无人机空战动力学模型

在惯性坐标系中建立飞机三自由度运动模型，并用质点模型描述无人机的运动学方程为

为了简化，假设飞机在无侧滑中飞行，同时推力矢量方向、速度矢量方向及机头指向3者始终保持一致，则在航迹坐标系中无人机的动力学方程为

式中：分别为无人机的质心在惯性系中的坐标；为机体坐标系中无人机的速度大小；分别为惯性系坐标系中无人机的俯仰角、偏航角；为无人机的重力加速度；分别为切向过载、法向过载以及由升降舵和副翼耦合控制的滚转角。切向过载与无人机的阻力和油门控制的发动机的推力有关，其方向为机身对称面内垂直于机头方向。因此，该模型的状态向量为，控制向量为。

空战态势评估模型

1. 角度优势函数

设角度优势函数为,表达式为

式中：下表为的代表红机参数，下标为的代表蓝机参数。是蓝机观测的滞后角，即蓝红两机连线与蓝机的速度方向的夹角；是蓝机观测的超前角，即蓝红两机连线与红机的速度方向的夹角。

1. 距离优势函数

设距离优势函数为。假设无人机的不可逃逸区为，代表不可逃逸区距离下界，代表上界，只有当两机距离时无人机的攻击才有可能击中目标。

当敌机处于我机攻击的不可逃逸区之内时，距离优势函数取得最大值1，当超出攻击不可逃逸区时距离优势关于两机距离呈正态分布。

1. 速度优势函数

设速度优势函数为。在定义速度优势函数前首先要定义无人机最佳攻击速度，当敌机处于我机攻击不可逃逸区之内时，最佳攻击速度取敌机速度（这里假设我方是红机，敌方是蓝机），当敌机处于攻击不可逃逸区之外时应进行加速或者减速来使敌机尽快进入不可逃逸区，因此表示为

则速度优势函数可以表示为

1. 高度优势函数

设高度优势函数为,设敌我双方无人机的高度差为

为了占据攻击即发射导弹时的高度优势，我机必然要提升,设定最佳高度差是一段区间,当处于该区间时高度优势函数均取得最大值1。因此，高度优势函数表达式为

综上，综合分析角度、距离、速度、高度四种优势函数，无人机空战的综合优势函数为

式中分别代表角度、距离、速度、高度4种优势函数的权重。

无人机机动动作库

根据无人机的飞行状态，7种基本机动动作，组成无人机的机动动作库，分别为匀速平飞、最大过载加速、最大过载减速、最大过载爬升、最大过载俯冲、最大过载左转弯、最大过载右转弯。

表1 机动动作库

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 机动动作 |  |  |  |
| 1 | 匀速平飞 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 最大过载加速 |  | 1 | 0 |
| 3 | 最大过载减速 | - | 1 | 0 |
| 4 | 最大过载爬升 |  |  | 0 |
| 5 | 最大过载俯冲 | 0 | - | 0 |
| 6 | 最大过载左转 | 0 |  |  |
| 7 | 最大过载右转 | 0 |  |  |