Preenchimento de Áreas
Algoritmo *Scanline*

Fontes: Hearn & Baker, Cap. 4-10

Apostila CG, Cap. 4

Preenchimento de Áreas

- Problema de conversão matricial de áreas geométricas
  - Aproximar uma primitiva geométrica por pixels
- Primitivas 2D (quadrado, retângulo, círculo, …)
- Polígonos em geral (2D)
- O último é o que nos interessa mais… porque?

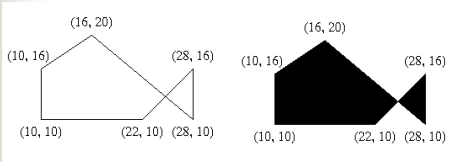
2

Preenchimento de Áreas

- Assim como no traçado de linhas e curvas, precisamos de um mecanismo eficiente de determinar quais pixels estão no interior de uma certa área, e devem ser 'pintados'
- Tipicamente, solução é implementada em hardware
- Mas, como determinar o que está no 'interior' de uma área?

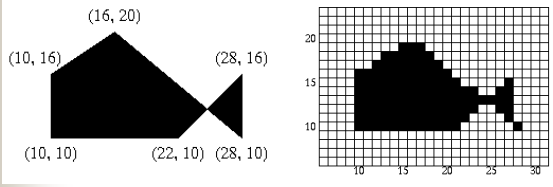
3

Preenchimento



4

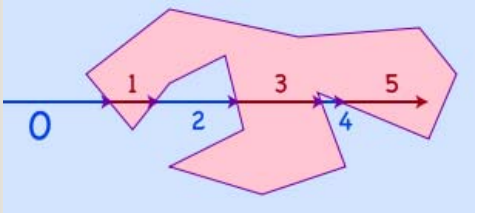
Preenchimento



Como determinar quais pixels estão ´dentro´ do polígono?

5

Teste dentro-fora

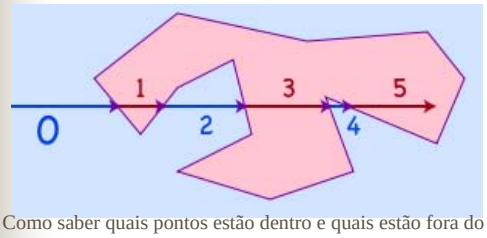


Como saber quais pontos estão dentro e quais estão fora do interior do polígono?

Problema mais geral: dado um polígono qqr e um ponto, como saber se o ponto está no interior ou no exterior do polígono?

6

Teste dentro-fora



Como saber quais pontos estão dentro e quais estão fora do interior do polígono? quando o número de arestas do polígono interceptadas pela linha de varredura é impar, está dentro; quando é par, está fora... **Regra da paridade**

7

Determinando Interior

- Problema de preenchimento é resolvido para cada linha de varredura da grade de pixels
- Usando a ´Regra da Paridade´
  - Paridade inicialmente par, a cada intersecção da linha de varredura com uma aresta do polígono a paridade é invertida
  - Ponto está no interior do (está 'dentro') quando a paridade é ímpar, nesse caso ele é pintado; e não é pintado (está fora) quando a paridade é par

8

Determinando Interior

- Entretanto, nem sempre é tão óbvio!
- E quando a linha de varredura intercepta um vértice? Duas arestas interceptadas...
- Fig. 4.21, Hearn & Baker
- Linha y´: precisa contar as 2 interseções
- Linha y: precisa contar só uma...
  - Como tratar inteseções com os vértices, compartilhados por duas arestas?

9

Casos a serem tratados

- Vértices compartilhados por arestas horizontais
  - as arestas horizontais podem ser ignoradas!
- Arestas extremas: esquerda, direita, base e topo
  - Problema: arestas de múltiplos polígonos que se sobrepõem (compartilhadas)
  - Convenção: no preenchimento, considerar que arestas a esquerda e abaixo pertencem ao interior do polígono, e que arestas a direita e acima não pertencem ao interior do polígono

10

Casos a serem tratados

- Interseção com arestas que se encontram em um vértice
  - (i) vértices se encontram em ponto de mínimo: contabiliza interseção 2 vezes no cálculo da paridade (pixel **é traçado**)
  - (ii) vértices se encontram em ponto de máximo: contabiliza interseção 2 vezes no cálculo da paridade (pixel não é traçado)
  - (iii) vértice é ponto de máximo para uma aresta, ponto de mínimo para a outra: contabiliza interseção 1 vez no cálculo da paridade

11

Calculando intersecções

- como determinar a intersecção entre a linha de varredura e cada aresta do polígono
  - Equação da linha de varredura i: y = i
  - Equação de uma aresta, dados os seus 2 vértices (x_i,y_i), (x_f,y_f):

$$m = \frac{dy}{dx} = \frac{(y_f - y_i)}{(x_f - x_i)} \qquad y = mx + b$$

12

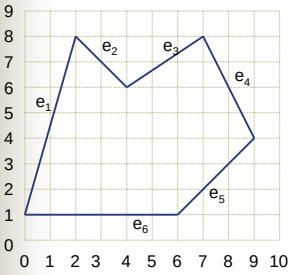
Calculando intersecções

- Note, entretanto, que pode-se aproveitar a coerência do processo para simplificar os cálculos…
- Fig. 4.23, Hearn & Baker
- Entre duas linhas de varredura consecutivas
  $y(k+1) = y(k) + 1$
- Portanto, a coordenada x da interseção é obtida facilmente;

$x(k+1) = x(k) + 1/m$, i.e.;
$x(k+1) = x + dx / dy$

13

Exemplo

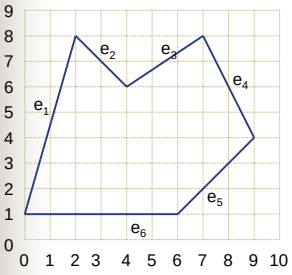


Este polígono tem como vértices:
(0,1)
(2,8)
(4,6)
(7,8)
(9,4)
(6,1)

e 6 arestas
e_1, .. e_6

14

Algoritmo Scanline



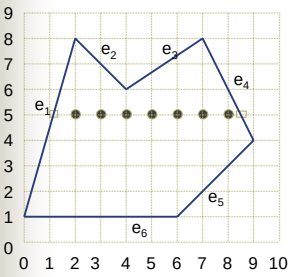
Para preencher a área, processa as linhas de varredura (*scanlines*)

Para um dado valor y; acha intersecções com arestas

Pares de intersecções sucessivas definem um bloco (*span*) de pixels

15

Casos a tratar: 1. normal

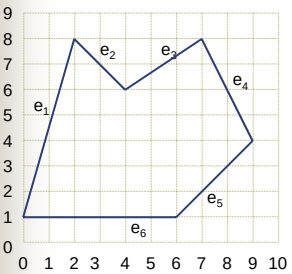


Scanline 5:
interseção e_1 = 1.14
interseção e_4 = 8.5

Pixels 2-8 na *scanline* são preenchidos

16

Casos a tratar: 2. Intercepta vértices

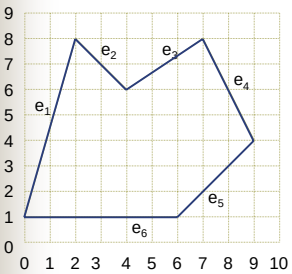


scanline 6 intercepta e_1,e_2,e_3,e_4 em 1.4, 4, 4, 8 respectiva/e - dois spans traçados

scanline 4 intercepta e_1,e_4,e_5 em 0.9, 9, 9 respectiva/e - linha intercepta duas arestas, considera só a superior, i.e. e_4

17

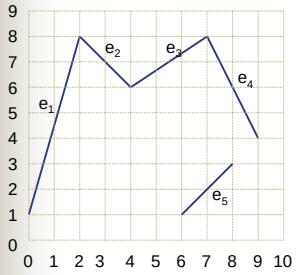
Casos a tratar: 3. Arestas horizontais



Uma aresta horizontal, como e_6 pode ser Ignorada:
vai ser traçada automaticamente

18

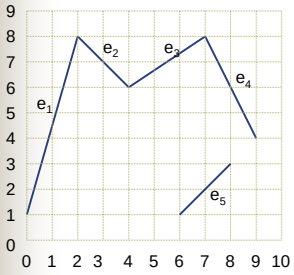
Pré-Processamento do Polígono



Removemos e_6, e encurtamos e_5 em uma *scanline*

19

Otimização

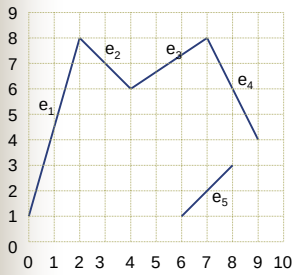


Para acelerar os cálculos de intersecções é útil saber aonde começam/ terminam as arestas:
e.g., e_1 vai da *scanline* 1 até a *scanline* 8;
e_2 da *scanline* 8 até a 6

Assim, sabemos que arestas testar para cada *scanline*

20

Cestos Ordenados de Arestas

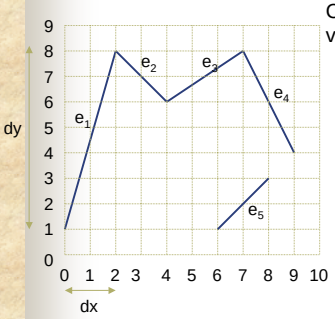


Interessante ordenar as arestas pelo seu ponto de mínimo; cada *scanline* é associada a um cesto de arestas, ordenado segundo a coord. x da intersecção (**bucket sort**)

0:
1: e_1,e_5
2:
3:
4: e_4
5:
6: e_2,e_3
7:
8:
9:

21

Otimização - Coerência

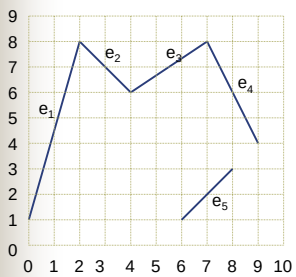


Coerência de linhas de varredura: *scanline coherence*

Ex.: observe e_1
Assuma intersecção com linha 1 conhecida (x=0) - então, intersecção com *scanline* 2 é:
x* = x + 1/m (m=inclin.)
i.e.: x* = x + dx / dy
i.e.: x* = 0 + 2 / 7 = 2/7

22

Tabela de Arestas



Útil armazenar informação sobre arestas em uma tabela:

e	prim x	max y	dx	dy
1	0	8	2	7
2	4	8	-2	2
3				
4				
5				

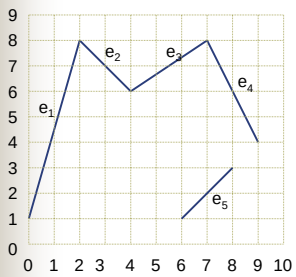
23

Estrutura de dados

- Tabela de arestas global: descreve as arestas do polígono a serem processadas explicitamente
  - Um cesto para cada linha de varredura
  - Mantém-se ao longo de todo o processamento
- Tabela de arestas ativas (as as que estão sendo interceptadas pela linha de varredura corrente)
  - É atualizada a medida que a varredura da cena prossegue

24

Algoritmo de Preenchimento



(1) Set y = 0

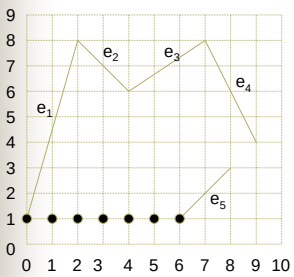
(2) Verifique y-bucket

(3) Insira as arestas necessárias na **active edge table (AET)**

(4) If AET vazia then
set y = y + 1, go to (2)

25

Tabela de Arestas Ativas



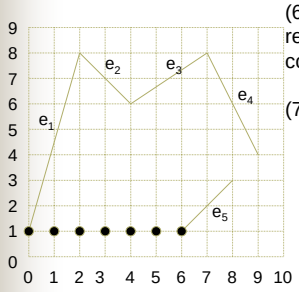
y = 1

e	x	max y	dx	dy
1	0	8	2	7
5	6	3	2	2

(5) Ordene por valores-x e preencha entre pares sucessivos

26

Tabela de Arestas Ativas



(6) Set y = y+1; remova da AET arestas com max y <= y

(7) Incrementa x de 1/m (dx/dy)

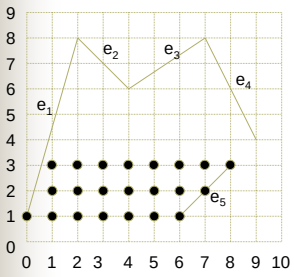
y = 2

e	x	max y	dx	dy
1	2/7	8	2	7
5	7	3	2	2

(8) Retorna para (2)

27

Próxima Scanline



A cada estágio do algoritmo, um (ou vários) *span*(s) de pixels são traçados

28

Eficiência – aritmética inteira

- Por questão de eficiência, é interessante usar apenas aritmética inteira – isso requer uma coluna extra na AET para acumularmos separadamente a parte inteira da parte fracionária de 1/m para a atualização de x

29

Eficiência – aritmética inteira

Primeira intersecção é em x=0, e a inclinação da aresta é 7/2 – i.e. dy=7, dx=2

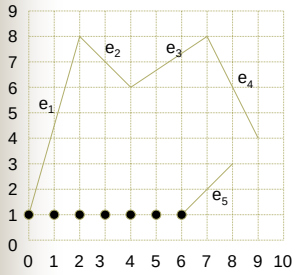
Os próximos pontos de intersecção são:
0 2/7 4/7 6/7 8/7 etc.

Os pixels iniciais correspondentes para o *scanline filling* são:
0 1 1 1 2

Obtemos esses valores simplesmente somando dx a cada estágio, até que dy é atingido, então dx é reduzido de dy:
0 2 4 6 1 (8-7) etc.

30

Tabela de Arestas Ativas Modificada



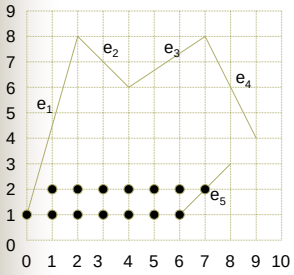
y = 1

e	x	max y	dx	dy
1	0	8	2	7
5	6	3	2	2

torna-se

e	x int	x frac	max y	dx	dy
1	0	0	8	2	7
5	6	0	3	2	2

Eficiência – aritmética inteira



No passo (7), ao invés de incrementar x por dx/dy, incrementamos x-frac de dx; sempre que x-frac excede dy somamos 1 a x-int & reduzimos x-frac de dy

y = 2

e	x int	x frac	max y	dx	dy
1	0	2	8	2	7
5	7	0	3	2	2

Observação

- No caso de preenchimento de áreas, cada pixel está sendo ‘pintado’ com uma cor
- No caso de *rendering* de superfícies, cada pixel é pintado com a cor determinada pela aplicação do algoritmo de iluminação + tonalização (*shading*)

Bibliografia

- Hearn & Baker, 4.10
- Ap. CG Cap. 4
- http://www.cs.rit.edu/~icss571/filling/example.html