

华中科技大学

· 自主智能系统 考核作业 ·

专业：人工智能

班级：人工智能本硕博 2001 班

姓名：罗亚文

学号：U202015237

指导老师：蔡超

报告日期：2023-05-23

目录

目录

专业：	人工智能	1
班级：	人工智能本硕博 2001 班	1
姓名：	罗亚文	1
学号：	U202015237	1
指导老师：	蔡超	1
报告日期：	2023-05-23	1
1 题目一		2
1.1 题目背景：		2
1.2 请考虑如何表达和使用哪些飞行环境数据		2
1.3 请考虑需要为飞行器的飞行航迹设置那些约束项		2
1.4 请建立飞行器航迹优化目标函数		3
1.5 根据前面的工作，推荐合适的航迹规划算法		3

1 题目一

1.1 题目背景：

某型号固定翼无人飞行器在山区环境下执行从A点到B点的飞行任务，现需要为其规划飞行航迹。假定该飞行器前半程采用北斗导航+惯性导航，后半程采用景象匹配+惯性导航，飞行器需要尽量回避山顶上的雷达探测：

1.2 请考虑如何表达和使用哪些飞行环境数据

答：在前半程需要北斗导航，后半程需要景象匹配且飞行器需要尽量回避山顶上的雷达探测，因此，飞行器避障和路径规划需要环境的高度信息和障碍物的位置信息、景象匹配需要环境整体的地图信息，其具体所需数据和表达方式如下：

① **环境高度信息**：可以借助**数字高程模型 (DEM)** 来对环境的高度进行表达，DEM通过有限的地形高程数据实现对地面地形的数字化模拟（即地形表面形态的数字化表达），是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型。也可以借助**地图矢量数据管理数字高程模型**。

② **障碍物信息**：**栅格表示法**，可以实现对环境障碍物的立体表示，这种表达方式使用大小相同/不相同的立体栅格对空间进行划分

由于飞行环境复杂，其中包括了禁飞区、雷达测高区、景象匹配区域等，其中的禁飞区又由于禁飞原因的不同，可能是遇见障碍/有雷达探测，需要建立多种环境模型。可以考虑采用**矢量图和栅格图的多尺度融合管理技术**，兼顾了精准性和简洁性。

1.3 请考虑需要为飞行器的飞行航迹设置哪些约束项

答：飞行器的飞行轨迹约束主要分类三类，下面根据题目环境进行详细设置：

1) 性能约束：

① **路径长度约束**：所飞行的路径长度越短，越节约能源，所需要的飞行时间也会相应的减少，记飞行长度为 L_{length} 。

② **路径平滑度约束**：所飞行的路径越平滑，说明飞行器越容易控制，记路径平滑损失为 L_{smooth} 。

③ **控制精度约束**：即控制飞行器所飞到的点和目标点的位置偏差，偏差越小，控制精度越高，记偏差为 L_{match} 。

2) 导航控制约束：

① **转弯约束**：转弯约束主要控制了飞行器在转弯时候所需要的起止位置，其具体表达形式为

$$\frac{a_i^T a_{i+1}}{|a_i||a_{i+1}|} \geq \cos(\emptyset), R_{min} = \frac{V^2}{g\sqrt{n_y^2 - 1}}$$

其中 n_y 为飞行器过载。

- ② 飞行器最大俯仰角约束：主要用于控制飞行器的俯仰角大小：

$$\beta_i = \tanh^{-1} \frac{z_{i+1} - z_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \leq \beta_{max}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

- ③ 飞行高度约束：当前路径的每一点的离地高度都要大于或等于所给的最小值。

$$H_i \geq H_{min}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

- ④ 最大拐弯角约束：控制最大拐弯角。

$$\alpha_i \leq \alpha_{max}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

- ⑤ 最小航迹段长度：控制最短路径段长度。

$$l_i \geq l_{min}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

3) 任务相关约束：

- ① 离雷达探测尽可能远，即离雷达的最短距离要大于某一个值：

$$d_i > d_{min}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

1.4 请建立飞行器航迹优化目标函数

根据以上分析，可以建立飞行器的航迹优化函数如下：

$$\min y = F(x) = (L_{length}(x) + L_{smootk}(x) + L_{match}(x))$$

$$s. t. \frac{a_i^T a_{i+1}}{|a_i||a_{i+1}|} \geq \cos(\emptyset), i = 1, 2, \dots, N)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{g\sqrt{n_y^2 - 1}}$$

$$\beta_i \leq \beta_{max}, i = 1, 2, \dots, N$$

$$H_i \geq H_{min}, i = 1, 2, \dots, N$$

$$\alpha_i \leq \alpha_{max}, i = 1, 2, \dots, N$$

$$l_i \geq l_{min}, i = 1, 2, \dots, N$$

将其转为多目标优化可得目标函数为：

$$\min y = F(x) = w_1 L_{length}(x) + w_2 L_{smootk}(x) + w_3 L_{match}(x)$$

1.5 根据前面的工作，推荐合适的航迹规划算法

答：可以采用 A^* ，通过扩展空间的方式来寻优。 A^* 是一种启发式最优搜索方法，他通过预先确定的代价函数来确定下一步要去扩展的节点，该算法对当前节点的每一个可能扩展的节点计算代价，然后选择而最低代价的扩展结点加入搜索空间来进行搜索，加入的新节点有用于搜索更多的扩展节点。当 $h(n)$ 的值小于或等于当前点到目标节点的实际代价， A^* 总能

华中科技大学课程实验报告

确保找到一条最优路径。

假设给定了起始位置，目标位置，一条从起始位置到当前节点 x 的航迹，根据最短航机，最小航迹段长度，最大拐角，最大升降角可以选出目前满足这些要求的区域单元。从而可以根据 A^* 进行较优路径的搜索和生成。