等底层开发工具,通过自定义拉框选择进行航线规划,其中包括航线规划框的平移旋转、拉伸收缩等操作,舍弃指定好对应的航点,然后用多个航点生成航线的方式进行底层设计。通过采用矩形框自定义航线规划的方式,可以简捷快速地规划好植保飞行航线,从而作为三维仿地飞行设计的基础。

2.2 三维仿地设计

在建立三维仿地模型过程中,高程是建立模型必不可少的部分,孙学超^[8]在研究中指出,目前常见的仿地飞行方案中,确定无人机飞行高度的方式有5种,即基于超声波传感器的高度测量、基于激光传感器的高度测量、基于航测的高度测量、基于多传感器融合的高度测量和基于毫米波雷达的高度测量。本文选用的是基于已知数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)的方式确定无人机的飞行高度,采用该方案可以预先获得目标区域的高程信息,解算出植保无人机飞行的各个航点的飞行高度。而数字高程模型是通过有限的已知的地面高程数据点对地球表面进行数字化模拟的数字模型,即通过地球表面上不同的分散的数据点建立连续函数来模拟地球表面的模型,利用构造的函数能够得到地面上任何一个未知点的高程,本质是插值逼近或曲面拟合^[9]。本文中主要通过DEM建立植保航线的三维模型,首先确定目标植保区域范围,然后定位到目的植保区域的影像图,根据自定义航线规划、飞行参数设置等规划好区域的航线,即得到完整的二维平面航线规划,然后结合该区域的DEM,并根据实际地形情况设置好相应的阈值参数,构建出该航线的三维航线模型,从而为无人机植保提供合理的决策方案。

而对于一些无法取得的高程值则用空间插值的方法获取,目前常用的空间插值法有最近邻差值法、B样条插值法、局部多项式插值法和反距离加权内插法等。徐潇、谭衢霖等^[10]通过对这几种插值方法在地貌地形中的实验分析对比,指出反距离加权内插(Inverse Distance Weighted, IDW)插值算法得到的地形高程值精确度更好,因此本文中选择IDW插值算法作为研究方法。IDW插值算法是利用邻近已知点的数值进行加权运算的内插方法^[11],所需的权重根据距离远近来确定,离插值点越近的样本点所赋予的权重

就越大。航线上各个点的高度值解算公式如 (1)、(2) 所示：

$$H_o = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (1)$$

其中， H_o 为点 O 处的高程值， H_i 为已知点的高程值， d 为待求点与已知点间的距离。

$$H_{\text{飞}} = H_o + H_{\text{真}} \quad (2)$$

式中， $H_{\text{飞}}$ 表示飞行高度，即无人机相对于大地水准面的高度； $H_{\text{真}}$ 表示真实高度，即无人机相对于大地水准面的高度。仿地飞行的目的是为了确保植保无人机距离农作物的真实高度值不变。

植保无人机的实际航线飞行高度模型图如图 3 所示。通过数字高程模型数据、空间插值和插值阈值等分析，顺利构建出植保无人机航线的三维仿地模型。

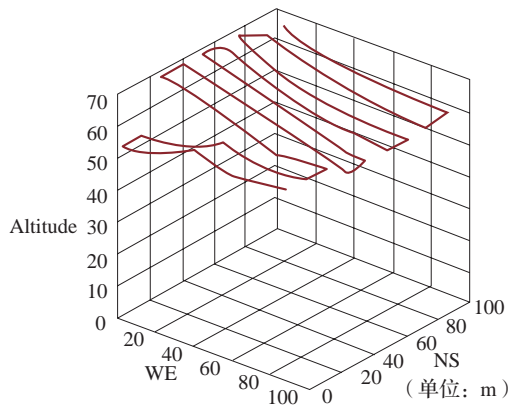


图 3 航线规划三维图

Fig.3 Three dimensional figure of route planning

3 方案实现

3.1 自定义航线规划和三维仿地

本文将以黑龙江省同江市青龙山农场为研究区进行试验测试，该区域内的田块地形高程值范围在 51~65 m 之间。通过对矩形框的拉伸、旋转、放大、缩小等操作，可以简便快速地规划好需要飞行的航线；通过设置插值阈值，飞行区域所在地方进行 DEM 选择，生成可视化的飞行航线图，为无人机外业植保提供飞前分析，如图 4 所示。

3.2 植保任务生成

针对无人机操作人员技术水平参差不齐的情况，本文通过先在地面控制端由专业人员完成植保飞行任务规划，待所有的航线规划任务完成后，将生成的植保飞行任务（图 5）保存在个人中心，供无人机植保操作人员下载使用。

3.3 移动终端任务下载展示

在田块中进行植保飞行时，操作人员可在移动终端登录个人中心，在个人中心中查找对应的植保飞行任务，下载 Web 端规划好的飞行任务（图 6），连接无人机，执行“一键飞行”即可完成无人机植保任务（图 7）。

2018年8月

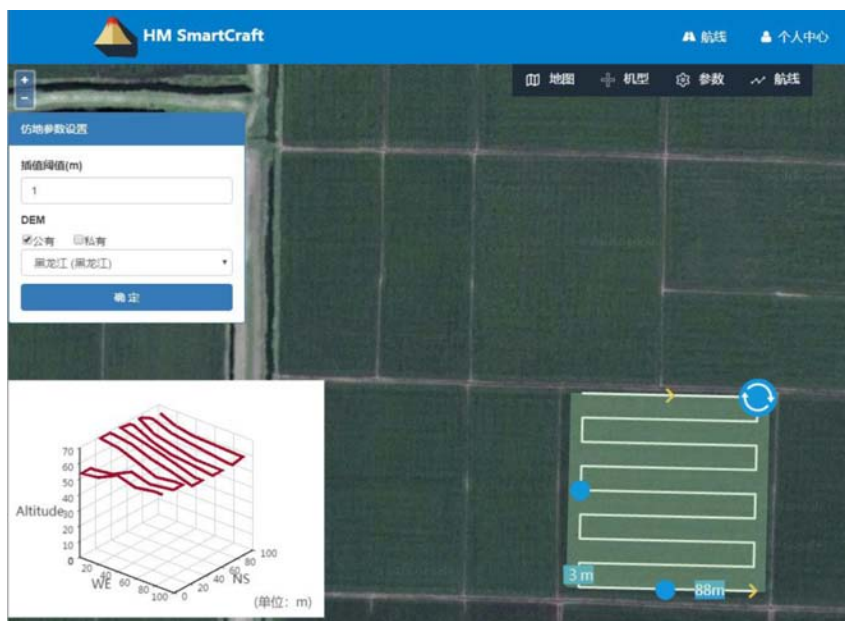


图4 Web端仿地规划

Fig.4 Imitate the ground planning in Web

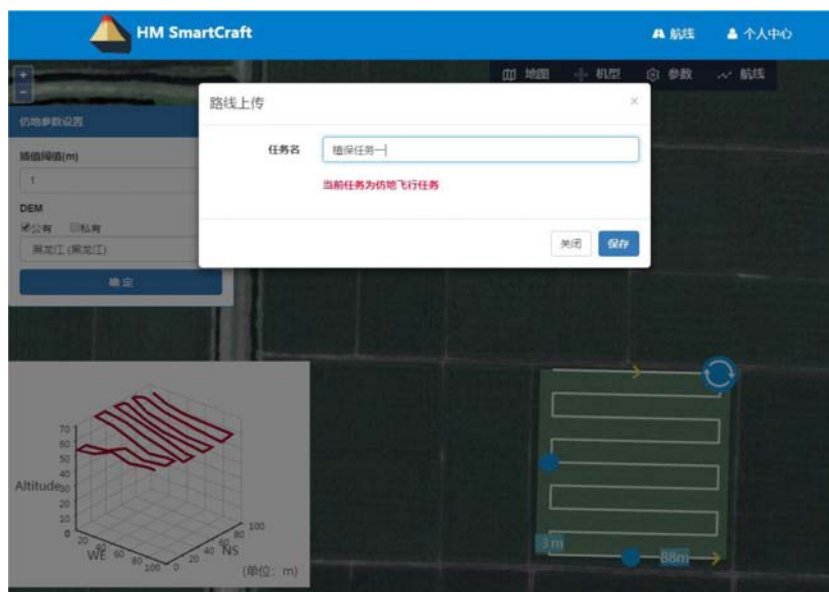


图5 Web端任务生成

Fig.5 Generated task in Web

通过以上系列操作，可以顺利完成目标地块的植保任务。传统的农业植保方式如手工植保方式的缺点是不够智能化，工作效率低下；而普通的无人机植保方式则适合在高程不变的平地上进行，当遇到田块地势起伏不定的时候进行植保会有相应的难度。通过以上实例的测试实验，结果证实本文所设计的基于Web的无人机三维仿地飞行规划，相比传统的农业植保方式，更加快速高效，能准确完成植保任务。



图 6 移动端植保任务下载

Fig.6 Download the plant protection task in mobile equipment

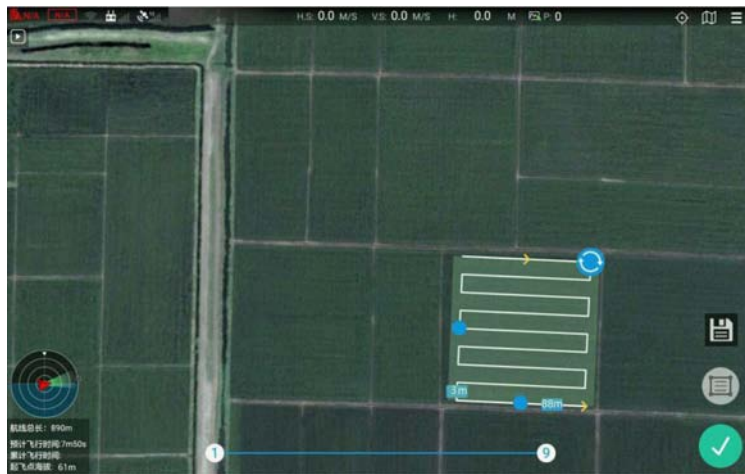


图 7 移动端植保任务加载展示

Fig.7 Display of plant protection task in mobile equipment

4 结论

当前，无人机在农业领域的应用越来越广泛，在用无人机解决了农业植保中机器代替人工植保的基本需求后，现在对无人机在农业植保中如何更便捷、更高效等问题有了更高需求。本文通过对无人机在农业植保目前存在的问题进行深入探讨和分析，选择用 Web 端、移动终端一体化的平行架构，自定义航线规划、三维仿地飞行、植保任务下载和一键飞行等方案设计，极大地简化了无人机在农业植保过程中的整体操作流程以及确保了飞行的安全性。本文的研究方案有效解决了现实农业植保中存在的效率问题，明显提高了农业植保的效率。

2018年8月

参考文献

- [1] 段新宇. 旋翼无人机的农业低空高光谱遥感技术探讨. 中国农业信息, 2016, 10: 85~86.
- [2] 杨建平. 基于 GIS 的无人机任务规划. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2014.
- [3] 蒙艳华, 周国强, 吴春波, 等. 我国农用植保无人机的应用与推广探讨. 中国植保导刊, 2014(34): 33~38.
- [4] 魏小平. 小型植保无人机在水稻全程病虫害防治中的应用分析. 中国农业信息, 2016, 28(12): 59.
- [5] 王国权. 基于小型无人机在农业植保中的应用研究. 农民致富之友, 2018: 143.
- [6] 于广瑞, 王欣滔, 黄兴明. 无人机测绘任务方案设计与应用. 测绘通报, 2017(S1): 216~219.
- [7] 王倩. 基于 GIS 的电子导航图和任务规划. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [8] 孙学超. 基于毫米波雷达的植保无人机仿地飞行技术研究. 杭州: 杭州电子科技大学, 2018.
- [9] 孙鹏, 李雯雯, 杨旭峰, 等. DEM 高程插值方法分析. 城市地理, 2016: 223.
- [10] 徐潇, 谭衢霖, 王浩宇, 等. 复杂地貌地形图等高线内插 DEM 算法的精度分析. 遥感信息, 2013, 28(6): 111~114.
- [11] 黄长军, 陈元洪, 周吕. 不同空间插值对 InSAR 大气延迟改正影响研究. 北京测绘, 2018, 32(6): 629~632.

Application of 3D imitation flight planning of drone based on WEB in agricultural plant protection

Bai Mingliang¹, Fan Chong^{1*}, He Minghong²

(1. Central South University, School of Earth Sciences and Information Physics, Changsha 410083, China;

2. Hunan Changtu Information Technology Co., Ltd., Changsha 410083, China)

Abstract: [**Purpose**] China is a big agricultural country. Agricultural production plays an important role in China. Unmanned aerial vehicle (UAV) plant protection is more and more widely used in agricultural production, which greatly promotes the rapid development of agricultural plant protection. Establishing an easy-to-operate intelligent platform is more conducive to the rapid popularization and application of drone plant protection. [**Methods**] This paper proposes to establish a Web-based UAV flight planning platform, which integrates image and DEM data, and carries out long-distance three-dimensional ground-like flight planning by professional technicians. Ordinary users only need to download planning tasks synchronously on the mobile flight planning platform to complete a key fool-like flight and the plant protection task. [**Result**] Field experiments show that the research scheme in this paper can successfully and intelligently complete the task of agricultural plant protection, and significantly improve the safety and operation of UAV plant protection. [**Conclusion**] Regarding the existing problems in modern agricultural plant protection, the application of Web-based three-dimensional simulation flight planning of UAV in agricultural plant protection can effectively solve the complex operation and high technical requirements of UAV plant protection, and improve the informatization and intelligence of agricultural plant protection.

Key words: agricultural plant protection; route planning; 3D simulation; task download; one key flight