

AI HW2

tags: *AI* *HW*

41047025S 王重鈞

1.

使用python版本:

3.10.6

使用C++版本:

C++17

編譯方式:

可使用我提供的makfile進行編譯，或使用下面的指令進行編譯

```
g++ IDS.cpp -O3 -o IDS.exe -std=c++17
```

```
g++ IDASTAR.cpp -O3 -o IDASTAR.exe -std=c++17
```

```
g++ CLI.cpp -O3 -o CLI.exe -std=c++17
```

測試方式:

可以執行 `./IDS.exe` 及 `./IDASTAR.exe` 以執行程式，程式將會自動讀取執行檔當前目錄下的 `input.txt` 的文件，並輸出於執行檔當前目錄下的 `output.txt`

執行時間：大多都在60s之內

硬體設備作業系統:

MacOS 記憶體8GB

聯絡電話:

0905866533

2.

我撰寫了一個python程式 `case_generator.py`，可以自行產生測資，可透過 `python3 case_generator.py -h` 查看他的參數，如果沒有要求測資將會固定10個，難度隨機

3.

可以執行 `./IDS.exe` 及 `./IDASTAR.exe` 以執行程式，程式將會自動讀取執行檔當前目錄下的 `input.txt` 的文件，並輸出於執行檔當前目錄下的 `output.txt`

4.

方法、資料結構及技術：

主要透過 IDS 演算法，deep 逐層加深以找到解

利用 hash 避免查到重複的盤面，若有當前盤面的 deep 小於之前搜尋盤面的 deep，代表此分支後續必無法找到解

使用 bitset 來儲存盤面減少記憶體消耗，並且檢查盤面清空僅需 $O(1)$ 即可，可大大減少記憶體使用量

盤面 split 優化：請參考 bonus - “減少 click 後細胞分裂所需時間的方法”

解題所需空間：

因利用 bitset 儲存，所以一個盤面僅需 2^{size} bit 的空間儲存，在解深度為 d 、細胞數為 k 的情況下，空間約為 $(k^d) * (2^{\text{size}})$ bits

解題耗時速度：

在盤面大小為 30 以內，幾乎皆能實現 1s 內完成

在盤面大小為 40 以內，幾乎皆能實現 2s 內完成

在盤面大小為 50 以內，幾乎皆能實現 10s 內完成

在盤面大小為 60 以內，如果細胞數大於 20，部分能實現 20s 內完成，在小於 20 的細胞數，則大多都大於 20s 以上

因資料龐大，範例將都放在資料最後

5.

方法、資料結構及技術：

主要透過 IDA* 演算法，計算 heuristic 以加深深度，heuristic 的估計方式為計算 中間存活的細胞數 $\times 2 +$ 剩餘細胞數

利用 hash 避免查到重複的盤面，若有當前盤面的 deep 小於之前搜尋盤面的 deep，代表此分支後續必無法找到解

使用 bitset 來儲存盤面減少記憶體消耗，並且檢查盤面清空僅需 $O(1)$ 即可，可大大減少記憶體使用量

盤面 split 優化：請參考 bonus - “減少 click 後細胞分裂所需時間的方法”

解題所需空間：

因利用 bitset 儲存，所以一個盤面僅需 2^{size} bit 的空間儲存，在解深度為 d 、細胞數為 k 的情況下，空間約為 $(k^d) * (s^{\text{size}})$ bits

解題耗時速度：

在盤面大小為30以內，幾乎皆能實現1s內完成

在盤面大小為40以內，幾乎皆能實現2s內完成

在盤面大小為50以內，若盤面較為密集(細胞數占盤面50%以上)，IDA*速度將遠快於IDS，可能實現60秒內完成率 90% 以上，有時更甚至在1s以下

在盤面大小為60以內，若盤面較為稀疏(細胞數占盤面50%以下)，IDA*速度將遠慢於IDS，有時需花費5min以上

因資料龐大，範例將都放在資料最後

6.

1. 嘗試找到數學解，但僅能推估大概，並且成效也沒有到很好
2. IDA的 heuristic 估計方式
3. hash可能佔用更多空間，但會使 IDS 加速許多，在 IDA* 成效沒有在 IDS 明顯，hash或許可以當作可選參數使用

7.

bitset參考資料

<https://cplusplus.com/reference/bitset/bitset/>

[\(https://cplusplus.com/reference/bitset/bitset/\)](https://cplusplus.com/reference/bitset/bitset/)

bouns:

減少CLICK後細胞分裂所需時間的方法:

在每一層我們必須要窮舉所有的細胞分裂後的盤面，若一個一個點擊，並每次點擊都要重新模擬整個盤面的話，時間複雜度將會是 $O(n^2)$ 。

因此我先讓盤面在未click的情況下先分裂一次，需 $O(n)$ ，之後再窮舉每個細胞假設被點擊的情況，此操作僅需判斷左右兩側，因此時間複雜度僅需 $O(n)$

範例：

假設當前遞迴盤面為：

1 0 1 0 0 1 1 0

我們先讓細胞分裂一次

0 1 0 1 1 1 1 1

那麼當我們要模擬第 i 個細胞被點擊的清況，我們僅需判斷原盤面的 $i - 2$ 及 $i + 2$ 盤面是否有細胞，如果沒有，對應的 $i - 1$ 及 $i + 1$ 在下一個盤面將不會出現細胞，因此我們只要更新 $i - 1$ 及 $i + 1$ 的狀態即可，此操作是 $O(1)$

破解:

在盤面都是1的情況下，我們將會有解 $2\ 3\ 4\ 5\ 6 \dots (n - 1)\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6 \dots (n - 1)$ ，而任意盤面下，在最糟情形（即操作到最後cell還增加），將會回到盤面都是1的情況，我們便可通過 $2\ 3\ 4\ 5\ 6 \dots (n - 1)\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6 \dots (n - 1)$ 的方式獲得解，因此 n 的盤面必定有解。

製作殘局庫 + 半天才解法:

我嘗試解出天才解法中的過程中發現，盤面在解完之前，盤面會呈現01交錯的情形，最後通過一個連續數列獲得最佳解。在仔細觀察過後，推得以下結論：

1. 盤面在解完之前，盤面必定會呈現01交錯的情形
2. 01交錯的情形可位於任意位置
3. 如果產生01交錯的情形，我們可以先匡出以1為頭尾的01交錯的substr
4. 匡出 substr 後，可計算兩端0的數量，最後解會往0較少的一側移動，直到輸出數字為 2 或 $n - 1$
5. 透過此方式，在全是1的盤面之下，我們可減少一半的遞迴深度，這將大大地增加搜尋速度

在此規則之下，我們還可以繼續延伸，在中間有01交錯的substr情況下，我們可以找到皆為1及0的兩側（兩側01數量可為0），如以下四種情況：

1. 1...1 10...01 1...1（兩側皆為1）
2. 1...1 10...01 0...0（左側皆為1，右側皆為0）
3. 0...0 10...01 1...1（左側皆為0，右側皆為1）
4. 0...0 10...01 0...0（兩側皆為0）

情況4為前述解法，而情況2 3在一直往1側點擊的情況下，最後會回到情況4。

而情況1在點擊較少1的一側，便會回到2 3解。我以 1111 10101 111 作為範例解釋：

```

111110101111 右側1較少，所以往右方點擊
111111010101 此時變成了情況2
111110101010
111101010101
111010101010
110101010101
101010101010 此時變成了情況1
010101010100
101010101000
010101010000
101010100000
010101000000
101010000000
010100000000
101000000000
010000000000
000000000000

```

因此我們便能用判斷式建立類似殘局庫的方法，且不需消耗大量儲存資源，並且也離天才解更近一步

爬山法實作：

請參考CLI.cpp，在一定機率下可能有解，會取決於正確解過程中，細胞分裂數是否會上漲，若上漲可能找不到解，或許可更改成更好的 heuristic，但本人多次嘗試後並未解得，但對於爬山法有一定理解。

範例資料

IDS

盤面大小為30以內

```

CASE: 1 ===== [ 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1
1 0 1 0 0 0 1 1 0 ]
Step: 42
Ans: 2 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 29 28
27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9
8 7 6 5 4 3 2
Usage time: 0.224828s

```

```

CASE: 2 ===== [ 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 1 0 ]
Step: 45
Ans: 26 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29
Usage time: 0.158056s

```

盤面大小為40以內

CASE: 1 ===== [0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1]

Step: 58

Ans: 6 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35
36 37 38 39 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27
26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2

Usage time: 1.215296s

CASE: 2 ===== [1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0]

Step: 54

Ans: 19 38 39 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39

Usage time: 1.23134s

盤面大小為50以內

CASE: 1 ===== [0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0]

Step: 76

Ans: 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 49 48 47 46 45
44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28
27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9
8 7 6 5 4 3 2

Usage time: 6.766979s

CASE: 2 ===== [0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0
0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0]

Step: 72

Ans: 18 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41
42 43 44 45 46 47 48 49 49 48 47 46 45 44 43 42 41
40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24
23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2

Usage time: 3.524367s

盤面大小為60以內，且細胞數在20

CASE: 1 ===== [0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1
1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0]

Step: 99

Ans: 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27
26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53
54 55 56 57 58 59

Usage time: 7.137619s

CASE: 2 ===== [1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1
1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 1]

Step: 97

Ans: 40 55 56 57 58 59 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25
24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4
3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38
39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55
56 57 58 59

Usage time: 10.236595s

盤面大小為60以內，且細胞數在5

CASE: 1 ===== [0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0]

Step: 20

Ans: 39 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55
56 57 58 59

Usage time: 0.59878s

CASE: 2 ===== [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]

Step: 66

Ans: 21 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 10 11 12 13
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59

Usage time: 5.231327s

IDA*

盤面大小為30以內

CASE: 1 ===== [1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 1 0 0 1 0]

Step: 37

Ans: 26 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Usage time: 0.4108s

CASE: 2 ===== [1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0
1 0 0 1 0 1 0 0 0]

Step: 37

Ans: 11 2 23 24 25 26 27 28 29 29 28 27 26 25 24 23
22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2

Usage time: 0.1305s

盤面大小為40以內

CASE: 1 ===== [0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1
0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1]

Step: 59

Ans: 7 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34
35 36 37 38 39 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28
27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9
8 7 6 5 4 3 2

Usage time: 0.31436s

CASE: 2 ===== [0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1]

Step: 56

Ans: 31 36 37 38 39 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39

Usage time: 1.15563s

盤面大小為50以上的密集盤面

CASE: 1 ===== [1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1
0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 1]

Step: 91

Ans: 21 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 19 20 21 22 23 24 25 26 27
28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45
46 47 48 49 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36
35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17
16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2

Usage time: 3.445451s

CASE: 2 ===== [0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0
0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1]

Step: 91

Ans: 42 49 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28
27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38
39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49

Usage time: 0.16886s