对抗仿真环境SNAKE-EDU\_v1.3配置及使用说明

目　录

**[1、仿真环境安装配置](#_Toc192166380)** [2](#_Toc192166380)

[1.1、软件清单 2](#_Toc192166381)

[1.2、操作步骤 2](#_Toc192166382)

**[2、文件结构](#_Toc192166383)** [2](#_Toc192166383)

[2.1、demo.py：调用示例文件，包含对抗仿真全流程的示例。 2](#_Toc192166384)

[2.2、env\_basic文件夹 2](#_Toc192166385)

[2.3、模型文件 2](#_Toc192166386)

**[3、程序说明](#_Toc192166387)** [3](#_Toc192166387)

[3.1、初始化参数类（InitialData） 3](#_Toc192166388)

[3.2、控制数据输入类（FighterDataIn） 4](#_Toc192166389)

[3.2.1控制模式输入：control\_mode 4](#_Toc192166390)

[3.2.2控制输入量：control\_input 4](#_Toc192166391)

[3.2.3目标编号输入量：target\_index 4](#_Toc192166392)

[3.2.4导弹控制指令：missile\_fire 4](#_Toc192166393)

[3.2.5航炮开火指令：fire 4](#_Toc192166394)

[3.3、数据输出类 5](#_Toc192166395)

[3.4、内置机动动作类（Action） 7](#_Toc192166396)

[3.4.1机动动作1：平飞 7](#_Toc192166397)

[3.4.2机动动作2：速度追踪 7](#_Toc192166398)

[3.4.3机动动作3：转弯 7](#_Toc192166399)

[3.4.4机动动作4：倾角追踪 7](#_Toc192166400)

[3.4.5机动动作5：盘旋 7](#_Toc192166401)

[3.4.6机动动作6：筋斗 8](#_Toc192166402)

**[4、仿真环境说明](#_Toc192166403)** [8](#_Toc192166403)

[4.1、红蓝双方对抗机型 8](#_Toc192166404)

[4.1.1机载传感器设定及参数 8](#_Toc192166405)

[4.2、机载武器 8](#_Toc192166406)

[4.2.1航炮 8](#_Toc192166407)

[4.2.2 导弹 9](#_Toc192166408)

**1、仿真环境安装配置**

1.1、软件清单

Anaconda，PyCharm。

Anaconda下载:https://www.anaconda.com/download/

PyCharm 下载:https://www.jetbrains.com/pycharm/

1.2、操作步骤

**注：**

程序安装路径不要有中文。

1、下载Anaconda，安装完成后配置环境变量（在命令行中查看是否安装成功）。参考教程：https://blog.csdn.net/weixin\_45242930/article/details/135356097。

2、在Anaconda中创建一个虚拟环境（注意：Python选择3.9版本），为该虚拟环境添加scipy、numpy库。

3、IDE推荐下载PyCharm，安装完成后，为项目（可自行创建）配置上一步在Anaconda中创建的环境与解释器。

4、运行测试程序（demo.py），无报错，仿真结果文件（.txt）将保存在tmp文件夹下。

**注：**

* Python 3.9.16及以上
* Numpy 1.26.0及以上
* Scipy 1.11.3及以上

**2、文件结构**

2.1、demo.py：调用示例文件，包含对抗仿真全流程的示例。

SimArg.py：主要包含初始化参数与控制数据输入类

2.2、env\_basic文件夹

包含仿真的核心环境文件。

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，与1中的文件保持于同一目录以防止报错。

**3、程序说明**

3.1、初始化参数类（InitialData）

仿真对抗初始化的参数储存在类InitialData中，通过实例化该类，并调用CombatEnv (InitialData)来实现仿真对抗的初始化。

参数包括红蓝双方战机北东地初始位置、初始速度、初始航向、初始控制模式。具体变量参照示例文件中的注释。

初始位置，初始速度，初始航向均按照仿真设定的飞机数量顺序排列设定。

例如，仅有红蓝两架飞机时，则如下图所示，第一行代表0号机（蓝方）的初始北东地位置，第二行代表1号机（红方）的初始北东地位置。



初始速度、初始航向、初始控制模式设定与上述类似。

其中飞机控制模式（control\_mode）说明如下：

1、协调转弯控制模式（编号3）：[油门，期望机体法向过载，期望机体滚转速率，无意义补充位]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 控制量 | 值 |
|  | 期望机体法向过载(G) | [-3,9]归一化至[-1,1] |
|  | 期望机体滚转速率() | [-3,9]归一化至[-1,1] |
|  | 油门 | [0,1] |
|  | 无意义补充位 | 置0 |

2、操纵杆控制模式（编号0）：[油门，纵向杆，横向杆，方向舵]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 控制量 | 值 |
| 1 | 纵向杆 | [-1,1] |
| 2 | 横向杆 | [-1,1] |
| 3 | 方向舵 | [-1,1] |
| 4 | 油门 | [0,1] |

3.2、控制数据输入类（FighterDataIn）

每个步长（仿真步长：0.01）更新时，需要输入控制数据对飞机进行控制。通过实例化FighterDataIn类来完成该功能。包括四个主要部分

3.2.1控制模式输入：control\_mode

飞机控制模式，说明见文档3.1。

3.2.2控制输入量：control\_input

包含四位控制输入，依据控制模式不同代表不同含义。

3.2.3目标编号输入量：target\_index

机载雷达锁定目标，以2v2对抗为例，机载雷达中，蓝色机编号依次为0,1，红色机编号为2,3。

3.2.4导弹控制指令：missile\_fire

置为1时导弹开启，若满足发射条件，则向设定的攻击目标发射。若不满足开火条件，发送1也不会开火。

3.2.5航炮开火指令：fire

置为1时航炮为开火状态，自动攻击射程范围内距离最近的敌人。若不满足开火条件，发送1也不会开火。

具体如下表所示（SimArg.py）:

|  |  |
| --- | --- |
| self.control\_mode | 默认为3：[油门，期望机体法向过载，期望机体滚转速率，无意义补充位] |
| self.control\_input | 依据控制模式不同代表不同含义 |
| self.target\_index | 雷达锁定目标指令 |
| self.missile.fire | 导弹控制指令  1：开启  0：关闭 |
| self.fire | 航炮开火指令  1：开火  0：关闭开火 |

3.3、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类Fighter\_Data，包含的飞机数据如下表所示（当SimArg中fully\_combat置True时，仿真环境切换至全透明模式，导弹可实时获取目标信息；此时雷达模块关闭，输出数据中的相关信息量均返回空值）。返回值的调用示例参考示例程序。

输出参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 本机信息  output.selfdata | fighter\_side | 阵营 |
| index | 编号 |
| control\_mode | 控制模式 |
| left\_bullet | 剩余航炮弹药量 |
| left\_missile | 剩余导弹数量 |
| 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） |
| Missile1State  Missile2State  Missile3State  Missile4State | 导弹状态：  0：未发射  1：飞行中  2：命中  3：失效 |
| 机载雷达信息  output.radardata | target\_index  radar\_EleAngle  radar\_AziAngle  radar\_Distance  radar\_NorthVelocity  radar\_EastVelocity  radar\_VerticalVelocity | 编号/高低角（度）/方位角（度）/距离（米）/北东地速度（米/秒）  （包含除本机外的其他战机信息，信息按战机编号顺序排列；当目标在雷达探测范围外时，输出为None） |
| 态势预警信息  output.statedata | target\_index  state\_Longitude  state\_Latitude  state\_Altitude  state\_Survive | 编号/经纬高位置（度/度/米）/是否存活（BOOL）  （包含除本机外的其他战机信息，信息按战机编号顺序排列） |
| 近距透明信息（10km）  output.closedata | target\_index  close\_EleAngle  close\_AziAngle  close\_Distance | 编号/高低角（度）/方位角（度）/距离（米）  （包含除本机外的其他战机信息，信息按战机编号顺序排列；当目标在目视范围外时，输出为None） |
| 告警系统信息  output.alertdata | emergency\_num  emergency\_EleAngle  emergency\_AziAngle | 飞机告警数量/高低角（度）/方位角（度） |
| emergency\_missile\_  num  emergency\_missile\_EleAngle  emergency\_missile\_AziAngle | 导弹告警数量/高低角（度）/方位角（度） |

3.4、内置机动动作类（Action）

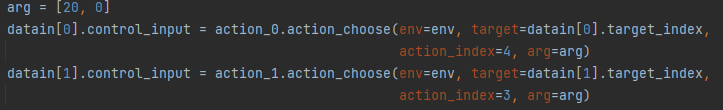
仿真环境中内置6种基本机动动作。调用示例（红蓝进行1v1对抗）如下：

1. 在demo.py文件中为每架战机实例化机动动作类Action，如图所示。



Action类输入参数为本机编号。

2、在循环中每架战机需调用动作选择函数action\_choose（env,target,action\_index,arg），输入参数分别为：仿真环境量、目标编号、动作选择编号（1-6）、飞行动作参数（含两位元素的列表量，若无需输入动作参数，置0即可），输出量为飞机的直接控制输入（control\_input）。如图所示。



环境中包含的内置机动动作如下：

3.4.1机动动作1：平飞

当飞机控制模式为3时（control\_mode = 3），调用机动动作1，飞机将执行平飞机动，控制输入量（control\_input）为：[1,1/9,0,0]。

3.4.2机动动作2：速度追踪

速度追踪制导动作。（动作参数可置为：arg=[0,0]）

3.4.3机动动作3：转弯

执行转弯机动，需输入一个动作参数，动作参数1（arg列表中第一位元素）为期望滚转角，取值范围-180°~180°。如arg = [-20, 0]。



3.4.4机动动作4：倾角追踪

倾角爬升或下降机动，动作参数1为期望航迹倾角，取值范围-180°~180°。

3.4.5机动动作5：盘旋

盘旋机动，动作参数1为期望航迹倾角，取值范围-180°~180°；动作参数2为期望滚转角，取值范围-180°~180°。如arg = [20, 20]。



3.4.6机动动作6：筋斗

筋斗动作，动作参数1为期望法向过载，取值范围0~9g。

**4、仿真环境说明**

4.1、红蓝双方对抗机型

红方与蓝方采用相同的机型，均为F16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F16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 | 40000m |
| 雷达波束垂直探测范围 | ±30° |
| 雷达波束水平探测范围 | ±30° |
| 目视范围 | 5000m |
| 来袭近距导弹告警范围 | 发动机工作状态：5000m  发动机停止工作：3000m |
| 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10km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、发射近距空空导弹；

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近距空空导弹来袭时，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。每架飞机可携带4枚近距空空导弹。

如图所示，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° |

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。导弹发射后本机不再提供导引信息，即“发射后不管”；

弹目距离小于10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。