

Đề bài Procon 2024 (Competition Section)

Bản dịch tiếng Việt

Ngày 9 tháng 8 năm 2024

1 Các khái niệm

1.1 Bảng ô vuông (board)

Một bảng ô vuông B là một lưới ô vuông có kích thước $w \times h$ (w là chiều rộng, h là chiều cao), trong đó $32 < w, h < 256$, có các đặc điểm sau:

- Hệ tọa độ: Hệ tọa độ được minh họa trong hình 1. Tọa độ (x, y) , trong đó $0 \leq x \leq w - 1$ và $0 \leq y \leq h - 1$, biểu diễn cột x , dòng y của bảng.
- Mỗi phần tử trong bảng nhận giá trị nguyên từ 0 đến 3. Mỗi giá trị 0, 1, 2, 3 được gán cho ít nhất 10% số phần tử trong bảng.

1.2 Khuôn (pattern/die)

Một khuôn (pattern hoặc die) là một lưới ô vuông có kích thước $w' \times h'$ (w' là chiều rộng, h' là chiều cao), trong đó $1 \leq w', h' \leq 256$, có các đặc điểm sau:

- Hệ tọa độ: giống bảng ô vuông.
- Mỗi phần tử trong khuôn (gọi là cell) chỉ nhận giá trị 0 hoặc 1.

Khuôn được sử dụng trong phép biến đổi bảng, như được trình bày ở phần dưới đây.

0 1 2 3 4 5 6

0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	2	1	1	1	1
3	3	0	0	2	2	3	1
4	2	2	3	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2	3
6	0	1	0	0	0	2	2

Board

0 1 2

0	0	1	0
1	1	0	1
2	1	1	0

Die

0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,1	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1
0,2	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2
0,3	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3
0,4	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4
0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5

Coordinates of board and die

Hình 1: Ví dụ về bảng ô vuông và khuôn.

1.3 Biến đổi bảng (die cutting)

Một phép biến đổi (die cutting) nhận đầu vào gồm bảng B , khuôn P , tọa độ (x, y) trong bảng B và hướng $d \in \{\text{top, bottom, left, right}\}$. Phép biến đổi có đầu ra là một bảng mới B' và được thực hiện theo các bước sau:

1. "Đặt" khuôn P lên bảng B sao cho phần tử có tọa độ $(0, 0)$ trong P trùng với vị trí có tọa độ (x, y) trong B .
2. "Nhấc" tất cả các phần tử trong bảng B mà tương ứng với các phần tử có giá trị 1 khi đặt khuôn lên.
3. "Dịch" các phần tử còn lại theo hướng d .
4. Đặt lại các phần tử đã được "nhấc lên" vào các ô còn trống theo thứ tự ban đầu.

Hình 2 minh họa một phép biến đổi. Xét phép biến đổi với bảng B (ma trận 7×7 bên trái) và khuôn P (ma trận 3×3 bên phải) như hình 1, hướng d là left, tọa độ (x, y) được chọn là $(1, 2)$. Các bước thực hiện lần lượt là

1. (Hình 2a). Đặt khuôn P (hình bên phải) lên tọa độ $(1, 2)$ trong bảng (được in màu đỏ). Khi đó, khuôn P sẽ khớp với vùng có viền màu đỏ. Các ô trùng với giá trị 1 trong P được đánh dấu bằng nền màu xanh, các ô tương ứng với giá trị 0 được đánh dấu bằng nền màu vàng.
2. (Hình 2b). Nhấc các ô tương ứng với giá trị 1 (các ô có nền màu xanh) lên và tạm thời đặt ra ngoài.
3. (Hình 2c). Dịch các ô không bị nhấc theo hướng d , trong trường hợp này là hướng trái (left) sao cho không còn khoảng trống giữa các ô.
4. (Hình 2d). Sau khi dịch, phía bên phải còn thừa một khoảng trống (được đánh dấu bằng màu xanh lá cây). Lấy phần bị nhấc lên ở bước 2 và đặt vào khoảng trống này theo đúng thứ tự để thu được kết quả cuối cùng.

Tương tự, ta có kết quả khi biến đổi bảng với hướng phải trong hình 3. Một số lưu ý:

- Sau khi đặt khuôn (bước 1), nếu có phần khuôn nằm ở ngoài bảng thì phần đó không có tác dụng trong phép biến đổi. Hay nói cách khác, có thể bỏ phần khuôn nằm ngoài bảng đi mà không làm ảnh hưởng tới kết quả của phép biến đổi.
- Có thể đặt khuôn tại một ô ở ngoài bảng. Khi đó tọa độ đặt (x, y) sẽ có giá trị âm nếu vị trí đặt ở bên trên hoặc bên trái bảng và chỉ phần giao của khuôn với bảng có tác dụng trong phép biến đổi (tương tự trường hợp trên).

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	2	1	1	1	1
3	3	0	0	2	2	3	1
4	2	2	3	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2	3
6	0	1	0	0	0	2	2

(a) Bước 1

	0	1	2
0	0	1	0
1	1	0	1
2	1	1	0

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0		1	1	1	1
3	3		0		2	3	1
4	2			2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2	3
6	0	1	0	0	0	2	2

(b) Bước 2

	0	1	2
0	0	1	0
1	1	0	1
2	1	1	0

Phần bị nhấc lên

	2	
0		2
2	3	

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	1	1	1	1	
3	3	0	2	3	1		
4	2	2	0	2	2		
5	3	3	1	0	3	2	3
6	0	1	0	0	0	2	2

(c) Bước 3

	0	1	2
0	0	1	0
1	1	0	1
2	1	1	0

Phần bị nhấc lên

	2	
0		2
2	3	

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	1	1	1	1	2
3	3	0	2	3	1	0	2
4	2	2	0	2	2	2	3
5	3	3	1	0	3	2	3
6	0	1	0	0	0	2	2

(d) Bước 4

	0	1	2
0	0	1	0
1	1	0	1
2	1	1	0

Phần bị nhấc lên

	2	
0		2
2	3	

Hình 2: Minh họa các bước biến đổi bảng trong ví dụ.

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	2	1	1	1	1
3	3	0	0	2	2	3	1
4	2	2	3	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2	3

Original board and die-cut position

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	3	0	1	1	1	1	2
3	3	0	2	3	1	0	2
4	2	2	0	2	2	2	3
5	3	3	1	0	3	2	3

Die cutting by moving to the left

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2	1
1	2	3	1	1	0	0	2
2	2	3	0	1	1	1	1
3	0	2	3	0	2	3	1
4	2	3	2	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2	3

Die cutting by moving to the right

Hình 3: Kết quả biến đổi bảng trong ví dụ.

2 Đề bài

Đề bài: Cho bảng ô vuông nguồn B , bảng ô vuông đích B_f . Biết bảng B_f là một phiên bản đã được tráo (shuffle) của bảng B . Hãy tìm một dãy các phép biến đổi bảng B thành bảng B_f . Mỗi phép biến đổi được gọi là một "nước đi", có thể chọn tọa độ đặt khuôn và hướng tùy ý, tuy nhiên chỉ được sử dụng một trong các khuôn sau:

- Các khuôn cố định (fixed dies): được sử dụng cho mọi đề bài. Cho sẵn các khuôn có kích thước là $n \times n$ với $n = 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256$ (9 giá trị). Với mỗi kích thước, có 3 khuôn được cho sẵn chia làm 3 loại:
 - Loại I: Tất cả các ô có giá trị là 1.
 - Loại II: Các ô ở hàng chẵn có giá trị là 1, còn lại có giá trị 0.
 - Loại III: Các ô ở cột chẵn có giá trị là 1, còn lại có giá trị 0.

Hình 4 minh họa 3 loại khuôn trên với kích thước 4×4 . Như vậy, tổng cộng có 25 khuôn có sẵn (do có 9 kích thước, mỗi kích thước có 3 khuôn tương ứng với 3 loại kể trên, tuy nhiên kích thước 1×1 thì 3 khuôn kể trên trùng nhau).

- Các khuôn được cho thêm khi thi đấu (general dies): tùy thuộc vào bài toán cụ thể.

Lưu ý:

- Một lời giải **hợp lệ** bao gồm một dãy các phép biến đổi hợp lệ, tuy nhiên sau khi thực hiện các phép biến đổi này không nhất thiết thu được bảng đích (nếu thu được thì tốt - xem thêm ở phần 5).
- Mỗi khuôn có thể được sử dụng nhiều lần trong lời giải.
- Các khuôn được đánh số (sau đây gọi là ID của khuôn), trong đó các khuôn cố định (fixed dies) được đánh số từ 0 đến 24, các khuôn cho thêm (general dies) được đánh số bắt đầu từ 25.
- Các khuôn cố định được đánh số theo thứ tự từ nhỏ đến lớn: khuôn kích thước 1×1 có ID 0, khuôn kích thước 2×2 loại I, II, II có ID lần lượt là 1, 2, 3. Cuối cùng, khuôn kích thước 256×256 có ID lần lượt là 22, 23, 24.

	0	1	2	3		0	1	2	3		0	1	2	3
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	0	1	0
3	1	1	1	1	3	0	0	0	0	3	1	0	1	0
Type I					Type II					Type III				

Hình 4: Ví dụ về 3 loại khuôn với kích thước 4×4 .

Ví dụ về một bài toán cụ thể được minh họa trong hình 5.

2	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
2	1	3	0	3	3	1	1	1	2	2	2	1	0	0	1	0	1
0	2	2	1	0	3	2	2	2	2	3	3						
3	2	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3						
Initial state						Final state						General Die				General Die	

Hình 5: Ví dụ về một bài toán cụ thể. Từ trái sang phải: bảng nguồn, bảng đích và 2 khuôn được cho thêm.

3 Định dạng dữ liệu

3.1 Định dạng dữ liệu đề bài

- Dữ liệu đề bài được cho dưới dạng JSON như trong đoạn mã [1](#), bao gồm dữ liệu bảng và các khuôn cho thêm (general dies), không bao gồm các khuôn cố định (fixed dies).
- Dữ liệu bảng được cho trong khóa **board**. Trong đó:
 - **width** và **height** lần lượt là chiều rộng và cao của bảng.
 - **start**: giá trị các ô trong bảng nguồn (theo từng hàng).
 - **goal**: giá trị các ô trong bảng đích (theo từng hàng).
- Dữ liệu các khuôn cho thêm được cho trong khóa **general** bao gồm **n** là số lượng các khuôn cho thêm và **patterns** là dữ liệu cụ thể của khuôn. Trong đó dữ liệu của mỗi khuôn bao gồm:
 - **p**: ID của khuôn.
 - **width** và **height**: chiều rộng và chiều cao của khuôn.
 - **cells**: giá trị các ô trong khuôn (theo từng hàng).

3.2 Định dạng dữ liệu lời giải

- Dữ liệu lời giải mẫu được cho dưới dạng JSON như trong đoạn mã [2](#), trong đó khóa **n** là số nước đi trong lời giải và khóa **ops** chứa các nước đi (phép biến đổi) theo đúng thứ tự thực hiện từ nước đi thứ nhất đến nước cuối cùng.
- Dữ liệu cụ thể của từng nước gồm các khóa sau:
 - **p**: ID của khuôn được sử dụng trong nước đi.
 - **x** và **y**: tọa độ (x, y) (được định nghĩa trong phần [1](#)) trong nước đi.
 - **s**: hướng di chuyển trong phép biến đổi. Trong đó: top = 0, bottom = 1, left = 2, right = 3.
- Số nước đi trong **ops** phải trùng với **n**. Nếu không câu trả lời sẽ được coi là không hợp lệ.
- Lời giải mẫu trong đoạn mã [2](#) gồm 3 nước đi, trong đó nước thứ nhất sử dụng khuôn có ID là 4 trên tọa độ $(1, 1)$ theo hướng trái, nước thứ hai sử dụng khuôn có ID là 11 trên tọa độ $(3, -12)$ theo hướng phải, nước thứ ba sử dụng khuôn có ID là 25 (một khuôn được cho thêm) trên tọa độ $(3, 3)$ theo hướng lên trên.

```
{
  "board": {
    "width": 6,
    "height": 4,
    "start": [
      "220103",
      "213033",
      "022103",
      "322033"
    ],
    "goal": [
      "000000",
      "111222",
      "222233",
      "333333"
    ]
  },
  "general": {
    "n": 2,
    "patterns": [
      {
        "p": 25,
        "width": 4,
        "height": 2,
        "cells": [
          "0111",
          "1001"
        ]
      },
      {
        "p": 26,
        "width": 2,
        "height": 2,
        "cells": [
          "10",
          "01"
        ]
      }
    ]
  }
}
```

Đoạn mã 1: Ví dụ về dữ liệu của đề bài trong hình 5.

4 Thể thức thi đấu

Các đội sẽ nhận đề bài và nộp lời giải lên máy chủ (server) theo định dạng ở phần 3. Mọi giao tiếp với server được thực hiện qua API HTTP theo phương thức **POST** (nộp lời giải) và **GET** (nhận đề bài).

```
{
  "n":3,
  "ops":[
    {
      "p":4,
      "x":1,
      "y":1,
      "s":2
    },
    {
      "p":11,
      "x":3,
      "y":-12,
      "s":3
    },
    {
      "p":25,
      "x":3,
      "y":3,
      "s":0
    }
  ]
}
```

Đoạn mã 2: Ví dụ về dữ liệu của một lời giải cho đề bài trong hình 5.

Lưu ý: Các thông tin sau đây được dịch từ đề bài gốc. Trong thực tế, thể thức thi đấu có thể phụ thuộc vào ban tổ chức.

- Một trận đấu bao gồm nhiều đội thi đấu cùng lúc. Số lượng đội sẽ thay đổi tùy theo việc lập đội.
- Số lượng đội cho mỗi trận đấu sẽ được công bố trong các tài liệu bổ sung được phát hành sau khi trận đấu kết thúc vòng sơ tuyển.
- Mỗi một trận đấu sẽ có một bài toán cụ thể như hình 5.
- Mỗi trận đấu có giới hạn thời gian. Thời gian giới hạn dự kiến là khoảng 5 phút.
- Kích thước của bảng cũng như số lượng và kích thước khuôn không nhất thiết phải giống nhau cho mỗi đề bài.
- Kích thước của bảng cũng như số lượng và kích thước của khuôn sẽ được thông báo trước khi bắt đầu trận đấu.
- Các đề bài có thể được lấy từ máy chủ ngay khi trận đấu bắt đầu.
- Mỗi đội giải một bài trong giới hạn thời gian và gửi lời giải theo đúng định dạng lên máy chủ.
- Khi máy chủ nhận được lời giải được gửi từ mỗi đội, nó sẽ trả về thông tin về việc lời giải được chấp nhận thành công hoặc không hợp lệ (lỗi định dạng).

- Câu trả lời có thể được gửi lại nếu trong chưa hết thời gian giới hạn, tuy nhiên, nếu số lần hoặc số lượng số lần gửi quá lớn đến mức cản trở tiến trình của trận đấu, nó sẽ bị coi là hành động phá hoại và đội có thể bị loại.
- Câu trả lời được chấp nhận cuối cùng sẽ được tính là hợp lệ.

5 Chọn đội chiến thắng

Đội chiến thắng được chọn theo các tiêu chí sau theo mức ưu tiên từ cao đến thấp:

1. Đội có số ô khác biệt giữa kết quả (là bảng sau khi thực hiện tất cả các phép biến đổi trong lời giải) và bảng đích ít hơn sẽ thắng. Trường hợp lý tưởng là số ô khác biệt bằng 0 (kết quả trùng với bảng đích).
2. Đội có số nước đi ít hơn sẽ thắng.
3. Đội nộp câu trả lời cuối cùng nhanh nhất sẽ thắng.
4. Tung đồng xu để quyết định đội chiến thắng hoặc kết quả sẽ là hòa.