

文章编号: 2095-2163(2020)11-0180-03

中图分类号: V279

文献标志码: A

基于多目标搜索的无人机协同轨迹智能规划

寇丽君

(大连东软信息学院, 辽宁 大连 116000)

摘要: 由于路径规划问题,无人机起始点与目标点的距离在 5 000-5 500 m 内,导致飞行耗时较长。因此,本文提出一种基于多目标搜索的无人机协同轨迹智能规划方法。该方法将双坐标系做为量化基准,构造无人机动力学模型;通过蚁群算法,规划无人机运行的初始路径;进行多目标搜索,实现无人机协同轨迹智能规划。经对比实验,设置威胁源,获取相应的飞行耗时数据。对比数据可知,该方法的飞行耗时低于原有方法,实现了性能上的突破。

关键词: 多目标搜索; 无人机; 协同轨迹智能规划; 动力学模型

Cooperative trajectory intelligent planning of UAV Based on multi-objective search

KOU Lijun

(Dalian Neusoft University of Information, Dalian Liaoning 116000, China)

[Abstract] Since the distance between the starting point and the target point is within the range of 5000 meters to 5500 meters, there is a problem of long flight time. Therefore, an intelligent planning method for UAV collaborative trajectory based on multi-target search is proposed. The dual coordinate system is used as a quantitative benchmark to construct the UAV dynamic model; the initial path of the UAV is planned through the ant colony algorithm; the multi-target search is performed to realize the intelligent planning of the UAV coordinated trajectory. Design comparative experiments, set threat sources, and obtain corresponding flight time-consuming data. The comparison data shows that the flight time of this method is lower than that of the original method, achieving a breakthrough in performance.

[Key words] multi objective search; UAV; cooperative trajectory intelligent planning; dynamic model

0 引言

近年来,国内外都在积极研究无人机的轨迹规划问题。国内有学者提出一种无人机协同轨迹规划方法,主要通过将粒子群算法与高斯伪谱法相结合的方法改进无人机协同轨迹规划^[1]。国内还有学者提出一种无人机轨迹规划方法,主要通过遗传算法实现无人机轨迹规划。然而,利用以上方法智能规划无人机协同轨迹时,在起始点与目标点的距离为 5 000 m-5 500 m 的范围内,存在飞行耗时较长的问题。因此,本文提出一种基于多目标搜索的无人机协同轨迹智能规划方法。

1 设计方法

1.1 无人机动力学模型构造

以双坐标系为量化基准,构造无人机动力学模型时特做以下假设:将无人机视为对称且形状均匀的刚体;在较小风速的情况下无人机悬停或低速飞行时,忽略近地效应。

构造双坐标系的步骤如下:

(1)将无人机机身坐标系记为 $O - XYZ$ 。其中

O 为坐标原点位于机身重心处, X 轴与 Y 轴均从重心指向无人机电机,而 Z 轴则与地面垂直且向上,形成右手坐标系,能够描述姿态信息。

(2)惯性坐标系记为 $o - xyz$,将 o 这一原点置于地面, x 轴与 y 轴互相垂直并且与地面平行,东方向定义为 x 轴正向。 z 轴向上与地面垂直,符合直角右手正交系,能够描述无人机与地面相对的空间位置。

无人机的运动形式分为绕轴转动与沿轴平动。通过 4 个变化状态量进行表示。 $(x, y, z)^T$ 表示位置坐标; $(v_x, v_y, v_z)^T$ 表示沿轴速度; $(\varphi, \theta, \Phi)^T$ 表示绕轴姿态; $(p, q, r)^T$ 表示绕轴角速度。

其中, T 代表状态阈值; x, y, z 分别代表惯性坐标系中,无人机的轴向位置信息; v_x, v_y, v_z 分别代表 3 个轴向的沿轴速度; φ, θ, Φ 分别代表 3 个轴向的绕轴姿态; p, q, r 分别代表 3 个轴向的绕轴角速度。

根据以上状态变量构造无人机动力学模型,如下式所示:

作者简介:寇丽君(1980-),女,硕士,讲师,主要研究方向:人工智能、数据分析、数据可视化。

收稿日期:2020-09-10

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x} = v_x, \\ \dot{y} = v_y, \\ \dot{z} = v_z, \\ \dot{v}_x = \frac{U_1(\cos \varphi \sin \theta \cos \Phi + \sin \varphi \sin \Phi)}{m}, \\ \dot{v}_y = \frac{U_1(\cos \varphi \sin \theta \cos \Phi - \sin \varphi \sin \Phi)}{m}, \\ \dot{v}_z = \frac{U_1(\cos \varphi \cos \theta - mg)}{m}, \\ \dot{\varphi} = p, \\ \dot{\theta} = q, \\ \dot{\Phi} = r, \\ \dot{p} = \frac{U_2 + qr(k_y - k_z)}{k_x}, \\ \dot{q} = \frac{U_3 + rq(k_z - k_x)}{k_y}, \\ \dot{r} = \frac{U_4 + pq(k_x - k_y)}{k_z}. \end{array} \right.$$

式中, x, y, z 分别代表惯性坐标系中无人机的轴向位置信息; v_x, v_y, v_z 代表 3 个轴向的沿轴速度; φ, θ, Φ 代表 3 个轴向的绕轴姿态; p, q, r 代表 3 个轴向的绕轴角速度的动力学取值; U_1 代表飞行器向上攀升时, 克服重力的控制变量; U_2 代表飞行器向上攀升时, 克服重力的滚转力矩对应控制变量; U_3 代表飞行器向上攀升时, 克服重力的俯仰力矩对应控制变量; U_4 代表飞行器向上攀升时, 克服重力的偏航力矩对应控制变量; m 代表飞行器质量; k_x, k_y, k_z 分别代表相对惯性坐标系, 无人机 x, y, z 轴的转动惯量^[2]。

1.2 初始路径规划

根据构造的无人机动力学模型, 通过蚁群算法规划无人机运行的初始路径。具体步骤如下:

(1) 对相关参数进行初始化。其中包括总蚂蚁数 M 、迭代总次数 D 、信息素数量权重系数、启发式信息权重系数等。设置当前迭代次数为 1。

(2) 对应 M 只蚂蚁, 构建 M 个禁忌表, 并将节点禁忌链表初始化为空。

(3) 若当前迭代次数 \leq 迭代总次数 D , 则使当前迭代次数为 1, 并转到下一步骤; 若当前迭代次数 $>$ 迭代总次数 D , 使当前迭代次数为 1, 并转到第 (7) 步骤。

(4) 将各蚂蚁起始点放入相应的节点禁忌链表中, 将加入表中的节点视为当前节点。

(5) 若各蚂蚁当前节点不是目标点, 则对各可行节点的对应转移概率进行计算, 并通过轮盘赌法对下一节点 j 进行选取。将其加入各自的节点禁忌

链表内, 使其成为当前节点。当全部蚂蚁都找到其目标点, 则转到下一步骤; 当无可行解, 且不是当前节点, 则跳转至第 (7) 步骤, 否则当前迭代次数加一, 并在本步骤循环运行。

(6) 对当前代数是否为总次数与迭代周期数的比值的倍数进行确定。不为其倍数, 则对全局信息素进行更新; 否则对信息素进行更新, 清空各蚂蚁的节点禁忌链表, 转至第 (3) 步骤。

(7) 对无可行解时的末尾路径进行记录, 对该条路径的对应惩罚因子进行增加, 并对其启发式因子进行修改, 使目前迭代次数加一, 跳转至第 (4) 步骤。

1.3 协同轨迹智能规划

基于多目标搜索, 通过蚁群算法实现无人机协同轨迹智能规划。具体规划流程如下:

(1) 构建二维维诺图。图中包含 N 个威胁源, 以及 S 组无人机终止点与起始点的对应坐标对。

(2) 通过蚁群算法针对 S 个无人机实施最短路径搜索, 获取初始路径 S 组。

(3) 对获取路径实施平滑处理, 获取其对应路径平滑初始区间。

(4) 设定置信度, 对路径平滑初始区间是否存在交集进行判断。若存在交集, 转向步骤 (5); 否则, 判断区间距离是否大于置信度。若大于置信度, 则无法进行协同轨迹智能规划; 小于置信度, 转向步骤 (6) 继续执行。

(5) 将交集里的中间值当做公共路径长度, 计算其与初始路径 S 的距离, 转向步骤 (7)。

(6) 针对平滑长度区间, 选择上限最小的区间与上限最大的区间, 计算其路径的平滑长度。其余区间, 则将其中心作为路径的平滑长度。之后计算路径原始长度与路径平滑长度的距离。

(7) 各条路径获取一个总体平滑因子值, 对上面的各点实施各角度的路径平滑操作。

(8) 完成操作后, 实现无人机协同轨迹智能规划, 结束算法。

2 实验研究

2.1 实验设计

实验中选用 5 台无人机, 通过本文方法和二种传统方法对其规划。实验中设置威胁源为 9 个, 给定二维平面中的起始点与目标点, 要求实验无人机从同一基地出发, 并同时到达实验中设置的目标点。获取起始点与目标点的距离为 5 000 m~5 500 m 的飞行耗时数据, 作为实验数据而进行对比分析。

(下转第 186 页)