

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

无人机区域防守（仅限完整版及以上版本）

1.2 实验目的

采用深度强化学习训练无人机防守模型，使得能够采用更少的无人机抵御攻击型无人机，能够取得很好的防守效果。

1.3 关键知识点

本次实验采用改进的深度强化学习MADDPG算法实现，其大致流程如下：防守无人机通过MADDPG算法进行训练，采取更优的策略来进行防御。算法将环境建模成马尔可夫决策过程，分主网络和目标网络，采用软更新，提高算法稳定性。基于Actor-Critic框架，Actor网络负责根据策略生成动作（神经网络），Critic网络负责评价动作的好坏，优化Actor自身策略。

算法训练过程大致如下：

- 1、初始化每一个智能体的Actor网络和Critic网络,并创建经验回放缓冲区，对于每个智能体循环执行以下步骤
- 2、根据状态生成动作，执行动作，根据环境反馈，生成下一步状态，以及奖励，将经验样本放入经验回放缓冲区。
- 3、从经验回放缓冲区采集一批经验，计算状态动作值函数，最小化Critic网络损失，并更新Actor和Critic网络参数，最大化Q值
- 4、定期更新目标网络参数，可通过软更新实现。
- 5、重复2-4，直至训练结束。

具体的实现原理需要读者有一些强化学习、机器学习等基础知识的积累，同时可参照论文[1]。

2. 实验效果

实验开始后，会创建若干个攻击型无人机和若干个防守无人机，以及防守区域。攻击无人机会对防守区域进行逼近攻击，防守无人机追随攻击型无人机，并将其击落，并有攻击和击落的特效。防守无人机将攻击无人机全部击落后，代表防守成功。



3. 文件目录

例程目录：

[[安装目录](#)]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\3.CustExps\e3.AISwarmCtrlExp\3.MultiUAV
RegionDefense

MultiUAVRegionDefense\

表 1 文件目录

文件夹/文件名称	说明
maddpg	Maddpg算法基础实现类
multiagent	maddpg环境设置类
OU_noise	添加噪声类
Saveofsimple-defender	训练好的防守模型（需下载，见Step 1）

文件夹/文件名称	说明
display.py	主脚本
Python38Run.bat	Python环境启动脚本
Hexacopter	特效模型文件（需下载，见Step 1）
SITL.bat	启动脚本
seed.txt	参数文件
AR_Drone_Blue.xml	无人机XML文件
CopyScelInstallPyLib.bat.	场景文件复制脚本
UAV.py	无人机控制模型文件
Readme.pdf	用户指南

4. 运行环境

4.1 软件要求

Win 10/Win11系统；RflySim工具链。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：`px4_fmuv6x_default`，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：
<https://rflsim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

4.2 硬件要求

笔记本/台式电脑① 1台。

①：推荐配置请见：<https://rflsim.com/>

1. **: **推荐配置请见：<https://doc.rflsim.com/1.1InstallMethod.html>

5.实验步骤

5.1 必做实验

Step 0: 下载Python 3.8 环境

由于本例程是基于之前RflySim内置的Python 3.8环境所创建，目前最新版的RflySim已经将Python环境升级为3.12版本，因此，本实验需要单独在当前文件夹中构建一个Python 3.8环境，以此来运行本例程。可通过：

<https://pan.baidu.com/s/1PaMCaTo44kz3AUMLeSvXiw?pwd=ci61> 提取码: ci61，直接下载。



下载后将其中的压缩包[Python38.zip](javascript:void(0)☺)，放到本实验的文件夹中。

 rf***im  [加为好友](#)



3.MultiUAVRegionDef...

2025-08-19 09:38 过期时间: 永久有效 |  举报

[返回上一级](#) | [全部文件](#) > 3.MultiUAVRegionDefense

已选中1个文件/文件夹

 PluginFiles.zip

 Python38.zip

Step 1: 下载模型文件

为了保证RflySim平台安装包的大小，本实验中所用到的三维场景、飞机模型等较大文件均已上传至百度网盘中，可通过：

<https://pan.baidu.com/s/1PaMCaTo44kz3AUMLeSvXiw?pwd=ci61> 提取码: ci61，直接下载。

 rf***im  [加为好友](#)




3.MultiUAVRegionDef...

2025-08-19 09:38 过期时间: 永久有效 |  举报








[返回上一级](#) | [全部文件](#) > 3.MultiUAVRegionDefense

已选中1个文件/文件夹

 PluginFiles.zip

 Python38.zip

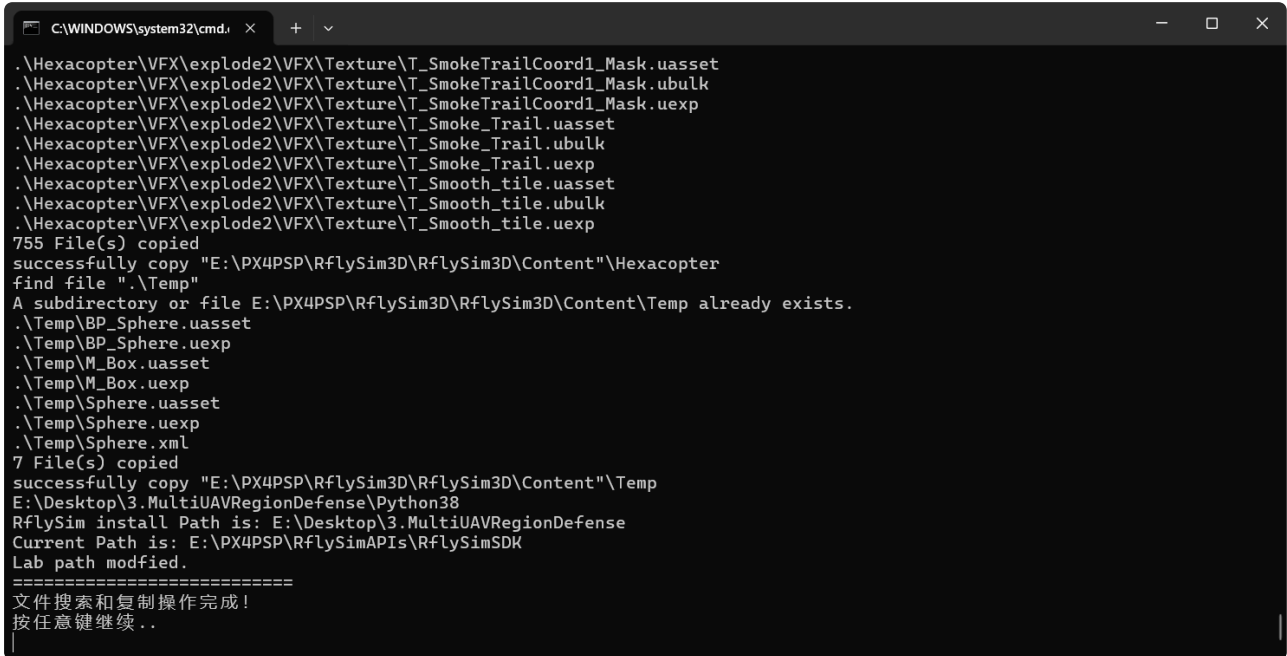
下载得到PluginFiles.zip，进行解压得到三个文件夹，如下图所示放入本例程文件夹中。

名称	修改日期
 Hexacopter	2024/7/11 18
 maddpg	2024/7/11 13
 multiagent	2024/7/11 13
 OU_noise	2024/7/11 13
 Saveofsimple-defender	2024/7/11 13
 Temp	2024/7/11 18
 CopyScelInstallPyLib.bat	2024/7/11 18

注：请勿修改文件夹名称。

Step 2: 初始配置

配置障碍物文件，双击运行CopyScelInstallPyLib.bat文件，该文件运行过程中会将文件夹Hexacopter和Temp模型文件复制到RflySim3D对应的路径下。同时，也将RflySim接口文件导入本实验文件夹中的Python38环境中。



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_SmokeTrailCoord1_Mask.uasset
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_SmokeTrailCoord1_Mask.ubulk
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_SmokeTrailCoord1_Mask.uexp
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smoke_Trail.uasset
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smoke_Trail.ubulk
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smoke_Trail.uexp
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smooth_tile.uasset
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smooth_tile.ubulk
.\Hexacopter\VFX\explode2\VFX\Texture\T_Smooth_tile.uexp
755 File(s) copied
successfully copy "E:\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Content"\Hexacopter
find file ".\Temp"
A subdirectory or file E:\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Content\Temp already exists.
.\Temp\BP_Sphere.uasset
.\Temp\BP_Sphere.uexp
.\Temp\M_Box.uasset
.\Temp\M_Box.uexp
.\Temp\Sphere.uasset
.\Temp\Sphere.uexp
.\Temp\Sphere.xml
7 File(s) copied
successfully copy "E:\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Content"\Temp
E:\Desktop\3.MultiUAVRegionDefense\Python38
RflySim install Path is: E:\Desktop\3.MultiUAVRegionDefense
Current Path is: E:\PX4PSP\RflySimAPIs\RflySimSDK
Lab path modified.
=====
文件搜索和复制操作完成!
按任意键继续..
```

注：本步骤只需在RflySim首次运行本例程时进行（重新安装后，需再次运行），后续运行本实验可跳过本步骤。

Step 3: 仿真初始化

双击运行SITL.bat脚本，观察RflySim3D左上角出现“CopterSim/PX4 EKF 3DFixed: 13/13”即表示初始化完成，在RflySim3D中会显示13架六旋翼飞机。



图4 RflySim3D初始化

Step 4: 启动仿真

双击“Python38Run.bat”打开CMD窗口，并加载平台Python环境，然后输入命令“python display.py”并回车，就能运行程序，短暂等待后即可开启仿真。

```
C:\windows\system32\cmd.exe x + v
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put Python38Run.bat into your code folder
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python
D:\10.RflySimSwarm\3.CustExps\3.AI_SwarmCtrlExp\3.MultiUAVRegionDefense>python display.py
```

图5 Python38Run运行示例

Step 5: 实验效果

仿真启动后，即可在RflySim3D中看到无人机起飞，并开始无人机防守和攻击。



图6 实验效果①



5.2 选做实验 (VS Code调试运行)

Step 1: 准备工作

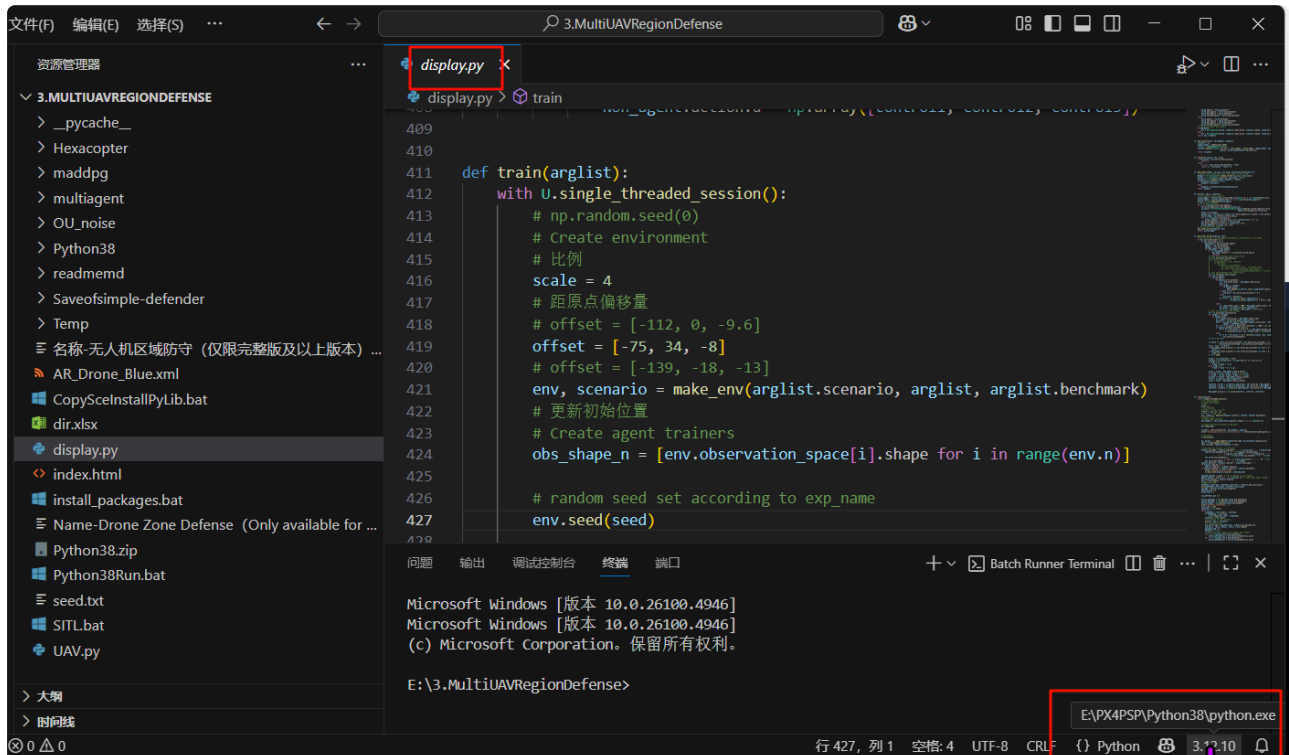
先确保已经按

[\[RflySim安装目录\]/RflySimAPIs/1.RflySimIntro/2.AdvExps/e3.PythonConfig/Readme.pdf](#)

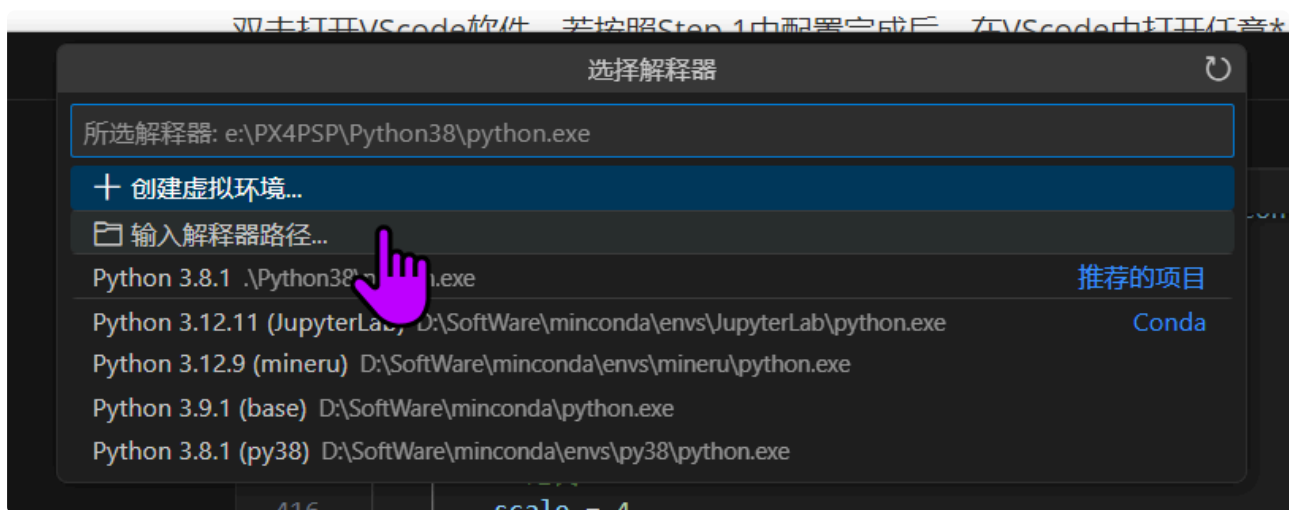
步骤，正确配置VSCode环境。或者配置了自己的Pycharm等自定义Python环境。

Step 2: 配置本实验的python环境

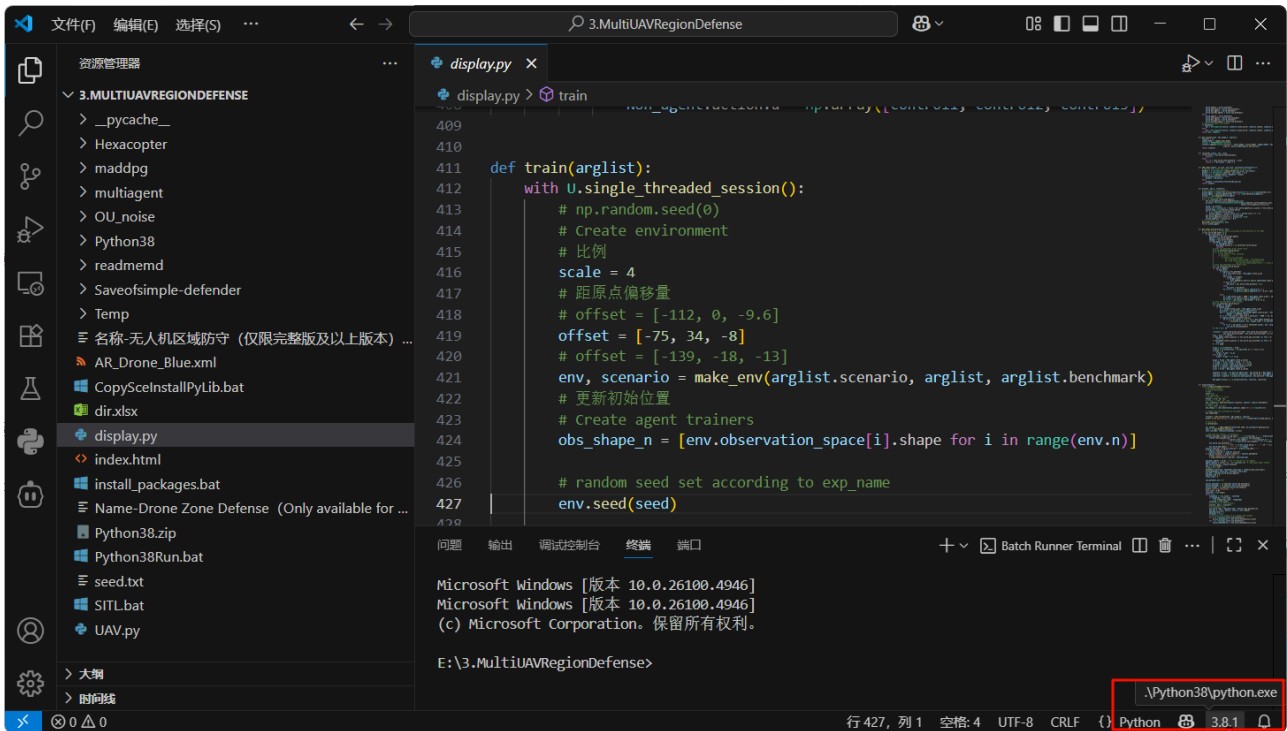
双击打开VSCode软件，若按照Step 1中配置完成后，在VSCode中打开任意*.py程序均会看到如下图所示的Python环境3.12.10。



点击此处的Python版本，选择输入解释器路径....（若有推荐项目识别到本文件夹下的Python 3.8.1环境可直接选择），在弹出的对话框中选择“查找”，在选择本实验文件夹中的Python38文件夹中的python.exe即可。

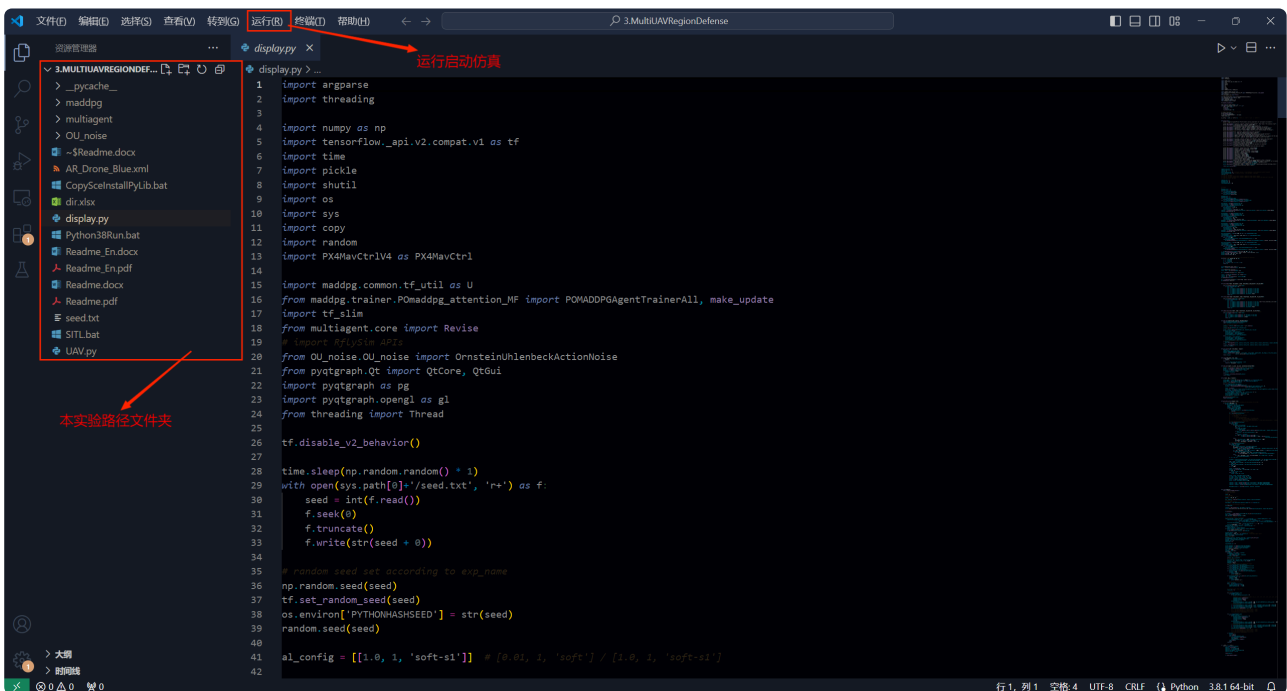


配置成功后如下图所示。



Step 3: VS code调试运行

其他步骤与上文相同，在Step 4启动仿真时，用VS code打开到本实验路径文件夹，运行display.py文件开始仿真。



6.参考资料

1. Sun M, Yang Z, Dai X, et al. Deep Reinforcement Learning Based on Curriculum Learning for Drone Swarm Area Defense[C]//International Conference on

Autonomous Unmanned Systems. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022: 1119-1128.

2. 在**\PX4PSP\RflySim3D\RflySim3D\Plugins\Rfly3DSimPlugin\Content\XML中改变AR_Drone_Blue.xml的Scale标签，如下图所示，当然也可自行调整无人机大小。

```
<?xml version="1.0"?>
<vehicle>
  <ClassID>3</ClassID>
  <DisplayOrder>1060</DisplayOrder>
  <Name>AR_Drone_Blue</Name>
  <Scale>
    <x>8</x>
    <y>8</y>
    <z>8</z>
  </Scale>
</vehicle>
```

7. 常见问题

Q1: 打击效果不好看

A1: 飞机大小，会影响展示效果，运行程序最好不要使用RflySim的“;”这个快捷键，会导致特效出现BUG