

# 程序报告

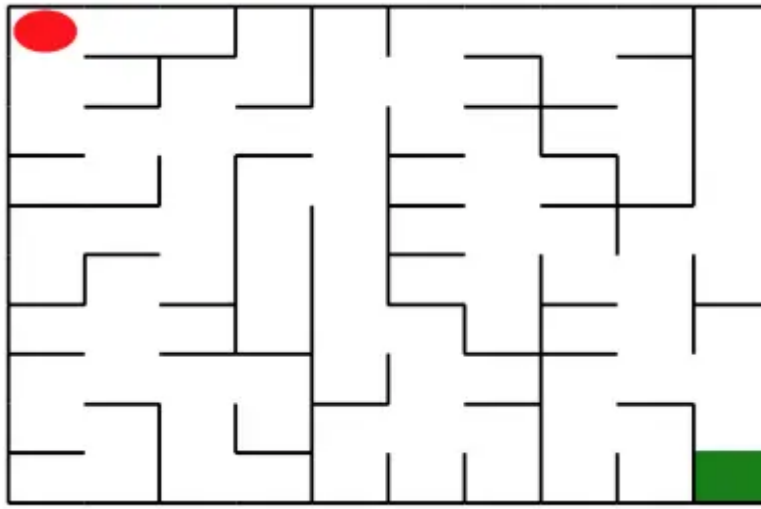
学号：2211044

姓名：陆皓喆

## 一、问题重述

### 1.1 实验背景

在本实验中，要求分别使用基础搜索算法和 $Deep\ Q\ Learning$ 算法，完成机器人自动走迷宫。



如上图所示，左上角的红色椭圆既是起点也是机器人的初始位置，右下角的绿色方块是出口。  
游戏规则为：从起点开始，通过错综复杂的迷宫，到达目标点(出口)。

在任一位置可执行动作包括：向上走 'u'、向右走 'r'、向下走 'd'、向左走 'l'。

- 执行不同的动作后，根据不同的情况会获得不同的奖励，具体而言，有以下几种情况。
  - 撞墙
  - 走到出口
  - 其余情况
- 你需要实现基于基础搜索算法和 $Deep\ Q\ Learning$ 算法的机器人，使机器人自动走到迷宫的出口。

### 1.2 实验要求

- 使用 $Python$ 语言。
- 使用基础搜索算法完成机器人走迷宫。
- 使用 $Deep\ Q\ Learning$ 算法完成机器人走迷宫。
- 算法部分需要自己实现，不能使用现成的包、工具或者接口。

## 1.3 实验环境

可以使用`Python`实现基础算法的实现，使用`Keras`、`PyTorch`等框架实现`Deep Q Learning`算法。

## 1.4 注意事项

- `Python`与`Python Package`的使用方式，可在右侧 `API`文档中查阅。
- 当右上角的『`Python 3`』长时间指示为运行中的时候，造成代码无法执行时，可以重新启动 `Kernel`解决（左上角『`Kernel`』 - 『`Restart Kernel`』）。

## 1.5 参考资料

- 强化学习入门`MDP`：<https://zhuanlan.zhihu.com/p/25498081>
- `Q Learning`简单例子（英文）：<http://mnemstudio.org/path-finding-q-learning-tutorial.htm>
- `Q Learning`简单解释（知乎）：<https://www.zhihu.com/question/26408259>
- `DeepQ Learning`论文：  
[https://files.momodel.cn/Playing%20Atari%20with%20Deep%20Reinforcement%20Learning.p  
df](https://files.momodel.cn/Playing%20Atari%20with%20Deep%20Reinforcement%20Learning.pdf)

# 二、设计思想

## 2.1 基础搜索算法

我们采用的方法是`DFS`算法来找到我们的出口，我们利用的是堆栈的方式来进行一层一层的迭代。最终搜索出我们的路径，具体的代码分析如下所示：

首先，我们定义一个自己的基础搜索的函数 `my_search`，首先在最前面写入一个前面的路径地图函数，表示我们的机器人的行走路径。

然后，我们写入了前面已经帮我们完成的一个类 `SearchTree`，其中包含了添加孩子，判断是否是叶子结点等功能。后面的两个函数 `expand`、`back_propagation` 都是前面已经帮我们实现好了的。

该部分的重点算法部分就是后面我们自己设计的一个`DFS`函数：

```
def DFS(maze):
    start = maze.sense_robot()
    root = SearchTree(loc=start)
    queue = [root] # 节点堆栈，用于层次遍历
    h, w, _ = maze.maze_data.shape
    is_visit = np.zeros((h, w), dtype=np.int) # 标记迷宫的各个位置是否被访问过
    path = [] # 记录路径
    temp = 0
    while True:
        current_node = queue[temp] # 栈顶元素作为当前节点
        if current_node.loc == maze.destination: # 到达目标点
            path = back_propagation(current_node)
            break

        if current_node.is_leaf() and is_visit[current_node.loc] == 0: # 如果
            该点存在叶子节点且未拓展
```

```

is_visit[current_node.loc] = 1 # 标记该点已拓展
child_number = expand(maze, is_visit, current_node)
temp+=child_number # 开展一些列入栈操作
for child in current_node.children:
    queue.append(child) # 叶子节点入栈
else:
    queue.pop(temp) # 如果无路可走则出栈
    temp-=1

return path

```

我们来分析一下这段代码。首先，我们定义一个根节点`root`，然后我们的`is_visit`变量用于存储我们的`bool`值，用于标记我们的迷宫的各个位置是否被访问过。然后我们开始对于栈的遍历，做一个循环遍历运算，首先将我们的栈顶元素作为当前节点，如果我们到达了我们的目标点，那么就给我们的路径`path`赋值，跳出我们的`while`循环。如果我们的节点是叶子节点的话，而且还没有扩展，那么我们首先对其进行标注已扩展，然后将其进行入栈操作，我们只需要做这样的操作，直到我们的算法跳出循环就可以了。

## 2.2 Deep Qlearning算法

在我们的`Deep Qlearning`算法训练过程中，首先，我们读取机器人当前位置，之后将当前状态加入`Q`值表中，如果表中已经存在当前状态则不需重复添加，如下面的代码所示：

```

if self.state not in self.q_table:
    self.q_table[self.state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}

```

之后，生成机器人的需要**执行动作**，并**返回地图奖励值、查找机器人现阶段位置**。

```

action = random.choice(self.valid_action) if random.random() < self.epsilon else
max(self.q_table[self.state], key=self.q_table[self.state].get)

reward = self.maze.move_robot(action)
ext_state = self.maze.sense_robot()

```

接着再次检查并更新`Q`值表：

```

if next_state not in self.q_table:
    self.q_table[next_state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}

current_r = self.q_table[self.state][action]
update_r = reward + self.gamma * float(max(self.q_table[next_state].values()))
self.q_table[self.state][action] = self.alpha * self.q_table[self.state][action]
+(1 - self.alpha) * (update_r - current_r)

```

最后，我们衰减随机选取动作的可能性。

```

self.epsilon *= 0.5

```

至于此处我们为什么要选择衰减率为0.5，我们经过了逐步的调试，发现若衰减率过小的话，会导致我们的随机性过强，影响我们的性能；若衰减率过低的话，也不能很好的完成我们的训练。所以，我们最终选择了0.5为我们的衰减率，很好的完成了我们的实验。

## 三、代码内容

### 3.1 基础搜索算法

```
def my_search(maze):

    move_map = {
        'u': (-1, 0), # 表示往上走
        'r': (0, +1), # 表示往右走
        'd': (+1, 0), # 表示往下走
        'l': (0, -1), # 表示往左走
    }

    class SearchTree(object):

        def __init__(self, loc=(), action='', parent=None):
            self.loc = loc # 当前节点位置
            self.to_this_action = action # 到达当前节点的动作
            self.parent = parent # 当前节点的父节点
            self.children = [] # 当前节点的子节点

        def add_child(self, child):
            self.children.append(child)

        def is_leaf(self):
            return len(self.children) == 0

    def expand(maze, is_visit, node):
        child_number = 0 # 记录叶子节点个数
        can_move = maze.can_move_actions(node.loc)
        for a in can_move:
            new_loc = tuple(node.loc[i] + move_map[a][i] for i in range(2))
            if not is_visit[new_loc]:
                child = SearchTree(loc=new_loc, action=a, parent=node)
                node.add_child(child)
                child_number+=1
        return child_number # 返回叶子节点个数

    def back_propagation(node):
        path = []
        while node.parent is not None:
            path.insert(0, node.to_this_action)
            node = node.parent
        return path

    def DFS(maze):
        start = maze.sense_robot()
```

```

root = SearchTree(loc=start)
queue = [root] # 节点堆栈，用于层次遍历
h, w, _ = maze.maze_data.shape
is_visit = np.zeros((h, w), dtype=np.int) # 标记迷宫的各个位置是否被访问过
path = [] # 记录路径
temp = 0
while True:
    current_node = queue[temp] # 栈顶元素作为当前节点
    if current_node.loc == maze.destination: # 到达目标点
        path = back_propagation(current_node)
        break

    if current_node.is_leaf() and is_visit[current_node.loc] == 0: # 如果
        该点存在叶子节点且未拓展
        is_visit[current_node.loc] = 1 # 标记该点已拓展
        child_number = expand(maze, is_visit, current_node)
        temp+=child_number # 开展一些列入栈操作
        for child in current_node.children:
            queue.append(child) # 叶子节点入栈
    else:
        queue.pop(temp) # 如果无路可走则出栈
        temp-=1

return path

path = DFS(maze)
return path

```

## 3.2 Deep QLearning算法

```

import random
from QRobot import QRobot

class Robot(QRobot):

    valid_action = ['u', 'r', 'd', 'l']

    def __init__(self, maze, alpha=0.5, gamma=0.9, epsilon=0.5):
        self.maze = maze
        self.state = None
        self.action = None
        self.alpha = alpha
        self.gamma = gamma
        self.epsilon = epsilon # 动作随机选择概率
        self.q_table = {}

        self.maze.reset_robot() # 重置机器人状态
        self.state = self.maze.sense_robot() # state为机器人当前状态

        if self.state not in self.q_table: # 如果当前状态不存在，则为 Q 表添加新列
            self.q_table[self.state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}

    def train_update(self):

```

```

self.state = self.maze.sense_robot() # 获取机器人当初所处迷宫位置

# 检索Q表, 如果当前状态不存在则添加进入Q表
if self.state not in self.q_table:
    self.q_table[self.state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}
# action为机器人选择的动作
action = random.choice(self.valid_action) if random.random() <
self.epsilon else max(self.q_table[self.state], key=self.q_table[self.state].get)

reward = self.maze.move_robot(action) # 以给定的方向移动机器人, reward为迷宫
返回的奖励值
next_state = self.maze.sense_robot() # 获取机器人执行指令后所处的位置

# 检索Q表, 如果当前的next_state不存在则添加进入Q表
if next_state not in self.q_table:
    self.q_table[next_state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}

# 更新 Q 值表
current_r = self.q_table[self.state][action]
update_r = reward + self.gamma *
float(max(self.q_table[next_state].values()))
self.q_table[self.state][action] = self.alpha * self.q_table[self.state]
[action] +(1 - self.alpha) * (update_r - current_r)
# 衰减随机选择动作的可能性
self.epsilon *= 0.5

return action, reward

def test_update(self):
    self.state = self.maze.sense_robot() # 获取机器人现在所处迷宫位置

    # 检索Q表, 如果当前状态不存在则添加进入Q表
    if self.state not in self.q_table:
        self.q_table[self.state] = {a: 0.0 for a in self.valid_action}

    action = max(self.q_table[self.state], key=self.q_table[self.state].get)
    # 选择动作
    reward = self.maze.move_robot(action) # 以给定的方向移动机器人

    return action, reward

```

## 四、实验结果

我对我的代码进行测试, 系统帮我测试了四种样例, 我都很好地完成了我们的强化学习的目标。下面展示一下我的实验结果的截图:

# 总结结果

## 接口测试

✓ 接口测试通过。

## 用例测试

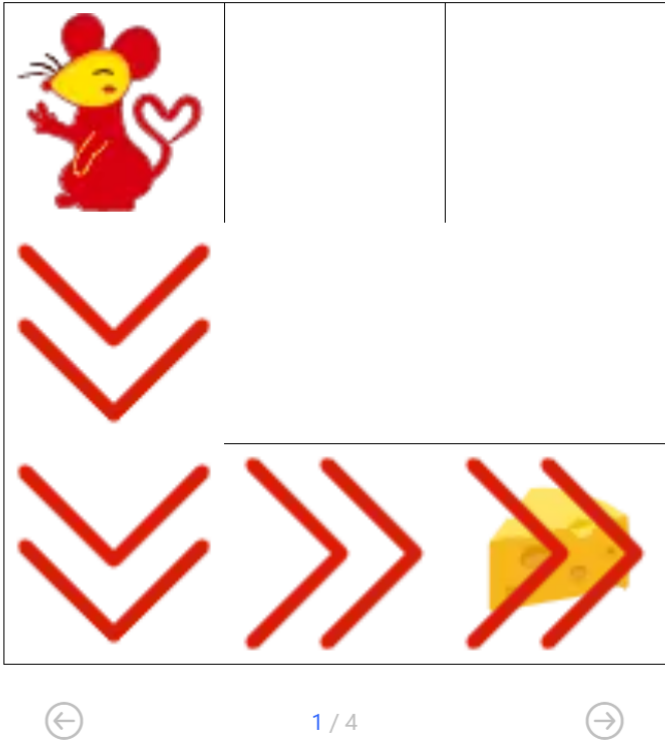
展示迷宫 ▼

测试点	状态	时长	结果
测试强化学习算法(初级)	✓	1s	恭喜, 完成了迷宫
测试基础搜索算法	✓	1s	恭喜, 完成了迷宫
测试强化学习算法(中级)	✓	1s	恭喜, 完成了迷宫
测试强化学习算法(高级)	✓	1s	恭喜, 完成了迷宫

提交结果

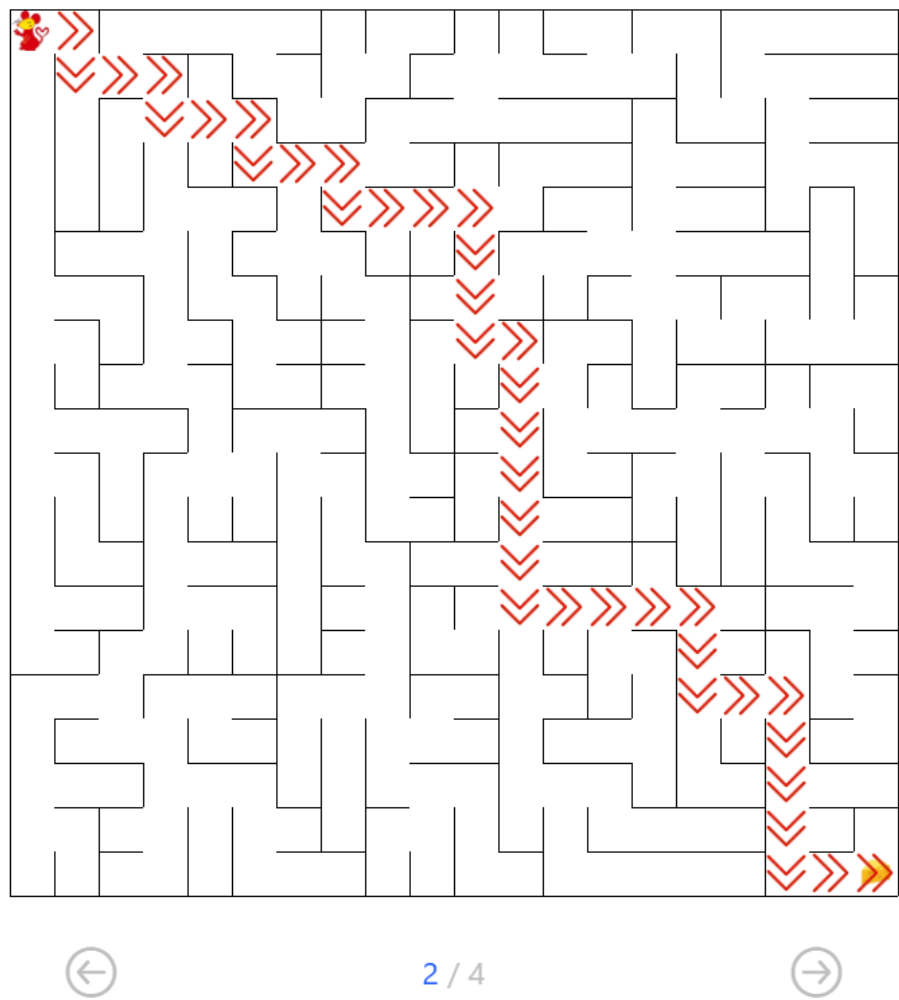
# 样例点1：强化学习level3

强化学习level3 (Victory)



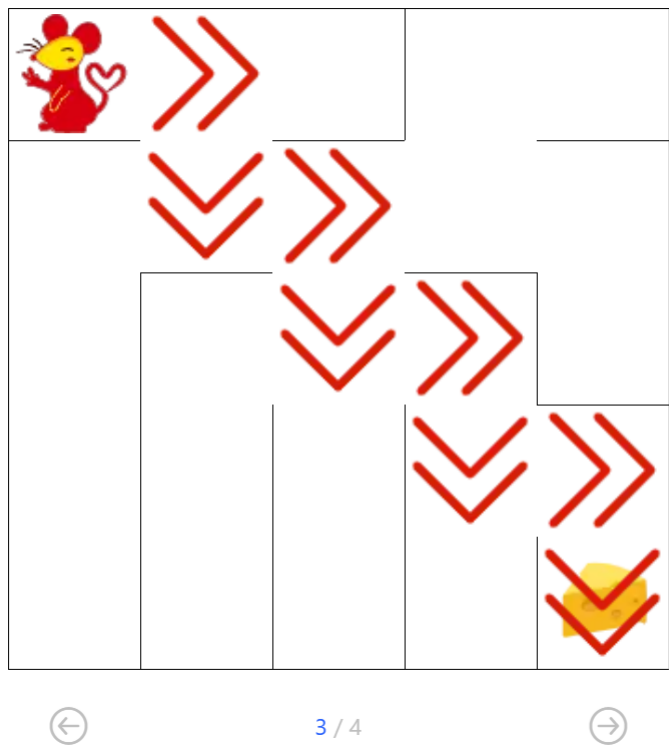
样例点2：基础搜索算法

基础搜索算法 (Victory)



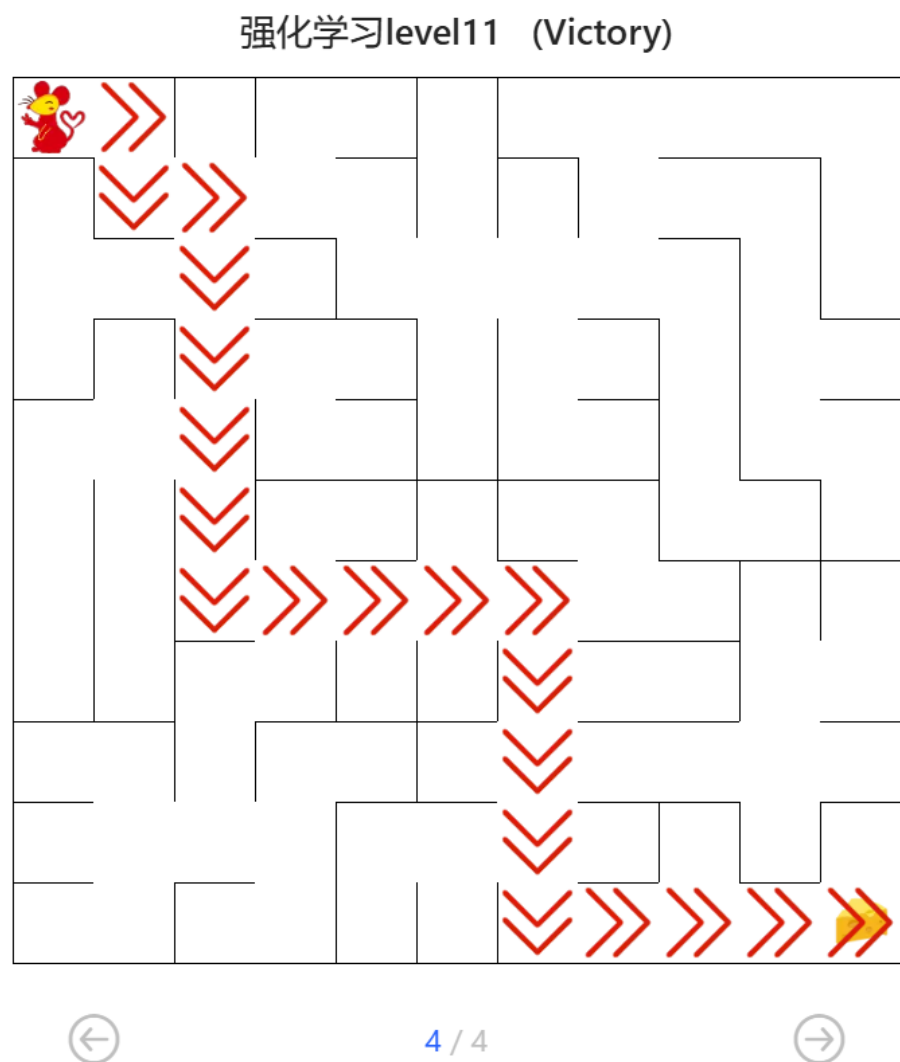
样例点3：强化学习level5

强化学习level5 (Victory)





## 样例点4：强化学习level11



从上面的四个样例可以看出，我们成功地完成了我们的测试，而且用时较短，正确率高，该实验就圆满完成了，也就是说《人工智能导论》的实验就全部结束了！完结撒花~

## 五、总结

本次实验的各项指标都达到了我们的预期水平，从基础搜索算法到我们的 $QLearning$ ，都很好地实现了我们的目标，都通过了系统的测试。

当然，我们也可以对其进行一定的改进，比如说，对于基础搜索算法部分，我们可以使用其他的一些搜索算法，比如说 $A^*$ 算法、 $BFS$ 算法等等来进一步优化我们的性能。对于第二部分的 $DQN$ ，我们可以使用我们的双向 $DQN$ 算法等来进行进一步的优化。当然，我们还可以通过调整我们的参数来实现性能的优化，但是可能会有一些不确定因素，使得我们的训练结果不太相同。

遇到的最大的问题就是，我们的 $DFS$ 算法在找到路径后就会停止我们的算法，这可能会导致我们找不出我们的最优路径，在面对复杂的迷宫的时候可能会绕远路甚至失败。当然，对于大规模的迷宫的解决，可能会有很大的计算量。