

---

# 作业 1：蒙特卡洛树搜索

---

清华大学软件学院  
软件工程探索与实践（人工智能板块），2023 年春季学期

## 1 介绍

本次作业需要提交说明文档（PDF 形式）和 Python 的源代码。注意事项如下：

- 本次作业满分为 100 分。
- 作业按点给分，因此请在说明文档中按点回答，方便助教批改。
- 请不要使用他人的作业，也不要向他人公开自己的作业，否则将受到严厉处罚，作业分数扣至-100（即倒扣本次作业的全部分值）。
- 统一文件的命名：{学号}\_{姓名}\_hw1.zip

## 2 MCTS

在本题中，你将使用 MCTS 搜索得到井字棋（Tic-Tac-Toe）的最优策略，并且与随机策略和 AlphaBeta 搜索得到的策略相比较。本题需要完成以下内容，提交代码和实验报告，代码见 `./code`。

1. 补充 MCTS 类中的 `search` 函数，实现 MCTS 算法。
2. 适当修改 `train.py`，在  $3 \times 3$  棋盘上完成 MCTS 算法的训练，并使用 `eval.py` 对比 MCTS 算法与随机策略，MCTS 算法与 AlphaBeta 算法的效果。
3. 绘制在  $3 \times 3$  棋盘上 MCTS 算法对阵 AlphaBeta/Random 算法随自我对弈局数的先后手不败率折线图。要求至少使用 3 个不同的 C 值，自我对弈局数至少为 500 局，对结果做适当的分析。
4. 在  $3 \times 4$  棋盘（仍然规定三子连珠获胜）上使用 MCTS 算法自我对弈 2000 局，保存参数。重新载入参数，用 MCTS 对阵 AlphaBeta/Random 算法，汇报先手和后手的胜率。

**提示：**

1. 动手之前，请仔细阅读代码中的注释，确保你已了解问题定义和代码框架。请尽量不要修改代码中未要求修改的部分，如确有必要请与助教沟通。
2. 你可以解除 `eval.py` 中位于 86 行和 88 行的注释以获取可视化结果，向 `single_match` 函数传入 `display=True` 将会打印棋盘。

3. 你可以解除 `eval.py` 中位于 91-93 行的注释与你实现的 MCTS 算法对弈。
4. 本次作业的代码量约为 50 行，请确保你的代码拥有高可读性与可复用性，以减小自己之后的工作量。
5. 调用 `MCTSPlayer` 中的 `train()` 函数会将 MCTS 策略置入训练状态，在每次决策前先做 `n_playout` 次搜索（同时会更新参数），调用 `eval()` 函数会将 MCTS 策略置入评测状态，直接使用之前储存的策略进行决策。MCTS 自我对弈训练时应当使用训练状态，固定参数对弈测试时应该使用评测状态。
6. MCTS(以及 `MCTSPlayer`) 的 `save_params()` 函数可将所有参数保存至文件，`load_params()` 函数则可以读取保存的参数。

### 3 AlphaZero：准备工作

我们的期末大作业是使用 AlphaZero 框架实现一款规则简单的棋类游戏（暂定围棋）智能体，本次作业是期末大作业的 MCTS 模块。AlphaZero 的训练过程是将神经网络嵌入 MCTS，由于我们课程还没有讲到神经网络部分，本次作业中的 MCTS 不会涉及到状态价值评估与先验概率。但是为了确保在之后的作业中可以零成本复用这一次的代码，你可以简单阅读一下 AlphaZero 的原论文<sup>1</sup>和补充材料<sup>2</sup>，其中与本次作业内容较为相关的部分是补充材料 P14-P15 中“为何使用 MCTS”与“MCTS 的实现细节”。请在完成阅读后在实验报告中回答以下问题

1. 为什么 AlphaZero 使用了 MCTS 而不是 AlphaBeta 作为搜索主干？
2. AlphaZero 中使用的基于 PUCT (Polynomial Upper Confidence Tree) 的 MCTS 与我们课程中基于 UCT (Upper Confidence Tree) 的 MCTS 有什么区别？

---

<sup>1</sup><https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar6404>

<sup>2</sup>[https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aar6404/suppl\\_file/aar6404-silver-sm.pdf](https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aar6404/suppl_file/aar6404-silver-sm.pdf)