

# 路径规划

规划分类: 预规划, 实时规划

1. 环境数据如何表示

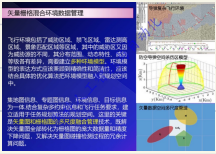
规划空间建立 { 规划空间格网化管理

地图, 环境要素数据管理

}> 矢量栅格  
数据混合管理

栅格图表示 (数字高程模型), 可表示环境立体障碍物 → 实时查询无人机利障碍物脱离信息

矢量数据管理, 表示地图, 要素建模, 态势图演化计算



2. 飞行器约束条件模型

① 飞行器自身特性约束条件: 转弯约束, 最大俯仰角约束, 最大平飞速度, 航程, 最大飞行高度, 最大过载, 最大航迹偏差

② 飞行器制导控制约束条件: 禁飞区, 编队横向距离, 禁行间隔距离

③ 任务相关: 任务完成时间, 目标点, 起飞点, 初始航向, 结束方位角

3. 多目标优化

给定初始的决策空间,  $x$  为决策空间上所有决策变量, 经过迭代规划图中中一系列候选:  $\lambda$  为未知的位置空间,  $y$  为初始空间上所有计算变量,  $g(x)$  和  $h(x)$  代表问题的约束条件.

例如:  $y = F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$

s.t.  $g(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, p$

$h_j(x) = 0, j = 1, 2, \dots, q$

$x \in X, X \subseteq \mathbb{R}^n$

$y \in Y, Y \subseteq \mathbb{R}^m$

$(x, y) \in A, A \subseteq \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m$

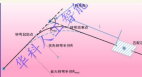
转为标量优化

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + w_3 f_3(x) + w_4 f_4(x)$$
$$J(x) = w_1 J_{length} + w_2 J_{smooth} + w_3 J_{smooth} + w_4 J_{smooth}$$

4. 路径表示方法

① Dubins 曲线, 以节点, 直线, 圆弧表示飞行路径

② Bzier 或 B 样条曲线对飞行进行拟合



③ 离散点集合表示路径

常用规划方法及优化算法

1. 从优化数学模型 { 结合动力学模型的航迹优化

$$\min F(X) = [f_1(X), f_2(X), \dots, f_m(X)]$$

s.t.  $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, p$

$h_j(X) = 0, j = 1, 2, \dots, q$

$X \in X, X \subseteq \mathbb{R}^n$

优点: 较好理论基础, 可给出优化航迹和控制参数

缺点: 难以适应复杂环境和约束

基于约束规则的航迹搜索

$$\min F(X) = [f_1(X), f_2(X), \dots, f_m(X)]$$

s.t.  $g_i(X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, p$

$h_j(X) = 0, j = 1, 2, \dots, q$

$X \in X, X \subseteq \mathbb{R}^n$

优点: 有很强的路径搜索能力

缺点: 输出航迹与控制无关, 需控制器实现路径跟踪

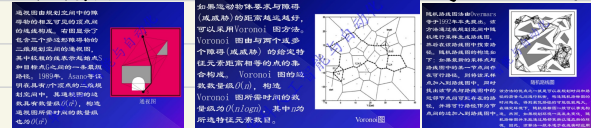
2. 从规划空间模型建立角度

a. 单元分解 (cell decomposition) 将自由的C空间分解成简单单元, 并判断单元是否通过, 存在可行路径, 寻找一条通过单元连接起始与目标单元

对象依赖分解: 障碍物边界为单元边界, 所有单元拼成一条与自由空间重合, 会输出单元数目, 节省存储空间, 但分解过程复杂

对象独立分解: 将空间分为规则形状单元, 检查是否被障碍物覆盖或相交, 计算单元边界, 但边界不一定重合 栅格法, 二叉树法

b. 路线图构造 (Roadmap construction) 根据点规划将自由的C空间表示成由一系列线段构成的网络图, 利用搜索算法进行航迹搜索 → 网络图搜索问题



动态节点优化航迹网络优化

初始化网络节点 → 热问题航迹规划 → 航迹优化调整 → 输出航迹网络

c. 人工势函数 (artificial potential function) 用圆形区域表示规划空间, 而将运动视为吸引力, 排斥力的结果

3. 从航迹规划优化搜索算法

a. 启发式算法 (有远指或强约束, 可能陷入局部搜索)



进化计算: 遗传算法, 进化策略, 进化规划, 遗传程序设计

b. 进化类算法 (全局把握能力强, 但易局部最优)

基于种群, 进化开始初始化, 通过算子控制个体进化, 适应度高低进入下一代概率大

①. 遗传算法

遗传算法的基本流程图

群智能算法的特点

群智能算法的优点

群智能算法的缺点

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进

群智能算法的改进