对抗仿真环境配置及使用说明

目　录

[**1、仿真环境安装配置** 2](#_Toc211025664)

[1.1、软件清单 2](#_Toc211025665)

[1.2、环境要求 2](#_Toc211025666)

[**2、文件结构** 3](#_Toc211025667)

[2.1、main.py 3](#_Toc211025668)

[2.2、EnvData 3](#_Toc211025669)

[2.3、模型文件 3](#_Toc211025670)

[**3、程序说明** 4](#_Toc211025671)

[3.1、输入指令 4](#_Toc211025672)

[1）仿真步长 4](#_Toc211025673)

[2）机动指令 4](#_Toc211025674)

[3）目标选择 4](#_Toc211025675)

[3.2、数据输出类 4](#_Toc211025676)

[**4、仿真环境说明** 9](#_Toc211025677)

[4.1、红蓝双方对抗机型 9](#_Toc211025678)

[4.1.1机载传感器设定及参数 9](#_Toc211025679)

[4.2、机载武器 9](#_Toc211025680)

[4.2.1航炮 9](#_Toc211025681)

[4.2.2 导弹 10](#_Toc211025682)

**1、仿真环境安装配置**

1.1、软件清单

Anaconda，PyCharm，Visual studio C++依赖库。

1.2、环境要求

在Anaconda中创建Python 3.9.16版本的虚拟环境，为该虚拟环境添加以下第三方库：Numpy (1.26.0)、Scipy(1.11.3)、tabulate(0.9.0)。

**2、文件结构**

2.1、main.py

调用示例文件，包含对抗仿真全流程的示例。

2.2、EnvData.py

数据变量一览。

2.3、模型文件

FighterSim.dll，MultiFighter.dll，close\_middle\_dll.dll，close\_middle\_py.dll，包含战斗机、导弹动力学模型文件，请不要随意移动。

**3、程序说明**

3.1、输入指令

输入指令（ctrl\_data）为包含9个控制指令的列表数据，形式如：[0,1,1/9,0,0,0.0,1,1]。其中控制指令依次为：

1）仿真步长（控制指令第1位）

训练版本不需要传入有效值，但比赛版需要传入有效值来对齐仿真进度。

2）机动指令（控制指令第2-5位）

飞机模型支持协调转弯控制模式和操纵杆控制模式。每次仿真开始前手动更改mian.py文件开头处control\_mode参数，为每架飞机指定各自的控制模式，控制模式指定之后在当前仿真环境中便不再能更改。

控制模式为3时代表协调转弯控制模式，指令意义见下表：

表 1 协调转弯控制模式机动指令代表量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 控制量 | 程序数据接口 | 对应实际物理量 |
|  | 油门 | [0,1] | [0,1] |
|  | 期望机体法向过载 | [-1,1] | [-3g,9g] |
|  | 期望机体滚转速率 | [-1,1] | [-300,300] |
|  | 无意义补充位 | 置0 | / |

控制模式为0时代表操纵杆控制模式，指令意义见下表：

表 2 操纵杆控制模式机动指令代表量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 控制量 | 程序数据接口 |
|  | 油门 | [0,1] |
|  | 纵向杆 | [-1,1] |
|  | 横向杆 | [-1,1] |
|  | 方向舵 | [-1,1] |

3）目标选择（控制指令第6位）

无论红蓝双方，输入0表示选择敌方第一架飞机作为目标，输入1表示选择敌方第二架飞机作为目标。

4）航炮+近距弹+中距弹指令（控制指令第7-9位）

需要开火或发射导弹时输入1，否则输入0。

3.2、数据输出类

对抗环境返回的数据terminal是包含程序是否满足终止条件的判断返回值。环境中以列表形式储存每架飞机的返回数据，列表中每个元素为飞机飞行数据，具体数据格式参考EnvData.py文件，包含的飞机数据如下表所示：

表 3 环境态势信息situation\_information数据接口说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 本机信息  situation\_information  [i].self\_data\_dict  \*引用格式（客户端）：  situation\_information[0].  self\_data\_dict['fighter\_side'] | step | 步长数 |
| fighter\_side | 阵营（蓝：0；红：1） |
| control\_mode | 控制模式 |
| left\_bullet | 剩余航炮弹药量 |
| left\_missile\_close | 剩余近距弹数量 |
| left\_missile\_mid | 剩余中距弹数量 |
| left\_bloods | 剩余生命值 |
| Longitude  Latitude  Altitude | 经纬高位置  （度/度/米） |
| NorthVelocity  EastVelocity  VerticalVelocity | 北东地速度  （米/秒） |
| NorthAcceleration  EastAcceleration  VerticalAcceleration | 北东地加速度  （米/秒^2） |
| RollAngle  PitchAngle  YawAngle | 体轴姿态角  （度） |
| PathPitchAngle  PathYawAngle | 航迹角  （度） |
| AttackAngle  SideslipAngle | 攻角/侧滑角  （度） |
| RollRate  PitchRate  YawRate | 体轴姿态角速度  （度/秒） |
| NormalLoad  LateralLoad  LongitudeinalLoad | 体轴法向/侧向/纵向过载  （g） |
| NormalVelocity  LateralVelocity  LongitudianlVelocity | 体轴法向/侧向/纵向速度  （米/秒^2） |
| TrueAirSpeed  IndicatedAirSpeed  GroundSpeed | 真空速/指示空速/地速  （米/秒^2） |
| MachNumber | 马赫数 |
| NumberofFuel | 剩余油量（kg） |
| Thrust | 推力（牛） |
| MissileClose1State MissileClose2State MissileClose3State MissileClose4State MissileMid1State MissileMid2State MissileMid3State MissileMid4State | 近距/中距导弹状态：  0：未发射  1：飞行中  2：命中  4：失效 |
| 雷达探测信息  situation\_information  [i].radar\_data\_dict | friend\_is\_catch | 友机是否被本机雷达照射（0/1） |
| friend\_EleAngle  friend\_AziAngle  friend\_Distance  friend\_NorthVelocity  friend\_EastVelocity  friend\_VerticalVelocity | 友机  高低角（度）/方位角（度）/距离（米）/北东地速度（米/秒） |
| target1\_Index  target1\_is\_catch  target1\_EleAngle  target1\_AziAngle  target1\_Distance  target1\_NorthVelocity  target1\_EastVelocity  target1\_VerticalVelocity | 敌机1  编号/是否被本机雷达照射（0/1）/高低角（度）/方位角（度）/距离（米）/北东地速度（米/秒） |
| target2\_Index  target2\_is\_catch  target2\_EleAngle  target2\_AziAngle  target2\_Distance  target2\_NorthVelocity  target2\_EastVelocity  target2\_VerticalVelocity | 敌机2  编号/是否被本机雷达照射（0/1）/高低角（度）/方位角（度）/距离（米）/北东地速度（米/秒） |
| 预警机信息  situation\_information  [i].AWACS\_data\_dict | friend\_Longitude  friend\_Latitude  friend\_Altitude  friend\_Survive | 友机  经纬高位置（度/度/米）/是否存活（0/1） |
| target1\_Index  target1\_Longitude  target1\_Latitude  target1\_Altitude  target1\_Survive | 敌机1  编号/经纬高位置（度/度/米）/是否存活（0/1） |
| target2\_Index  target2\_Longitude  target2\_Latitude  target2\_Altitude  target2\_Survive | 敌机2  编号/经纬高位置（度/度/米）/是否存活（0/1） |
| 告警信息 situation\_information  [i].alert\_data\_dict | emergency\_num emergency\_EleAngle emergency\_AziAngle | 飞机告警  数量/高低角（度）/方位角（度） |
| emergency\_missile\_num\_close emergency\_missile\_EleAngle\_close emergency\_missile\_AziAngle\_close | 近距弹告警  数量/高低角（度）/方位角（度） |
| emergency\_missile\_num\_mid emergency\_missile\_EleAngle\_mid emergency\_missile\_AziAngle\_mid | 中距弹告警  数量/高低角（度）/方位角（度） |
| 近距透明信息  situation\_information  [i].close\_data\_dict | friend\_is\_visible  friend\_EleAngle  friend\_AziAngle  friend\_Distance | 友机  是否目视可见（0/1）/高低角（度）/方位角（度）/距离（米） |
| target1\_Index  target1\_is\_visible  target1\_EleAngle  target1\_AziAngle  target1\_Distance | 敌机1  编号/是否目视可见（0/1）/高低角（度）/方位角（度）/距离（米） |
| target2\_Index  target2\_is\_visible  target2\_EleAngle  target2\_AziAngle  target2\_Distance | 敌机2  编号/是否目视可见（0/1）/高低角（度）/方位角（度）/距离（米） |

**4、仿真环境说明**

仿真可视化方法：打开tmp文件夹，将其中的.txt文件拖入Tacview即可看到空战过程。

4.1、红蓝双方对抗机型

红方与蓝方采用相同的机型，均为F-16模型，为了在Tacview可视化软件中有所区分，记录文件中默认蓝方采用F-16外观模型，红方采用Su-27外观模型。

4.1.1机载传感器设定及参数

|  |  |
| --- | --- |
| 机载雷达探测距离 | 120000m |
| 雷达波束垂直探测范围 | ±60° |
| 雷达波束水平探测范围 | ±60° |
| 目视范围 | 5000m |
| 来袭导弹告警范围 | 近距导弹：10000m  中距导弹：20000m |
| 预警机刷新频率 | 0.2Hz |

a) 当目标（除本机外其他战机）与飞机的距离小于5km时，飞机可以获得目标信息（目标编号，目标方位角、距离）。不受观察离轴角限制；

b) 本次比赛双方每架飞机均装备机载雷达（简单数字仿真模型）用于获取目标信息（目标编号，目标方位角、距离、速度），并可锁定敌机目标、发射空空导弹；

c) 除依靠自身雷达和视距内透明态势获取目标信息外，参赛双方均可获取预警信息（目标编号、位置）支援，不受距离限制，数据刷新率为0.2Hz；

d) 当机载雷达同时探测到多个敌方目标时，智能算法可以选择其中一个敌方目标锁定。锁定一个目标时，其他探测到的目标依然能够获取其运动信息；

e) 每架飞机模型具有简单雷达与导弹来袭告警系统，当飞机被其他飞机雷达锁定或空空导弹来袭时，环境将反馈并发送告警类型和告警的方位角、高低角，无距离信息。

4.2、机载武器

4.2.1航炮

a) 攻击能力设定：机头方向2°光锥，轴线沿飞机机体纵轴方向，最大射程1000m，最小发射距离100m。虚拟航炮弹药量按开火时间计算，每架飞机的航炮弹药量为20秒；



图4.1 虚拟航炮攻击范围

b) 目标可被攻击的进入角：全向；

c) 虚拟航炮光锥未照射到目标，以及敌我距离小于最小发射距离时无法开火；

d) 每架飞机光锥照射到目标，并开火后，目标生命值损耗量与相对距离成反比，单步仿真内目标生命值损耗量如式(4.1)所示，为仿真步长。每架飞机的初始生命值为3，目标生命值耗尽之后构成击落；

 (4.1)

e) 多架飞机同时攻击一个目标，生命值扣减的速度叠加；

f) 当一架飞机的光锥里有多个目标，则默认弹药攻击近处的目标。不具备多目标攻击能力。可误伤友机。

4.2.2 导弹

采用某型近距空空导弹，具有简单导引头模型。

导弹的最大射程约30km（双方迎头，双方速度均为200m/s，本机海拔高度8km，目标海拔高度2km，目标平飞不机动）。导弹的实际攻击距离会随着发射速度、高度，目标的速度、高度、进入角和目标机动等状态的改变而变化。

导引头对目标的截获距离为10km。导弹导引头参数如下表。

|  |  |
| --- | --- |
| 导引头范围 | 10000m |
| 导引头垂直探测范围 | ±60° |
| 导引头水平探测范围 | ±60° |

采用某型中距空空导弹，具有简单导引头模型。

导弹的最大射程约70km（双方迎头，海拔高度10km，目标平飞不机动）。导弹的实际攻击距离会随着发射速度、高度，目标的速度、高度、进入角和目标机动等状态的改变而变化。

导引头对目标的截获距离为20km。导弹导引头参数如下表。

|  |  |
| --- | --- |
| 导引头范围 | 20000m |
| 导引头垂直探测范围 | ±60° |
| 导引头水平探测范围 | ±60° |

导弹发射前须由本机雷达锁定目标，为导弹装订目标，否则无法发射。导弹发射后本机可以继续提供导引信息；

弹目距离小于20米时，视为导弹击落目标。导弹的截止末速为0.8马赫，即导弹飞行速度低于0.8马赫时，视为导弹失效。