基于扑克牌游戏的概率学问题研究及可行性策略应用

摘要：本文基于编程语言（Python 3.8），在集成编译环境（PyCharm 2019.3.3）中，编写炸金花的游戏环境，创建 AI 玩家，对炸金花游戏进行模拟，研究炸金花中的概率学问题其中蕴含的数学原理。运用概率学的知识，并且以得出的结论指导在游戏中不同局势下不同策略的应用。结合概率学结论的基础上，游戏的参与者的各方面的性格倾向性对于游戏走向的影响也将被研究，用以指导玩家在炸金花游戏中进一步避免劣势，扩大优势。

关键词：计算机模拟，概率学，数学模型，扑克牌游戏

Abstract: This paper is based on the study of a certain poker game, which is called Golden Flower in Chinese. The whole game environment, which include poker creation, AI players simulation, automatic game steps, is performed by the programming language (Python 3.8), in the Integrated Development, Environment (PyCharm 2019.3.3). The theory of possibility is applied to guide the selection of wise strategies in different situation. The various character tendency of game players, which is in connection with the final result of games, is also studied. As a result, players can be guided to avoid disadvantages and extend advantages.

Keyword: computer simulation, theory of probability, Math module, poker game

第 1 章　引言

炸金花是我国一项拥有广泛受众的传统多人扑克牌游戏，国外亦有不同程度上的变种。抛开其赌博成分不谈，炸金花本身的游戏规则以及游戏过程即拥有多角度的值得研究之处。

在阅读前人的研究成果及先关文献的过程中，本文具体的研究方向经历了两次变化。研究之初，借助编程语言搭建一个可供多人在线进行炸金花游戏的平台的搭建曾一度被提上议程，但是由于前人在此方面的研究过于丰富，如果这个方向被继续研究下去，最大的成果也只能是用一种独创的方法，创建一个已经全面实现且投入使用的产品，难以在创新性发面突破，于是此课题被否决。后来，受到前几年曾火热一时的 AlphaGo 与棋手柯洁的围棋大战的启发，创建一个一位真实玩家与多位进行调试过的 AI 玩家进行炸金花比赛，最终剩余虚拟筹码数量最多的玩家获胜的游戏，这样的研究的方向也曾被考虑，但炸金花游戏与围棋的差异性问题，即炸金花游戏存在一定程度上的运气成分，而不具有围棋的仅仅比较双方选手的实力这一特性。而正是由于这一特性，即使创造出优异的算法成功战胜人类，也不具有普遍的说服力。同时，一旦某一实验需要人的参与，这项实验即不具有重复大量实验的可能。因此这一选题也必须修改。最终，确定了现在这个选题，不需要人类的参与，通过计算机自身的运行来发现问题，解决问题的过程。这三个选题演变的过程本质上是，减少人为参与而保证计算机程序运行纯粹性的进步。

炸金花的游戏过程中蕴含丰富的数学知识，尤其是概率学有关方面的知识，利用编程语言重复多次的模拟特性，可以得出大量可靠的实验结果，最终揭示其中的一般性数学原理，从而得出在炸金花游戏过程中应当根据场上的局势或者自己的手牌采取的策略。同时，另一种现象在炸金花的游戏过程中也会被注意到，即某一类玩家在多局游戏之中，往往采用相似的策略，或者在每局游戏中表现出相同的举动倾向，这背后是玩家性格倾向对于决策的影响。对于这个问题，本课题主要聚焦于玩家的两大属性：勇敢程度，盲人倾向。而这些倾向的不同表现会不会在不同人数的游戏局中，呈现不同的影响，也是值得模拟的问题。其中，将同样借助编程语言实现重复大量的随机试验进行研究。本文的研究课题在揭示一般数学规律的同时，研究结果对于降低某一类玩家性格倾向在炸金花游戏中的固有劣势，或者突出某一类玩家性格倾向在游戏中的天生优势，具有启发意义。更是提供一种思路，在任何能够转化为数学模型的人类活动中，都具有通过大量模拟实验寻得最优策略的可能。

第 2 章　炸金花游戏规则及编程思路

2.1 关于游戏规则的说明

正如引言中所提及，炸金花游戏在各地都有规则有细微差别的变种，对于游戏的名称也叫法不一，但基本规则大致共通，游戏采用的策略或对于玩家的考验也基本一致。炸金花有五张牌和三张牌的版本差别，在本课题中，统一规定为三张牌的版本，使得论证过程简介且不失一般性。因此，在本课题下，虽然规定了某一具体的炸金花玩法，只是出于编程及数学研究的需要，对于其他炸金花玩法都具有实用性以及启发意义。

2.2 游戏规则

2.2.1 基本名词解析

（1）一局游戏：指给每位玩家重新发一次牌，即为一局游戏的开始。

（2）一轮：指每局中所有尚未离场的玩家采取一次行动。

（3）虚拟筹码：用于游戏中进行下注的数值，是对于玩家运气与实力的综合体现。

（4）基本筹码：指“明眼人”跟牌所需的虚拟筹码，初始值为 20 个虚拟筹码，会受到玩家“加倍”行为的影响。

（4）“盲人”：指尚未得知自己手牌内容的玩家。

（5）“明眼人”：与“盲人”相对，指已经得知自己手牌内容的玩家。

2.2.2 游戏流程

（1）在第一局游戏开始前，每人获得等价的虚拟筹码（在本课题的程序中，默认为 500 个）。

（2）一局炸金花游戏开始时，每位玩家获得系统随机发放的三张牌（游戏使用一副扑克牌，且不含大王，小王），同时每个玩家下 10 个筹码称为“底注”。

（3）在每个玩家第一次做出行动之前，保持未看牌的状态。

（4）每一次轮到玩家采取行动时，都可以选择观看牌。在决定是否观看手牌之后，玩家一局自己的状态行动。

（5）第一局游戏从玩家 0 开始行动，之后的每局游戏都从庄家（即为上局游戏的最终赢家）开始采取行动。玩家按照逆时针的顺序，依次采取行动。

（6）玩家采取行动的代价为虚拟筹码，具体消耗的筹码由玩家是否睁眼的状态和场上基本筹码决定。

2.2.3 玩家可以采取的行动

（1）“明眼人”：

①跟牌（费用为基本筹码）。

②加倍（将这局游戏中，之后所有玩家行动要求的基本筹码乘 2，例如，20 个筹码→40 个筹码，

40 个筹码→80 个筹码）。

③与某位玩家开牌（费用为此时基本筹码的两倍），一局游戏中的第一轮无法执行此操作。如果主动开人玩家获胜，则获得被开玩家之前投入的所有筹码，但反之不能获得筹码。其中失败方离场。

④扔牌：直接离场，在本局游戏中将不会有任何其他举动，等待下一局游戏。

（2）“盲人”：

①跟牌。

②和某一位玩家开牌：同“明眼人”。

③“盲人”不能加倍，其他举动的费用均为“明眼人”一半

2.2.4 获胜条件（一局游戏结束条件）

场上只有一名未离场的玩家（可能是其余玩家全部扔牌或者被开离场，或者只剩两名玩家时，在开玩家举动中战胜对方）。

2.2.5 手牌比大小原则

基本原则：豹子牌>同花顺>同花牌>顺子牌>对子牌>单只牌

（1） 豹子牌：即三张牌点数相同。

（2） 同花牌：即三张牌花色相同，两幅同花牌进行比较时，先比较最大的那张牌，再比较次大的那张牌，以此类推。同花顺，既是顺子，也是同花牌。

（3） 顺子牌：A 既可以和 K，Q 组成顺子，也可以和 2,3 组成顺子，前者中 A 算最大的牌，后者中 A 算 1。两幅顺子牌的比较，即比较最大的那张牌。

（4） 对子牌：两幅对子牌先比较构成对子的那张牌，再比较剩下的单只。

（5） 单只牌：比较法则与同花牌一致。

（6） 如果两幅手牌一局上述比较规则，大小一样，则主动来人一方的玩家失败。

（7） 在正式的炸金花游戏中，2，3，5 单只牌组合可以战胜豹子牌（2，3，5 为同花牌时无此功能）。由于在一局游戏中 2,3,5 组合与豹子牌同时在一局游戏中出现的概率为极小，而且，两者成为最后存在的两名玩家的情况更是将可能性降至无限趋近于 0，因此，出于游戏代码简洁性的必要，程序中并没有将此情况纳入考虑之中。

2.3 由游戏规则启发的编程思路

结合游戏规则以及整体的流程，本程序的编写一共分为 3 个模块，4 大类。第 1 模块包含牌类与手牌类。第 2 模块包含 AI 玩家类，第 3 模块包含游戏流程类。

第 3 章　牌模块的代码及数学模型研究

3.1 牌模块的代码及说明

3.1.1 牌类的设计

之前的研究者在开发关于扑克牌游戏时采用如下的设计方法（如图 3-1 所示），即每张扑克牌是一个由花色与点数组成的字符串。

```
def get_shuffled_deck():
    """初始化包括52张扑克牌的列表，并混排后返回，表示一副洗好的扑克牌"""
    # 花色suits和序号
    suits = {'♣', '♠', '♦', '♥'}
    ranks = {'2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', 'J', 'Q', 'K', 'A'}
    deck = []
    # 创建一副52张的扑克牌
    for suit in suits:
        for rank in ranks:
            deck.append(suit + ' ' + rank)
    random.shuffle(deck)
    return deck
```

3-1 通常采用的扑克牌设计[1]

如果存在研发更为面向用户的版本的需要，一张扑克牌的属性不仅仅只有花色与点数两个，例如，会包括这张牌的对应的图片。面向对象编程是最有效的软件编写方法之一，使用类几乎可以模拟任何事物[2]。因此，将牌设计为拥有花色与点数两个类属性的类更为合理，为之后的版本开发提供可能性与便捷性。本课题中的所有 Python 程序中，类名采用驼峰命名法，实例名采用小写格式[2]。具体代码如下：

```
class Poker(object):
    def __init__(self, suit, point):
        self.suit = suit
        self.point = point
        self.point_show = ''
        self.judgeSuit()

    def judgeSuit(self):
        if self.point == 14:
            self.point_show += 'A'
        elif self.point == 13:
            self.point_show += 'K'
        elif self.point == 12:
            self.point_show += 'Q'
        elif self.point == 11:
            self.point_show += 'J'
        else:
            self.point_show += str(self.point)

    def __str__(self):
        return self.suit + self.point_show
```

3.1.2 由牌类生成一副扑克牌

设计完成牌类后，即利用牌类生成一副为炸金花游戏专用的含有 52 张牌的扑克牌(需要提及的是 A 的点数为 14)，包括洗牌的功能，十分简单。作为每局游戏之前都要完成的操作，设计为一个独立的函数，具体代码如下：

```
def CreateAPoker():

all_suit = ['红桃', '方片', '黑桃', '梅花']

all_poker = []
for i in range(2, 15):
    for j in all_suit:
        all_poker.append(Poker(j, i))
random.shuffle(all_poker)
return all_poker
```

3.1.3 由生成的扑克牌列表中的三张牌组成的列表生成一组手牌

由于一组手牌不仅仅是三张牌的简单构成，而且是判断玩家输赢的唯一依据，和影响玩家决策的主要依据。所以，势必要组建一个较为复杂的类，在类的初始化中，实现牌与玩家能够理解的牌的类型进行转换，并且以一个合理的转换标准，将牌转化为一个具体的数字，成为之后设计玩家类中，影响决策的决定性参数。

（1）score 属性：牌的得分，用于接收判断牌的类型，从而进行两幅手牌的比较，也是划分牌的档位的依据。单只牌 0，对子牌 1，顺子牌 2，同花牌 3，同花顺 4，豹子牌 5。

（2）kind 属性：牌的类型，也是就是具体牌的类型的文字表现形式，用于显示输出。

（3）three_card 属性：即三张牌构成的列表。

（4）three_card_point 属性：三张牌分数由大到小构成的列表，用于计算比较牌。

（5）compare_card 属性：比较牌列表，接收三张牌在比较顺序上的点数，作为两幅手牌在类型相同时，比较大小的依据。

（6）total_score 属性：一组手牌的总分，结合 score 属性和 compare_card 属性得出的综合得分。

（7）judgeFlash 方法：用于判断手牌是否属于顺子类的方法。

（8）judgeSize 方法：用于判断手牌属于哪一类型的方法。

（9）judgeScore 方法：用于计算手牌分数的方法，记录在 total_score 属性中。

最初，计算 total_score 属性的公示被设计为：

$$\text{total\_score} = \text{score} \times 档位分 + 每张比较牌的点数之和$$

通过计算可以发现，这样的方法存在一定的问题：在同一档中，比如单只牌，A，4，2 的组合在实际比较中大于 K，Q，10 组合，但是按照最初的计算方式，前者的得分是 20 分，而后者的得分是 35 分，显然是不合理的，同样的情况也出现在对子牌 2,2,A（档位分+16 分）组合与对子牌 3,3,2（档位分+8 分）组合中，因此，应当采用对不同顺位比较牌加权的做法予以区分。考虑到极端情况，设第一比较牌，第二比较牌，第三比较牌的权重值分别为a, b, c，列出方程如下：

$$\begin{cases} 14a+4b+2c>13a+12b+10c \\ 2a+2b+14c<3a+3b+2c \\ a>b>c \end{cases}$$

解此不等式组可得$\begin{cases} a>8b+8c \\ b>c \end{cases}$ 为简化计算取 a=12.5，b=1，c=0.5。取值对于牌的大小的估计并无影响，只要符合不等式，即可正确反映牌的价值。

按照此方法，计算 total_score 属性的公式被修正为：

$$\text{score}\times 档位分+12.5\times 第一比较牌点数+第二比较牌点数+0.5\times 第三比较牌点数$$

权重值的修正是为了确保每一档内的牌大小有序，档位分是为了保证各档之间，不会出现越级现象，因此档位分为前一档的最大值与后一档最小值之差的最大值，按照如下方法计算：

单只牌：最大牌 A，K，J 转换为$12.5\times 14+13+11\times 0.5=193.5$ 分；

对子牌：最小牌 2,2,3 转换为$12.5\times 2+2+0.5\times 3=28.5$ 分；

对子与单只档位差： $193.5-28.5=165$ 分

最大牌 A，A，K 转换为$12.5\times 14+14+13\times 0.5=195.5$ 分；

顺子牌：最小牌 A,2,3（A 在这种特殊情况下，点数被修正为 1）

转换为$12.5\times 3+2+0.5\times 1=40$分，

对子牌与单只牌档位差：$195.5-40=155.5$ 分

最大牌 A，K，Q 转换为$12.5\times 14+13+12\times 0.5=194$ 分

同花牌：最小牌 5,3,2 转换为$12.5\times 5+3+0.5\times 2=66.5$ 分

同花牌与对子牌档位差：$194-66.5=127.5$ 分

最大牌同单只牌一致，为193.5 分

同花顺牌：最小牌、最大牌与顺子牌一致分别为40分，194 分

同花顺牌与顺子牌档位差为$193.5-40=153.5$ 分

豹子牌：最小牌为 2,2,2，转换为$12.5\times 2+2+0.5\times 2=28$ 分

同花顺牌与豹子牌档位差为$194-28=166$ 分

综合上述计算，档位分应当大于档位分的最大值，即 166 分，即可保证各档的牌的分值不会超过后一档牌。所以，选取 167 分。

最终，进过修正的计算 total_score 属性的公式为：

$$\text{score}\times 167+12.5\times 第一比较牌点数+第二比较牌点数+0.5\times 第三比较牌点数$$

按照此公式，最小手牌为 5, 3, 2 转换为$12.5 \times 5 + 3 + 0.5 \times 2 = 66.5$ 分，最大手牌为 A, A, A，转化为$5 \times 167 + 12.5 \times 14 + 14 + 0.5 \times 14 = 1031$分，其余所有手牌组合都分布在此区间内。

手牌类代码具体如下：

```
class HandCard(object):
    def __init__(self, three_cards):
        self.score = 0
        self.kind = ''
        self.three_cards = three_cards
        self.three_cards_point = [three_cards[0].point, three_cards[1].point,
three_cards[2].point]
        self.three_cards_point.sort(reverse=True)
        self.total_score = 0
        self.compare_card = [0, 0, 0]
        self.judgeSize()
        self.judgeScore()

    def judgeFlash(self):
        if max(self.three_cards_point) - min(self.three_cards_point) == 2 and
len((set(self.three_cards_point))) \
                == len(self.three_cards_point):
            return max(self.three_cards_point)
        elif 2 in self.three_cards_point and 3 in self.three_cards_point and 14 in
self.three_cards_point:
            return 3
        else:
            return 0

    def judgeSize(self):
        if self.three_cards_point[0] == self.three_cards_point[2]:

            self.kind += '豹子'

            self.score = 5

        elif self.three_cards[0].suit == self.three_cards[1].suit == self.three_cards[2].suit:

            self.kind += '同花'

            self.score = 3

            if self.judgeFlash():

                self.kind += '顺'

                self.score = 4

        elif self.judgeFlash():

            self.kind += '顺子'

            self.score = 2
```

```
        elif len((set(self.three_cards_point))) != len(self.three_cards_point):

            self.kind += '对子'

            self.score = 1

        else:

            self.kind += '单只'

            self.score = 0

    def judgeScore(self):
        if self.judgeFlash() == 3:
            self.compare_card[0] = 3
            self.compare_card[1] = 2
            self.compare_card[2] = 1
        elif self.score == 1 and self.three_cards_point[0] != self.three_cards_point[1]:
            self.compare_card[0] = self.three_cards_point[1]
            self.compare_card[1] = self.three_cards_point[2]
            self.compare_card[2] = self.three_cards_point[0]
        else:
            self.compare_card[0] = self.three_cards_point[0]
            self.compare_card[1] = self.three_cards_point[1]
            self.compare_card[2] = self.three_cards_point[2]
        self.total_score = self.score*167 + 12.5*self.compare_card[0] + self.compare_card[1] +
0.5*self.compare_card[2]

    def __str__(self):

        return f'{self.three_cards[0]} {self.three_cards[1]} {self.three_cards[2]},是一幅

{self.kind}牌，总计{self.total_score}分'
```

3.1.4 比较两幅手牌的大小

根据前文设置的手牌类属性，存在两种方法可以比较出两组手牌的大小。

方法一：直接比较两组手牌的 total_score，经过前文的参数修正，根据炸金花规则大的手牌即拥有较大的 total_score 值。

方法二：先比较两幅手牌的 score 属性，score 属性大的即在类型上胜过第二幅牌。在两幅手牌 score 属性相同时，继续比较两者的第一比较牌，第二比较牌，第三比较牌，最后决出胜者。由于第二种方法在计算过程中符合人类炸金花游戏时，比较两组牌大小的思维模式，因此，在本课题中采用了第二种方法。具体代码如下：

```
def compareHandCard(hand_card_one, hand_card_two):
    if hand_card_one.score > hand_card_two.score:
        return 1
    elif hand_card_two.score > hand_card_one.score:
        return 0
```

```
    else:
        for i in range(3):
            if hand_card_one.compare_card[i] > hand_card_two.compare_card[i]:
                return 1
            elif hand_card_one.compare_card[i] < hand_card_two.compare_card[i]:
                return 0
            else:
                continue
    return 1
```

3.2 炸金花游戏发牌模拟引出的数学现象

3.2.1 发牌的基本数学元素及意义

在 3.1 部分中，每副手牌的大小被转化为相应的分值，为研究牌的大小以及数值的分部提供了标准。而每局游戏中，游戏玩家按照数量依次获得一组手牌，经过程序大量局数的模拟，这些手牌的最大值，中间值，最小值均值的分布将会趋于某一数值，而这些分布将会随着玩家人数的变化相应产生多少程度上的改变，将是这部分被研究的主要对象。得出的结论不仅用于现实炸金花游戏中玩家自我判断的指南，而且将成为后一部分 AI 玩家设计的主要参考标准。

3.2.2 大量模拟实验计算发牌数学元素的代码

本程序中主要计算五个维度的平均值及方差，每局游戏所有玩家拿到手牌的分数平均值、最大值、最小值、中间值，标准差，这些维度进行十万次游戏的平均值与标准差。100000 组模拟实验足以将缩小随机性带来的误差的影响降至最低。

现实中的炸金花游戏人数基本为 6 至 10 人，高于或低于此范围的玩家数，要么失之乐趣，要么难以实现。但在本次模拟实验中玩家数分别为 1 至 17 时，以上提及的维度都被考量，作为归纳科学基本规律的必要。1 位玩家在现实中是无法构成炸金花游戏的，仅在游戏中作为参考组。扎金花中的一副扑克牌为 52 张，每位玩家获得其中的 3 张，所以玩家人数上限为 17 人，在现实生活中难以实现，同样，17 人组的模拟实验，仅作为总结数学规律的参考。100000 组模拟实验具体代码如下：

```
def game_score(player_num, game_num):
    average_list = []
    max_average_list = []
    min_average_list = []
    med_average_list = []
    game_score_list = []
    standard_deviation_list = []
    for game in range(game_num):
        pai = CreateAPoker()
        score_list = []
        for player in range(player_num):
            hand_card_list = [pai[player], pai[player + player_num], pai[player + 2 *
player_num]]
            hand_card = HandCard(hand_card_list)
```

```
            score_list.append(hand_card.total_score)
        game_score_list.append(score_list)
    for list0 in game_score_list:
        average_list.append(sum(list0)/len(list0))
        max_average_list.append(max(list0))
        min_average_list.append(min(list0))
        standard_deviation_list.append(StandardDeviation(list0))
        list0.sort()
        if len(list0) % 2 == 0:
            med_average_list.append((list0[int(len(list0)/2-1)]+list0[int(len(list0)/2)])/2)
        else:
            med_average_list.append(list0[int((len(list0)-1)/2)])
    print(f'{player_num}人游戏时,模拟{game_num}局的结果')

    print('每局游戏手牌均值', sum(average_list)/len(average_list), '对应标准差',
StandardDeviation(average_list))
    print('每局游戏最大手牌均值', sum(max_average_list)/len(max_average_list), '对应标准差',
StandardDeviation(max_average_list))
    print('每局游戏最小手牌均值', sum(min_average_list)/len(min_average_list), '对应标准差',
StandardDeviation(min_average_list))
    print('每局游戏中位数手牌均值', sum(med_average_list) / len(med_average_list), '对应标准差',
StandardDeviation(med_average_list))
    print('每局游戏手牌标准差均值', sum(standard_deviation_list) / len(med_average_list), '对应标
准差', StandardDeviation(standard_deviation_list))


def main():
    GAME_NUM = 10000
    for PLAYER_NUM in range(1, 18):
        game_score(PLAYER_NUM, GAME_NUM)
```

3.2.3 运行牌模块的所有代码获取实验的原始数据

牌模块的代码即完全按照以上思路设计（完整代码见附录一），运行程序，等待获得程序结果的必要时间后，即获得实验的原始数据。代码是一次运行即可生成 1 至 17 人模拟的数据，但按照人数依次截图更有利于排版。如下图 3-2（1）至 3-2（17）所示：

1人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.285845 对应标准差 133.12107126648178
每局游戏最大手牌均值 213.285845 对应标准差 133.12107126648178
每局游戏最小手牌均值 213.285845 对应标准差 133.12107126648178
每局游戏中位数手牌均值 213.285845 对应标准差 133.12107126648178
每局游戏手牌标准差均值 0.0 对应标准差 0.0

图 3-2（1） 1 人游戏时的模拟结果

2人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.362705 对应标准差 94.46171875465235
每局游戏最大手牌均值 271.851885 对应标准差 160.89916143176438
每局游戏最小手牌均值 154.873525 对应标准差 53.82547233024815
每局游戏中位数手牌均值 213.362705 对应标准差 94.46171875465235
每局游戏手牌标准差均值 58.48918 对应标准差 73.95839709206554

图 3-2（2） 2 人游戏时的模拟结果

3人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.944961666669 对应标准差 77.49384723213532
每局游戏最大手牌均值 315.970165 对应标准差 177.99351691107367
每局游戏最小手牌均值 138.54298 对应标准差 34.21123291726832
每局游戏中位数手牌均值 187.32174 对应标准差 68.62345122749517
每局游戏手牌标准差均值 78.02208626267918 对应标准差 77.64545179637736

图 3-2（3） 3 人游戏时的模拟结果

4人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 214.08543625 对应标准差 67.09635297831689
每局游戏最大手牌均值 350.80282 对应标准差 186.66461520611824
每局游戏最小手牌均值 130.34755 对应标准差 29.24753278479185
每局游戏中位数手牌均值 187.5956875 对应标准差 54.06315850028869
每局游戏手牌标准差均值 88.39096340293109 对应标准差 75.80293094256173

图 3-2（4） 4 人游戏时的模拟结果

5人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.64903800000172 对应标准差 59.42717255157395
每局游戏最大手牌均值 380.01094 对应标准差 191.0777108412135
每局游戏最小手牌均值 124.094805 对应标准差 26.901300517111693
每局游戏中位数手牌均值 179.71569 对应标准差 41.729328149682964
每局游戏手牌标准差均值 95.33912141702076 对应标准差 72.91341465485365

图 3-2（5） 5 人游戏时的模拟结果

6人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.97633249999538 对应标准差 54.606339664782226
每局游戏最大手牌均值 406.48903 对应标准差 193.48671562837984
每局游戏最小手牌均值 119.82162 对应标准差 25.536673443807015
每局游戏中位数手牌均值 180.1916525 对应标准差 35.53775742002096
每局游戏手牌标准差均值 100.61287179411347 对应标准差 70.05311928949908

图 3-2（6） 6 人游戏时的模拟结果

7人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.9319064285695 对应标准差 50.72490533832325
每局游戏最大手牌均值 429.48809 对应标准差 194.67051089764587
每局游戏最小手牌均值 115.9467 对应标准差 24.36307911800236
每局游戏中位数手牌均值 177.21091 对应标准差 29.754289807889638
每局游戏手牌标准差均值 104.69247925726421 对应标准差 67.33921588076774

图 3-2（7） 7 人游戏时的模拟结果

8人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.963265625 对应标准差 47.04582852871161
每局游戏最大手牌均值 450.354845 对应标准差 193.41994977903678
每局游戏最小手牌均值 113.06521 对应标准差 23.320994675525817
每局游戏中位数手牌均值 177.1923825 对应标准差 25.475447485739807
每局游戏手牌标准差均值 107.89671026546726 对应标准差 64.54345151976892

图 3-2（8） 8 人游戏时的模拟结果

9人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.89620833333672 对应标准差 44.28579162010732
每局游戏最大手牌均值 468.628155 对应标准差 192.11167509757647
每局游戏最小手牌均值 110.416165 对应标准差 22.36432793966336
每局游戏中位数手牌均值 175.78652 对应标准差 22.304953626708166
每局游戏手牌标准差均值 110.48475368788664 对应标准差 62.098464228706675

图 3-2（9） 9 人游戏时的模拟结果

10人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.82074350000008 对应标准差 42.062449711496726
每局游戏最大手牌均值 484.83551 对应标准差 190.32983384913192
每局游戏最小手牌均值 108.124445 对应标准差 21.59880693330062
每局游戏中位数手牌均值 175.8700125 对应标准差 19.806464004835586
每局游戏手牌标准差均值 112.4328975721967 对应标准差 59.852485150072006

图 3-2（10） 10 人游戏时的模拟结果

11人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.93301727273035 对应标准差 40.08956590730979
每局游戏最大手牌均值 500.46846 对应标准差 187.98526371827924
每局游戏最小手牌均值 106.109725 对应标准差 20.861998056859075
每局游戏中位数手牌均值 175.101605 对应标准差 17.705805514687892
每局游戏手牌标准差均值 114.44504788895404 对应标准差 57.766139819493546

图 3-2（11） 11 人游戏时的模拟结果

12人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 214.12136250000228 对应标准差 38.48915113105792
每局游戏最大手牌均值 514.61037 对应标准差 185.1658724858939
每局游戏最小手牌均值 104.389805 对应标准差 20.26238521403628
每局游戏中位数手牌均值 175.1731875 对应标准差 16.008817506763062
每局游戏手牌标准差均值 116.15613171073936 对应标准差 55.911631846016064

图 3-2（12） 12 人游戏时的模拟结果

13人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.80703576923293 对应标准差 36.704445209860374
每局游戏最大手牌均值 526.53931 对应标准差 181.93118850193164
每局游戏最小手牌均值 102.828955 对应标准差 19.686317611682693
每局游戏中位数手牌均值 174.824045 对应标准差 14.891070892919902
每局游戏手牌标准差均值 117.1827724446454 对应标准差 53.8307163724851

图 3-2（13） 13 人游戏时的模拟结果

14人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.84931071428548 对应标准差 35.509228636389985
每局游戏最大手牌均值 537.294925 对应标准差 179.51944034490032
每局游戏最小手牌均值 101.28683 对应标准差 19.167666617279032
每局游戏中位数手牌均值 174.821915 对应标准差 13.488366496087082
每局游戏手牌标准差均值 118.20425001129979 对应标准差 52.38448863326323

图 3-2（14） 14 人游戏时的模拟结果

15人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.91211466666624 对应标准差 34.16675500202146
每局游戏最大手牌均值 548.75654 对应标准差 176.9111945927353
每局游戏最小手牌均值 100.015 对应标准差 18.600180913101102
每局游戏中位数手牌均值 174.66618 对应标准差 12.672418443516408
每局游戏手牌标准差均值 119.4250645739422 对应标准差 50.89126323816545

图 3-2（15） 15 人游戏时的模拟结果

16人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 214.031940625 对应标准差 33.13090000215398
每局游戏最大手牌均值 559.753515 对应标准差 173.66523072464386
每局游戏最小手牌均值 98.76072 对应标准差 18.15388236938733
每局游戏中位数手牌均值 174.6253275 对应标准差 11.738749183484165
每局游戏手牌标准差均值 120.63334358935099 对应标准差 49.49887962037351

图 3-2（16） 16 人游戏时的模拟结果

17人游戏时,模拟100000局的结果
每局游戏手牌均值 213.74037264705777 对应标准差 32.04392955260329
每局游戏最大手牌均值 567.357585 对应标准差 171.23293817330753
每局游戏最小手牌均值 97.788945 对应标准差 17.68802061529045
每局游戏中位数手牌均值 174.52124 对应标准差 10.988494385601774
每局游戏手牌标准差均值 120.92851593278604 对应标准差 48.1110519786702

图 3-2（17） 17 人游戏时的模拟结果

整理实验原始数据为表格（保留 4 位小数）：

人数	1	2	3	4	5	6	7	8
平均值	213.2858	213.3627	213.9450	214.0854	213.6490	213.9763	213.9319	213.9632
平均值标准差	133.1211	94.4617	77.4938	67.0964	59.4271	54.6063	50.7249	47.0458
最大值	213.2858	271.8519	315.9602	350.8028	380.0109	406.4890	429.4881	450.3548
最大值标准差	133.1211	160.8992	177.9935	186.6646	191.0777	193.4867	194.6705	193.4199
最小值	213.2858	154.8735	138.5430	130.3476	124.0948	119.8216	115.9467	113.0652
最小值标准差	133.1211	53.8255	34.2112	29.2475	26.9013	25.5367	24.3631	23.3210
中间值	213.2858	213.3627	187.3217	187.5957	179.7157	180.1916	177.2109	177.1923
中间值标准差	133.1211	94.4617	68.6234	54.0632	41.7293	35.5377	29.7542	25.4754
标准差	0.0	58.4891	78.0221	88.3910	95.3391	100.6129	104.6925	107.8967
标准差的标准差	0.0	73.9584	77.6455	75.8029	72.9134	70.0531	67.3392	64.5434

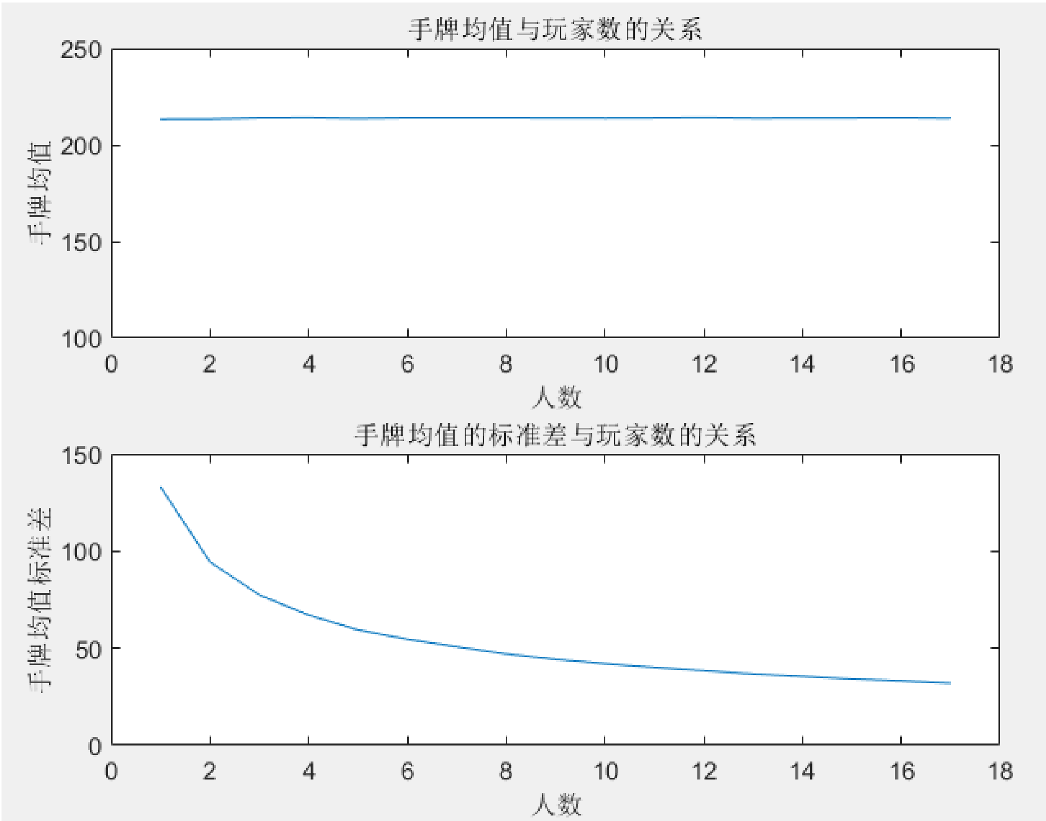
接上表左侧：

9	10	11	12	13	14	15	16	17
213.8962	213.8207	213.9330	214.1213	213.8070	213.8493	213.9121	214.0319	213.7404
44.2858	42.0624	40.0896	38.4892	36.7044	35.5092	34.1668	33.1309	32.0439
468.6281	484.8355	500.4685	514.6104	526.5393	537.2949	548.7565	559.7535	567.3576
192.1117	190.3298	187.9852	185.1659	181.9311	179.5194	176.9112	173.6652	171.2329
110.4162	108.1211	106.1097	104.3898	102.8290	101.2868	100.015	98.7607	97.7889

22.3643	21.5988	20.8620	20.2624	19.6863	19.1677	18.6002	18.1539	17.6880
175.7865	175.8700	175.1016	175.1732	174.8240	174.8219	174.6662	174.6253	174.5212
22.3049	19.8065	17.7058	16.0088	14.8911	13.4884	12.6724	11.7387	10.9885
110.4847	112.4329	114.4450	116.1561	117.1828	118.2042	119.4251	120.6333	120.9285
62.0984	59.8525	57.7661	55.9116	53.8307	52.3844	50.8913	49.4989	48.1110

3.2.4 利用 MATLAB 绘制实验模拟数据与玩家数的拟合关系

（1）每局手牌均值与玩家数的关系（如图 3-3（1）所示）：

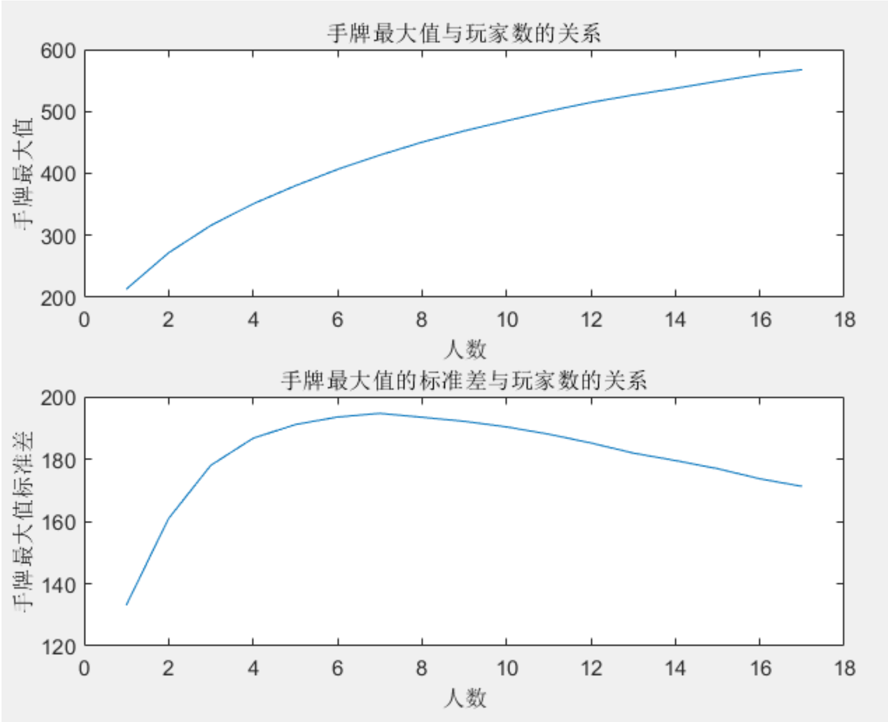


3-3（1） 每局手牌均值与玩家数的关系

一局游戏中的手牌均值是与玩家数无关的。在 100000 次抽牌模拟下，不同玩家数即相当于进行了 100000 次乘以玩家数次的抽牌。由于 100000 次已经足够大，即使在 17 名玩家的局中，也就相当于进行 1700000 次抽牌。因此，214 即相当于抽牌分数的期望值，转换为手牌为 3,3，K。但是一局游戏中，无法做到足够多的玩家参与（30 以上），所以，用 3,3，K 作为是否直接扔牌的分界线是不合理的。

而一局游戏中的手牌平均值在 10000 次模拟中的标准差是与人呈负相关，即随着游戏人数的增加，一局游戏中所有玩家手牌分值的平均值是越趋于 214 这个期望值的。

（2）每局手牌最大值与玩家数的关系（如图 3-3（2））：

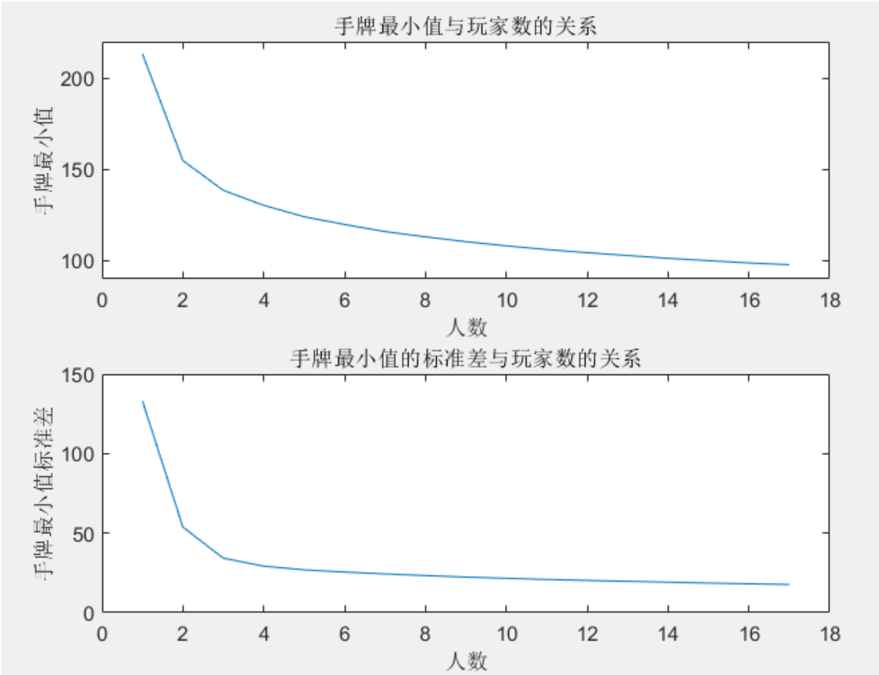


3-3（2） 每局手牌最大值与玩家数的关系

每局手牌的最大值即为这局游戏中面值最大的手牌的分数。在一局游戏中，虽然一个玩家摸到某一副牌的概率，随着牌分数的上升而减小。但在玩家与玩家之间，抽到某一副特定的牌，概率是相同的。因此玩家人数越多，摸到大牌的可能性也就增加，因此每局游戏中的最大牌分数的期望随着玩家数的增加也会增加。这就意味着，参与游戏的人数越多，即使摸到一副相对大的牌，越要担心是否有玩家会摸到一副更大的牌。1 至 17 人局的最大牌分数变化由 214 分（1 人局时即均分，因为即使最大牌也是唯一一副牌）至 567.5 分（转换为最小的同花牌 5,3,2），人数越多对于获胜的要求越高。

而最大牌的标准差曲线揭示了一个值得注意的事实，也是本课题关注的参数中，唯一不呈现单调性的曲线。手牌最大值的标准差随玩家的增加呈现先增加后降低的趋势。在 7 位玩家的情况下达到最高值。这意味着，7 人局时，一局游戏中的最大牌，对于最大牌的期望值 429.5 分（转换为顺子牌 7，6，5）的偏离程度大。因此，7 人局时，可能以很小或者很大的牌，获取最终的胜利。至此，即用数学方法模拟出，炸金花最富有戏剧性的局应当是 7 人局。

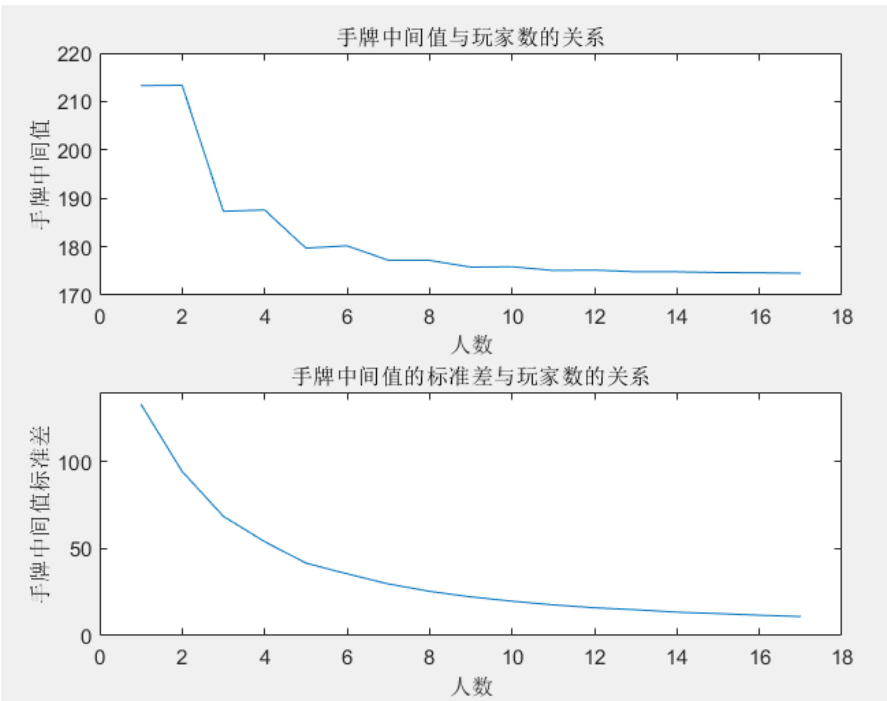
（3）每局手牌最小值与玩家数的关系（如图 3-3（3））：



3-3（3） 每局手牌最小值与玩家数的关系

每局手牌的最小值即为这局游戏中面值最小的手牌的分数。其变化规律之所以呈现随玩家数增加而减小的趋势，原因与最大牌相同。而之所以手牌最小值的标准差没有出现类似的手牌最大值的标准差的拐点，而且在玩家数大于 4 时即趋向于 20，可以利用“安娜·卡列尼娜”原则[3]解释：一副烂的手牌个个相似，而最终获胜的手牌个个不同。烂手牌基本上是很小的单只牌，而最终获胜的手牌确从较大的单只到豹子牌都有可能。每局游戏中最小牌分值的变化对于，之后 AI 玩家的设计并无影响，因为在一局游戏中，一组手牌只要小到一定程度，而并不需要达到最小牌的期望值，也是会直接丢弃的。对于最小牌的研究更多的是通过数学研究的角度理解炸金花游戏发牌机制带来的随机效果。

（4）每局手牌最小值与玩家数的关系（如图 3-3（4））：

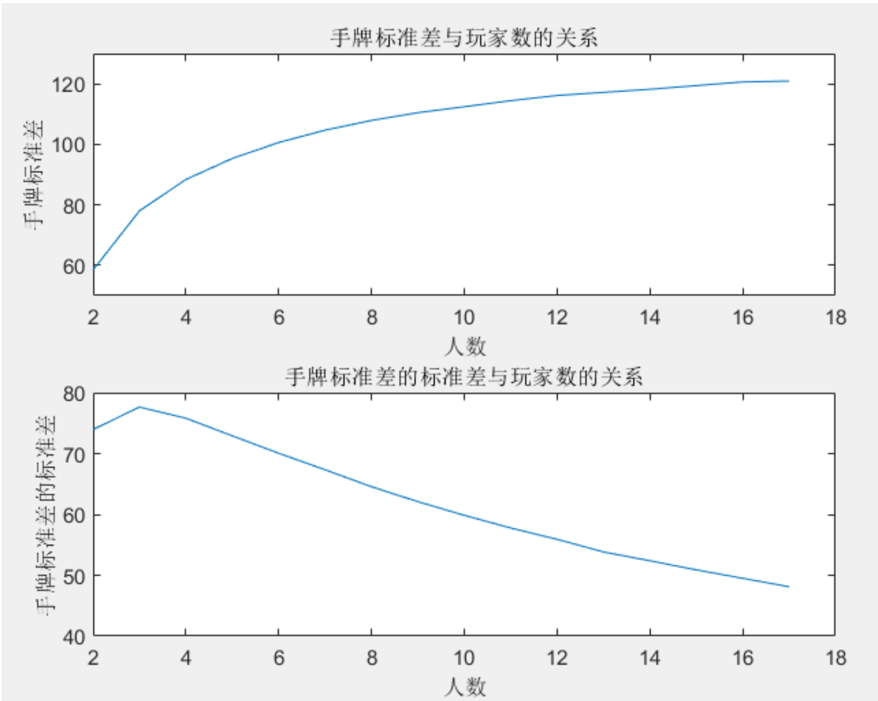


3-3（4） 每局手牌中间值与玩家数的关系

每局手牌的平均分数是反映的是一局游戏中手牌的平均水准。但是，一位玩家是否有在这局游戏中继续投入筹码的必要取决于，这位玩家的手牌是否能超过本局游戏中一半的玩家。如果无法超过该局游戏中一般的玩家，那么即使利用开某位玩家获得其已经投入的筹这一规则也无法有所收益。由于中间数这一特性，模拟出来的中间数的期望值也将是作为后续代码中，看牌后是否直接扔牌的重要标准。

反映一局游戏中，中间玩家手牌分值的参数，即为中间数，其变化规律为：游戏玩家小于 8 时，随游戏玩家数增加而快速下降，而游戏玩家大于 8 时，中间数趋于平稳，降幅不超过 3。中间数小于平均数也反映出炸金花游戏摸到小牌的几率大，大牌的几率小的特性，而平平均数受大牌的影响较大。中间数的标准差变化规律也呈现递减，原因如前文所论证。

（5）每局手牌最小值与玩家数的关系（如图 3-3（5））：

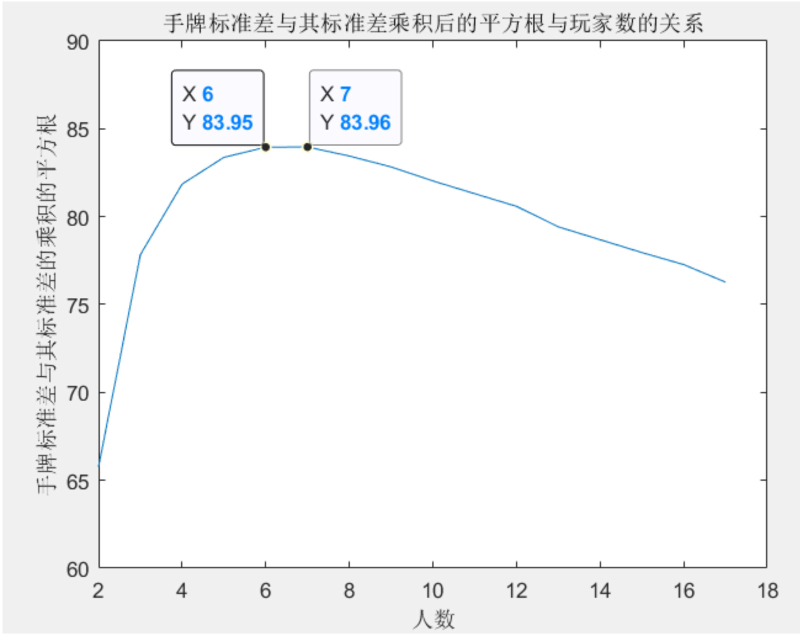


3-3（5） 每局手牌标准差与玩家数的关系

每局游戏的标准差反映了一局游戏内，各个玩家手牌分数的离散程度。一局游戏中，标准差越小，玩家手牌分数越集中，玩家比赛越焦灼；而标准差越大，玩家手牌的分数越分散，玩家手牌差距大，游戏也越有看点，越富于戏剧性。而手牌分数标准差的标准差则反映了各局游戏之间离散程度的离散程度。即该数值越大，一局游戏玩家手牌分数离散，而另一句游戏玩家手牌分数集中这样的情况更有可出现。

一系列的炸金花游戏时局与局的组合，因此每局手牌分数的标准差与其标准差的乘积才能反映，这一系列炸金花游戏给人带来的感受，该数值越大，则游戏越精彩，带给人感官上的刺激越丰富。为

了保持量纲一致，绘制人数与该乘积的平方根的图像。如图 3-3（6）：



3-3（6） 手牌标准差与其标准差乘积后的平方根与玩家数的关系

该图像在玩家数为 6 或者玩家数为 7 时达到最大值，综合 3-3（2）可得，7 人是最适合炸金花游戏的玩家数。

利用 MATLAB 绘制图像的具体代码如下：

```
player=1:17;
figure(1)
subplot(211)
average=[213.2858 213.3627 213.9450    214.0854      213.6490      213.9763      213.9319
213.9632 213.8962 213.8207 213.9330    214.1213      213.8070      213.8493      213.9121
214.0319 213.7404];
plot(player,average)
title('手牌均值与玩家数的关系')
ylim([100 250])
xlabel('人数');ylabel('手牌均值')
subplot(212)
average_d=[133.1211  94.4617     77.4938     67.0964     59.4271     54.6063     50.7249
47.0458 44.2858    42.0624     40.0896     38.4892     36.7044     35.5092     34.1668
33.1309     32.0439];
plot(player,average_d)
title('手牌均值的标准差与玩家数的关系')
```

```
ylim([0 150])
xlabel('人数');ylabel('手牌均值标准差')

figure(2)
subplot(211)
max0=[213.2858 271.8519 315.9602 350.8028 380.0109 406.4890    429.4881     450.3548
468.6281 484.8355 500.4685 514.6104 526.5393 537.2949    548.7565 559.7535 567.3576];
plot(player,max0)
title('手牌最大值与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌最大值')
subplot(212)
max_d=[133.1211  160.8992 177.9935 186.6646 191.0777    193.4867  194.6705  193.4199
192.1117   190.3298 187.9852 185.1659 181.9311    179.5194 176.9112 173.6652 171.2329];
plot(player,max_d)
title('手牌最大值的标准差与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌最大值标准差')

figure(3)
subplot(211)
min0=[213.2858 154.8735 138.5430 130.3476 124.0948 119.8216    115.9467     113.0652
110.4162 108.1211 106.1097 104.3898 102.8290 101.2868    100.015    98.7607    97.7889];
plot(player,min0)
title('手牌最小值与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌最小值')
ylim([90 220])
subplot(212)
min_d=[133.1211  53.8255    34.2112     29.2475     26.9013     25.5367     24.3631
23.3210 22.3643    21.5988     20.8620     20.2624     19.6863     19.1677     18.6002
18.1539    17.6880];
plot(player,min_d)
title('手牌最小值的标准差与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌最小值标准差')
```

```
figure(4)
subplot(211)
med0=[213.2858 213.3627 187.32107 187.5957 179.7157 180.1916    177.2109    177.1923
175.7865   175.8700 175.1016 175.1732 174.8240    174.8219 174.6662 174.6253 174.5212];
plot(player,med0)
title('手牌中间值与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌中间值')
ylim([170 220])
subplot(212)
med_d=[133.1211   94.4617    68.6234    54.0632    41.7293    35.5377    29.7542
 25.4754 22.3049    19.8065    17.7058    16.0088    14.8911    13.4884    12.6724
 11.7387    10.9885];
plot(player,med_d)
xlabel('人数');ylabel('手牌中间值标准差')
title('手牌中间值的标准差与玩家数的关系')
ylim([0 140])

figure(5)
player2=2:17;
subplot(211)
sta0=[58.4891 78.0221 88.3910 95.3391 100.6129 104.6925 107.8967   110.4847   112.4329
114.4450   116.1561 117.1828 118.2042 119.4251     120.6333 120.9285];
plot(player2,sta0)
title('手牌标准差与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌标准差')
ylim([50 130])
subplot(212)
sta_d=[73.9584    77.6455    75.8029    72.9134    70.0531    67.3392    64.5434
62.0984    59.8525    57.7661    55.9116    53.8307    52.3844    50.8913    49.4989
 48.1110];
plot(player2,sta_d)
title('手牌标准差的标准差与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌标准差的标准差')
```

```
ylim([40 80])

figure(6)
stamul=(sta0.*sta_d).^0.5;
plot(player2,stamul)
title('手牌标准差与其标准差乘积后的平方根与玩家数的关系')
xlabel('人数');ylabel('手牌标准差与其标准差的乘积的平方根')
ylim([60 90])
```

第 4 章　玩家类的代码及设计的理论依据

4.1 关于玩家类的说明

玩家类是本课题中最为重要的类。玩家类不仅是炸金花游戏中所有行为的发出者也是行为的载体。在本文的前言中，即开宗明义地指出，本课题中炸金花的游戏流程全部由预先设计好策略的玩家完成，再进行大量的模拟游戏局数之后，研究玩家性格倾向和最终玩家剩余的筹码数之间的关系。如何正确，明智地设计行为模式，如何细致地将真实的玩家性格倾向转化为计算机能够理解的具体数字，是本部分将要解决的一大难题。虽然，玩家类本身不具有被赋予数学研究的意义，但其设计对与完成流程类设计之后

4.2 玩家类的基本属性及方法设计

玩家类尚未基本属性指由炸金花规则确定而必须设定的属性或方法，与我们之后进行研究的参数无法的属性或方法，在这些方法的基础上，才能进一步延伸我们研究所需的类或方法

4.2.1 玩家类的基本属性

（1）isBlind 属性：表示玩家是否处于盲人状态，玩家在依据游戏开始时是盲人，该属性设置为 1。

（2）chip 属性：表示玩家手上的筹码数，初始设为 500。

（3）chip_on 属性：表示玩家在这局游戏中已经投入场上的筹码数。

（4）field_chip 属性：该局游戏中目前的基本筹码，作为该玩家执行任何操作费用的基准。

（5）isOut 属性：表示玩家是否已经离场，若该属性等于 1，表示该玩家已经离场。这局游戏流程中，将跳过该玩家。

（6）isBanker 属性：表示该玩家是否为庄家，若该属性等于 1，表示该玩家是庄家，则本局游戏的发牌及行动降重这位玩家开始。

（7）round_num 属性：用于记录该局游戏中的轮数，第一轮中，玩家不允许开牌。

（8）action_coin 属性：用于记录玩家执行的行动，不同数字代表不同的行动，在游戏流程类中将作为判断玩家行动的依据。

（9）player_no 属性：玩家编号。

（10）player_num 属性：玩家姓名。

（11）win_time 属性：记录玩家累加获胜次数。

4.2.2 玩家类的基本方法

（1）deliverCard 方法：每局游戏开始时，玩家接收一组新的手牌。

（2）openEyes 方法：玩家看牌，改变盲人状态。

（3）putChip 方法：玩家跟牌时调用。

（4）doubleChip 方法：玩家加倍时调用。

（5）openSomebody 方法：玩家开某人时调用。

（6）throwCard 方法：玩家扔牌时调用

以上方法已经覆盖了炸金花规则中的所有玩法。由于最终产生玩家的玩家类是基本与拓展的方法与属性的总和，因此不在这里附上代码。

4.3 玩家类的拓展属性及方法设计

玩家类的拓展属性是我们研究玩家的性格倾向，以及为了研究性格倾向所必须引入的属性。玩家性格倾向值的差异将使玩家应用不同的策略，最终带来不同的结局。而玩家策略即是我们预先设置的带有一定随机性的玩家行动流程。由于所有 AI 玩家的行动都基于预先设置的策略，因此，编写合乎正常人炸金花游戏时行为模式的程序尤为重要，这也是这部分将要完成的内容。

影响玩家行动的属性为策略值（strategy_value）。决定策略值的因素有：手牌分数、玩家筹码、玩家已经投入游戏的筹码、目前游戏的基础筹码。当然，这些因素还要受到勇敢程度（bravery_value）的影响。在设计之初，玩家行动的随机性并没有被引入，而是直接由其策略值决定当前采取什么行动，但是进行过炸金花游戏的玩家不难明白一点，牌面很大的手牌组合和牌面和小的手牌组合都是不常出现的，更多的是要结合场上情况综合判断玩法的居中分数的手牌。AI 玩家不可能同显示存在的玩家一样察言观色，见微知著，而随机性的引入目的即为利用随机性模拟现实玩家的纠结感。

4.3.1 玩家类的拓展属性

（1）bravery_value 属性：玩家的勇敢程度。此参数将影响玩家对于手牌分数的判断以及对于跟牌或是与某一位玩家开牌的抉择。勇敢程度高的玩家，倾向于跟牌以换取在场的更长时间，从而最终收获更多筹码。而勇敢程度低的玩家，倾向于与某位玩家开牌以更少的筹码代价了解自己在场上的定位，同时，利用开牌赚取部分筹码，或者开牌失败尽早离场，以降低进一步损失。

（2）blind_tendency 属性：玩家的“盲人”倾向性。此参数将影响玩家睁眼时机。“盲人”倾向值

大的玩家，将会有更大的几率在较后回合数，睁眼看自己的牌。

（3）strategy_value 属性：玩家的策略值。取决于手牌分数，玩家勇敢程度，当前基本筹码（当前基本筹码越大，手牌小的玩家越倾向于离场），玩家已经投入筹码（由于沉没成本，已经投入较多筹码的玩家，倾向于不离场），玩家全部筹码（筹码多的玩家由于基础雄厚，不易离场）。以上参数的加权不同。

（4）average_score 属性：模拟完成所有局数之后，玩家获得的手牌平均分。是玩家运气指数的参照。

（5）win_time 属性：玩家累计获胜次数。是玩家运气与策略的综合参照，直接影响玩家的最终筹码数。

4.3.2 玩家类的方法

（1）PutorFight 方法：由于玩家扔牌与玩家加倍是较少出现的极端情况，而在大多数情况下，玩家考虑的是开某个玩家或者跟牌。此方法即为判断玩家跟牌或是开某位玩家的方法。此方法的判决的影响因素有：游戏回合数（越到游戏后面的回合，玩家越倾向于开牌），玩家筹码数（筹码多的玩家越倾向于跟牌，以筹码换取一轮信息），玩家勇敢程度。

（2）normalAction 方法：normalAction 即指跟牌或者开某位玩家两个行动，由于第一回合玩家不能开牌，所以设计此方法予以区分。

（3）BlindAction 方法："盲人"采取行动，"盲人"首先判断是否睁眼，取决于回合数与玩家的"盲人"倾向，回合数越大，或者玩家"盲人"倾向越低，玩家越有可能睁眼。其中，基本方法中的 openEyes 方法不再单独列为一个方法，而是融入此方法。

（4）NotBlindAction 方法："明眼人"采取行动，首先判断是否扔牌，由 strategy_value 属性完全决定，也是所有举动中唯一一个不受随机性影响而仅由门限值决定的行动。其次判断是否加倍，其随机性受 strategy_value 属性，玩家筹码（玩家筹码越多越倾向于加倍）和当前基本筹码（当前基本筹码越低，玩家越倾向于加倍，如果当前筹码高到一定程度（160 或 320 以上），则玩家几无加倍可能）影响。如果既不扔牌也不加倍的正常玩法，即调用 normalAction 方法。

（5）takeAction 方法：即将玩家分为"盲人"与"明眼人"，调用各自的行动。

玩家执行任何行动之后，该行动被实施了可视化处理，以便于运行之后检验 AI 玩家的行为是否合乎理性，从而正确修改玩家类，以期于更符合人类玩家的行为。玩家类的基本部分与拓展部分构成整个玩家类全部代码如下：

```python
import random


class AIPlayer:
    def __init__(self, player_no=0, init_chip=500):
        self.isBlind = 1
        self.chip = init_chip
```

```python
        self.chip_on = 0
        self.field_chip = 20
        self.isOut = 0
        self.action_coin = 1
        self.isBanker = 0
        self.round_num = 1
        self.player_no = player_no
        self.player_choice = self.player_no

        self.player_name = '玩家'+str(self.player_no)

        self.bravery_value = 1
        self.blind_tendency = 1
        self.strategy_value = 0
        self.win_game = 0
        self.hand_card_list = []

    def deliverCard(self, hand_card):
        self.hand_card = hand_card
        self.hand_card_list.append(self.hand_card.total_score)

    def judgeStrategy(self):
        self.strategy_value = self.hand_card.total_score*self.bravery_value-
self.field_chip*2+self.chip_on+self.isBanker*5+self.chip/300

    def putChip(self):
        if self.isBlind == 1:
            self.chip -= self.field_chip / 2
            self.chip_on += self.field_chip / 2
        else:
            self.chip -= self.field_chip
            self.chip_on += self.field_chip
        self.action_coin = 1
        if self.isBlind == 1:

            print(self.player_name, '不看牌 跟牌')

        else:

            print(self.player_name, '跟牌')


    def doubleChip(self):
        self.chip -= self.field_chip * 2
        self.chip_on += self.field_chip * 2
        self.action_coin = 2

        print(self.player_name, '加倍')


    def openSomebody(self, player_l):
        self.player_choice = random.choice(player_l)
        while self.player_choice.player_no == self.player_no or
```

```
player_l[self.player_choice.player_no].isOut == 1:
            self.player_choice = random.choice(player_l)
        if self.isBlind == 1:
            self.chip -= self.field_chip
            self.chip_on += self.field_chip
        else:
            self.chip -= self.field_chip * 2
            self.chip_on += self.field_chip * 2

        print(self.player_name, '开玩家', self.player_choice.player_name)

        self.action_coin = 3

    def throwCard(self):
        self.isOut = 1
        self.action_coin = 0

        print(self.player_name, '扔牌')


    def PutorFight(self, player_l):
        roll = random.random()
        if roll*self.bravery_value > self.chip_on/200+0.08*self.round_num:
            self.putChip()
        else:
            self.openSomebody(player_l)

    def normalAction(self, player_l):
        if self.round_num == 1:
            self.putChip()
        else:
            self.PutorFight(player_l)

    def NotBlindAction(self, player_l):
        self.judgeStrategy()
        if self.strategy_value < 160:
            self.throwCard()
            return
        roll0 = random.random()
        if roll0*self.bravery_value*self.strategy_value/500 > 0.4 + self.field_chip/200:
            self.doubleChip()
        else:
            self.normalAction(player_l)

    def BlindAction(self, player_l):
        roll = random.random()
        if (roll-self.isBanker/10)*self.blind_tendency <
self.round_num*0.25+self.field_chip/100:
            self.isBlind = 0

            print(self.player_name, '看牌', end=' ')
```

```
            self.NotBlindAction(player_l)
        else:
            self.normalAction(player_l)

    def takeAction(self, player_l):
        if self.isBlind == 1:
            self.BlindAction(player_l)
        else:
            self.NotBlindAction(player_l)
        self.round_num += 1

    def __str__(self):

        return f'{self.player_name}最终还剩{self.chip}筹码，勇敢系数为{self.bravery_value},盲人倾
向为{self.blind_tendency},总计获胜{self.win_game}次'
```

第 5 章　游戏流程模块的代码及设计的理论依据

5.1 关于游戏流程模块的说明

游戏流程类可以理解为所有玩家实现行动的场所。其中要实现的功能有：一局游戏的初始化，整个游戏流程，一局游戏结束流程。从性质上划分为：游戏流程的必要属性，以及出于流程可视化的记录属性。

在游戏流程类之外，类似牌模块，同样需要外界函数，帮助大量的游戏局数模拟的实现。以上功能的实现全部在游戏流程模块完成。

5.2 关于游戏流程类的属性与方法

5.2.1 游戏流程类的属性

（1）player_list 属性：接收这局游戏中玩家的列表。

（2）player_num 属性：游戏玩家数。

（3）player_exist 属性：游戏仍在场上的玩家数，当该属性等于 1 时，游戏结束。

（4）base_chip 属性：该局游戏目前的标准筹码数，当有玩家执行加倍操作后，该属性发生变化。

（5）field_chip 属性：记录场上所有玩家已经投入的筹码总数，游戏结束时，给予最终获胜的玩家。

（6）round_num 属性：记录游戏进行到了第几轮。

（7）banker_no 属性：记录这局游戏的庄家的序号，从该玩家开始发牌及执行行动。

（8）all_poker 属性：该局游戏初始化时为空列表，用于接收洗好的一副牌，并发给玩家。

（9）action_time 属性：记录一局游戏中，所有玩家一共执行了多少次行动。其意义在于作为调试

的参考，控制游戏的节奏。例如，如果该数值过小，则提高 AI 玩家跟牌的概率，降低玩家开牌的概率，从而保证每局游戏进行到一定回合数，而不会至于一局游戏过快结束。当进过大量局数测试之后，如果该数值保持在一个合理的范围内，每局游戏节奏不至于过快或者过慢时，该属性可以被删除。

5.2.2 游戏流程类的方法

（1）initialGame 方法：由四个小功能组成，包括：洗牌，判断庄家，从庄家开始发牌，每个玩家下底注。

（2）judgeAction 方法：在每次玩家执行行动之后调用，用以判断玩家执行哪种行动，并且完成正确的筹码变更。

（3）judgeGameEnd 方法：每次玩家执行行动之后调用，用以判断依据游戏是否结束，并且分配筹码，决定庄家。

（4）oneGame 方法：一局游戏完整的流程，包括以上三个函数。实现功能：尚未离场的玩家采取行动，判断玩家行动，正确计算筹码，判断游戏是否结束。

（5）EndSituation 方法：一局游戏结束后调用，包括：显示赢家，显示所有玩家手牌，修正玩家的部分属性（投入场上筹码归 0，基本筹码恢复至 20，回合数归 1，盲人状态和离场状态的修正等）。

游戏流程类的全部代码如下：

```
    from pai0 import *
from wanjia0 import *
import random


class GameProcess:
    def __init__(self, player_list):
        self.player_list = player_list
        self.player_num = len(player_list)
        self.player_exist = len(player_list)
        self.base_chip = 20
        self.field_chip = 0
        self.round_num = 1
        self.banker_no = 0
        self.all_poker = []
        self.action_time = 0

    def initialGame(self):
        # 洗牌

        all_suit = ['红桃', '方片', '黑桃', '梅花']

        for i in range(2, 15):
            for j in all_suit:
                self.all_poker.append(Poker(j, i))
        random.shuffle(self.all_poker)
```

```
        # 判断庄家
        for player in self.player_list:
            if player.isBanker == 1:
                self.banker_no = player.player_no
        # 从庄家开始发牌
        j = 0
        for i in range(self.banker_no, self.banker_no+self.player_num):
            k = i % self.player_num
            hand_card_input = HandCard([self.all_poker[j], self.all_poker[j + self.player_num],
                                        self.all_poker[j + 2*self.player_num]])
            self.player_list[k].deliverCard(hand_card_input)
            j += 1
        # 下底注
        for player in self.player_list:
            player.chip_on += 10
            player.chip -= 10
            self.field_chip += 10

    def judgeAction(self, player):
        if player.action_coin == 0:
            self.player_exist -= 1

        elif player.action_coin == 1:
            pass

        elif player.action_coin == 2:
            self.base_chip = self.base_chip*2
            for player0 in self.player_list:
                player0.field_chip = self.base_chip

        elif player.action_coin == 3:
            result = compareHandCard(player.hand_card,
self.player_list[player.player_choice.player_no].hand_card)
            if result == 1:
                print(player.player_name, '获胜', end=' ')
                self.player_list[player.player_choice.player_no].throwCard()
                player.chip += self.player_list[player.player_choice.player_no].chip_on
                self.field_chip -= self.player_list[player.player_choice.player_no].chip_on
                self.player_list[player.player_choice.player_no].chip_on = 0
                self.player_exist -= 1
            else:
                print(player.player_name, '失败', end=' ')
                player.throwCard()
                self.player_exist -= 1
```

```python
        self.field_chip += player.chip_on

    def judgeGameEnd(self):
        if self.player_exist == 1:
            for player in self.player_list:
                if player.isOut == 0:
                    player.chip += self.field_chip
                    player.isBanker = 1
                    player.win_game += 1
                    print('')

                    print(f'本局游戏结束,{player.player_name}获胜')

                else:
                    player.isBanker = 0

    def oneGame(self):
        self.initialGame()
        j = self.banker_no
        while self.player_exist != 1:
            i = j % self.player_num
            if self.player_list[i].isOut == 0 and self.player_exist != 1:
                self.field_chip -= self.player_list[i].chip_on
                self.action_time += 1
                self.player_list[i].takeAction(self.player_list)
                self.judgeAction(self.player_list[i])
                self.judgeGameEnd()
            self.round_num += 1
            j += 1
        self.EndSituation()

    def EndSituation(self):
        for player in self.player_list:

            print(player.player_name, end='手牌为')

            print(player.hand_card, end=',还剩')

            print(player.chip, '筹码')

        print(f'人均行动{self.action_time/self.player_num}次')

        print('')

        for player in self.player_list:
            player.isOut = 0
            player.isBlind = 1
            player.round_num = 1
            player.chip_on = 0
            player.field_chip = 20
```

5.3 实现模拟实验中玩家数与游戏局数可调的代码

5.3.1 创建玩家和游戏局数的函数

创建完成玩家类与游戏流程类之后，为了是程序自动进行模拟实验，势必要创建能够创建属于玩家类和游戏流程类的对象。同时，玩家数与游戏局数的之后的模拟模拟实验中将不会是固定的值，不同的值将被实施以探寻其中的规律。因此，如果将控制玩家数与游戏类的对象创建的具体数目设定置于程序内部，则在之后的实验中，修改参数的时间将会被浪费，因此设定了在程序运行时，自定义设计该次实验中玩家人数以及游戏局数。创建玩家及游戏局数的具体代码如下：

```
def createPlayer():
    player_list = []

    player_num = int(input('请输入游戏玩家数：'))

    for num in range(player_num):
        player0 = AIPlayer(player_no=num)
        player_list.append(player0)
    return player_list


def totalGame(player_list):
    game_list = []

    game_num = int(input('请输入比赛局数：'))

    for i in range(game_num):
        game_list.append(GameProcess(player_list))
    return game_list
```

5.3.2 创建最终排名以及玩家参数信息的函数

玩家的最终排名，其实也就是进行实验后的依据玩家所剩筹码数排名的结果，是 AI 玩家策略性与运气的综合体现。同时被显示出的还有玩家的最终两大性格特征（勇敢程度与盲人倾向），累计获胜局数，手牌均分以及反映手牌离散程度的手牌分数标准差。具体代码如下：

```
    def finalRank(player_list, game_list):

    print(f'{len(game_list)}局游戏结束，最终排名：')

    player_chip = []
    player_by_chip = []
    player_score = []
    action_time = 0
    for player in player_list:
        player_chip.append(player.chip)
    player_chip.sort(reverse=True)
    for i in range(len(player_chip)):
        for player in player_list:
            if player.chip == player_chip[i] and player not in player_by_chip:
                player_by_chip.append(player)
                break
```

```
    i = 1
    for player in player_by_chip:
        print(f'第{i}名,', player, f'手牌均分为
{sum(player.hand_card_list)/len(player.hand_card_list)},'
                                  f'手牌标准差为{StandardDeviation(player.hand_card_list)}')
        i += 1
    for player in player_list:
        player_score.append(sum(player.hand_card_list)/len(game_list))
    print(f'手牌均值极差{max(player_score)-min(player_score)},手牌离散程度（标准差）
{StandardDeviation(player_score)}')
    # for game in game_list:
    #     action_time += game.action_time
    # print(f'局均人均行动次数为{action_time/len(player_list)/len(game_list)}')
```

5.3.3 封装所有所需函数的主函数

最终以一定逻辑调用以上设计的所有函数，即可实现任意玩家数（1-17 人）与任意游戏局数的实验模拟。主函数代码如下：

```
def main():
i = 1
test_player_list = createPlayer()
test_game_list = totalGame(test_player_list)
print('')
for test_game in test_game_list:
    print(f'第{i}局游戏开始')
    test_game.oneGame()
    print(f'还剩{len(test_game_list)-i}局游戏')
    i += 1
finalRank(test_player_list, test_game_list)
input()
```

运行结果如图 5-1 所示，玩家数与比赛局数可以依据实验需求自行输入。

```
请输入游戏玩家数：10
请输入比赛局数：100000
```

5-1 程序运行过程中输入玩家数与比赛局数

模拟游戏过程中，某一局的玩家行动流程，如图 5-2 所示：

```
还剩3局游戏
第998局游戏开始
玩家1 看牌 玩家1 跟牌
玩家2 不看牌 跟牌
玩家3 看牌 玩家3 扔牌
玩家4 看牌 玩家4 跟牌
玩家5 不看牌 跟牌
玩家6 不看牌 跟牌
玩家7 不看牌 跟牌
玩家8 不看牌 跟牌
玩家9 看牌 玩家9 扔牌
玩家0 不看牌 跟牌
玩家1 跟牌
玩家2 开玩家 玩家4
玩家2 失败 玩家2 扔牌
玩家4 跟牌
玩家5 开玩家 玩家6
玩家5 获胜 玩家6 扔牌
玩家7 看牌 玩家7 加倍
玩家8 看牌 玩家8 扔牌
玩家0 看牌 玩家0 扔牌
玩家1 跟牌
玩家4 开玩家 玩家7
玩家4 失败 玩家4 扔牌
玩家5 看牌 玩家5 开玩家 玩家1
玩家5 获胜 玩家1 扔牌
玩家7 加倍
玩家5 开玩家 玩家7
玩家5 失败 玩家5 扔牌
```

5-2 程序运行过程中某一局玩家的行动（例）

这局游戏结束时，显示这局的最终结果：

```
本局游戏结束,玩家7获胜
玩家0手牌为方片10 梅花3 红桃K,是一幅单只牌，总计174.0分，还剩6140.0 筹码
玩家1手牌为黑桃4 方片4 红桃6,是一幅对子牌，总计224.0分，还剩-2850.0 筹码
玩家2手牌为梅花2 梅花5 方片Q,是一幅单只牌，总计156.0分，还剩-1840.0 筹码
玩家3手牌为红桃10 方片K 黑桃J,是一幅单只牌，总计178.5分，还剩-2870.0 筹码
玩家4手牌为方片A 红桃7 黑桃7,是一幅对子牌，总计268.5分，还剩-840.0 筹码
玩家5手牌为梅花A 黑桃A 黑桃6,是一幅对子牌，总计359.0分，还剩2560.0 筹码
玩家6手牌为方片3 黑桃K 方片2,是一幅单只牌，总计166.5分，还剩4430.0 筹码
玩家7手牌为梅花K 梅花7 梅花8,是一幅同花牌，总计675.0分，还剩710.0 筹码
玩家8手牌为方片9 黑桃3 方片5,是一幅单只牌，总计119.0分，还剩-3380.0 筹码
玩家9手牌为黑桃Q 红桃5 梅花4,是一幅单只牌，总计157.0分，还剩2940.0 筹码
```

5-3 程序运行过程中某一局的最终结果所示（例）

设定的所有游戏局数结束后，最终结果所示以及统计参数，如图 5-4 所示（此为某次模拟，10 名玩家，1000 局游戏的结果）：

```
还剩0局游戏
1000局游戏结束，最终排名：
第1名, 玩家0最终还剩6040.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜112次 手牌均分为221.706,手牌标准差为142.57717932404194
第2名, 玩家6最终还剩4360.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜111次 手牌均分为217.9165,手牌标准差为141.89570915905102
第3名, 玩家9最终还剩2850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜109次 手牌均分为218.7765,手牌标准差为134.7919073896872
第4名, 玩家5最终还剩2470.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜89次 手牌均分为205.1585,手牌标准差为120.360411380776
第5名, 玩家7最终还剩680.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜109次 手牌均分为214.8445,手牌标准差为130.5446707826481
第6名, 玩家4最终还剩-870.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜97次 手牌均分为214.2745,手牌标准差为133.5798296890290
第7名, 玩家2最终还剩-1890.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜94次 手牌均分为214.8605,手牌标准差为130.7278118448787
第8名, 玩家1最终还剩-2530.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜98次 手牌均分为216.7595,手牌标准差为137.7679095789364
第9名, 玩家3最终还剩-2580.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜91次 手牌均分为213.6535,手牌标准差为130.1964407645231
第10名, 玩家8最终还剩-3530.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜90次 手牌均分为213.0905,手牌标准差为130.7805932076697
手牌均值极差16.547499999999985,手牌离散程度（标准差）4.166656960022025
```

5-4 程序完成预设局数后的最终结果（例）

第 6 章　模拟实验的统计研究

6.1 模拟实验研究的说明

在第 3 章牌模块的研究中，牌的分数的有关统计特性与人数的关系已被研究。在模拟游戏中，唯一与牌模块研究不同的是：牌模块中，每次模拟发牌，始发位置皆为第一个玩家（玩家 0），而引入玩家的模拟游戏过程中，始发位置为庄家也就是上一局的最终赢家。但是只要一局游戏中的玩家数目一定，这一局内部的手牌分数分布便合乎第 3 章大量模拟发牌的对应玩家数的手牌统计特性。因此，在模拟局数到达一定数量级后，从庄家开始发牌这一特殊性已无关宏旨，可以忽略。当此特殊性带来的影响被抵消后，就已经没有依次递增模拟游戏玩家数 2 至 17 的必要。本章节的模拟实验均只选取 4（小玩家局），7（中玩家局，也是第 3 章论证的最适合炸金花游戏的人数），11（大玩家局）以及 15

（超大玩家局）这些玩家数。这四种玩家数各异的游戏局已经能普遍代表各参数对于炸金花游戏影响的特点。

本章主要研究以下三个小问题：

1.炸金花游戏中是否存在运气较劣与运气较优者的区别？如果存在，其中的差异性是否会随游戏局数增加而抵消。

2.玩家盲人倾向性对于游戏结果的影响。在现实的炸金花游戏中，存在盲人玩法。对此玩法的支持者认为可以利用半价的优惠，多获取一轮的信息量，从而对于场上的局势进行更准确的判断。而对此玩法的反对者认为，在不了解自己手牌的情况下，投入筹码毫无意义，大概率是会浪费的。因此，为解决这种纷争，盲人倾向性对于游戏结局的影响将被研究。

3.玩家勇敢程度对于游戏结果的影响。同样，在现实的炸金花游戏中，由玩家自身性格因素的控制。玩家在不自觉的情况下会表现出或勇敢或懦弱的对于手牌的不同判断。粗略思索，两种倾向皆为双刃剑。勇敢的玩家会因其敢于下注的特性吓退其他或许手牌比勇敢玩家手牌大的玩家，敢于加倍从而使自己能赢的局中收获更多筹码，但也会在自己注定要输的局中投入无意义的损失。懦弱的玩家能够在自己手牌小时避免进一步损失，但同时也会使自己获胜的局中赢得较少的筹码。总结为勇敢玩家赢的多，输的也多；懦弱玩家赢的少输的也少。至于这两种方法究竟何者为更有效的策略，同样在模拟游戏中将会被研究。

6.2 运气较优与运气较劣玩家差异消除问题

在现实游戏中，按照一名玩家每局执行约 2.2 次操作。那么一句游戏的全部过程大约为 5 分钟。假设现实玩家进行炸金花游戏一个下午则游戏总局数约为 50 局（如图 6-1（1）至图 6-1（4））。所以此局数为研究运气差异性的其实局数，之后分别设立 100 局（如图 6-2（1）至图 6-2（4）），500 局（如图 6-3（1）至图 6-3（4）），1000 局（如图 6-4（1）至图 6-4（4）），5000 局（如图 6-5（1）至图 6-5（4）），10000 局（如图 6-6（1）至图 6-6（4）），50000 局（如图 6-7（1）至图 6-7（4）），再按照选取的人数模板进行试验。由于此小问题中仅研究玩家运气之差异，盲人倾向及勇敢系数不为本小题的研究内容，因此均设为 1。

```
还剩0局游戏
50局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家2最终还剩1050.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜15次 手牌均分为215.3,手牌标准差为147.5444339851558
第2名， 玩家1最终还剩680.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜17次 手牌均分为229.44,手牌标准差为139.56477492548038
第3名， 玩家3最终还剩480.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12次 手牌均分为192.45,手牌标准差为109.08933265906433
第4名， 玩家0最终还剩-210.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为172.23,手牌标准差为87.19559679249865
手牌均值极差57.21000000000001,手牌离散程度（标准差）21.8334313611031
```

图 6-1（1） 4 名玩家模拟 50 局的结果

还剩0局游戏
50局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家1最终还剩1520.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜10次 手牌均分为246.37,手牌标准差为176.73108979463686
第2名， 玩家5最终还剩970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为218.8,手牌标准差为153.3087081675402
第3名， 玩家2最终还剩700.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜10次 手牌均分为262.88,手牌标准差为167.7129559694182
第4名， 玩家6最终还剩540.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜8次 手牌均分为258.66,手牌标准差为179.17643371827668
第5名， 玩家4最终还剩170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为181.27,手牌标准差为84.40386306325087
第6名， 玩家3最终还剩-60.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为194.74,手牌标准差为97.2496910020798
第7名， 玩家0最终还剩-340.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为200.97,手牌标准差为67.65496360208908
手牌均值极差81.60999999999999,手牌离散程度（标准差）30.355405664580147

图 6-1（2） 7 名玩家模拟 50 局的结果

还剩0局游戏
50局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家8最终还剩1710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜8次 手牌均分为216.43,手牌标准差为125.75225683859516
第2名， 玩家4最终还剩1090.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为237.85,手牌标准差为138.61375292516973
第3名， 玩家2最终还剩1010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为234.51,手牌标准差为141.55382333232825
第4名， 玩家0最终还剩980.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为228.79,手牌标准差为154.63162968810747
第5名， 玩家1最终还剩800.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为214.53,手牌标准差为142.73066979454697
第6名， 玩家6最终还剩480.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为223.63,手牌标准差为135.6714712089465
第7名， 玩家3最终还剩440.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为215.27,手牌标准差为134.93551089316702
第8名， 玩家5最终还剩100.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为207.79,手牌标准差为112.59591866493209
第9名， 玩家7最终还剩30.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为203.22,手牌标准差为118.25012304433345
第10名， 玩家10最终还剩0.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为224.19,手牌标准差为137.90706617138946
第11名， 玩家9最终还剩-1140.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2次 手牌均分为206.25,手牌标准差为122.0304162903659
手牌均值极差34.629999999999995,手牌离散程度（标准差）10.940936775279395

图 6-1（3） 11 名玩家模拟 50 局的结果

还剩0局游戏
50局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家12最终还剩4420.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为243.4,手牌标准差为157.9084228279163
第2名， 玩家9最终还剩2230.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为222.27,手牌标准差为127.95769652506253
第3名， 玩家4最终还剩1840.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为247.81,手牌标准差为180.95485320930192
第4名， 玩家6最终还剩1710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为247.88,手牌标准差为169.74453039788938
第5名， 玩家10最终还剩1390.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为207.94,手牌标准差为116.26936999915328
第6名， 玩家8最终还剩1190.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为223.96,手牌标准差为172.7541270129313
第7名， 玩家0最终还剩1070.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为235.1,手牌标准差为162.98251439955146
第8名， 玩家7最终还剩90.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为211.86,手牌标准差为122.10217197085396
第9名， 玩家13最终还剩-240.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为242.29,手牌标准差为155.07614548988505
第10名， 玩家1最终还剩-480.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为235.99,手牌标准差为146.04617386292597
第11名， 玩家14最终还剩-530.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2次 手牌均分为200.85,手牌标准差为96.12316318141012
第12名， 玩家3最终还剩-660.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1次 手牌均分为188.79,手牌标准差为91.93753803534224
第13名， 玩家11最终还剩-970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2次 手牌均分为194.25,手牌标准差为107.17906745255812
第14名， 玩家2最终还剩-1380.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1次 手牌均分为193.95,手牌标准差为93.21830560571246
第15名， 玩家5最终还剩-2180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜0次 手牌均分为227.0,手牌标准差为131.03449927404614
手牌均值极差59.09,手牌离散程度（标准差）20.01075870625599

图 6-1（4） 15 名玩家模拟 50 局的结果

还剩0局游戏
100局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家3最终还剩1220.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜31次 手牌均分为217.17,手牌标准差为133.84177636298764
第2名， 玩家0最终还剩1110.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜27次 手牌均分为212.295,手牌标准差为144.9828282073432
第3名， 玩家2最终还剩180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜22次 手牌均分为217.005,手牌标准差为136.08312707679818
第4名， 玩家1最终还剩-510.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜20次 手牌均分为204.635,手牌标准差为117.65000754356117
手牌均值极差12.534999999999997,手牌离散程度（标准差）5.091633302536624

图 6-2（1） 4 名玩家模拟 100 局的结果

还剩0局游戏
100局游戏结束，最终排名：
第1名, 玩家2最终还剩2220.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜19次 手牌均分为236.51,手牌标准差为158.12161427205328
第2名, 玩家5最终还剩870.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜16次 手牌均分为218.355,手牌标准差为144.05016999295765
第3名, 玩家1最终还剩700.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜15次 手牌均分为222.32,手牌标准差为118.55854081423239
第4名, 玩家0最终还剩570.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜16次 手牌均分为232.015,手牌标准差为147.6524543480399
第5名, 玩家4最终还剩120.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜11次 手牌均分为208.72,手牌标准差为132.99291936039302
第6名, 玩家6最终还剩-380.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜10次 手牌均分为186.77,手牌标准差为98.29065113224146
第7名, 玩家3最终还剩-600.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜13次 手牌均分为217.755,手牌标准差为138.13751291738242
手牌均值极差49.73999999999998,手牌离散程度（标准差）15.20110260501399

图 6-2（2） 7 名玩家模拟 100 局的结果

还剩0局游戏
100局游戏结束，最终排名：
第1名, 玩家8最终还剩3130.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12次 手牌均分为230.83,手牌标准差为150.81434315077595
第2名, 玩家4最终还剩3000.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜11次 手牌均分为223.415,手牌标准差为158.3402831720343
第3名, 玩家5最终还剩2000.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜11次 手牌均分为210.235,手牌标准差为126.76043260812892
第4名, 玩家7最终还剩1410.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜11次 手牌均分为215.055,手牌标准差为139.43342309145248
第5名, 玩家9最终还剩830.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜9次 手牌均分为199.495,手牌标准差为99.05805103574365
第6名, 玩家6最终还剩110.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜9次 手牌均分为216.935,手牌标准差为141.04557162491844
第7名, 玩家1最终还剩-830.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜8次 手牌均分为214.98,手牌标准差为115.38470262560804
第8名, 玩家0最终还剩-880.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为218.665,手牌标准差为128.97278889362673
第9名, 玩家2最终还剩-950.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜8次 手牌均分为227.04,手牌标准差为137.76865899035244
第10名, 玩家3最终还剩-1120.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为204.08,手牌标准差为120.5713423662522
第11名, 玩家10最终还剩-1200.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为206.495,手牌标准差为130.05611279367074
手牌均值极差31.335000000000008,手牌离散程度（标准差）9.233261110994404

图 6-2（3） 11 名玩家模拟 100 局的结果

还剩0局游戏
100局游戏结束，最终排名：
第1名, 玩家13最终还剩4190.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜10次 手牌均分为230.035,手牌标准差为150.72851845287937
第2名, 玩家2最终还剩3640.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜9次 手牌均分为217.485,手牌标准差为133.67878393746707
第3名, 玩家3最终还剩1490.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜8次 手牌均分为214.695,手牌标准差为142.3098713195961
第4名, 玩家6最终还剩1380.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜9次 手牌均分为210.955,手牌标准差为131.91957957407232
第5名, 玩家4最终还剩1010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为210.355,手牌标准差为149.82955808184178
第6名, 玩家7最终还剩920.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜9次 手牌均分为219.84,手牌标准差为144.37466675286214
第7名, 玩家11最终还剩330.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为217.355,手牌标准差为128.83651064430455
第8名, 玩家14最终还剩170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为226.545,手牌标准差为135.0895831476284
第9名, 玩家5最终还剩150.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为216.43,手牌标准差为132.22443079854796
第10名, 玩家1最终还剩-180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7次 手牌均分为234.265,手牌标准差为158.40821403891906
第11名, 玩家8最终还剩-280.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为189.835,手牌标准差为92.06047075156634
第12名, 玩家0最终还剩-560.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜5次 手牌均分为201.695,手牌标准差为113.85916509003567
第13名, 玩家10最终还剩-1280.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4次 手牌均分为205.765,手牌标准差为141.51695048650532
第14名, 玩家12最终还剩-1590.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3次 手牌均分为201.41,手牌标准差为109.93844595954596
第15名, 玩家9最终还剩-1890.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6次 手牌均分为225.88,手牌标准差为124.546058147177
手牌均值极差44.42999999999998,手牌离散程度（标准差）11.558395140425947

图 6-2（4） 15 名玩家模拟 100 局的结果

还剩0局游戏
500局游戏结束，最终排名：
第1名, 玩家1最终还剩1010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜118次 手牌均分为207.032,手牌标准差为127.35303284963415
第2名, 玩家2最终还剩1010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜129次 手牌均分为208.743,手牌标准差为126.4737540005831
第3名, 玩家3最终还剩20.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜125次 手牌均分为216.146,手牌标准差为132.53695214543
第4名, 玩家0最终还剩-40.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜128次 手牌均分为210.676,手牌标准差为124.14108112949557
手牌均值极差9.113999999999976,手牌离散程度（标准差）3.4253927785729843

图 6-3（1） 4 名玩家模拟 500 局的结果

还剩0局游戏
500局游戏结束，最终排名：
第1名，玩家5最终还剩3480.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜86次 手牌均分为218.163,手牌标准差为135.5269564736108
第2名，玩家4最终还剩980.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜76次 手牌均分为209.259,手牌标准差为119.88885026973941
第3名，玩家3最终还剩850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜66次 手牌均分为217.249,手牌标准差为137.2847569797902
第4名，玩家0最终还剩720.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜76次 手牌均分为216.926,手牌标准差为140.05938927469307
第5名，玩家2最终还剩490.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜74次 手牌均分为217.638,手牌标准差为132.38443623024568
第6名，玩家6最终还剩-1410.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜56次 手牌均分为209.586,手牌标准差为127.01649343293955
第7名，玩家1最终还剩-1610.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜66次 手牌均分为216.657,手牌标准差为133.73497990802554
手牌均值极差8.904000000000025,手牌离散程度（标准差）3.5998923680055355

图 6-3（2） 7 名玩家模拟 500 局的结果

还剩0局游戏
500局游戏结束，最终排名：
第1名，玩家1最终还剩5680.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜55次 手牌均分为228.407,手牌标准差为153.00436219598447
第2名，玩家7最终还剩1500.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜49次 手牌均分为221.276,手牌标准差为143.9556661753889
第3名，玩家9最终还剩850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜50次 手牌均分为220.843,手牌标准差为138.0478498601119
第4名，玩家6最终还剩800.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜53次 手牌均分为225.609,手牌标准差为149.20942536917698
第5名，玩家10最终还剩510.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜41次 手牌均分为206.119,手牌标准差为120.55833998110624
第6名，玩家3最终还剩240.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜49次 手牌均分为213.236,手牌标准差为132.68769462161887
第7名，玩家0最终还剩50.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜46次 手牌均分为218.313,手牌标准差为146.78086909062773
第8名，玩家2最终还剩-10.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜39次 手牌均分为211.619,手牌标准差为127.7470678293635
第9名，玩家5最终还剩-640.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜40次 手牌均分为211.333,手牌标准差为136.1037788270406
第10名，玩家4最终还剩-970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜40次 手牌均分为217.754,手牌标准差为130.17927824350542
第11名，玩家8最终还剩-2510.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜38次 手牌均分为222.58,手牌标准差为147.86168739737818
手牌均值极差22.28800000000001,手牌离散程度（标准差）6.432140175685655

图 6-3（3） 11 名玩家模拟 500 局的结果

还剩0局游戏
500局游戏结束，最终排名：
第1名，玩家1最终还剩10310.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜52次 手牌均分为227.145,手牌标准差为147.37218691123505
第2名，玩家11最终还剩6940.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜45次 手牌均分为222.095,手牌标准差为144.72522750025308
第3名，玩家8最终还剩3170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜41次 手牌均分为219.565,手牌标准差为139.19926463527025
第4名，玩家5最终还剩2640.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜37次 手牌均分为211.535,手牌标准差为123.77583881759803
第5名，玩家9最终还剩2320.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜36次 手牌均分为218.336,手牌标准差为138.40947981984476
第6名，玩家4最终还剩1220.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜33次 手牌均分为215.38,手牌标准差为134.18903308392981
第7名，玩家2最终还剩1210.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜34次 手牌均分为213.66,手牌标准差为141.03183115878485
第8名，玩家10最终还剩40.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜30次 手牌均分为211.314,手牌标准差为140.9847133699254
第9名，玩家7最终还剩-710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜35次 手牌均分为221.672,手牌标准差为138.98806932970902
第10名，玩家0最终还剩-1710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜31次 手牌均分为216.448,手牌标准差为135.94882234135014
第11名，玩家6最终还剩-2260.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜27次 手牌均分为205.521,手牌标准差为115.12154472122059
第12名，玩家13最终还剩-2970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜23次 手牌均分为201.541,手牌标准差为112.03670746233132
第13名，玩家12最终还剩-3180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜29次 手牌均分为206.581,手牌标准差为123.15411458412582
第14名，玩家3最终还剩-3870.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜21次 手牌均分为206.106,手牌标准差为123.8699792685863
第15名，玩家14最终还剩-5650.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜26次 手牌均分为213.007,手牌标准差为131.49215357199074
手牌均值极差25.604000000000013,手牌离散程度（标准差）6.897901414842702

图 6-3（4） 15 名玩家模拟 500 局的结果

还剩0局游戏
1000局游戏结束，最终排名：
第1名，玩家0最终还剩3010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜273次 手牌均分为210.673,手牌标准差为130.2442227931819
第2名，玩家1最终还剩1870.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜280次 手牌均分为212.192,手牌标准差为129.39555299932076
第3名，玩家2最终还剩-630.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜226次 手牌均分为207.165,手牌标准差为121.85955348268769
第4名，玩家3最终还剩-2250.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜221次 手牌均分为212.433,手牌标准差为128.9364301157745
手牌均值极差5.268000000000001,手牌离散程度（标准差）2.1034444816776157

图 6-4（1） 4 名玩家模拟 1000 局的结果

还剩0局游戏
1000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家3最终还剩6690.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜176次 手牌均分为222.6525,手牌标准差为148.9496206566165
第2名， 玩家6最终还剩2060.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜144次 手牌均分为216.6005,手牌标准差为134.5910236596408
第3名， 玩家4最终还剩690.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜137次 手牌均分为218.854,手牌标准差为142.59295804491882
第4名， 玩家1最终还剩70.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜140次 手牌均分为217.694,手牌标准差为138.18958666990792
第5名， 玩家2最终还剩-1330.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜147次 手牌均分为212.7055,手牌标准差为130.0609454054136
第6名， 玩家0最终还剩-2120.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜134次 手牌均分为215.6855,手牌标准差为130.97400444267547
第7名， 玩家5最终还剩-2560.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜122次 手牌均分为218.6225,手牌标准差为147.1444162846487
手牌均值极差9.947000000000003,手牌离散程度（标准差）2.847400448887817

图 6-4（2） 7 名玩家模拟 1000 局的结果

还剩0局游戏
1000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家7最终还剩4900.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜102次 手牌均分为213.6235,手牌标准差为138.2391677410928
第2名， 玩家0最终还剩3710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜101次 手牌均分为221.355,手牌标准差为142.96573356927175
第3名， 玩家8最终还剩3110.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜87次 手牌均分为210.645,手牌标准差为127.47571719743324
第4名， 玩家10最终还剩2200.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜101次 手牌均分为226.3005,手牌标准差为144.18526779719883
第5名， 玩家1最终还剩1560.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜91次 手牌均分为212.703,手牌标准差为130.7626850099063
第6名， 玩家4最终还剩1010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜94次 手牌均分为214.8355,手牌标准差为133.95826473103477
第7名， 玩家9最终还剩-680.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜89次 手牌均分为211.7205,手牌标准差为135.1550170350698
第8名， 玩家3最终还剩-1310.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜83次 手牌均分为209.455,手牌标准差为125.80089019955314
第9名， 玩家2最终还剩-2100.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜86次 手牌均分为212.6425,手牌标准差为132.16634951359615
第10名， 玩家5最终还剩-3220.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜79次 手牌均分为212.5545,手牌标准差为131.07164369057864
第11名， 玩家6最终还剩-3680.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜87次 手牌均分为215.821,手牌标准差为138.32797424599266
手牌均值极差16.845499999999987,手牌离散程度（标准差）4.738135982737205

图 6-4（3） 11 名玩家模拟 1000 局的结果

还剩0局游戏
1000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家8最终还剩5230.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜80次 手牌均分为219.855,手牌标准差为138.40197424531203
第2名， 玩家0最终还剩4770.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜69次 手牌均分为220.334,手牌标准差为140.25083402247554
第3名， 玩家7最终还剩3980.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜78次 手牌均分为224.028,手牌标准差为148.08175348772724
第4名， 玩家2最终还剩2710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜75次 手牌均分为221.1315,手牌标准差为139.70932129872364
第5名， 玩家14最终还剩2300.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜68次 手牌均分为213.3745,手牌标准差为134.36432003977092
第6名， 玩家13最终还剩1440.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜64次 手牌均分为214.883,手牌标准差为135.40241065431584
第7名， 玩家10最终还剩1220.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜64次 手牌均分为211.301,手牌标准差为136.36026326976645
第8名， 玩家6最终还剩740.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜58次 手牌均分为205.3435,手牌标准差为122.1738362242506
第9名， 玩家3最终还剩70.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜67次 手牌均分为211.342,手牌标准差为135.88064076975797
第10名， 玩家4最终还剩-270.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜67次 手牌均分为216.727,手牌标准差为128.69682580001734
第11名， 玩家11最终还剩-650.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜68次 手牌均分为213.361,手牌标准差为130.6039841620461
第12名， 玩家12最终还剩-1440.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜61次 手牌均分为215.256,手牌标准差为135.6404344729108
第13名， 玩家9最终还剩-2880.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜65次 手牌均分为211.745,手牌标准差为128.56580795452564
第14名， 玩家5最终还剩-2890.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜65次 手牌均分为216.8665,手牌标准差为137.66877252213018
第15名， 玩家1最终还剩-6830.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜51次 手牌均分为208.4255,手牌标准差为129.7696967698931
手牌均值极差18.684499999999986,手牌离散程度（标准差）4.8789151146085254

图 6-4（4） 15 名玩家模拟 1000 局的结果

还剩0局游戏
5000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家1最终还剩3950.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1369次 手牌均分为212.6638,手牌标准差为130.35259594484484
第2名， 玩家3最终还剩970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1243次 手牌均分为213.8279,手牌标准差为135.355809005709
第3名， 玩家2最终还剩850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1130次 手牌均分为210.7684,手牌标准差为133.28566525114425
第4名， 玩家0最终还剩-3770.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1258次 手牌均分为213.8325,手牌标准差为134.33692453584771
手牌均值极差3.0640999999999963,手牌离散程度（标准差）1.2515690122801821

图 6-5（1） 4 名玩家模拟 5000 局的结果

还剩0局游戏
5000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家6最终还剩4710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜740次 手牌均分为217.2798,手牌标准差为139.67470784633826
第2名， 玩家1最终还剩1460.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜730次 手牌均分为216.8806,手牌标准差为135.62777275926965
第3名， 玩家5最终还剩1180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜710次 手牌均分为215.7001,手牌标准差为135.31441981544305
第4名， 玩家0最终还剩70.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜742次 手牌均分为215.6422,手牌标准差为138.58207308003435
第5名， 玩家3最终还剩-530.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜731次 手牌均分为215.2653,手牌标准差为135.7638256897249
第6名， 玩家4最终还剩-610.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜669次 手牌均分为213.4956,手牌标准差为134.56775646728946
第7名， 玩家2最终还剩-2780.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜678次 手牌均分为214.6423,手牌标准差为133.67731595416606
手牌均值极差3.7841999999999985,手牌离散程度（标准差）1.1903673855802057

图 6-5（2） 7 名玩家模拟 5000 局的结果

还剩0局游戏
5000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家10最终还剩6400.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜442次 手牌均分为213.6823,手牌标准差为134.21091988623738
第2名， 玩家1最终还剩4520.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜476次 手牌均分为215.8171,手牌标准差为138.08266472512048
第3名， 玩家6最终还剩2460.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜448次 手牌均分为211.7965,手牌标准差为131.4421931411295
第4名， 玩家3最终还剩990.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜462次 手牌均分为216.3004,手牌标准差为136.11577043032176
第5名， 玩家7最终还剩560.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜448次 手牌均分为212.3808,手牌标准差为135.50700606005591
第6名， 玩家5最终还剩-430.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜435次 手牌均分为213.0211,手牌标准差为132.2994062903913
第7名， 玩家2最终还剩-630.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜431次 手牌均分为215.0187,手牌标准差为134.62310945862902
第8名， 玩家4最终还剩-1250.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜468次 手牌均分为215.9744,手牌标准差为138.14858466390464
第9名， 玩家8最终还剩-1330.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜474次 手牌均分为214.5624,手牌标准差为133.26295699195657
第10名， 玩家0最终还剩-2780.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜452次 手牌均分为212.706,手牌标准差为133.70109148395153
第11名， 玩家9最终还剩-3010.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜464次 手牌均分为212.531,手牌标准差为132.06546762496242
手牌均值极差4.503899999999987,手牌离散程度（标准差）1.5436322384033123

图 6-5（3） 11 名玩家模拟 5000 局的结果

还剩0局游戏
5000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家8最终还剩7100.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜343次 手牌均分为214.4796,手牌标准差为134.79643609472794
第2名， 玩家9最终还剩6850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜339次 手牌均分为215.0077,手牌标准差为135.6213172429395
第3名， 玩家10最终还剩6370.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜329次 手牌均分为213.6521,手牌标准差为133.82637899752768
第4名， 玩家7最终还剩5030.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜352次 手牌均分为214.3586,手牌标准差为136.59095104010356
第5名， 玩家2最终还剩2840.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜340次 手牌均分为216.0788,手牌标准差为136.4150706137704
第6名， 玩家5最终还剩270.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜353次 手牌均分为215.5947,手牌标准差为137.7382593251056
第7名， 玩家6最终还剩-10.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜310次 手牌均分为213.2229,手牌标准差为133.73011764591388
第8名， 玩家4最终还剩-370.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜327次 手牌均分为212.8861,手牌标准差为130.20132478892066
第9名， 玩家3最终还剩-520.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜320次 手牌均分为213.1476,手牌标准差为132.78405933785893
第10名， 玩家11最终还剩-1660.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜349次 手牌均分为215.6982,手牌标准差为137.71076289368244
第11名， 玩家0最终还剩-2320.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜309次 手牌均分为212.5956,手牌标准差为133.5047982682273
第12名， 玩家13最终还剩-2590.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜330次 手牌均分为213.2806,手牌标准差为133.5081363200013
第13名， 玩家14最终还剩-3050.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜338次 手牌均分为213.7999,手牌标准差为133.48152422710072
第14名， 玩家1最终还剩-4260.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜337次 手牌均分为215.0615,手牌标准差为134.55413136633882
第15名， 玩家12最终还剩-6180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜324次 手牌均分为214.2851,手牌标准差为132.98463846621516
手牌均值极差3.4832000000000107,手牌离散程度（标准差）1.0611819791576231

图 6-5（4） 15 名玩家模拟 5000 局的结果

还剩0局游戏
10000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家2最终还剩1280.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2613次 手牌均分为215.09435,手牌标准差为134.95396631102605
第2名， 玩家1最终还剩970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2545次 手牌均分为213.9774,手牌标准差为135.1666968570289
第3名， 玩家3最终还剩790.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2437次 手牌均分为214.43555,手牌标准差为135.90289335108963
第4名， 玩家0最终还剩-1040.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜2405次 手牌均分为215.0691,手牌标准差为135.67214019536206
手牌均值极差1.1169500000000028,手牌离散程度（标准差）0.4667258443133393

图 6-6（1） 4 名玩家模拟 10000 局的结果

还剩0局游戏
10000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家3最终还剩3830.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1444次 手牌均分为212.7773,手牌标准差为132.21048730985663
第2名， 玩家0最终还剩3650.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1326次 手牌均分为212.16605,手牌标准差为132.04578297847118
第3名， 玩家2最终还剩1080.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1530次 手牌均分为215.8581,手牌标准差为135.29439664816135
第4名， 玩家4最终还剩420.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1475次 手牌均分为213.31425,手牌标准差为134.61752587214403
第5名， 玩家1最终还剩0.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1460次 手牌均分为211.8061,手牌标准差为130.39451945074208
第6名， 玩家5最终还剩-1030.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1381次 手牌均分为212.1342,手牌标准差为131.7698732273808
第7名， 玩家6最终还剩-4450.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜1384次 手牌均分为213.41025,手牌标准差为133.5023251480568
手牌均值极差4.052000000000021,手牌离散程度（标准差）1.2719396266637655

图 6-6（2） 7 名玩家模拟 10000 局的结果

还剩0局游戏
10000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家9最终还剩5420.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜941次 手牌均分为215.02095,手牌标准差为136.3725442898881
第2名， 玩家7最终还剩3040.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜887次 手牌均分为212.227,手牌标准差为132.4354256647371
第3名， 玩家6最终还剩2170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜921次 手牌均分为213.45855,手牌标准差为132.38564917277665
第4名， 玩家0最终还剩1160.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜955次 手牌均分为215.8946,手牌标准差为136.30429171834615
第5名， 玩家2最终还剩1040.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜843次 手牌均分为212.89895,手牌标准差为131.87991417914023
第6名， 玩家10最终还剩950.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜879次 手牌均分为213.6537,手牌标准差为135.97993593287933
第7名， 玩家4最终还剩850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜959次 手牌均分为214.84765,手牌标准差为135.76436982683484
第8名， 玩家1最终还剩140.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜844次 手牌均分为213.5703,手牌标准差为131.97060035443488
第9名， 玩家3最终还剩-290.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜925次 手牌均分为214.0239,手牌标准差为133.83478930677984
第10名， 玩家5最终还剩-610.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜982次 手牌均分为215.42745,手牌标准差为133.97394340504326
第11名， 玩家8最终还剩-8370.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜864次 手牌均分为212.29875,手牌标准差为131.47645311399782
手牌均值极差3.667599999999993,手牌离散程度（标准差）1.1752970507405038

图 6-6（3） 11 名玩家模拟 10000 局的结果

还剩0局游戏
10000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家13最终还剩8750.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜667次 手牌均分为215.01105,手牌标准差为136.84122113930965
第2名， 玩家4最终还剩7040.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜667次 手牌均分为214.18785,手牌标准差为135.47308270419467
第3名， 玩家0最终还剩6690.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜695次 手牌均分为214.9752,手牌标准差为136.38125250546653
第4名， 玩家9最终还剩4420.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜696次 手牌均分为215.707,手牌标准差为137.2671987439094
第5名， 玩家2最终还剩3280.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜667次 手牌均分为215.5039,手牌标准差为136.1999544228629
第6名， 玩家11最终还剩2640.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜636次 手牌均分为213.02465,手牌标准差为133.83633631184614
第7名， 玩家14最终还剩340.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜694次 手牌均分为214.4855,手牌标准差为135.09451317411083
第8名， 玩家12最终还剩-1090.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜641次 手牌均分为214.55195,手牌标准差为134.61652638586932
第9名， 玩家6最终还剩-1180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜681次 手牌均分为215.14945,手牌标准差为134.51826526422965
第10名， 玩家8最终还剩-3280.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜672次 手牌均分为213.9549,手牌标准差为135.19214923948056
第11名， 玩家5最终还剩-3370.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜649次 手牌均分为212.93745,手牌标准差为131.96967118431968
第12名， 玩家1最终还剩-3410.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜634次 手牌均分为212.0551,手牌标准差为132.9152544428893
第13名， 玩家7最终还剩-3620.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜658次 手牌均分为214.1197,手牌标准差为133.9940971532328
第14名， 玩家3最终还剩-3970.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜652次 手牌均分为212.92115,手牌标准差为131.77255843944872
第15名， 玩家10最终还剩-5740.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜691次 手牌均分为216.2783,手牌标准差为138.52706991454798
手牌均值极差4.223199999999991,手牌离散程度（标准差）1.1460915587624996

图 6-6（4） 15 名玩家模拟 10000 局的结果

还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家3最终还剩2510.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12341次 手牌均分为213.02793,手牌标准差为133.7288975686128
第2名， 玩家2最终还剩720.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12411次 手牌均分为213.06165,手牌标准差为133.68461603444598
第3名， 玩家1最终还剩-330.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12663次 手牌均分为213.89768,手牌标准差为133.95148024795338
第4名， 玩家0最终还剩-900.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜12585次 手牌均分为213.06182,手牌标准差为132.90749195695267
手牌均值极差0.8697500000000105,手牌离散程度（标准差）0.3671136372432971

图 6-7（1） 4 名玩家模拟 50000 局的结果

还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家0最终还剩3940.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7133次 手牌均分为214.26547,手牌标准差为135.05731365120127
第2名， 玩家1最终还剩2430.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7106次 手牌均分为213.66634,手牌标准差为133.42198050173155
第3名， 玩家5最终还剩2250.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7206次 手牌均分为214.05866,手牌标准差为134.62386511687194
第4名， 玩家6最终还剩1960.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7224次 手牌均分为214.0724,手牌标准差为134.46167356626086
第5名， 玩家3最终还剩-570.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7260次 手牌均分为213.46462,手牌标准差为133.74278686439632
第6名， 玩家4最终还剩-2100.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜7196次 手牌均分为213.84465,手牌标准差为133.61577036928657
第7名， 玩家2最终还剩-4410.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜6875次 手牌均分为213.24046,手牌标准差为134.74082038858856
手牌均值极差1.0250099999999804,手牌离散程度（标准差）0.33873077607022933

图 6-7（2） 7 名玩家模拟 50000 局的结果

还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家0最终还剩5880.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4572次 手牌均分为213.80714,手牌标准差为133.80084676496045
第2名， 玩家9最终还剩5290.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4577次 手牌均分为213.73881,手牌标准差为133.7454386690765
第3名， 玩家4最终还剩4790.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4639次 手牌均分为214.76739,手牌标准差为135.6660919595893
第4名， 玩家8最终还剩1540.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4576次 手牌均分为213.88955,手牌标准差为134.21350720325393
第5名， 玩家7最终还剩310.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4593次 手牌均分为214.1036,手牌标准差为134.629971800635
第6名， 玩家5最终还剩-200.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4449次 手牌均分为213.48654,手牌标准差为134.0638789489111
第7名， 玩家10最终还剩-570.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4519次 手牌均分为213.57274,手牌标准差为133.6461790658139
第8名， 玩家3最终还剩-2110.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4623次 手牌均分为214.13518,手牌标准差为134.0150434330738
第9名， 玩家2最终还剩-2410.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4478次 手牌均分为213.5711,手牌标准差为134.19084989219667
第10名， 玩家1最终还剩-2660.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4481次 手牌均分为214.00757,手牌标准差为135.08740917530042
第11名， 玩家6最终还剩-4360.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜4493次 手牌均分为213.4812,手牌标准差为132.79998526566234
手牌均值极差1.2861900000000048,手牌离散程度（标准差）0.36263833419095887

图 6-7（3） 11 名玩家模拟 50000 局的结果

还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家0最终还剩4920.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3304次 手牌均分为213.56594,手牌标准差为134.39790568277786
第2名， 玩家6最终还剩3210.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3384次 手牌均分为214.45531,手牌标准差为135.42012608103943
第3名， 玩家9最终还剩3170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3139次 手牌均分为212.53519,手牌标准差为132.05777128463075
第4名， 玩家13最终还剩2570.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3431次 手牌均分为214.47465,手牌标准差为135.64209406514502
第5名， 玩家3最终还剩1860.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3314次 手牌均分为213.45502,手牌标准差为133.3883723073335
第6名， 玩家12最终还剩1850.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3293次 手牌均分为212.97699,手牌标准差为133.2468257240652
第7名， 玩家10最终还剩1460.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3327次 手牌均分为213.50891,手牌标准差为134.1528418842188
第8名， 玩家11最终还剩670.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3373次 手牌均分为214.54919,手牌标准差为134.742381511327
第9名， 玩家14最终还剩460.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3299次 手牌均分为213.02286,手牌标准差为134.15351026872307
第10名， 玩家2最终还剩30.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3232次 手牌均分为214.34109,手牌标准差为133.69985259009135
第11名， 玩家1最终还剩-1210.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3505次 手牌均分为214.53066,手牌标准差为135.43066620955886
第12名， 玩家7最终还剩-1230.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3366次 手牌均分为214.0166,手牌标准差为134.86400670468564
第13名， 玩家8最终还剩-1810.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3252次 手牌均分为213.77983,手牌标准差为134.07731497226186
第14名， 玩家4最终还剩-2510.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3381次 手牌均分为214.40565,手牌标准差为134.95260172770836
第15名， 玩家5最终还剩-5940.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1,总计获胜3400次 手牌均分为214.12292,手牌标准差为134.50898408906954
手牌均值极差2.01400000000001,手牌离散程度（标准差）0.6268387327797248

图 6-7（4） 15 名玩家模拟 50000 局的结果

整理以上模拟实验的数据手牌均值极差，手牌均值离散程度与玩家数游戏局数之间的关系见表 6-1，表 6-2。

表 6-1 手牌均值极差与玩家数游戏局数的关系

局数 玩家数	50	100	500	1000	5000	10000	50000
4	57.21	12.53	9.11	5.27	3.06	1.12	0.87
7	81.61	49.74	8.90	9.95	3.78	4.05	1.02
11	34.63	31.34	22.29	16.84	4.50	3.67	1.29
15	59.09	44.43	25.60	18.68	3.48	4.22	2.01

表 6-2 手牌均值标准差与玩家数游戏局数的关系

局数 玩家数	50	100	500	1000	5000	10000	50000
4	21.83	5.09	3.42	2.10	1.25	0.47	0.36
7	30.36	15.20	3.60	2.85	1.19	1.27	0.34
11	10.94	9.23	6.43	4.74	1.54	1.17	0.36
15	20.01	11.56	6.90	4.88	1.06	1.14	0.63

处于一般性兼顾特殊性的需要，在本小问题下的模拟实验，无论是玩家数还是局数均没有采用均匀间隔采样，因此所得数据如归绘制成图表，将产生失真且难以恢复数据背后的规律。而直接研究由原始数据得出的表格，并不会妨碍得出结论的适用性。

对于本章说明中提出的第一个小问题的回答，显然是肯定的，对于现实中进行的炸金花游戏，50 局已经是一个不小的数目，需要相当数量的游戏时间。但即使是在这样的重复次数下运气最优者与运气最劣者之间的差距仍然显著：4 人局 229.44 分与 172.23 分的差距（相当于 4,4,A 与 K,9,2 的差距），7 人局 262.88 分与 181.27 分的差距（相当于 7,7,2 与 A,5,2 的差距），11 人局 237.85 分与 203.22 分的差距（相当于 5,5,6 与 2,2,A 的差距）,15 人局 247.88 分与 188.79 分的差距（相当于 6,6,2 与 A,10,3 之间的差距）。

这样的差距即使将局数扩展到 100 局，差距仍然明显。而到了 500 局时，7 人局与 4 人局的手牌均值极差能控制在 10 分以内，但 11 人局与 15 人局的手牌均值极差仍保持在 20 分以上。手牌均分极差只有在模拟 10000 局及以上，才能控制在 5 分以内，而到了 50000 局及以上，这个数值能控制在 1 分左右，同时，手牌均值的标准差也控制在 1 以内。出于控制随机性的原因，本章中的后连个小文的模拟实验次数全部设为 50000 局。

由此模拟结果，在炸金花游戏中的有限局数下，玩家个体之间确实存在运气的差异。这也启示现实玩家，即使坐着玩上一整天几百局炸金花游戏，也不应当能等到自己好运到来的时刻，从来就没有前几局运气不太好，之后几局运气就会好起来这样的说法。

同样值得注意的现象是，无论在何种游戏人数，何种局数的模拟条件下，最终获得最多筹码的玩

家并非手牌均分最高的玩家，最终输掉最多筹码的玩家也并非售票均分最低的玩家。这样的现象可以从编程与炸金花游戏本身的特性进行解释。从编程角度，程序设计中，具有随机性的不仅仅只有玩家手牌这一项，为了保证 AI 玩家行动的多样性，正如前文的全部代码可知，AI 玩家的行动也带有一定的随机性。代码设计的目的是使 AI 玩家的行为更加合乎正常玩家的行为，但这无法同时保证，这样的行为是同样适合该 AI 玩家的手上的手牌，同时也没有将其余 AI 玩家的行动考虑在内。AI 玩家的抉择策略的过程中，是缺乏对于其他 AI 玩家行动的考虑的。因此，拥有最好手牌运气的玩家并不代表其同样在行动决策上同样拥有好运。拥有交差手牌运势的玩家在决策上也不一定会不会受到幸运女神堤喀[4]的眷顾。从炸金花游戏本身的特性，炸金花游戏的筹码归属是在一局一局游戏中完成的，也就是炸金花游戏的赢家并非运气一直保持在较高水准的玩家，而是每一局游戏中运气相对最优的玩家。存在这样的极端情况，一位玩家 0 的在每一局炸金花游戏中运气都是相对不错的，但是每一局都有一位玩家都运气相对比他好，这意味着这位玩家 0 在每一局游戏中都很难获得最终的胜利，相反还有可能因为坚信自己的手牌最好而损失更多的筹码。如果那位运气比他好的玩家由趋于所有玩家轮流担任，那么从最终结果来看其余所有玩家的手牌均分都低于玩家 0，但玩家 0 却是失去最多筹码的那位。

结合上述炸金花游戏特性的论述，可以推导出所谓运气最好的玩家获得的手牌并非其整体水平处于一个较高水平，而是其所获得的所有手牌中，处于极端情况的较多，而极端情况，即为容易判断策略的情况。而在符合这样的条件下，手牌均分尽可能地高，才是最有利于拿取最多筹码的手牌情况。而接下来的两个小方向中，研究的内容是 AI 玩家策略对于最终筹码数的影响，因此通过扩大游戏局数（50000 局），将手牌分数差异的影响减至最低。

6.3 盲人策略的采取是否能带来正收益问题

正如，前文所提及，盲人策略因其不确定性而饱受争议。能否为玩家获取直接的收益是这部分研究的问题。分别将 4,7,11,15 人局的 AI 玩家盲人倾向按照如下语句设定，以保证所有玩家的盲人倾向在系数 1 两侧均匀分布：

4 人局：

```
if player_no < 2:
    self.blind_tendency = 0.8+0.1*self.player_no
else:
    self.blind_tendency = 0.9+0.1*self.player_no
```

7 人局：

```
self.blind_tendency = 0.7 + 0.1 * self.player_no
```

11 人局：

```
self.blind_tendency = 0.75 + 0.05 * self.player_no
```

15 人局：

```
self.blind_tendency = 0.65 + 0.05 * self.player_no
```

分别在这些人数下，模拟 50000 次游戏的结果 6-8（1）至 6-8（4）：

```
还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家2最终还剩2110.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.1,总计获胜13136次 手牌均分为214.20516,手牌标准差为134.20296188748756
第2名， 玩家0最终还剩190.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.8,总计获胜12268次 手牌均分为212.98045,手牌标准差为132.55011279813294
第3名， 玩家3最终还剩-130.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.2000000000000002,总计获胜12632次 手牌均分为213.39568,手牌标准差为133.60649088774676
第4名， 玩家1最终还剩-170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.9,总计获胜11964次 手牌均分为213.40064,手牌标准差为133.6649251583652
手牌均值极差1.224710000000016,手牌离散程度（标准差）0.4438063397685462
```

图 6-8（1） 4 名玩家的盲人玩法实验

```
还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家2最终还剩5790.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.8999999999999999,总计获胜6861次 手牌均分为212.74027,手牌标准差为132.57942202818285
第2名， 玩家3最终还剩2380.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.0,总计获胜7372次 手牌均分为214.73786,手牌标准差为134.9525401488257
第3名， 玩家5最终还剩1140.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.2,总计获胜7269次 手牌均分为214.20653,手牌标准差为134.7268687395336 1
第4名， 玩家4最终还剩-190.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.1,总计获胜7132次 手牌均分为214.67623,手牌标准差为135.67689061880316
第5名， 玩家0最终还剩-520.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.7,总计获胜7125次 手牌均分为214.18108,手牌标准差为134.30704467760947
第6名， 玩家6最终还剩-840.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.3,总计获胜7265次 手牌均分为214.24793,手牌标准差为134.7788031765945 2
第7名， 玩家1最终还剩-4260.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.7999999999999999,总计获胜6976次 手牌均分为213.07588,手牌标准差为133.1127629952335
手牌均值极差1.9975900000000024,手牌离散程度（标准差）0.7148408573513211
```

图 6-8（2） 7 名玩家的盲人玩法实验

```
还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家4最终还剩3780.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.95,总计获胜4543次 手牌均分为214.23756,手牌标准差为134.35858061637273
第2名， 玩家10最终还剩3050.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.25,总计获胜4434次 手牌均分为213.92813,手牌标准差为135.16201548402347
第3名， 玩家5最终还剩2810.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.0,总计获胜4483次 手牌均分为213.61135,手牌标准差为133.59730699447232
第4名， 玩家0最终还剩2330.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.75,总计获胜4604次 手牌均分为214.58443,手牌标准差为135.0382380534322
第5名， 玩家3最终还剩2180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.9,总计获胜4557次 手牌均分为213.82671,手牌标准差为134.50864602535938
第6名， 玩家7最终还剩660.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.1,总计获胜4589次 手牌均分为214.68756,手牌标准差为136.16195823814485
第7名， 玩家8最终还剩340.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.15,总计获胜4729次 手牌均分为214.45247,手牌标准差为134.7278696703066
第8名， 玩家1最终还剩-560.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.8,总计获胜4545次 手牌均分为214.22967,手牌标准差为134.67594282829623
第9名， 玩家6最终还剩-2470.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.05,总计获胜4486次 手牌均分为214.39294,手牌标准差为135.2202000374085
第10名， 玩家2最终还剩-3270.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.85,总计获胜4528次 手牌均分为213.40482,手牌标准差为133.17597291091175
第11名， 玩家9最终还剩-3350.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.2,总计获胜4502次 手牌均分为214.13966,手牌标准差为134.84397570928178
手牌均值极差1.2827399999999898,手牌离散程度（标准差）0.38604441954198093
```

图 6-8（3） 11 名玩家的盲人玩法实验

```
还剩0局游戏
50000局游戏结束，最终排名：
第1名， 玩家3最终还剩10840.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.8,总计获胜3305次 手牌均分为213.81915,手牌标准差为134.489814961124 7
第2名， 玩家5最终还剩6480.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.9,总计获胜3426次 手牌均分为214.73771,手牌标准差为135.2702993970067
第3名， 玩家6最终还剩4580.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.9500000000000001,总计获胜3362次 手牌均分为213.49107,手牌标准差为134.07835886247588
第4名， 玩家1最终还剩3580.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.7000000000000001,总计获胜3309次 手牌均分为214.35365,手牌标准差为134.46100020703977
第5名， 玩家2最终还剩3540.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.75,总计获胜3232次 手牌均分为213.43158,手牌标准差为133.377937076202
第6名， 玩家14最终还剩3170.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.35,总计获胜3258次 手牌均分为212.70624,手牌标准差为132.56056380033522
第7名， 玩家9最终还剩1710.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.1,总计获胜3376次 手牌均分为214.11387,手牌标准差为134.4543637396102 4
第8名， 玩家10最终还剩1180.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.15,总计获胜3408次 手牌均分为213.92762,手牌标准差为134.36622570845503
第9名， 玩家8最终还剩580.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.05,总计获胜3406次 手牌均分为214.26415,手牌标准差为133.59137644240988
第10名， 玩家12最终还剩-820.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.25,总计获胜3229次 手牌均分为212.78333,手牌标准差为133.2856417590115 3
第11名， 玩家13最终还剩-1740.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.3,总计获胜3386次 手牌均分为214.58039,手牌标准差为134.95902301234884
第12名， 玩家4最终还剩-2460.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.8500000000000001,总计获胜3326次 手牌均分为213.19754,手牌标准差为132.89824960453313
第13名， 玩家0最终还剩-2880.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为0.65,总计获胜3336次 手牌均分为213.71584,手牌标准差为134.28519967998798
第14名， 玩家7最终还剩-4910.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.0,总计获胜3297次 手牌均分为213.95439,手牌标准差为134.78686280467997
第15名， 玩家11最终还剩-15350.0筹码，勇敢系数为1,盲人倾向为1.2000000000000002,总计获胜3344次 手牌均分为213.40545,手牌标准差为134.01865644490329
手牌均值极差2.0314699999999846,手牌离散程度（标准差）0.584134531112668
```

图 6-8（4） 15 名玩家的盲人玩法实验

在最大可能排除，手牌随机性的情况下，我们可以观测到 AI 玩家的盲人倾向性对于实验结果的

影响并没有某一数学规律能与之匹配。

参考文献

[1] CSDN 博主「索儿呀」 Python 实现 21 点扑克牌游戏 https://blog.csdn.net/Zhangguohao666/article/details/103948545,2020-01-13

[2][美]Eric Matthes 著 袁国忠 译 Python 编程从入门到实践[M] 北京:人民邮电出版社，2016.7：138,161

[3][美]Jared Diamond 著 谢延光 译 枪炮、病菌与钢铁：人类社会的命运[M] 上海：上海译文出版社，2016.7：151

[4]SUHED 古希腊幸运女神叫什么名字 https://zhidao.baidu.com/question/585735117.html,2019-08-08

致谢