运行代码须知：

1.数码问题没有解出第三个状态的解，而且由于想要调用哈希函数直接用的 java 完成的数码问题的实验，后面数独问题用的 c。
2.数码问题没有采用文件输入输出，助教给的三组数据存在了 src 目录下的 input.txt 中。
运行 java 源码只需要在命令行下直接

java 22 数码问题迭代 A 星搜索.java

java 22 数码问题纯 A 星搜索.java

即可。

数码问题：

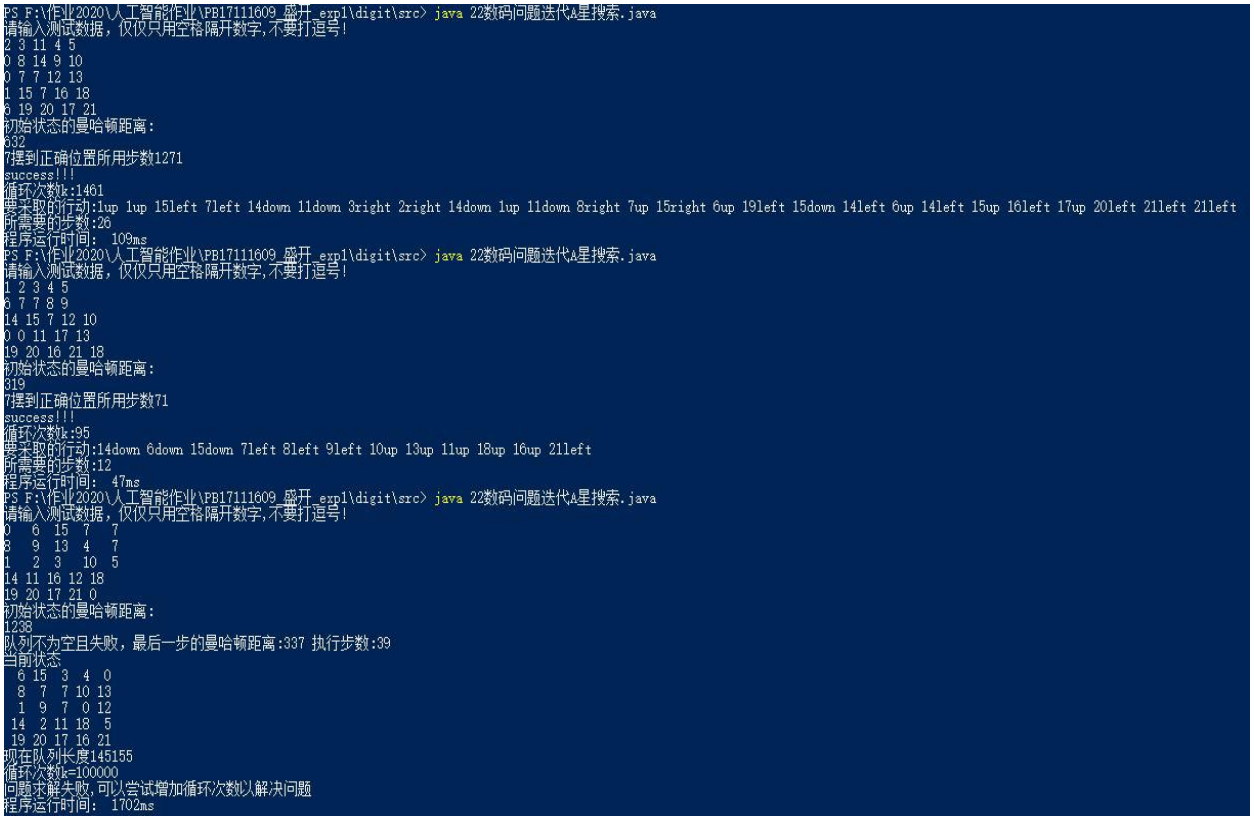
1. **启发式函数：**当前所有位置与目标位置的曼哈顿距离之和。

2. 运行结果：

纯 A 星：

```
PS F:\作业2020\人工智能作业\PB17111609_盛开_exp1\digit\src> java 22数码问题纯A星搜索.java
请输入测试数据，仅仅只用空格隔开数字,不要打逗号!
2 3 11 4 5
0 8 14 9 10
0 7 7 12 13
1 15 7 16 18
6 19 20 17 21
初始状态的曼哈顿距离:
38
success!!!
循环次数k:2723
要采取的行动:1up 1up 6up 19left 15down 7left 14down 14down 11down 3right 2right 1up 11down 8right 7up 6up 14left 14left 15up 16left 17up 20left 21left 21left
所需要的步数:24
程序运行时间: 156ms
PS F:\作业2020\人工智能作业\PB17111609_盛开_exp1\digit\src> java 22数码问题纯A星搜索.java
请输入测试数据，仅仅只用空格隔开数字,不要打逗号!
1 2 3 4 5
6 7 7 8 9
14 15 7 12 10
0 0 11 17 13
19 20 16 21 18
初始状态的曼哈顿距离:
22
success!!!
循环次数k:78
要采取的行动:14down 6down 15down 7left 8left 11up 16up 21left 9left 10up 13up 18up
所需要的步数:12
程序运行时间: 63ms
PS F:\作业2020\人工智能作业\PB17111609_盛开_exp1\digit\src> java 22数码问题纯A星搜索.java
请输入测试数据，仅仅只用空格隔开数字,不要打逗号!
0  6  15  7  7
8  9  13  4  7
1  2  3  10  5
14 11 16 12 18
19 20 17 21 0
初始状态的曼哈顿距离:
50
队列不为空且失败，最后一步的曼哈顿距离:44 执行步数:14
循环次数k=100000
问题求解失败,可以尝试增加循环次数以解决问题
程序运行时间: 1921ms
PS F:\作业2020\人工智能作业\PB17111609_盛开_exp1\digit\src>
```

迭代 A 星：



3. 算法说明：

变量说明：

1）声明了一个名为 state 的 class，其中存有

```
public String array;    //数组当前状态
public int    distant;  //当前的曼哈顿距离
public String action;   //当前用过了哪些动作
public int    step;     //初始状态到当前状态有多少步
```

每个 state 就是在遍历图搜索上的一个节点。

2）定义一个全局的哈希表用来存储 closed 的节点。

3）定义一个优先队列 q,其按照曼哈顿距离+步数*2 对各个状态进行排序，小的放前面，以便于优先求解。

算法说明：

将初始状态计算完后推知后面的状态并将后面的可行状态都入队（曼哈顿距离小于初始状态并且不在 closed 的哈希表中），每次循环取出队头并计算该头之后的状态。

直到队头曼哈顿距离为 0 或者循环次数到达上限或队列为空才停止。

（这个实验各种尝试求解第三个输入都失败了，随便给个 7，8 分满分 10 分的话意思一下就 ok）

数独问题：

文件说明：　最终优化版是最好的。其他两个效率都挺差的，要等个 3 秒才能出结果。

1. **算法思想**：（仅说明最终优化版的）

初级方法：最开始是直接挨个搜索，找到一个当前值为 0 的位置就直接尝试赋值为任意 1-9 中的数字然后检验是否可行，如果可行就继续对下一个位置进行尝试。如果一直运行完之后不可行就把尝试值赋值为 0 后继续尝试。1-9 都不行之后就返回上一层函数继续尝试。

1）综合了度启发和前向搜索。

2）核心是一个数组 int a[9][9][11];

a[9][9][10]代表这个位置有多少个可填数字，其他 9 个位置为 0 时代表该位置可填这个数，为 1 时代表不可，而且还可以多次否定。a[9][9][0]代表这个位置填的什么数

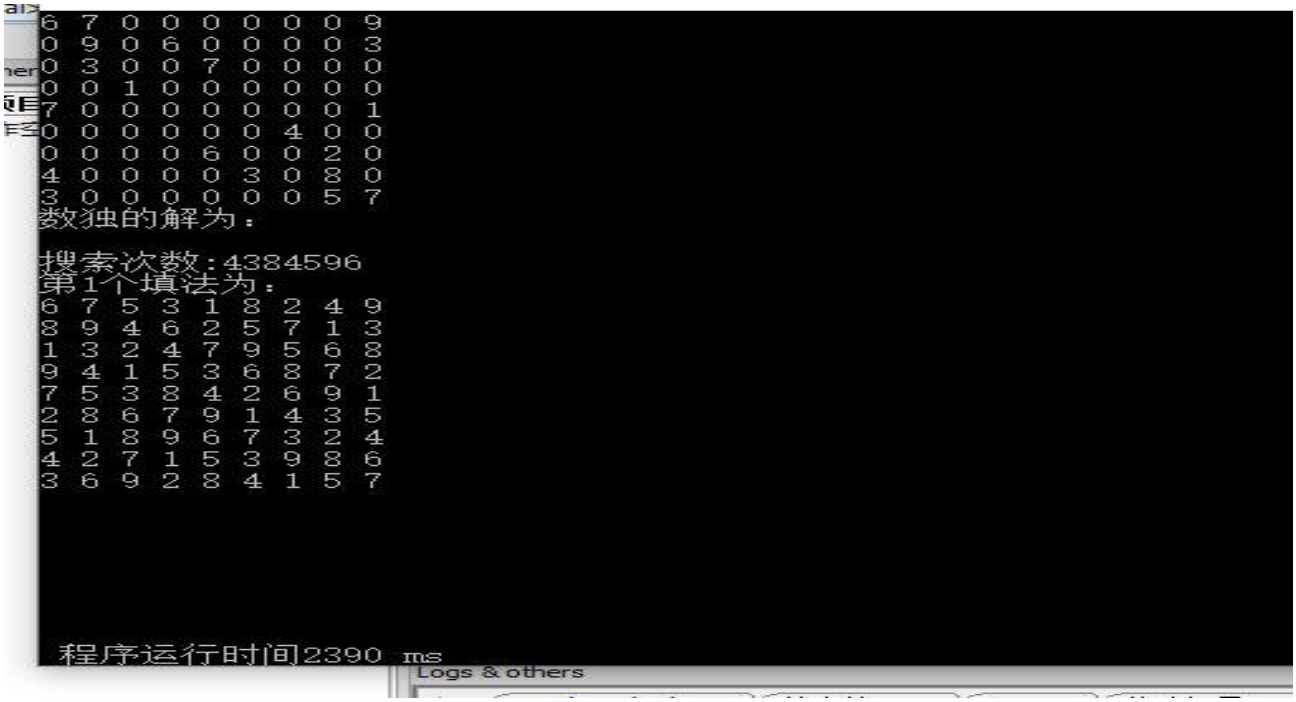
每次填一个数之后更新 a 数组。

3）每次尝试填数的时候填限制最多的那个点即 a[9][9][10]最小的那个点。

4）失败之后去掉该位置填的数，同时也要更新 a 数组，并继续尝试。

2.实验结果说明与分析：

最终优化版直接确定每个位置可以填的数，而且综合了度启发式和前向搜索，最大化了效率，仅执行了 3000 多次递归就得到了 input3 的最终解。运行时间也得到了大幅优化。



3.思考题：

1）爬山算法可以利用度启发式，每次选择受最大约束的点来尝试。可能会走进死胡同，而我当前的算法已经用回溯解决了这个问题。

2）遗传算法可以先随机填上所有的空，但是要把输入的数字给固定住，不能动这些数字。然后把产生冲突的次数当作适应度函数来产生后代。

（不过感觉由于条件有点苛刻，可能运算次数会很多，存不下。）

3）模拟退火搜索：（不太清楚怎么用这个实现）。