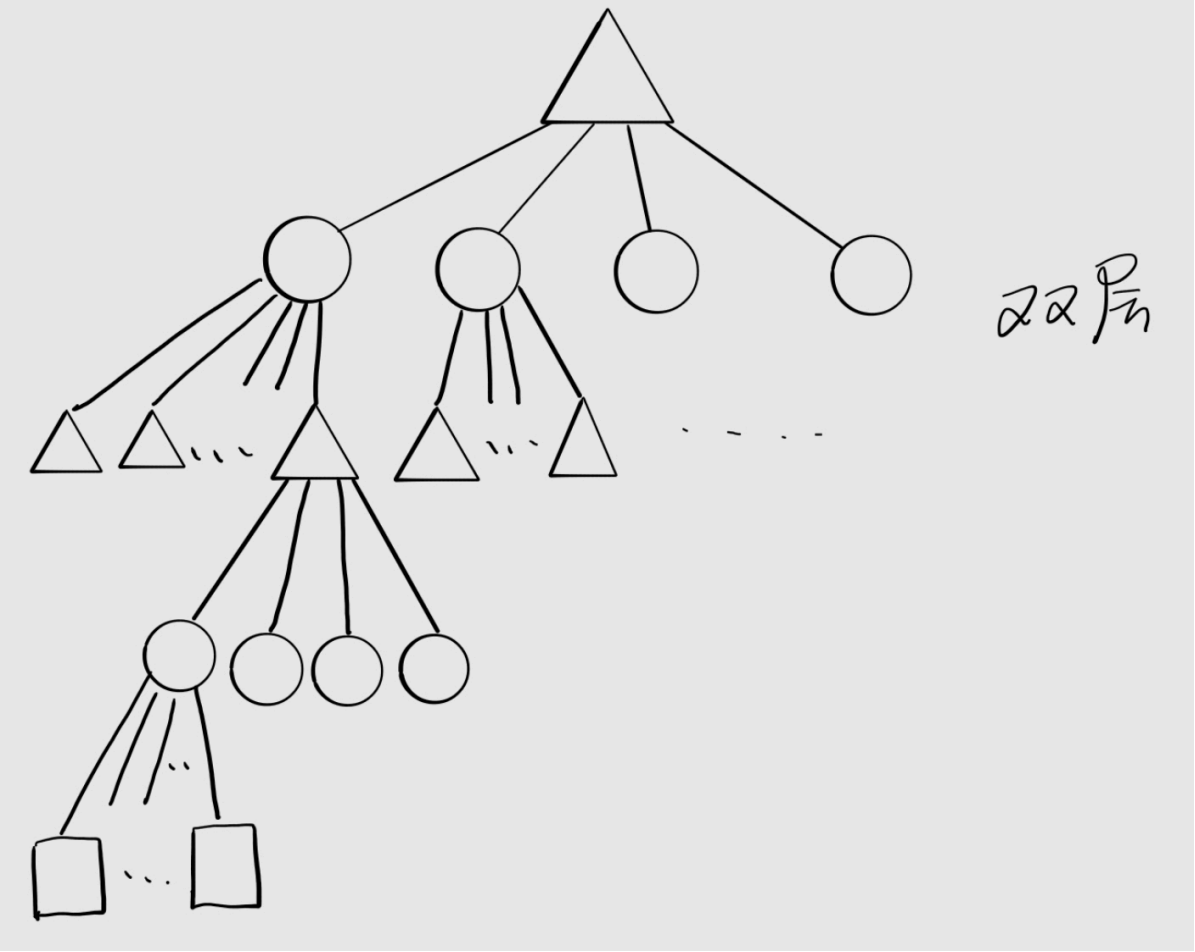
Report for Lab03

Expectimax

代码实现及重点说明

首先整体结构如下图所示：**正三角**代表 *agent-controlled states*，需要选取子节点的**最大**效用值；**圆形**代表 *chance states*，需要计算所有分支的效用**期望**值；正方形代表 *terminal states*，使用**启发式进行估计**，可能是因为*到达最大层数限制*，也可能是因为*达到游戏结束状态，不再有可以采取的行动*



以下为具体代码设计：

```
class ExpectimaxAgent(BaseAgent):
    def __init__(self, game, ui, max_depth=2, heuristic=exp_heuristic):
        super().__init__(game, ui)
        self._max_depth = max_depth
        self._heuristic = heuristic

    def _get_action(self):
        current_state = self._game.get_state()
        possible_actions = self._game.get_valid_actions()
        best_action = None
        best_value = -float('inf')

        for action in possible_actions:
            game_clone = copy.deepcopy(self._game)
            game_clone.set_state(current_state)
            game_clone.set_action(action)
```

```
            game_clone.forward_player_only()
            # 计算期望值（进入Expect层）
            action_value = self.expectimax(game_clone, self._max_depth-1, False)
            if action_value > best_value:
                best_value = action_value
                best_action = action
        return best_action

    def expectimax(self, game, depth, is_max_player):
        # 终止条件：达到深度或游戏结束
        if depth == 0 or game.is_game_over()[0]:
            return self._heuristic(game.get_state())

        if is_max_player:
            # Max玩家层
            max_value = -float('inf')
            for action in game.get_valid_actions():
                new_game = copy.deepcopy(game)
                new_game.set_action(action)
                new_game.forward_player_only()
                # 进入Expect层（depth保持不变,因为初始化的max_depth指的是Max层数）
                value = self.expectimax(new_game, depth, False)
                max_value = max(max_value, value)
            return max_value
        else:
            # 期望层
            successors = game.get_valid_successors()
            expected_value = 0.0

            for state, prob in successors:
                new_game = copy.deepcopy(game)
                new_game.set_state(state)
                # 进入Max层（depth减1）
                value = self.expectimax(new_game, depth-1, True)
                expected_value += prob * value
            return expected_value
```

代码中的核心思路及重点语句已通过注释说明，这里不再赘述

实验结果分析

通过修改上一节中代码 `ExpectimaxAgent` 类初始化函数中 `max_depth` 变量的缺省值可以进行不同深度 Expectimax 算法的实验，层数1-3的实验结果及分析如下：

显然，随着 Expectimax 层数增加，成功在2048游戏中达到256的概率是逐渐升高的，这与理论预期相符

但在实验过程中也发现，随着使用的 Expectimax 层数增加，程序选择每一步行动所花的时间越来越长：当最大深度为1或2时，进行100次游戏只需要10-30s，而当最大深度为3时，进行100次游戏花费了将近1h。这是因为 Expectimax 的层数越多，反映在代码实现中就是 `expectimax` 函数递归次越深、调用 `copy.deepcopy()` 这一及其消耗算力的函数次数越多，从而导致运行缓慢、耗时增加