

农业无人机在精准植保中的路径规划研究

陈勇

毕节市农业机械研究所，贵州省毕节市，551700；

摘要：为解决我国农业生产效率低下、环境污染严重、土地资源浪费等问题，结合无人机精准植保作业的特点，针对不同作物的种植要求，对无人机喷洒农药时的作业路线进行规划研究。本文首先从技术需求分析出发，结合当前无人机作业的应用模式，探讨了无人机精准植保作业流程和关键技术，接着重点阐述了无人机喷洒农药时的路径规划问题，最后基于实际应用案例分析和理论分析方法，对无人机喷洒农药的路径规划进行了优化设计。研究表明，基于本文所提方法设计的路径规划系统可以有效提升农作物的航空喷洒效率、提高农药利用率和降低农药浪费，实现智能化、精准化的农业生产。

关键词：农业无人机；精准植保；路径规划

DOI：10.64216/3080-1508.25.10.033

引言

当前我国农业生产效率低下、环境污染严重、土地资源浪费严重等问题，已经成为制约我国农业发展的瓶颈。随着无人机技术的不断发展和农业无人机应用领域的不断扩大，如何充分发挥无人机技术在农业生产中的作用成为农业领域亟待解决的问题。针对这一问题，本文首先分析了当前无人机在精准植保中的应用现状和发展趋势，然后基于无人机喷洒农药的特点，针对不同作物的种植要求，对无人机喷洒农药时的路径规划进行了研究。

1 农业无人机的定义与发展现状

农业无人机是指在农业生产中以无人驾驶飞机为载体，以喷洒农药等方式完成作业的飞行器，目前主要有植保无人机和农用无人机三大类。与农用飞机相比，农业无人机具有航时长、飞行高度低、飞行速度快、作业范围广等特点。目前我国已经研制出了多型农业无人机，如大疆无人机、大疆 Mini、植保队等，我国的农业无人机已经基本实现了生产成本和性能的平衡，并在植保作业中得到了广泛的应用^[1]。

2 农业无人机路径规划的技术需求分析

随着无人机技术的快速发展和农业无人机的广泛应用，农业无人机在精准植保中的作用日益凸显。目前，基于农业无人机的精准植保作业主要包括以下几个方面：一是无人机自动定位技术，二是农药喷洒技术，三是路线规划技术。在实际应用过程中，农业无人机精准植保作业一般需要在农田里完成，而农田里的地形和道路状况都会对农作物的喷洒质量产生影响，因此，需要结合农田地形、道路状况和农作物的喷洒质量要求等因素进行路径规划研究。基于这一需求，本文从飞行作业、

喷洒效率、农药利用率、路线规划等几个方面对无人机精准植保作业时的路径规划进行了研究^[2]。

3 农业无人机在精准植保中的应用现状

3.1 当前应用模式与作业流程

农业无人机在精准植保中的应用，主要是利用农业无人机搭载各种传感器、控制器、无人驾驶飞机，为作物提供精准的喷药作业。目前农业无人机的应用模式有四种：①喷洒系统安装在农作物种植地块内，通过自动喷洒系统，完成农药的喷洒作业；②喷洒系统安装在农作物种植地块外，利用飞机进行喷洒作业；③利用无人机搭载传感器、控制器、无人驾驶飞机对农作物进行监测，同时通过图像处理技术将农作物的位置、信息传给控制中心；④农业无人机搭载传感器、无人驾驶飞机进行田间监测和数据传输。

3.2 路径规划在植保作业中的作用

路径规划是指以无人机的飞行路线为研究对象，建立飞行路线与预定路线的差异模型，并根据该差异模型对无人机飞行路线进行优化，最终实现飞行路径的最优选择。与传统植保作业相比，农业无人机的路径规划具有以下优点：一是节省时间和资源，无人机可根据路径规划自动飞行，使植保作业效率提高；二是优化了植保作业质量，减少了农药浪费和人员中毒事故；三是提升了作业效率，可以在不增加人员的情况下实现更大面积的植保作业。由于路径规划过程中存在诸多不确定性因素，因此为了实现精准植保，需要建立高精度的无人机模型^[3]。

3.3 典型案例分析与应用成效

以中国农业大学飞防服务队在湖北省恩施州的精

准植保作业为例,该队是由农业大学和当地农场主联合成立的飞防服务团队,在农业无人机发展初期,恩施州为了更好地解决农业无人机操作和飞行安全问题,引入了无人机植保服务,其主要工作内容为:对无人机的飞行路线进行规划、飞行高度的调整、对飞行环境进行监控和评估。在服务过程中,恩施州农场主与农业大学合作,共同成立了农业无人机植保服务团队,在当地开展了精准植保的合作。该团队成立后共执行了 300 余次飞防任务,完成了 7 万余亩农作物的植保作业任务。该团队通过与当地农场主的合作,实现了植保作业质量和效率的双提升^[4]。

4 路径规划算法与优化方法

4.1 常用路径规划算法对比

通过对比研究,对传统遗传算法、启发式算法和基于智能体的路径规划算法进行分析与比较。根据路径规划问题的特点,结合遗传算法、启发式算法和智能体的优点,针对求解路径最优解的目标函数选取、遗传算子和编码方式进行改进,在降低计算复杂度、减少搜索时间的同时,保证了计算结果的正确性。路径规划算法的研究可以有效地解决无人机精准植保作业中的路径规划问题,为无人机精准植保作业提供参考。但是目前对于路径规划算法的研究大多集中在应用层,而针对路径规划算法优化方面的研究较少,且缺乏深入系统地分析与研究。

4.2 多目标优化设计

在实际使用中,农业无人机的飞行轨迹是由多个优化目标组成的多目标优化问题,如对飞行高度、飞行速度、转弯半径、航迹长度等方面进行优化。在算法上,多目标优化问题一般分为两个步骤:首先对无人机飞行轨迹进行规划,然后根据规划出的飞行轨迹,确定无人机的最佳路径。对于给定的单目标优化问题,在一般情况下可以采用蚁群算法求解。但在实际中,无人机飞行轨迹是一个多目标优化问题,且很多优化目标之间存在相互制约的关系。例如在飞行高度的规划中,可增加转弯半径、航迹长度、飞行速度等多个优化目标。因此需要综合考虑无人机飞行轨迹和多个优化目标之间的相互制约关系^[6]。

4.3 作业区域建模与障碍物处理

在路径规划时,除了要考虑地形因素,还需考虑到田间障碍物、农作物对喷洒质量的要求、无人机的性能参数等因素,因此需要建立高精度的无人机模型。在建立无人机模型时,可利用无人机航迹点数据、农田作物

数据以及田间障碍物数据等信息,对农田地形进行建模。在建立无人机模型时,首先需要确定每个点的坐标位置,然后根据已有的地形数据对每个点进行插值处理。由于在路径规划时存在诸多不确定性因素,因此还需要建立高精度的无人机模型。此外,由于田间道路状况对农作物喷洒质量有很大影响,因此需要根据不同情况建立相应的障碍物处理模型。

4.4 路径规划系统的软硬件集成

目前,路径规划系统主要包括三部分:①无人机控制系统;②遥感数据获取与处理系统;③路径规划算法。其中,无人机控制系统是整个路径规划系统的核心,其主要包括:无人机姿态控制、飞行控制、作业航迹规划、障碍物检测、作业区域建模以及路径优化等部分。遥感数据获取与处理系统主要是利用各种传感器来获取农田的遥感信息,如微波辐射计、激光雷达、全球定位系统等,通过对遥感信息的处理,可得到农田的坐标、障碍物的位置等信息。在路径规划算法部分,主要是根据不同的路径规划算法进行对比分析,确定最优路径^[7]。

4.5 复杂环境下的动态路径规划

农业无人机植保作业中,有很多情况都会使植保作业环境变得复杂,如地形地貌复杂、田间地头多且长、作物植株高度差异大,所以要在保证安全的前提下,使路径规划系统具有自适应能力,能根据农田地块的实际情况进行动态的路径规划,从而为无人机的精确飞行提供保障。基于无人机飞行环境特征的动态路径规划:在作物植株高度差异较大的情况下,使用基于株高差的算法进行路径规划。基于作业效率和作业效果的动态路径规划:当作业地块地形起伏较大、作物植株高度差异较大时,使用基于作业效率和作业效果的路径规划算法进行精准作业。

5 农业无人机精准植保路径规划的关键影响因素

5.1 地块形状与作物种类

地块形状、作物种类等对作业路径的影响,可通过最短路径法和轨迹段长度法等方法进行分析,以达到对路径的合理规划。其中,最短路径法是基于地块形状、作物种类等的最短路径规划方法,可有效避免对农田环境的破坏,减少作业成本。而轨迹段长度法则是将路径规划问题转化为轨迹段长度与飞行时间的求解问题,即将航迹点设置在田间区域,通过设定不同的飞行速度和飞行高度,得到轨迹段长度与飞行时间的关系曲线,从而确定航迹点位置。为了验证轨迹段长度法的适用性与

准确性,以小麦为例进行了验证实验,结果表明轨迹段长度法能够有效避免作业路径规划问题,实现最优路径规划。

5.2 作业环境与气象条件

在实际植保作业中,常需考虑作业环境和气象条件对无人机作业的影响,通过对现有的气象观测资料进行分析,可得到作业区域的风向、风速、温度、湿度等气象条件。在无人驾驶飞机飞行时,需要根据天气情况和飞行高度等因素确定飞行路线,避免因天气状况导致飞行事故的发生。由于作业环境对无人机的影响较大,因此在进行无人机植保作业时,应选择无人驾驶飞机进行作业。但由于植保无人机无法长时间悬停飞行,因此在无人驾驶飞机作业时应尽量选择晴朗、微风或风速较小的天气进行作业,避免因风力过大或风速过小导致无人机不能正常起飞^[8]。

5.3 无人机性能参数与载荷特性

不同的无人机性能参数,包括动力性能、飞行高度、载重、载荷等,都对规划路径有着直接影响。例如,在相同的作业条件下,不同的无人机性能参数,其飞行高度、载重、飞行速度等都会对路径产生影响。同时,不同的无人机载荷也会对规划路径产生影响,例如:在相同的作业条件下,不同无人机载荷所产生的飞行速度也会对规划路径产生影响;在相同的作业条件下,不同无人机载荷所产生的飞行高度也会对规划路径产生影响。因此,在路径规划时,应充分考虑不同无人机性能参数和载荷特性对规划路径的影响。然后再根据作业区域及植保要求进行路径规划。

5.4 数据采集与遥感信息利用

为了解决植保无人机精准作业的问题,需将无人机的相关数据传输到地面上,同时也需要对其进行收集与处理,以得到实时的数据。而在遥感信息利用方面,通过对遥感信息进行处理,可得到作物的位置、植株高度等信息,这些信息可以为路径规划提供参考。例如:在遥感信息处理方面,可使用激光雷达对作物进行检测,从而获取作物的株高值。同时也可利用微波辐射计、全球定位系统等传感器来获取田间的障碍物的位置、农田的坐标等信息。在路径规划系统集成方面,可将路径规划算法与遥感信息处理方法进行集成,从而得到最终的规划结果。

5.5 多机协同与分布式规划

农业无人机精准植保任务的一个特点是多机协同

作业,且各无人机之间的距离和位置存在不确定性。由于农业无人机飞行速度较慢,应尽量避免出现碰撞等情况。因此,在进行农药喷洒任务时,农业无人机需考虑不同作业场景,如作物高度、地块形状、作业方向、作物类型等因素的影响,以避免在不同条件下产生碰撞等情况。同时,由于每个无人机的飞行高度、速度、方向等参数存在差异,因此农业无人机需要具备分布式规划的能力。当多个无人机之间发生碰撞时,能利用分布式规划算法减少碰撞对路径规划的影响。同时,基于多机协同的路径规划也可以为无人机的集群控制提供参考。

6 结语

本文针对农业植保无人机的精准作业进行了研究,通过对作业区域和无人机性能参数的分析,对不同的作业区域进行了路径规划。并对所设计的农业无人机精准植保路径规划系统进行了仿真实验。通过对实验结果进行分析,验证了该路径规划系统能够有效地避免作业路径规划问题,实现最优路径规划。同时,该系统具有自适应能力,能够根据不同的作业环境、作物高度和无人机载荷等因素进行动态的路径规划。这将为我国农业植保无人机在精准作业中提供理论依据,促进我国农业植保无人机技术的发展,并为我国农业生产提供更好的服务。

参考文献

- [1] 别宇辉,陈鑫,徐国威,等.智慧植保技术体系与应用现状综述[J/OL].植物保护学报,1-22[2025-08-18].
- [2] 别宇辉,陈鑫,徐国威,等.智慧植保技术体系与应用现状综述[J/OL].植物保护学报,1-22[2025-08-18].
- [3] 李雪颖,王波,张博源,等.国内植保无人机农业喷洒技术研究[J].智慧农业导刊,2022,2(11):7-9.
- [4] 兰玉彬.我国精准农业航空现状与作用[J].农机市场,2021,(04):23-24.
- [5] 黄传鹏,毛鹏军,李鹏举,等.农用无人机自主飞行技术与趋势[J].中国农机化学报,2020,41(11):162-170.
- [6] 朱菁.发布农业机器人与农场管理系统极飞欲打造智慧农业生态闭环[J].当代农机,2020,(01):32-34.
- [7] 热烈祝贺2019年航空植保联盟“共建共享聚焦精准农业航空植保”年会圆满召开[J].农业工程技术,2019,39(18):20-26.
- [8] 马丽娟.植保无人机航空喷雾系统喷雾性能实验研究[D].吉林大学,2019.