

五子棋 AI 实验报告

徐煜森 PB16110173

本报告包含：五子棋 AI。

一. 实验环境

本次实验所有代码均在 Windows 10 系统下使用 Visual Studio 2017 完成。若需要编译源代码可以使用以下两种方法之一：

1. （推荐）使用 Visual Studio（版本最好大于等于 2017）创建与源代码同名的 Visual C++ 项目 -> Windows 控制台应用程序，将源代码导入；修改项目属性 -> C/C++ -> 在预处理器定义中添加一行参数 `_CRT_SECURE_NO_WARNINGS`，之后即可完成编译。
2. 在源代码中删除 Visual C++ 预编译头 `#include "stdafx.h"` 之后在 Windows 系统下使用任意 C++ 编译器编译源代码。

注意：

1. 因为在源代码中使用了 `system` 函数，所以可能无法在 Linux 系统中编译。
2. Visual C++ 默认不允许使用 C 中不安全的库函数，因此需要按照上述步骤添加参数 `_CRT_SECURE_NO_WARNINGS`，来禁止编译时的警告。

与源代码一起提交的可执行文件（.exe 文件）可以在 Windows 系统下运行。

二. 实验输入输出说明

本实验采用控制台进行输入输出。其中输出包含各类提示和当前棋盘情况，玩家在看到“请输入落子位置”的提示后，输入落子坐标，坐标包括一个行坐标一个列坐标，表示玩家落子位置，坐标之间使用空格分隔。

输入示例：

```
玩家的回合
0表示空，1表示黑棋，2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . . . . . . . . . .
G . . . . . . . . . . . . . . .
H . . . . . . . 1 . . . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . . .

-----
请输入落子位置
G 6
```

输出示例：

```
D:\Study\人工智能基础\lab\lab1\Gobang\Release\Gobang.exe
AI执黑先行
局面效用值越高越利于Ai，越低越利于玩家

Ai的回合
0表示空，1表示黑棋，2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . . . . . . . . . .
G . . . . . . . . . . . . . . .
H . . . . . . . . . . . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在H 7
当前局面效用值:7

玩家的回合
0表示空，1表示黑棋，2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . . . . . . . . . .
G . . . . . . . . . . . . . . .
H . . . . . . . 1 . . . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . . .

-----
请输入落子位置
G 6
玩家落在G 6
当前局面效用值:1
```

游戏开始后会输出提示，之后每个回合都会输出当前是哪方的回合、棋盘状态、落子位置和落子后的效用值。输出落子后的效用值可以帮助玩家判断局势和提升棋力。

三. 算法与评估函数

1. 算法分析

本次实验主体算法为 Alpha Beta 剪枝搜索算法。我实现的搜索有三层：第一层为 Max 层，AI 搜索每种落子位置并选出效用值最大的位置落子；第二层为 Min 层，AI 搜索玩家每种可能的落子位置，并假定玩家选取效用值最小的位置落子；第三层为效用值层，评价当前棋局的效用值。

Alpha Beta 剪枝的主要思想是通过记录当前搜索结果中最大效用值 Alpha 和最小效用值 Beta 来减少搜索次数。因为 Min 节点一定会选取效用值最小的策略，而 Max 节点一定选取效用值最大的策略：当 Min 节点遇到一个效用值小于 Alpha 的策略时就可以知道，它上层的 Max 节点一定不会选取到它的策略，因此可以剪枝来减少搜索次数；同样对 Max 而言，当它遇到一个效用值大于 Beta 的策略时，它上层的 Min 节点一定不会选取到它的策略，因此也可以剪枝。

Alpha Beta 剪枝算法在本实验中的作用就是减少搜索次数，从而加快 AI 计算速度。本次实验第一层 Max 层和第二层 Min 层都会遍历所有可以落子的位置，来找出最优的策略。若朴素地进行搜索，而不使用剪枝，搜索速度会变得很慢，可能无法在一回合的限时内完成搜索，另外也会让玩家的体验变差，使玩家抗拒与 AI 下棋。

2. 评估函数

本次实验对评估函数的设计源自于五子棋的各类棋型。首先介绍五子棋的几个基本棋型：

- a) 连五：五个同色棋子连在一起，获胜。
- b) 活四：四个同色棋子连在一起，且有两个连五点（即有两个点可以下，形成连五），下一回合获胜。
- c) 冲四：四个同色棋子连在一起，且只有一个连五点。
- d) 活三：可以形成活四的三个连在一起的同色棋子。
- e) 眠三：只能形成冲四的三个连在一起的同色棋子。
- f) 活二：可以形成活三的两个连在一起的同色棋子。
- g) 眠二：只能形成眠三的两个连在一起的同色棋子。
- h) 死四：两头都被封堵的四个连在一起的同色棋子。
- i) 死三：两头都被封堵的三个连在一起的同色棋子。
- j) 死二：两头都被封堵的两个连在一起的同色棋子。

接下来就是为各个棋型设置得分：

```
24      // Evaluating
25      #define CHANGLIAN 50000
26      #define HUOSI 1000
27      #define CHONGSI 500
28      #define HUOSAN 300
29      #define HUOER 150
30      #define MIANSAN 100
31      #define MIANER 50
32      #define SISI -5
33      #define SISAN -5
34      #define SIER -5
```

连五（长连）被设置为 50000 分，远超其他各个棋型，目的是使 AI 不放过每个胜利的机会，同时也对玩家的可能胜利的情况进行封堵。活四、冲四、活三、眠三、活二、眠二的得分依次递减，指引 AI 下出更容易胜利的棋型。将死四、死三、死二的分数被设置为-5，指引 AI 尽量少使自己的棋型被封堵，同时有尽量多去封堵玩家的棋型。死棋设置的负分绝对值小于活棋，通过这种设置来鼓励 AI 以进攻为主，因为五子棋先手优势很大，AI 不断进攻更容易较快取胜。

值得注意的是在计算棋局的效用值时，也要考虑落子位置所带来的收益，落在靠近棋盘中心的位置得分应该更多，我设置的落子位置得分如下：

```

46 //位置重要性价值表,此表从中间向外,越往外价值越低
47 int PosValue[row][col] =
48 {
49     { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },
50     { 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0 },
51     { 0, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 0 },
52     { 0, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 1, 0 },
53     { 0, 1, 2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3, 2, 1, 0 },
54     { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 2, 1, 0 },
55     { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6, 6, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 },
56     { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 6, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 },
57     { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6, 6, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 },
58     { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 2, 1, 0 },
59     { 0, 1, 2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3, 2, 1, 0 },
60     { 0, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 1, 0 },
61     { 0, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 0 },
62     { 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0 },
63     { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 }
64 };

```

最终，计算分别两位玩家的得分时遍历每个友方棋子，从每个方向判断出棋型，将得分累加，注意：相同棋子同方向构成的棋型仅取得分最大的棋型累加。使用 AI 得分减去玩家得分作为棋局的效用值。

四. 实验结果与分析

展示我与 AI 对弈一局的过程:

[illegible]

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
B   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
C   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
D   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
E   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
F   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
G   .   .   .   .   .   2   .   .   .   .   .   .   .   .
H   .   .   .   .   .   1   .   .   .   .   .   .   .   .
I   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
J   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
K   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
L   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
M   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
N   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
O   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
Ai落在G 7
当前局面效用值:157

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
B   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
C   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
D   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
E   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
F   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
G   .   .   .   .   .   2   1   .   .   .   .   .   .   .
H   .   .   .   .   .   1   .   .   .   .   .   .   .   .
I   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
J   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
K   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
L   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
M   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
N   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
O   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .

-----
请输入落子位置
F 7
玩家落在F 7
当前局面效用值:-98
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
B   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
C   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
D   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
E   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
F   .   .   .   .   .   .   2   .   .   .   .   .   .   .
G   .   .   .   .   .   2   1   .   .   .   .   .   .   .
H   .   .   .   .   .   1   .   .   .   .   .   .   .   .
I   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
J   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
K   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
L   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
M   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
N   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
O   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
Ai落在H 6
当前局面效用值:208

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
B   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
C   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
D   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
E   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
F   .   .   .   .   .   .   2   .   .   .   .   .   .   .
G   .   .   .   .   .   2   1   .   .   .   .   .   .   .
H   .   .   .   .   .   1   1   .   .   .   .   .   .   .
I   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
J   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
K   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
L   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
M   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
N   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .
O   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .   .

-----
请输入落子位置
F 8
玩家落在F 8
当前局面效用值:-97
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . . 2 2 . . . . .
G . . . . . . 2 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在G 8
当前局面效用值:109

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . . 2 2 . . . . .
G . . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
-----
请输入落子位置
F 9
玩家落在F 9
当前局面效用值:-196
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . . 2 2 2 . . . . .
G . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在F 6
当前局面效用值:159

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . 1 2 2 2 . . . . .
F . . . . . 2 1 1 . . . . .
G . . . . . 1 1 . . . . .
H . . . . . . . . . . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
-----
请输入落子位置
F 10
玩家落在F 10
当前局面效用值:-245
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . . . . . . . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 . . . .
G . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在F 11
当前局面效用值:263

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . . . . . . .
E . . . . 3 . . . . . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . .
G . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
-----
请输入落子位置
E 8
玩家落在E 8
当前局面效用值:-41
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . 2 . . . . .
E . . . . . . . 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . .
G . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在D 9
当前局面效用值:412

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . 1 . . . . .
D . . . . . . . 2 1 . . . . .
E . . . . . . . 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . .
G . . . . . 2 1 1 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
-----
请输入落子位置
G 10
玩家落在G 10
当前局面效用值:58
```



```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . 1 . . . . .
E . . . . . . 2 2 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . . .
G . . . . . 2 1 1 . 2 . . . . .
H . . . . . 1 1 . . 1 1 . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在H 8
当前局面效用值:1113

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . 1 . . . . .
E . . . . . . 2 2 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . . .
G . . . . . 2 1 1 . 2 . . . . .
H . . . . . 1 1 1 . 1 1 . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .

-----
请输入落子位置
H 9
玩家落在H 9
当前局面效用值:-42
```

```
Ai的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . 1 . . . . .
E . . . . . . 2 2 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . . .
G . . . . . 2 1 1 . 2 . . . . .
H . . . . . 1 1 1 2 1 1 . . . .
I . . . . . . . . . . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .
Ai落在I 9
当前局面效用值:913

玩家的回合
0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
A . . . . . . . . . . . . . .
B . . . . . . . . . . . . . .
C . . . . . . . . . . . . . .
D . . . . . . . . 1 . . . . .
E . . . . . . 2 2 2 . . . . .
F . . . . . 1 2 2 2 2 1 . . . .
G . . . . . 2 1 1 . 2 . . . . .
H . . . . . 1 1 1 2 1 1 . . . .
I . . . . . . . . 1 . . . . .
J . . . . . . . . . . . . . .
K . . . . . . . . . . . . . .
L . . . . . . . . . . . . . .
M . . . . . . . . . . . . . .
N . . . . . . . . . . . . . .
O . . . . . . . . . . . . . .

-----
请输入落子位置
E 5
玩家落在E 5
当前局面效用值:409
```

Ai的回合

0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
E	.	.	.	.	.	2	.	.	2	2	2	.	.	.	.
F	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	2	1	.	.	.
G	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	2	.	.	.	.
H	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	1	1	.	.	.
I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
J	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
L	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Ai落在J 10

当前局面效用值:49963

Ai的回合

0表示空, 1表示黑棋, 2表示白棋

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
E	.	.	.	.	.	2	.	.	2	2	2	.	.	.	.
F	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	2	1	.	.	.
G	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	2	.	.	.	.
H	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	1	1	.	.	.
I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
J	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
L	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

AI Wins!

请按任意键继续. . .

从对弈过程中可以看出 AI 的棋力要大于我。我在对局中首先发起进攻，落子（G，10），形成活三、眠三加活二的攻势，随后 AI 落子（H，11）轻松瓦解我的进攻，也为之后的胜局奠定基础。此后，我落子（E，9）形成活三加活二的新攻势，而 AI 没有管我的进攻，直接落子（H，8）时形成冲四加双活三的无解局面，此时 AI 已经锁定胜局。

通过本次实验我的棋力也有所提高，设计出评估函数需要对各个棋型的了解，现在我已可以大致判断局势和落子位置的优劣。不过从上述对弈过程可以看出，我目前的进攻仍然是贪心策略，即选择对我最有利的一步，而没有清晰的大局观，之后会通过不断的与 AI 对弈继续提高我的棋力。

五. 思考题

1. 思考搜索的深度对 AI 的决策效率有何影响？如何利用搜索深度提高 AI 的智能程度？

思考的深度越深，AI 决策效率就越低，本次实验中搜索深度达到五层时，AI 大概需要接近一分钟才能做出决策。

提高搜索深度理论上可以提高 AI 的智能程度，但是本次实验中发现，在搜索深度四或五层时，AI 反而会做出一些不利的策略，比如当出现连四时下一回合没有连五。推测这样的结果与我的效用值计算有关，应该为进攻得分和防守得分

赋予合适的权重，使得 AI 更倾向于进攻，并仅做必要的防守。

若设置的搜索深度过深，AI 的表现可能反而会下降，因为玩家不一定能做出 AI 搜索得到的玩家最优解。故搜索深度应该与玩家的思考习惯对应，若玩家习惯于思考两步并做出最优选择，则 AI 的搜索深度应该设置为三层。这样可以最大化的克制玩家。

2. Alpha-Beta 剪枝法在减枝过程搜索效率与节点的排列顺序有很大关系。

思考是否可以改进剪枝策略提高决策速度？

可以优先搜索与其他棋子相连的空格子，然后再向棋盘边缘扩展，因为落子在与其它棋子相连的空格子，最有可能成为剪枝过程中遇到的最大值或最小值，若提前搜索这些格子会使剪枝效率增加很多。

3. 思考是否有方法实现 AI 的自学习能力，让 AI 不在相同的地方犯错？本题只需要给出思路，不需要具体实现。

可以使用深度学习的方法，使用卷积神经网络提取棋盘的信息，为 AI 的错误设置惩罚函数，在 AI 犯错后触发惩罚函数增加，神经网络不断迭代至收敛后，就可以避免 AI 在相同地方犯错。

六. 实验小结

本次实验十分有趣，为本次实验我系统地学习了五子棋的基础知识，也不断与自己或同学的 AI 对弈，加深对五子棋的理解，提高了自己的棋力。

七. 参考链接

[1]. https://tieba.baidu.com/p/2180847383?red_tag=2497412678