



# CÁC THUẬT TOÁN TÔ MÀU

ThS. Nguyễn Chí Hiếu

## Nội dung

1. Các khái niệm
2. Tô màu dựa theo dòng quét
3. Tô màu dựa theo đường biên
4. Tô màu theo phương pháp loang

## Các khái niệm

- Vùng tô là một đối tượng cơ sở của đồ họa máy tính, *xác định bởi một đường khép kín nào đó gọi là đường biên*. Một trong những đường biên đơn giản nhất đó là đa giác.
- Vùng tô được chia thành 2 dạng:
  - Tô một màu (solid fill)
  - Tô theo một mẫu tô (fill-pattern)

## Các khái niệm

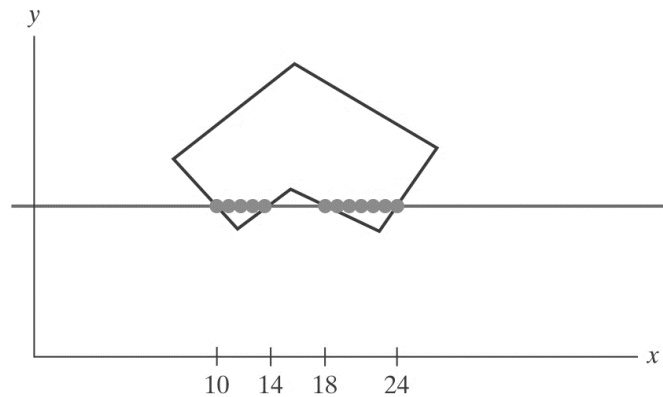
- Các phương pháp tô màu
  - Tô màu theo dựa theo dòng quét (scan line fill)
  - Tô màu dựa theo đường biên (boundary fill)
  - Tô màu dựa theo phương pháp loang (flood fill)

## Tô màu dựa theo dòng quét

### – Bài toán tô màu

- Giả sử vùng tô được xác định bởi một đa giác  $n$  đỉnh

$$P_i(x_i, y_i), i = 0 \dots n - 1$$



## Tô màu dựa theo dòng quét

### – Ý tưởng

- Với mỗi dòng quét, xác định giao điểm giữa những dòng quét kế tiếp nhau với đường biên của vùng tô. Sau đó, sẽ tô màu các điểm thuộc về phần giao này.
- Thường áp dụng để tô màu các đa giác, đường tròn, ellipse, và một số đường cong đơn giản.

## Tô màu dựa theo dòng quét

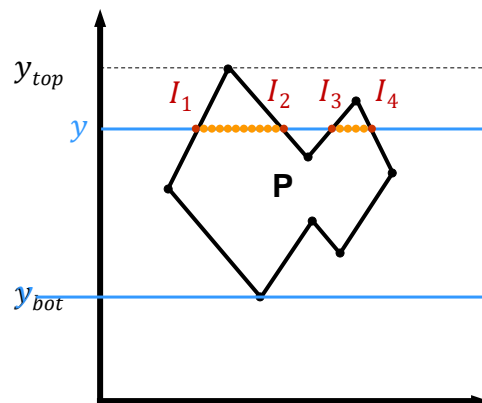
- Tìm  $y_{top}$  và  $y_{bot}$
- Lặp từ  $y_{bot}$  đến  $y_{top}$ :
  - Tìm các giao điểm giữa dòng quét  $y = k$  và các cạnh của đa giác.
  - Sắp các giao điểm theo thứ tự tăng dần của hoành độ.
  - Tô màu từng cặp giao điểm

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

7

## Tô màu dựa theo dòng quét



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

8

## Tô màu dựa theo dòng quét

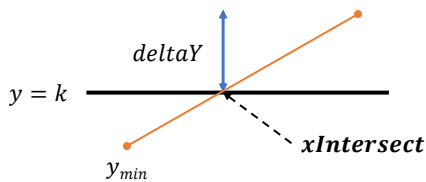
### –Nhận xét

- Không phải các cạnh của đa giác đều cắt dòng quét.
- Thao tác tìm giao điểm phải thực hiện các phép toán trên số thực.
- Một số dòng quét có thể đi qua đỉnh của đa giác dẫn đến số giao điểm lẻ nên việc nhóm từng cặp giao điểm kế tiếp sẽ không chính xác.

## Tô màu dựa theo dòng quét

- Cần phải xây dựng cấu trúc dữ liệu phù hợp
  - Các cạnh của đa giác (Edge Table – ET)
  - Các cạnh kích hoạt (Active Edge Table – AET)

## Các cạnh của đa giác



Dòng quét  $k$  chỉ cắt cạnh đa giác khi và chỉ khi:

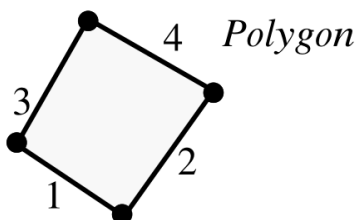
$$\begin{cases} k \geq y_{min} \\ \text{deltaY} > 0 \end{cases}$$

– Mỗi cạnh lưu trữ thông tin sau:

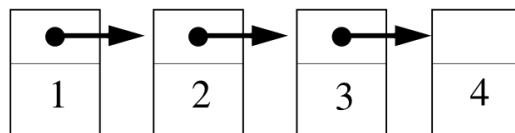
- $y_{min}$ : tung độ nhỏ nhất giữa 2 đỉnh đầu và cuối
- $xIntersect$ : hoành độ giao điểm của cạnh với dòng quét đang xét.
- $DxPerScan$ :  $1/m$
- $\text{deltaY}$ : khoảng cách từ dòng quét đang xét đến  $y_{max}$

## Các cạnh của đa giác

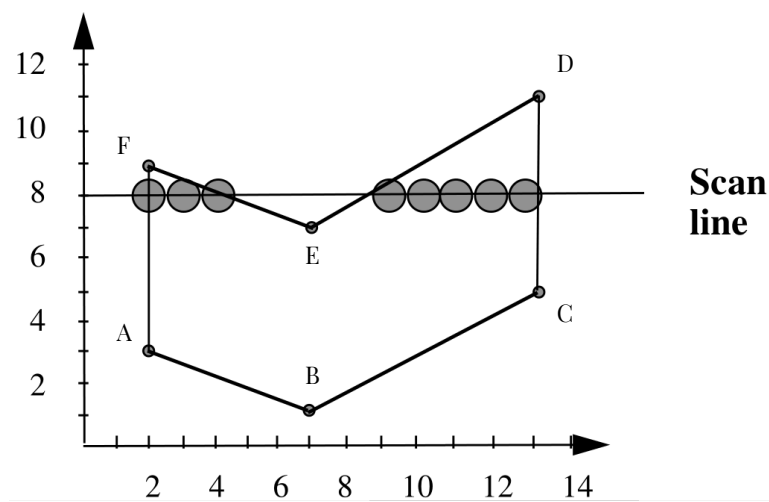
– Danh sách các cạnh (Edge Table – ET): các cạnh được sắp tăng dần theo tung độ  $y_{min}$ .



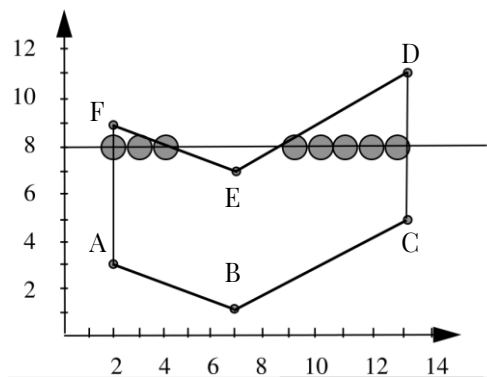
Edge Table



# Các cạnh của đa giác

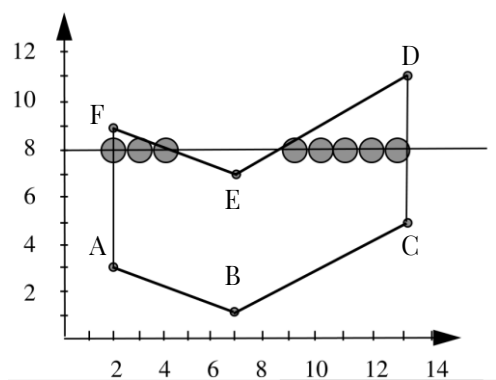


# Các cạnh đa giác



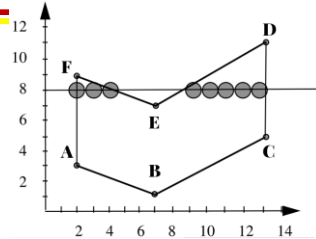
Cạnh	$y_{max}$	$y_{min}$	$x$ of $y_{min}$	$1/m$
AB				
BC				
CD				
DE				
EF				
FA				

Các cạnh đa giác



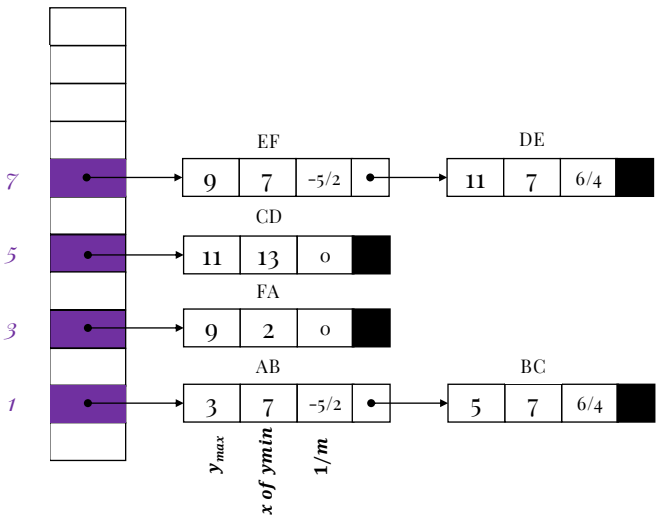
Cạnh	$y_{max}$	$y_{min}$	$x$ of $y_{min}$	$1/m$
AB	3	1	7	$-5/2$
BC	5	1	7	$6/4$
CD	11	5	13	0
DE	11	7	7	$6/4$
EF	9	7	7	$-5/2$
FA	9	3	2	0

Các cạnh đa giác



Cạnh	$y_{max}$	$y_{min}$	$x$ of $y_{min}$	$1/m$
AB	3	1	7	$-5/2$
BC	5	1	7	$6/4$
FA	9	3	2	0
CD	11	5	13	0
EF	9	7	7	$-5/2$
DE	11	7	7	$6/4$

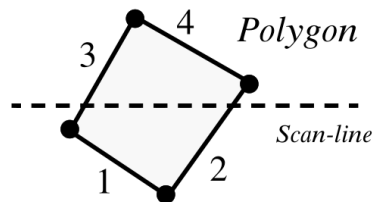
-Sắp xếp tăng dần theo  $y_{min}$



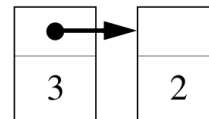


## Các cạnh kích hoạt

- Danh sách các cạnh kích hoạt (Active Edge Table – AET): chứa các cạnh cắt dòng quét hiện tại và sắp tăng dần theo hoành độ  $x$  của các giao điểm (từ trái qua phải của dòng quét).



Active Edge Table

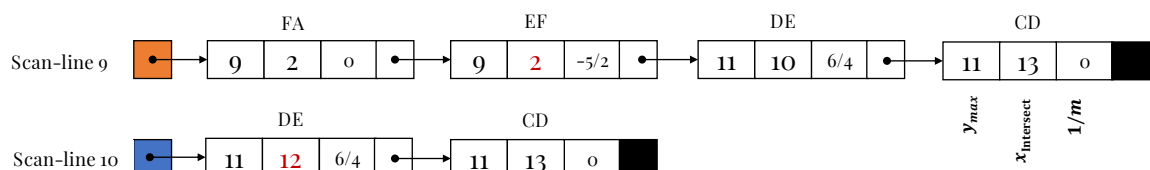
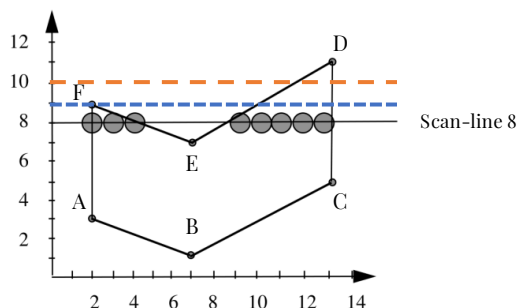


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

17

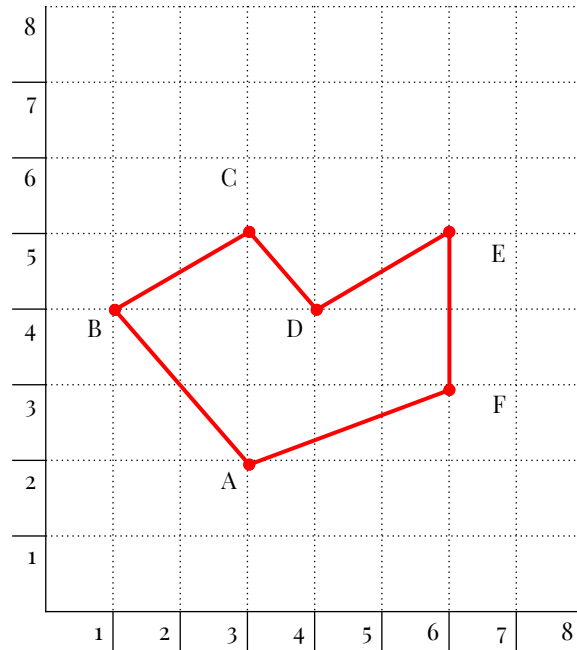
## Các cạnh kích hoạt



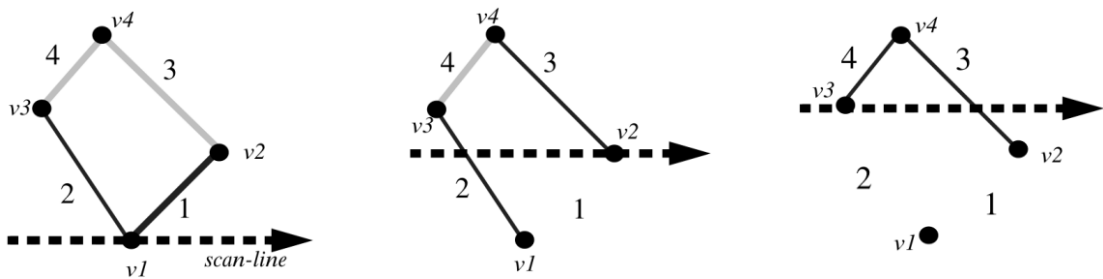
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

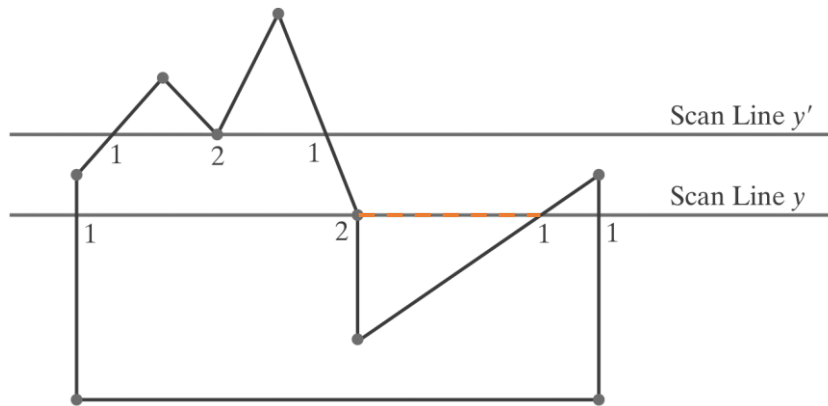
18



## Tô màu dựa theo dòng quét



## Xác định giao điểm



*Các giao điểm của 2 dòng quét và các cạnh của đa giác.*

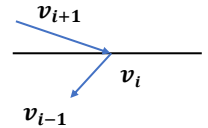
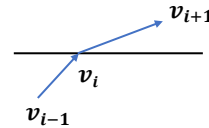
## Xác định giao điểm

- TH1: Dòng quét trùng với cạnh nằm ngang, duyệt cạnh tiếp theo.
- TH2: Dòng quét giao với đỉnh của cạnh. Kiểm tra hướng hai cạnh để đếm số giao điểm.
- TH3: Dòng quét cắt một cạnh, cần xác định tọa độ của giao điểm.

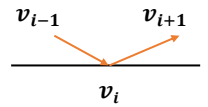
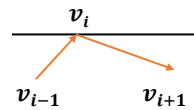
## Xác định giao điểm

### – Trường hợp dòng quét giao với đỉnh của cạnh

- Tính một giao điểm nếu chiều của hai cạnh kề của đỉnh đó có xu hướng tăng hay giảm.



- Tính hai giao điểm nếu chiều của hai cạnh kề của đỉnh đó có xu hướng thay đổi, nghĩa là tăng-giảm hay giảm-tăng.



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

23

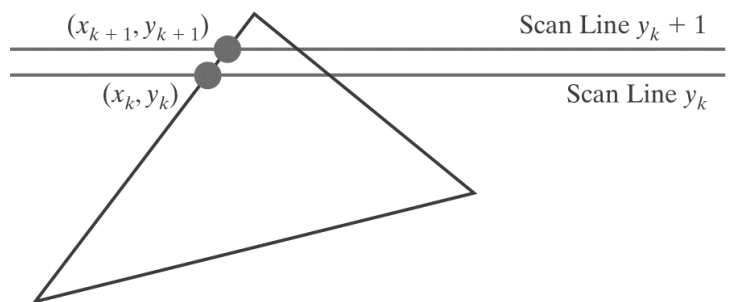
## Xác định giao điểm

- Gọi  $x_k, x_{k+1}$  là hoành độ giao điểm của một cạnh nào đó với các dòng quét  $y_k$  và  $y_{k+1}$

- Ta có, hệ số góc  $m = \frac{y_{k+1} - y_k}{x_{k+1} - x_k}$

- Ta lại có,  $y_{k+1} - y_k = 1$

$$x_{k+1} = x_k + \frac{1}{m}$$



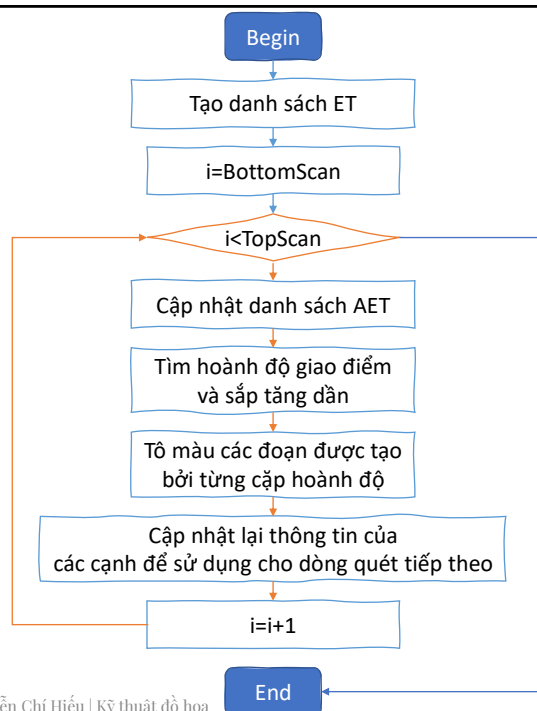
Hai dòng quét liên tiếp cắt một cạnh của tam giác.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

24

## Tô màu dựa theo dòng quét



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

25

## Tô màu dựa theo dòng quét

- Thêm cạnh vào ET và sắp tăng dần theo  $y_{min}$ . Đưa dòng quét đến cạnh có  $y_{min}$  nhỏ nhất.
- Khởi tạo AET rỗng
- Lặp khi ET và AET rỗng:
  - Di chuyển từ ET sang AET những cạnh có  $y_{min} = y_{scanline}$
  - Loại bỏ khỏi AET những cạnh mà  $y_{scanline} = y_{max}$ , sau đó sắp xếp AET dựa trên hoành độ  $x$  của giao điểm ( $x - intersect$ ).
  - Tô màu các pixel trên dòng quét dựa trên từng cặp giao điểm từ AET
  - Tăng  $y_{scanline}$  lên một pixel
  - Đối với các cạnh trong AET, hãy cập nhật  $x - intersect$  cho  $y_{scanline}$  mới.

2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

26

## Tô màu dựa theo đường biên

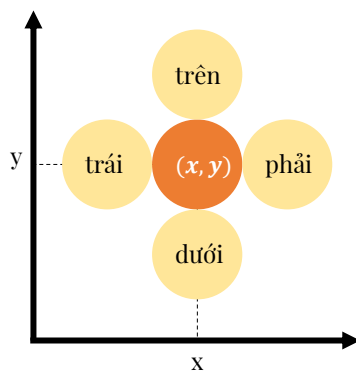
- Phương pháp tô màu dựa theo đường biên/lân cận
  - Đường biên vùng tô được xác định bởi tập các đỉnh của một đa giác.
  - Các điểm thuộc đường biên được tô bằng một màu duy nhất.

## Tô màu dựa theo đường biên

- Ý tưởng
  - Bắt đầu tại 1 điểm bất kỳ trong vùng tô.
  - Nếu các điểm đang xét khác màu cần tô và màu đường biên
    - Tô màu điểm đó
  - Quá trình này được tiếp tục thực hiện với 4 điểm lân cận cho tới khi nào không còn tô được điểm nào nữa thì dừng.

# Tô màu dựa theo đường biên

–Lân cận 4



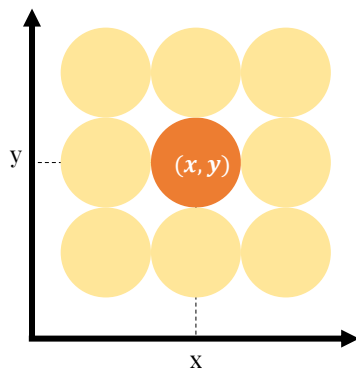
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

29

# Tô màu dựa theo đường biên

–Lân cận 8



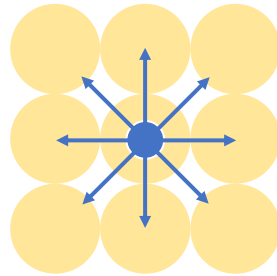
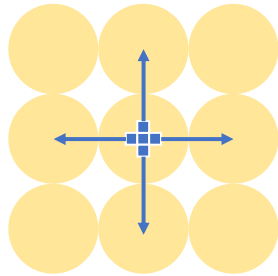
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

30

## Tô màu dựa theo đường biên

–Chọn lân cận 4 hay lân cận 8?

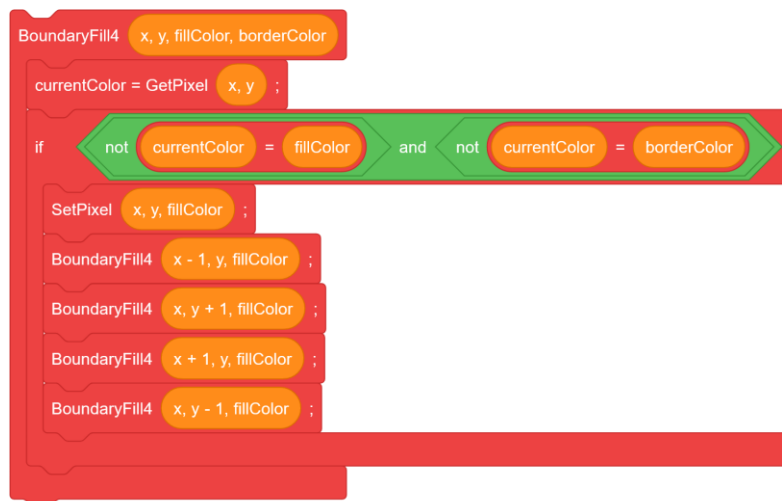


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

31

## Tô màu dựa theo đường biên



2021

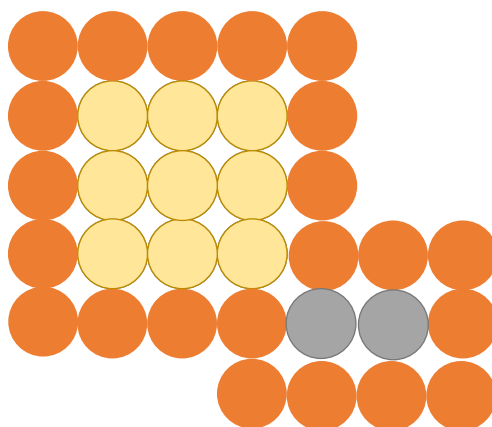
Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

32



## Tô màu dựa theo đường biên

1. Left
2. Top
3. Right
4. Bottom

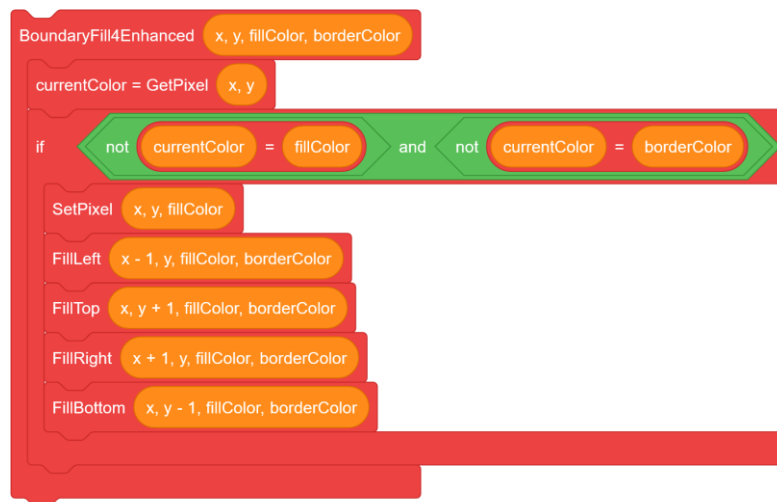


## Tô màu dựa theo đường biên

–Nhận xét:

- Trong thuật toán, hàm đệ quy được gọi lần lượt theo 4 hướng tương ứng với 4 điểm lân cận. Tuy nhiên, thuật toán không quan tâm điểm các điểm đó được tô ở bước trước hay chưa.

## Tô màu dựa theo đường biên

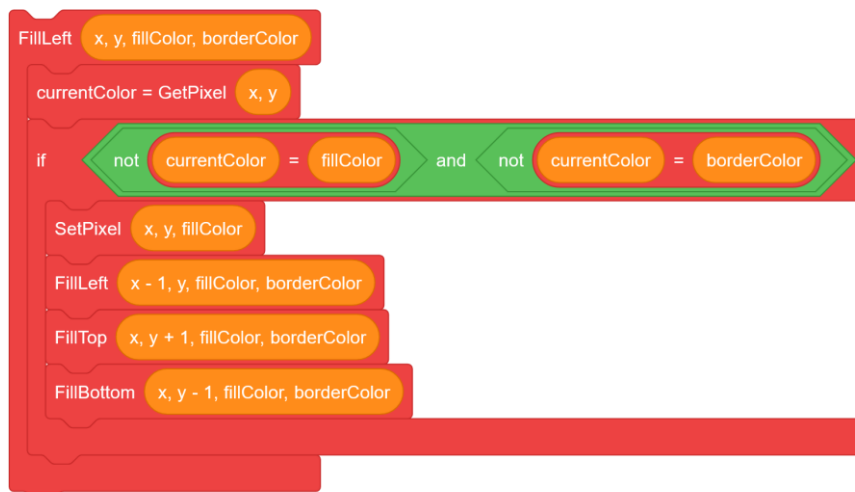


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

35

## Tô màu dựa theo đường biên



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

36

## Tô màu dựa theo đường biên

### –Nhận xét:

- Các thuật toán này có tính đệ quy, do đó khi cài đặt thường gây lỗi tràn vùng nhớ khi vùng tô lớn.
- Có thể sử dụng cấu trúc ngăn xếp để khử đệ quy.

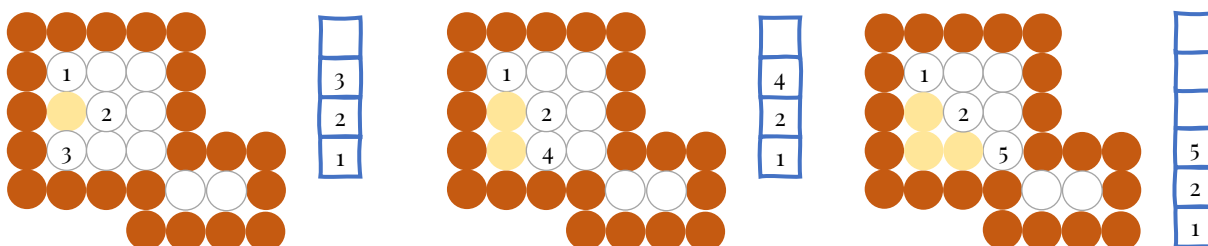
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

37

## Tô màu dựa theo đường biên

### –Sử dụng cấu trúc ngăn xếp lưu các điểm lân cận

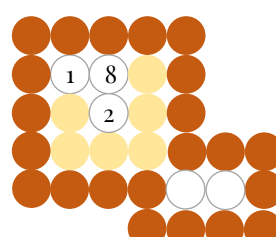
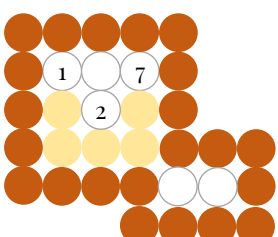
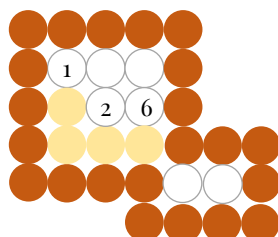


2021

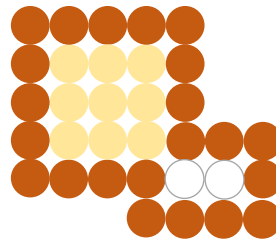
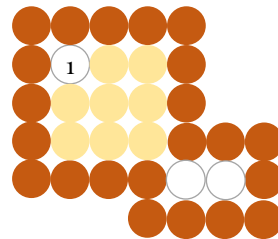
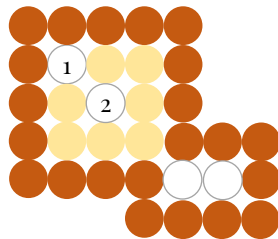
Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

38

# Tô màu dựa theo đường biên

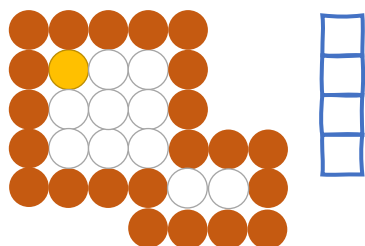


# Tô màu dựa theo đường biên



## Tô màu dựa theo đường biên

– Sử dụng cấu trúc ngăn xếp lưu các điểm lân cận



## Tô màu dựa theo đường biên

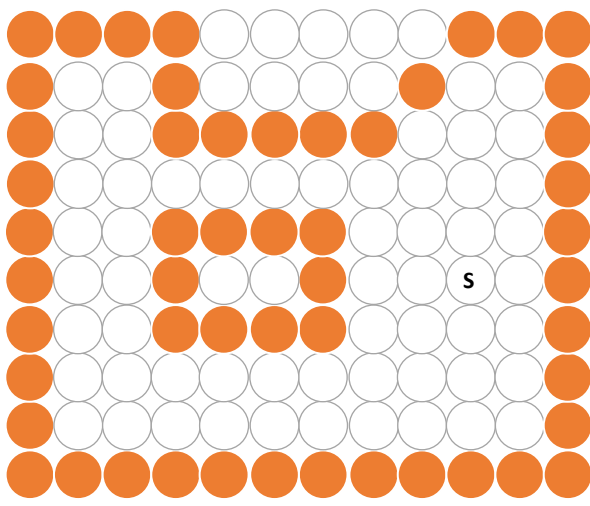
– Cải tiến thuật toán

– Khởi tạo một điểm nằm trong vùng tô

– Tô màu từ trái-phải và ngược lại cho đến khi đụng biên.

– Tìm các điểm trên và dưới dòng quét có hoành độ gần biên nhất và chưa được tô. Sau đó, lưu các điểm này vào ngăn xếp.

# Tô màu dựa theo đường biên

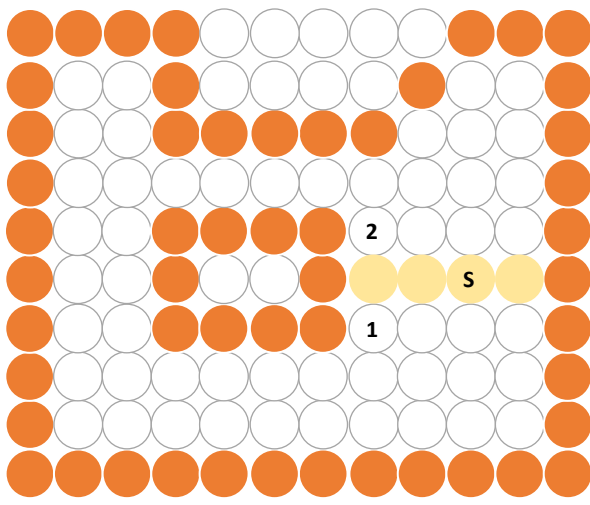


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

43

# Tô màu dựa theo đường biên

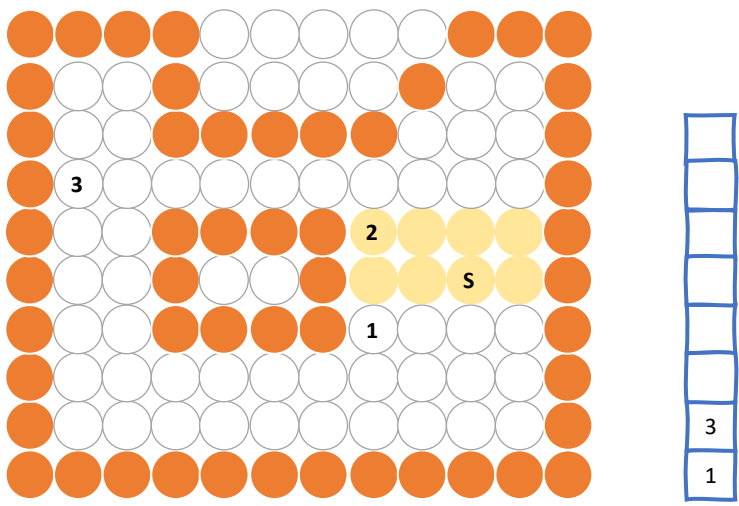


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

44

# Tô màu dựa theo đường biên

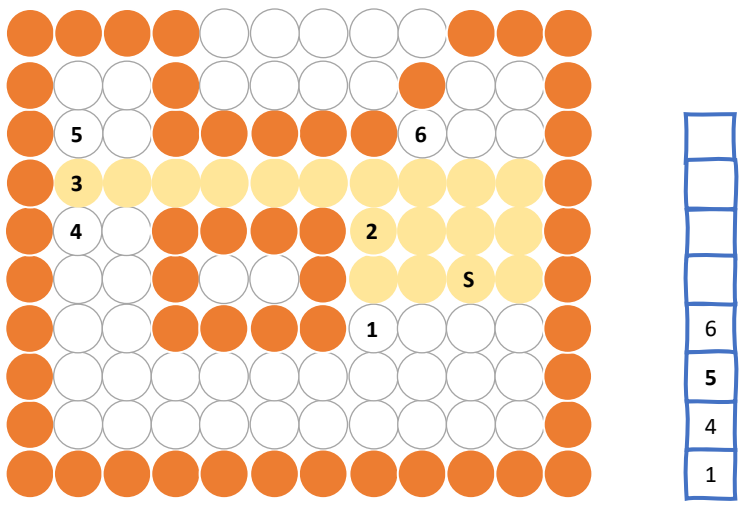


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

45

# Tô màu dựa theo đường biên

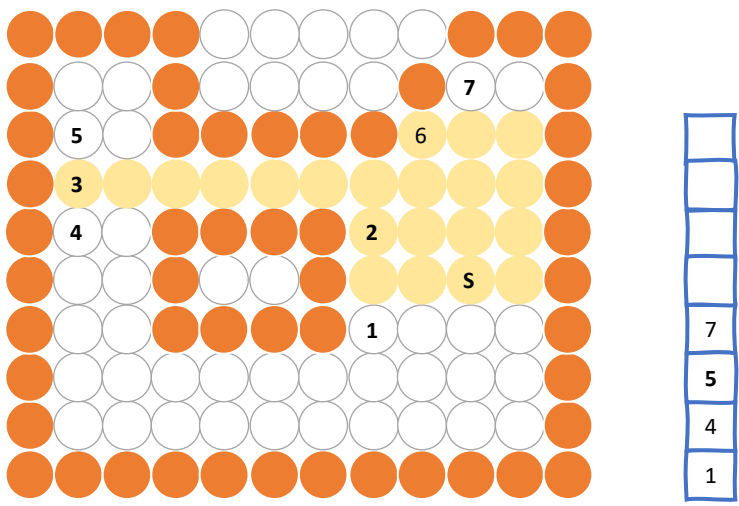


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

46

# Tô màu dựa theo đường biên

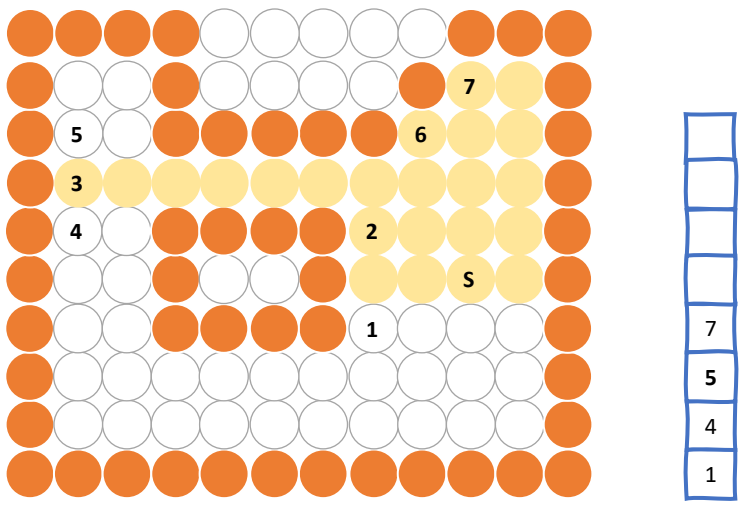


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

47

# Tô màu dựa theo đường biên



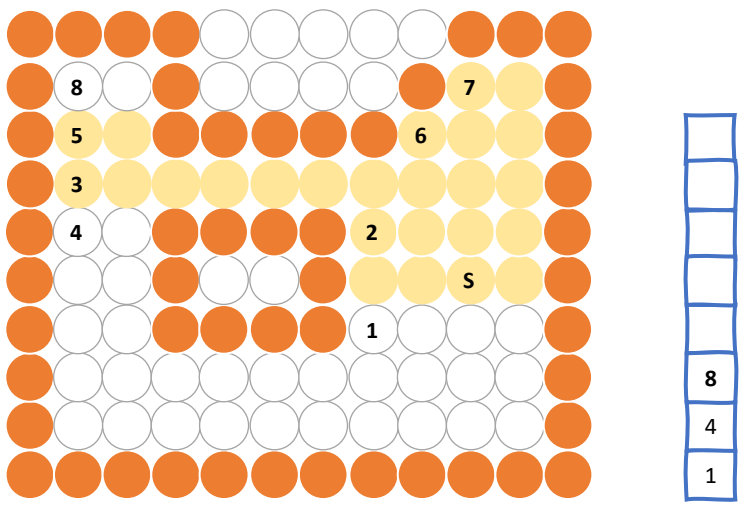
2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

48



# Tô màu dựa theo đường biên

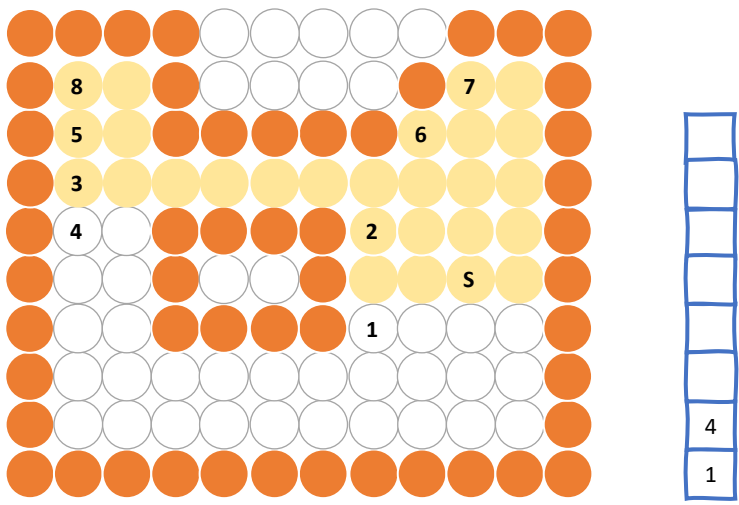


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

49

# Tô màu dựa theo đường biên

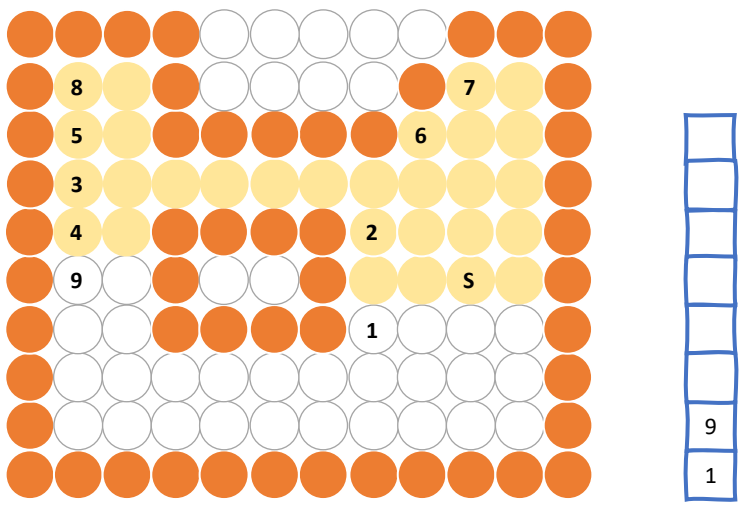


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

50

# Tô màu dựa theo đường biên

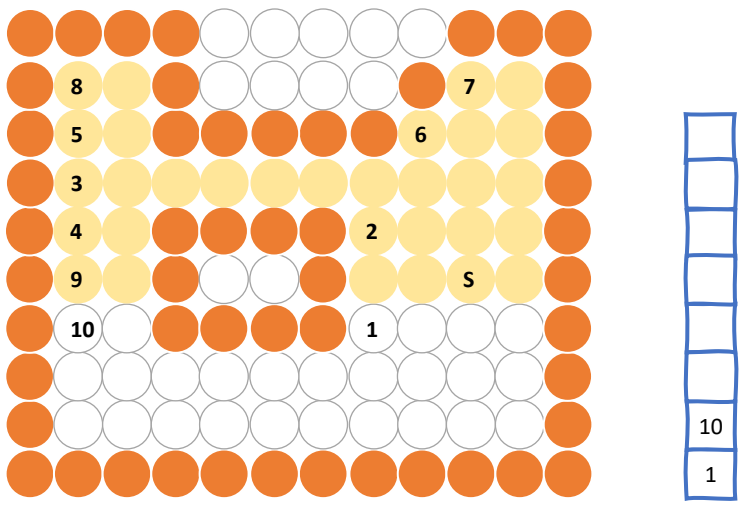


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

51

# Tô màu dựa theo đường biên

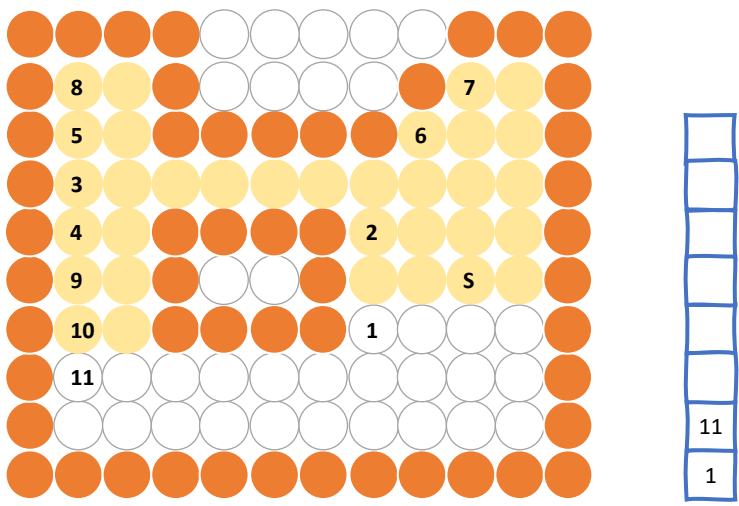


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

52

# Tô màu dựa theo đường biên

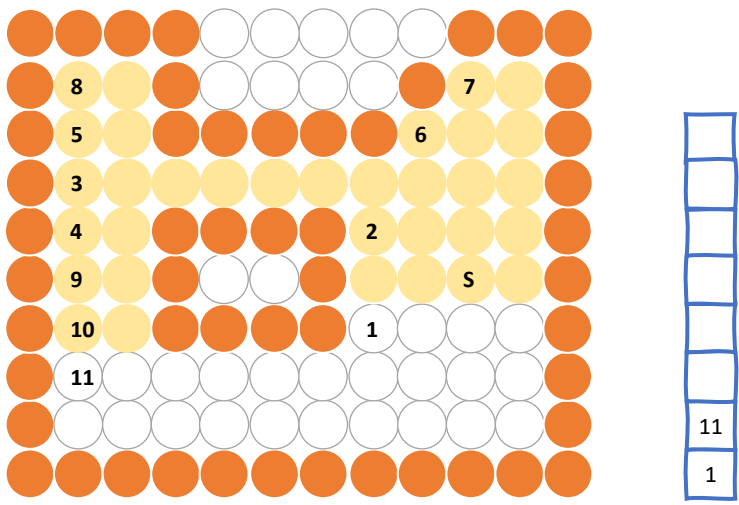


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

53

# Tô màu dựa theo đường biên

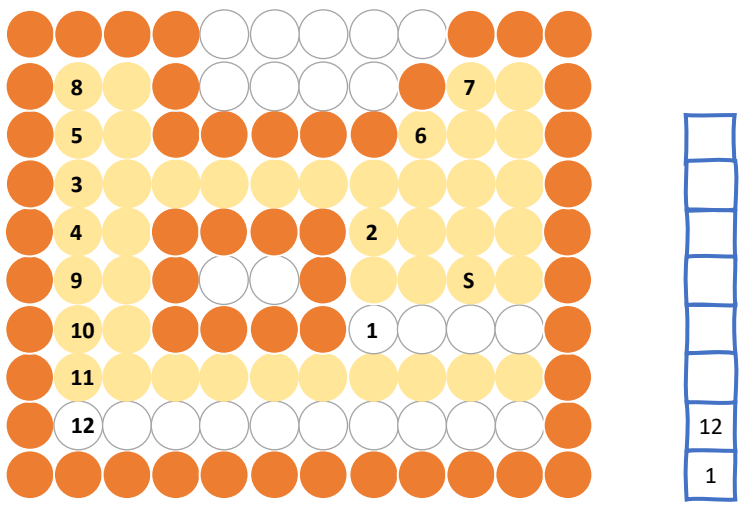


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

54

# Tô màu dựa theo đường biên

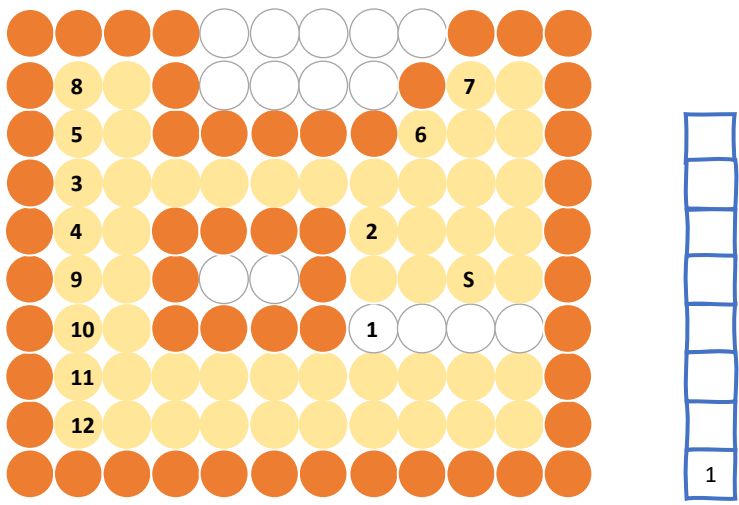


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

55

# Tô màu dựa theo đường biên

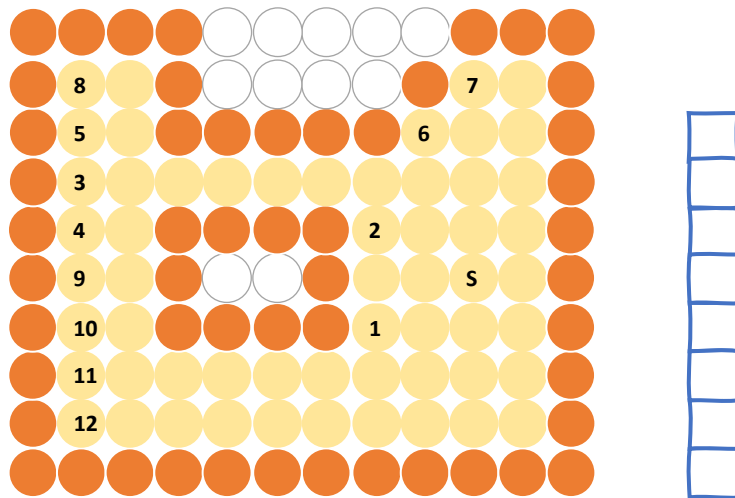


2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

56

## Tô màu dựa theo đường biên



2021

Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

57

## Tô màu theo phương pháp loang

*Vấn đề tô màu vùng tô có đường biên gồm nhiều màu sắc khác nhau.*

– Ý tưởng

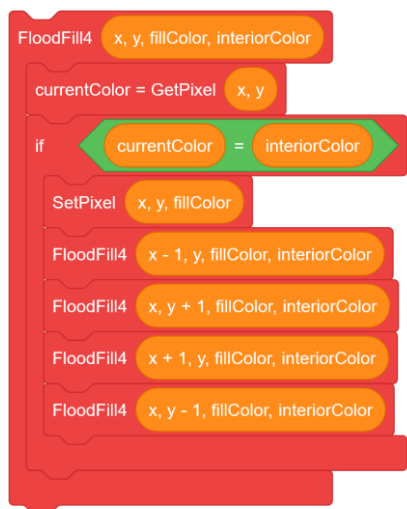
- Bắt đầu tại 1 điểm bất kỳ trong vùng tô (*interior point*).
- Nếu màu điểm đang xét trùng với màu bên trong vùng tô (*màu cũ*)
  - Tô màu *mới* cho điểm đó
  - Quá trình này được tiếp tục thực hiện với 4 điểm lân cận cho tới khi nào không còn tô được điểm nào nữa thì dừng.

2021

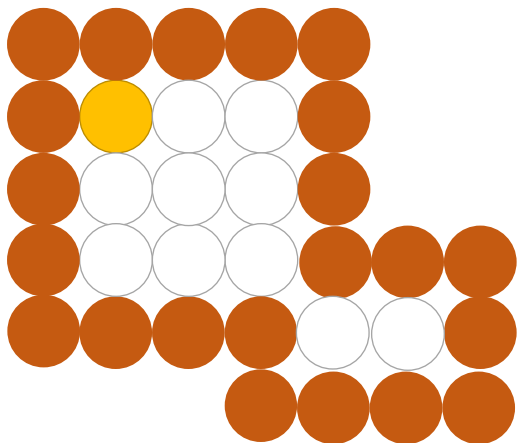
Nguyễn Chí Hiếu | Kỹ thuật đồ họa

58

# Tô màu theo phương pháp loang



# Tô màu theo phương pháp loang



## Tài liệu tham khảo

---

1. Hoàng Kiếm, Dương Anh Đức, Vũ Hải Quân, Lê Đình Duy. *Giáo trình Đồ họa máy tính*. NXB ĐH Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2005.
2. Donald Hearn, M. Baker, Warren Carithers. *Computer Graphics with Open GL, 4th Edition*. Pearson, 2010.
3. Edward Angel, Dave Shreiner. *Interactive Computer Graphics A Top-Down Approach With Shader-Based OpenGL, 6th Editionn*. Pearson, 2011.