

遗传算法在植保无人机控制系统中的应用

刘桂峰

(河南交通职业技术学院, 郑州 450000)

摘要: 以无人机飞行控制系统为研究对象,通过对植保无人机的应用进行分析,提出一种双闭环控制方式的植保无人机飞行控制系统。由于作业需求,植保无人机飞行轨迹应根据作业状态进行不断调整,有效避开飞行航线中的障碍物,因此控制系统中兼容一种基于遗传算法的植保无人机飞行避障算法。仿真实验表明:植保无人机在飞行过程中能够有效进行单障碍及多障碍的规避,避障过程存在较小的误差,不会对植保无人机的作业状态产生影响;不同飞行速度对无人机的避障会产生不同程度的误差影响,速度越高,误差越大。

关键词: 植保无人机; 飞行控制系统; 遗传算法; 轨迹规划

中图分类号: S252.43

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2023)04-0221-04

DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2023.04.032

0 引言

随着无人机技术的不断发展,其在农业生产过程中应用范围也不断扩大。植保无人机在作业过程中具有较高的效率,能适应不同的应用环境,且可搭载不同的作业设备实现较高的灵活性^[1]。无人机控制技术及人工智能程度逐渐提高,采用低功率、高效率的控制方式进行植保无人机飞行控制,已成为当前植保无人机发展的趋势^[2-3]。在进行高效率智能控制过程中,为提高植保无人机的作业效率及作业质量,对无人机的飞行轨迹进行科学规划与控制,是植保无人机飞行控制系统的基础功能^[4-5]。

笔者针对植保无人机飞行作业过程中通过障碍区和非障碍区时的两种不同作业轨迹进行研究,提出一种基于遗传算法的植保无人机分析轨迹优化方法,以实现植保无人机飞行控制系统设计。

1 无人机总体架构

植保无人机的主要架构包含飞行器、飞行控制系统及植保作业系统,如图 1 所示。在无人机上搭载飞行控制核心控制器,获取飞行器的飞行姿态及轨迹信息,并通过 PWM 指令信息进行姿态及轨迹的调整;同时,核心控制器输出控制指令,进行植保无人机作业系统控制^[6-7]。

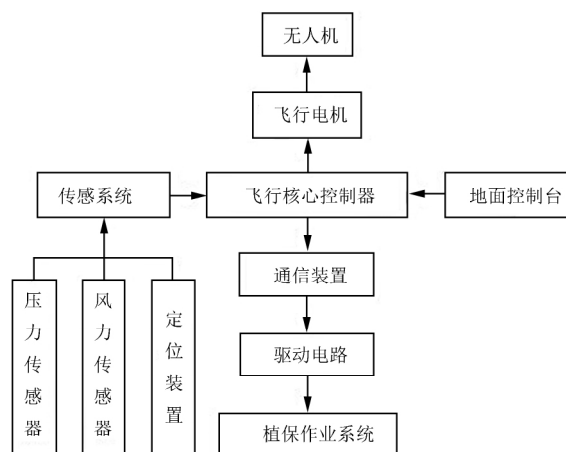


图 1 植保无人机总体结构图

Fig.1 General structure diagram of plant protection UAV

2 无人机控制系统

植保无人机的飞行核心控制器包含飞行控制系统及地面控制系统。飞行控制器主要由飞行控制芯片组成,可在无人机飞行过程中读取传感器信号,并通过内置代码对传感器数据进行分析处理,解算出植保无人机飞行控制姿态角度^[8];同时,采用双闭环控制的方式完成飞行姿态角度的调整,将风速及其他噪音信号作为控制系统的干扰数据,从而达到消除扰动误差修正的目的,实现植保无人机飞行控制过程中的平衡稳定性^[9]。植保无人机飞行过程稳定后,可接收地面控制指令,实现飞行过程的控制及植保作业过程的顺利进行。植保无人机飞行控制流程如图 2 所示。

在植保无人机飞行过程中,传感器每隔 2ms 进行 1 次数据采集,实时进行无人机飞行姿态数据的更新;通过串口中断程序接收地面控制指令信号,并进行控

收稿日期: 2021-01-11

基金项目: 河南省科技厅科技攻关项目(192102210262)

作者简介: 刘桂峰(1984-),男,河南禹州人,讲师,硕士,(E-mail) 2997952007@qq.com。

制指令信号的处理,将接收到的地面期望控制指令进行解调,控制无人机按照期望飞行姿态进行飞行,保证植保无人机的自平衡稳定性,使其能够按照控制指令进行飞行^[10]。图 3 所示为植保无人机控制系统工作流程图。

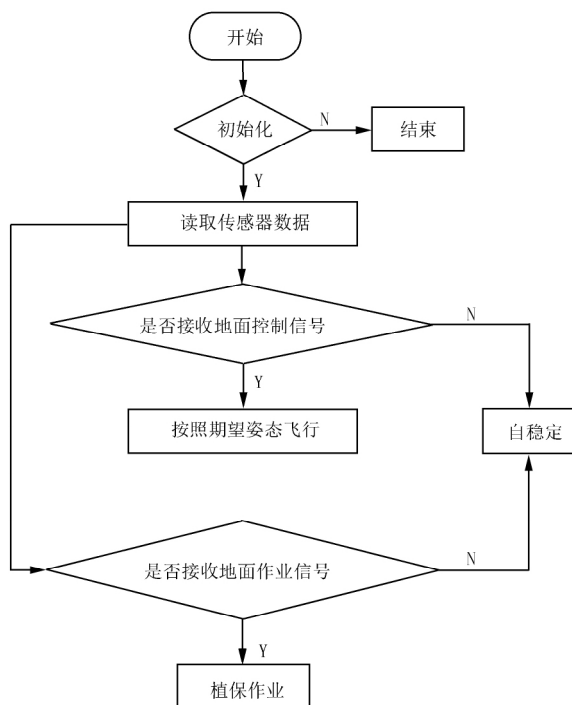


图 2 植保无人机飞行控制流程

Fig.2 Flight control process of plant protection UAV

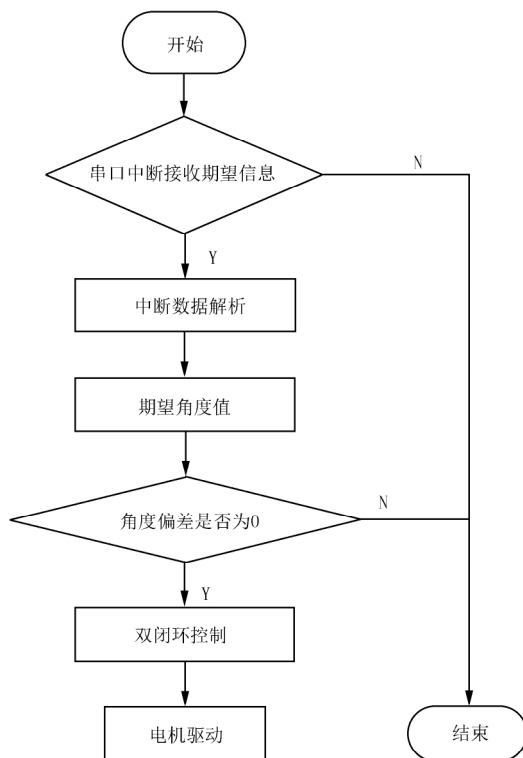


图 3 植保无人机控制系统工作流程图

Fig.3 Flow chart of plant protection UAV control system

根据植保无人机的飞行精度及作业要求,采用双闭环控制方式进行植保无人机控制程序的编制,将飞行姿态角度作为控制系统外环,将飞行角速度作为控制内环的双闭环控制系统^[11]。在飞行控制过程中,每个自由度形成独立的闭环控制。植保无人机飞行控制过程中,采用基于角度位置的方式进行闭环控制,其算法可表示为

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \sum_{t=0}^t e(t) + K_d [e(t) - e(t-1)]$$

其中, $e(t)$ 为角度偏差值; $e(t-1)$ 为上一时刻角度偏差值; K_p 为角度环控制比例系数; K_i 为角度环控制积分系数; K_d 为角度控制微分系数; $u(t)$ 为角度环控制输出值。

3 遗传算法与无人机飞行轨迹

植保无人机作业过程中,手动控制的操作方式无法适应无人机高效作业的需求,且容易造成无人机飞行过程路线偏离,导致无人机作业出现重复或者遗漏^[12]。为提高无人机作业过程效率及作业准确性,采用遗传算法对无人机飞行过程中遇到障碍和无障碍两种条件下的飞行轨迹进行规划。在无障碍飞行过程中,以能源消耗最少为目标进行飞行轨迹规划;在有障碍物飞行过程中,以飞行轨迹长度最小为目标,同时减少飞行过程中转弯次数,提出一种基于遗传算法的植保无人机飞行轨迹规划算法。

无障碍飞行轨迹优化过程中,首先将作业区域进行初始化,使作业区域划分为平面图,并寻找出作业区域边缘,随机生成不同的航向角个体。因此,要求所有航向角可进行整个作业的覆盖,按照航向角顺序依次进行个体角度中心线和区域边缘的标记,计算相邻标记点之间的航线距离,并获取转弯次数以及航向角变化值;根据适应度函数计算轨迹适应度,进行植保无人机飞行轨迹遗传操作,并执行种群更新程序,从而获取最大的转弯次数和飞行轨迹长度^[13]。轨迹规划适应度函数为

$$F_i = \frac{3}{L_i + M_i + N_i}$$

其中, F_i 为个体轨迹的适应度; L_i 为第 i 个轨迹归一化处理后的长度; M_i 为第 i 个转弯次数归一化处理后的数据; N_i 为第 i 个地形宽度归一化处理后的数据。

植保无人机飞行过程中,会遇到树木、电杆及建筑物等障碍,导致无人机无法按照无障碍情况进行飞行,此时需要采用一种避障轨迹规划的算法。随着障

碍物数量的增多,植保无人机控制系统在进行避障轨迹计算时计算量加大,采用遗传算法进行轨迹优化,可有效进行避障轨迹的搜索。图 4 为避障轨迹优化算法流程图。

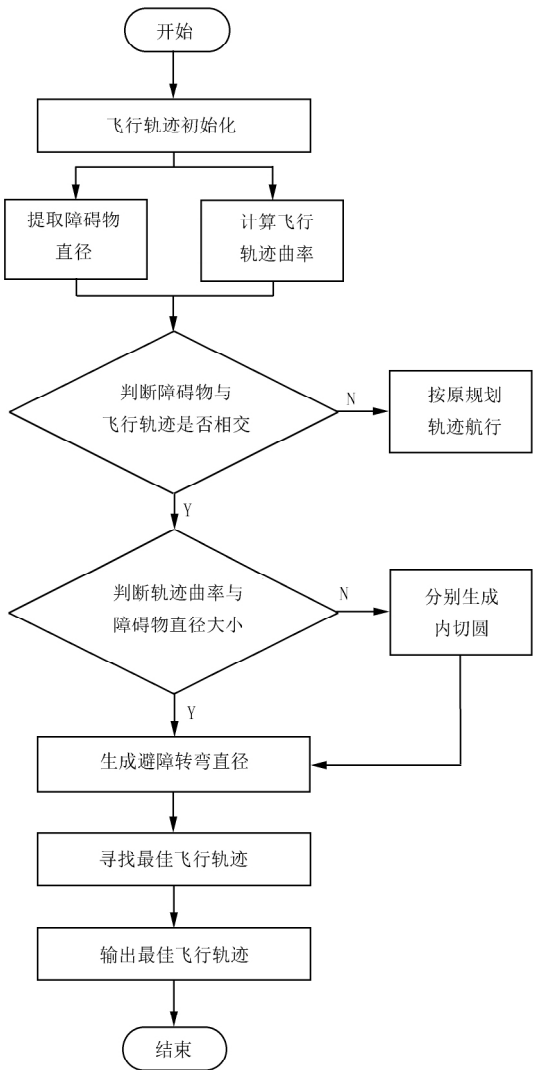


图 4 植保无人机避障轨迹优化流程图

Fig.4 Flow chart of obstacle avoidance trajectory optimization for plant protection UAV

4 仿真实验分析

为验证基于遗传算法设计的植保无人机飞行控制系统可靠性,设置两组实验进行验证。其中,一组为单障碍飞行,另一组为多障碍飞行。单障碍飞行过程中,在飞行区域设置 1 个障碍点,直径为 8m,中心与飞行起点距离为 60m,飞行区域宽度为 40m、长度为 120m,飞行速度分别为 2、4、6m/s。飞行完成后,根据飞行坐标绘制植保无人机的轨迹,如图 5 所示。

同理,多障碍飞行实验中,在飞行区域内设置两个不同障碍点,直径为 8m,中心与飞行起点的距离分

别为 40m 和 80m,飞行区域宽度为 40m、长度为 120m,飞行速度分别为 2、4、6m/s。飞行完成后,根据飞行坐标绘制植保无人机的轨迹,如图 6 所示。

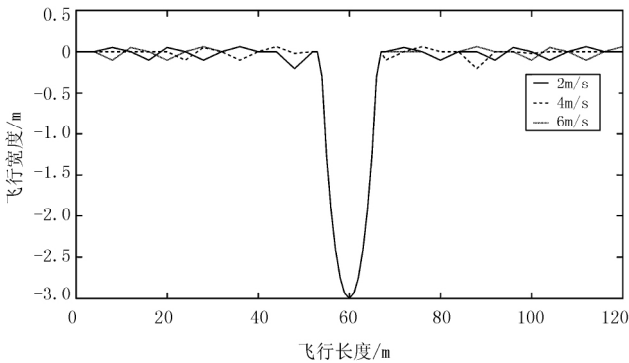


图 5 植保无人机单避障飞行轨迹曲线

Fig.5 Single obstacle avoidance flight trajectory curve of plant protection UAV

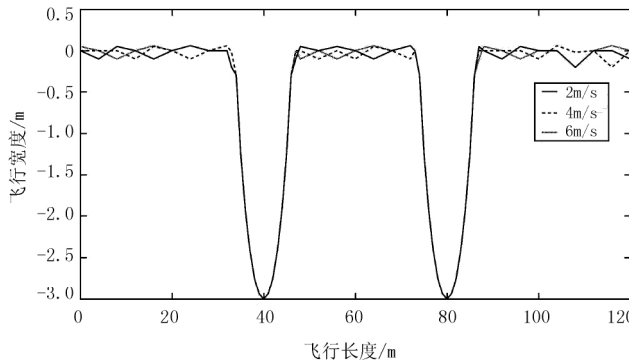


图 6 植保无人机多避障飞行轨迹曲线

Fig.6 Multi obstacle avoidance flight trajectory curve of plant protection UAV

5 结论

实验结果表明:植保无人机能够对飞行过程中的不同障碍进行有效的回避,达到飞行控制过程中避障的目的;避障轨迹与理论轨迹之间存在微小偏差,但不会对植保无人机的飞行状态产生影响;不同的飞行速度对轨迹误差会产生不同程度的影响,速度越高,飞行轨迹与理论轨迹之间的偏差越大。

参考文献:

[1] 黄书召,田军委,乔路,等.基于改进遗传算法的无人机路径规划[J].计算机应用,2021(8):1-10.
[2] 谢建峰,杨啟明,戴树岭,等.基于强化遗传算法的无人机空战机动决策研究[J].西北工业大学学报,2020,38(6):1330-1338.
[3] 黄传鹏,毛鹏军,李鹏举,等.农用无人机自主飞行技术研究与发展[J].中国农机化学报,2020,41(11):162-170.
[4] 沈奥,周树道,王敏,等.旋翼无人机协同任务指派问题研究与算法改进[J].计算机测量与控制,2020,28(9):182-186.

- [5] 李昱奇,刘志乾,程凝怡,等.多约束条件下无人机航迹规划[J].计算机工程与应用,2021(8):1-8.
- [6] 马帅,苏仁忠,杨宏伟.植保无人机飞行控制精度测量方法及不确定度分析[J].农业工程,2020,10(8):86-88.
- [7] 甄然,王攀,武晓晶,等.基于量子遗传算法的无人机冲突解脱方法[J].科学技术与工程,2020,20(17):6963-6969.
- [8] 钱海力.基于改进操作算子的遗传算法无人机航路规划[J].电子技术与软件工程,2020(12):131-132.
- [9] 杨海峰.基于网络平台的植保无人机通信系统设计[J].农机化研究,2021,43(1):109-113,118.
- [10] 王大帅,李伟,张俊雄,等.基于多传感器融合的无人机精准自主飞行控制方法[J].农业机械学报,2019,50(12):98-106.
- [11] 徐正伟,张亮,马芳.基于改进遗传算法的多植保无人机任务分配研究[J].工业控制计算机,2019,32(6):43-44,46.
- [12] 陈盛德,兰玉彬,周志艳,等.植保无人机航空喷施飞行质量的试验与评价[J].华南农业大学学报,2019,40(3):89-96.
- [13] 徐博,陈立平,徐旻,等.多作业区域植保无人机航线规划算法[J].农业机械学报,2017,48(2):75-81.

Application of Genetic Algorithm in Plant Protection UAV Control System

Liu Guifeng

(Henan College of Transportation, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: This paper takes the UAV flight control system as the research object, through the analysis of the application of agricultural plant protection UAV, puts forward a kind of double closed-loop control mode of plant protection UAV flight control system, because of the operation requirements, the flight trajectory of plant protection UAV is required to be continuously adjusted according to the operation state, effectively avoid the obstacles in the flight route, so the control system is compatible. A flight obstacle avoidance algorithm for plant protection UAV Based on genetic algorithm. Through the analysis of simulation experiments, the UAV can effectively avoid single obstacle and multiple obstacles in the flight process. There is a small error in the obstacle avoidance process, which will not affect the operation state of the UAV. At the same time, the simulation experimental data show that the different flight speeds of the plant protection UAV have different degrees of error impact on the obstacle avoidance of the UAV. The higher the speed is, the greater the error in the obstacle avoidance process.

Key words: plant protection UAV; flight control system; genetic algorithm; trajectory planning