

Representação e Descrição

- A REPRESENTAÇÃO está relacionada com a representação dos elementos da imagem (habitualmente regiões), por forma a preservar a informação essencial.
- A DESCRIÇÃO está relacionada com a extracção de informação compacta e sumária (normalmente na forma de propriedades como a área, comprimento, variância) que caracteriza a região.
- Os descritores obtidos no processamento anterior são habitualmente usados no **reconhecimento de padrões** (ex: objectos). Um bom descritor deve ser invariante à translação, rotação e à escala.

Representação de regiões:

- ✓ Baseada nas características externas (da sua fronteira) da região.
- ✓ Baseada nas características internas (pixeis interiores) da região.

Descrição de regiões:

- ✓ Descritores da fronteira, como o comprimento, diâmetro, curvatura, etc.
- ✓ Descritores da região, como a área, perímetro, valor médio dos NDC, etc.

Geralmente, opta-se por uma representação externa quando a análise é centrada nas características da forma da região. A representação interna é escolhida quando a análise centra-se nas propriedades reflectivas, como a cor ou a textura.

Esquemas de Representação

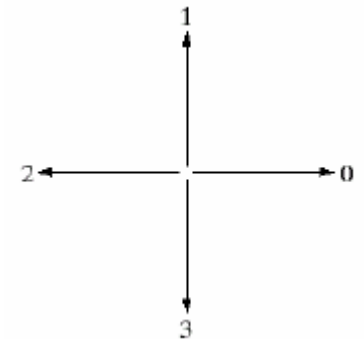
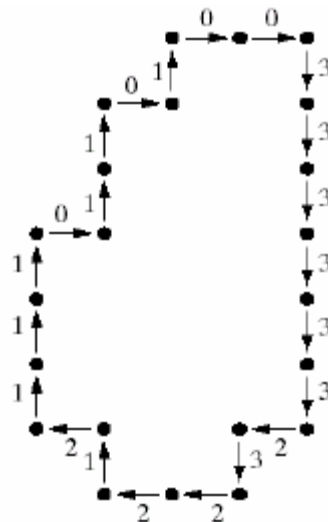
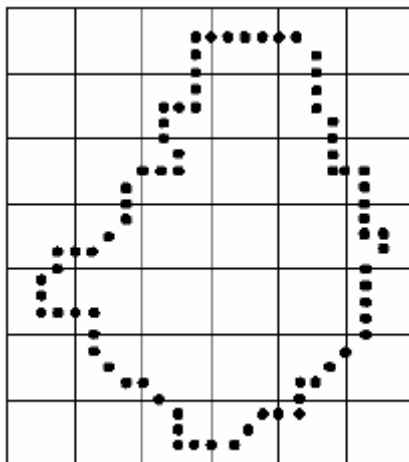
A operação de segmentação fornece resultados na forma de pixels distribuídos pela fronteira e no interior da regiões:



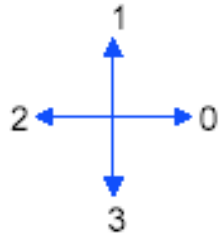
É habitual usar representações da fronteira de modo a compactar os dados em representações que facilitem a operação de extracção de descritores da região.

Representação da fronteira por Chain code

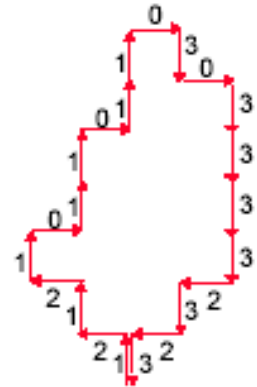
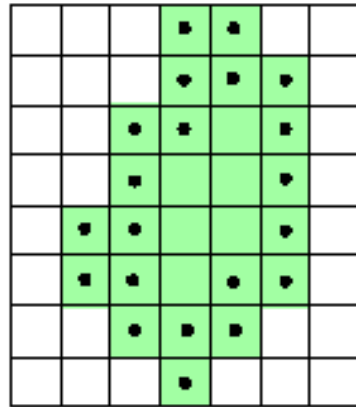
A representação por chain code reproduz os pixels da fronteira da região através de uma serie de códigos de direcção que representam as transições entre pixels. O chain code é obtido através do seguimento da fronteira da região no sentido anti-horário e atribuindo uma direcção ao segmento que liga cada píxel ao seu vizinho.



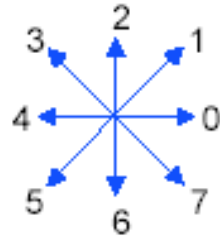
Representação da fronteira por Chain code



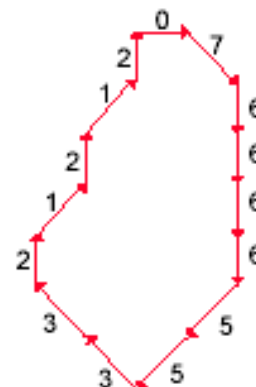
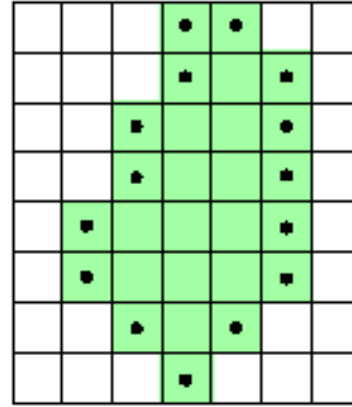
Vizinhança 4



030333232312121011011



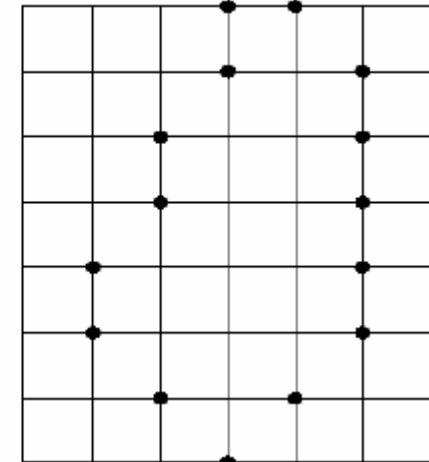
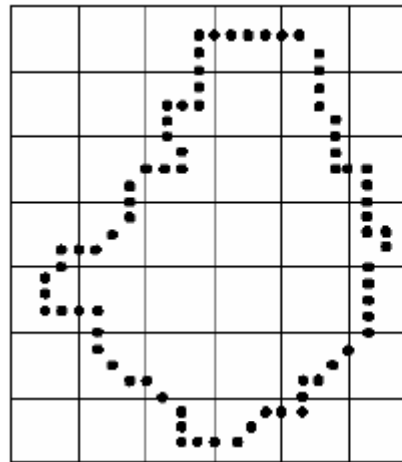
Vizinhança 8



076666553321212

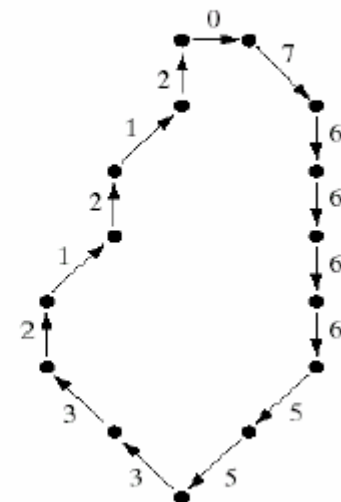
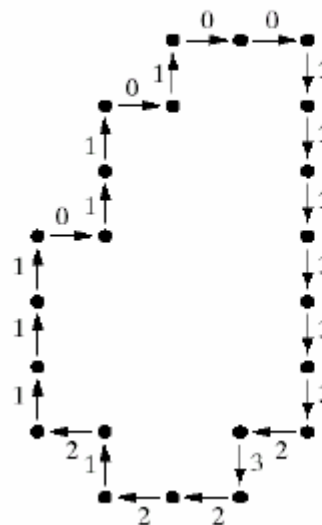
Re-amostragem da fronteira

- A aplicação do algoritmo em imagens obtém cadeias longas – um pequeno ruído na fronteira pode causar modificações do código que não estão relacionadas com a forma da fronteira.



Como alternativa:

- Sobrepor uma grelha sobre a imagem e atribuir os pontos da fronteira aos nódulos da nova grelha sendo a codificação efectuada sobre os elementos da grelha.

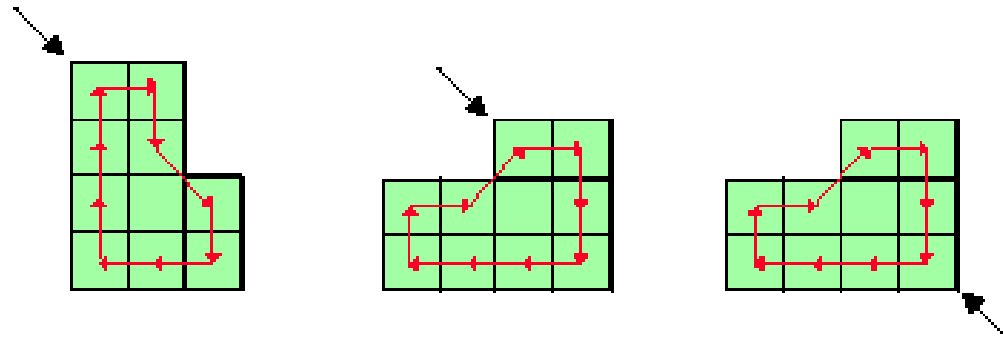


Representação invariante do chain code

- ✓ O algoritmo de chain code apresentado é invariante à translação, mas não o é à rotação e à escala.
- ✓ Uma representação invariante à rotação pode ser obtida através das primeiras diferenças do chain code .
- ✓ As primeiras diferenças são obtidas contando o nº de mudanças direcções no sentido horário;i.e. As primeiras diferenças da codificação em vizinhança 4 de: 10103322 é: 3133030
- ✓ A invariância à escala é mais difícil de obter mas pode ser obtida através da reamostragem da fronteira com uma grelha.
- ✓ A normalização não é exacta, uma vez que a própria fronteira amostrada na grelha da imagem pode não ser invariante à rotação e à escala.
- ✓ O chain code depende da escolha do primeiro ponto. Para ultrapassar esta dificuldade, considera-se o chain code cíclico e calcula-se o chain code para cada um dos pontos iniciais, escolhendo a representação que resulta num número inteiro de valor mínimo (shape number).

Representação invariante do chain code

Exemplo:



Chain Code:

067644222

066444201

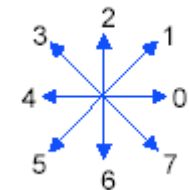
444201066

Primeira diferença

271202002

202002271

002271202



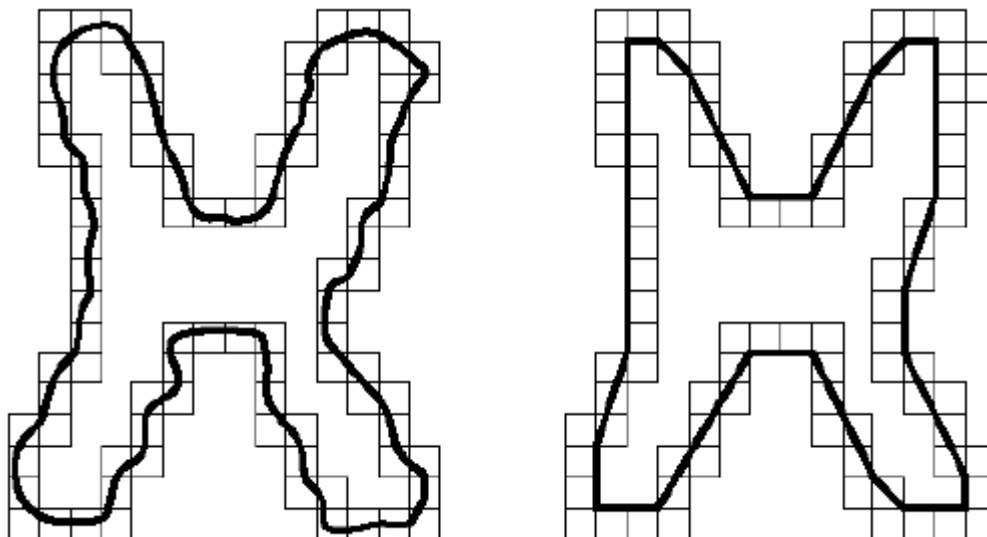
Codificação da fronteira que resulta num valor inteiro mínimo

Shape number – Número da forma

002271202

Aproximação poligonal

A fronteira discreta (digital) pode ser aproximada por um polígono perímetro mínimo.



Técnicas de união – Une os pontos da fronteira por uma recta até que o erro quadrático dos pontos à linha exceda um pré-determinado valor. O procedimento repete-se para os todos os pontos da fronteira; No fim do procedimento os pontos de intercessão de rectas adjacentes constitui os vértices do polígono.

Técnicas de divisão – Subdividem um segmento inicial em vários segmentos até que determinado critério seja satisfeito (por exemplo , todos os pontos da fronteira tem uma distância na perpendicular ao segmento inferior a um determinado valor.)

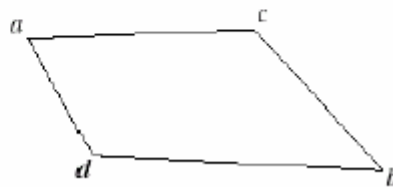
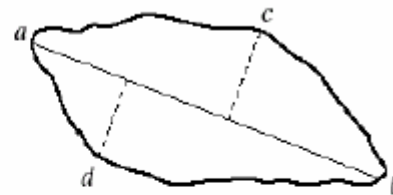
Técnicas de união

- (1) Considere um ponto arbitrário da fronteira
- (2) Considere o ponto seguinte e faça passar pelos dois pontos uma recta: $E = 0$ (erro quadrático da aproximação é zero)
- (3) Agora considere o próximo ponto da fronteira, e faça passar pelos 3 pontos a recta que produz uma menor erro quadrático.
- (4) Vá repetindo os passos de (1) a (3) até que o $E > T$ (valor pré-definido).
- (5) Armazene o valor de a e b da eq. Da recta $y = ax + b$, e volte a inicializar $E = 0$.
- (6) Encontre as rectas seguintes para aproximar a fronteira até serem considerados todos os pontos.
- (7) Calcule os pontos de intercessão das rectas que representam os vértices do polígono.

Problema: Os vértices obtidos nem sempre correspondem aos cantos da fronteira: a recta começou quando já tinha ocorrido o canto, ou seja T foi excedido demasiado tarde.

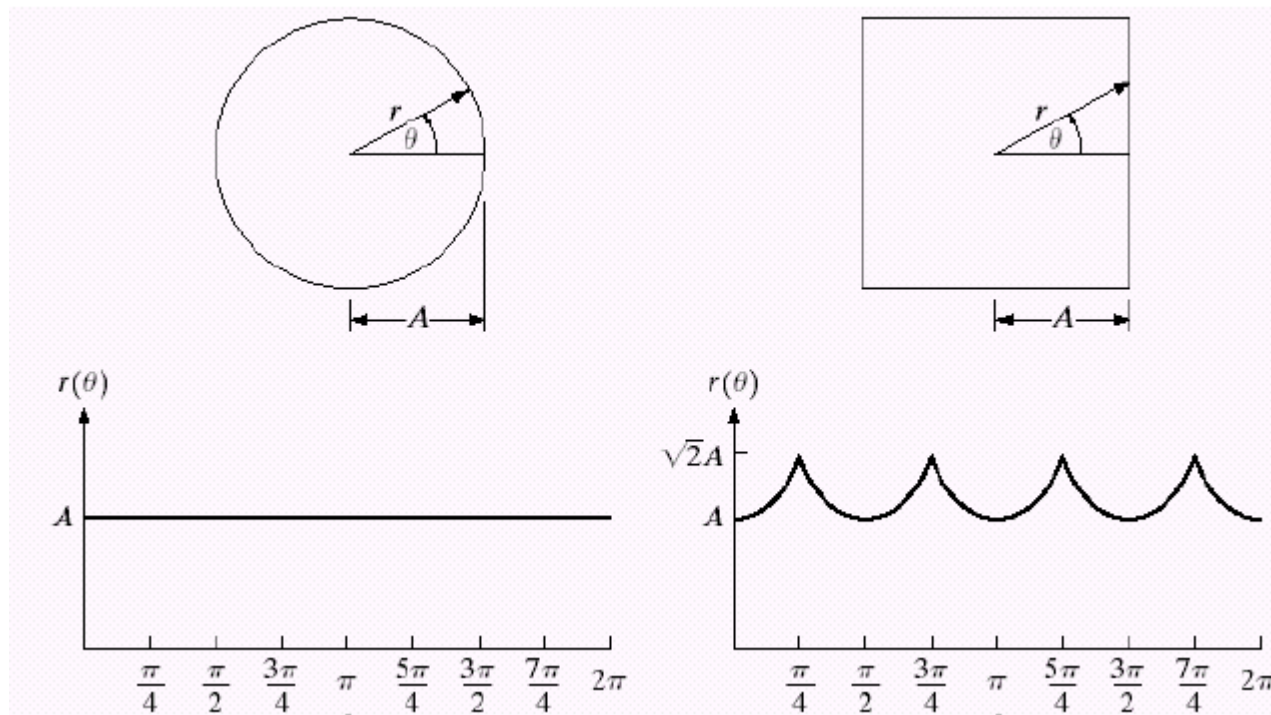
Técnicas de divisão

- Ligue os dois pontos, a e b , extremos da fronteira. Através da linha ab ;
- Encontre os pontos da fronteira, c e d , para os quais a distância da perpendicular à recta ab é máxima.
- Repita os passos anteriores com os segmentos ac , cb , ad e db e assim sucessivamente, até que a distância da perpendicular do ponto mais afastado ao segmento seja inferior a um erro E , pré-definido.



Assinaturas

- ✓ As fronteiras tem uma representação complexa. É necessário encontrar formas de representação mais simples que revelem as características principais da forma da fronteira da região.
- ✓ A assinatura é uma representação 1D da fronteira de uma região.
- ✓ As assinaturas podem ser processadas de modo a serem usadas na operação de reconhecimento de padrões.
- ✓ Uma forma de assinatura da fronteira é obtida através da representação gráfica da distância ao centróide da região, em função do ângulo (curva $r(\theta)$) :



$R(\theta)$

- ✓ Representação invariante à translação, mas não à rotação e à escala.
- ✓ Normalização à rotação:
 - (1) O ponto inicial é escolhido como aquele que se encontra mais afastado do centróide;
 - (2) O ponto inicial é escolhido como aquele que se mais afastado do centróide e sobre o maior eixo;

Normalização à escala:

- Divisão pelo valor máximo do raio, resultando em valores compreendidos entre 0 e 1.

Abordagem alternativa: curva $\Phi(\theta)$

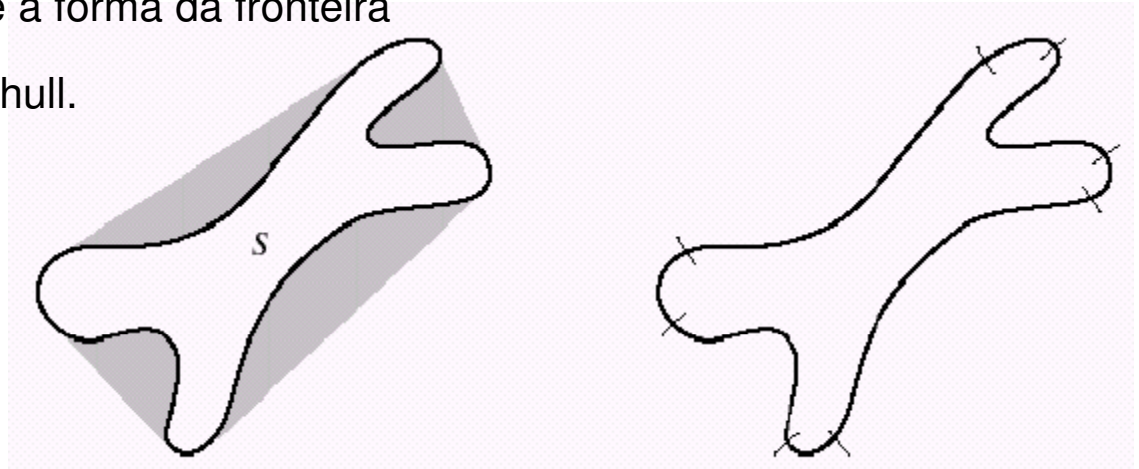
- ✓ Φ : ângulo entre a tangente à fronteira e uma linha de referência
- ✓ θ : Ângulo com o eixo positivo das abcissas (x)
- ✓ $\Phi(\theta)$: Integra informação acerca das características importantes da fronteira

Abordagem alternativa: *slope density function*

- ✓ Histograma dos valores dos ângulos da tangente.
- ✓ Valores do histograma elevados para as secções da fronteira onde os valores da tangentes à fronteira é constante (segmentos lineares ou quase lineares)
- ✓ Valores baixos do histograma (vales profundos) correspondente às secções onde o ângulo da tangente varia rapidamente.

Segmentos da fronteira

- ✓ Decomposição da fronteira em segmentos.
- ✓ Particularmente útil quando a fronteira contém uma ou mais concavidades, que integram informação característica sobre a forma da fronteira
- ✓ Neste caso, pode-se utilizar o convex hull.



- ✓ O convex de uma região S é uma região, na qual quaisquer dois elementos (pontos) A e B na região podem ser ligados por uma recta AB, de modo a que cada ponto da recta AB faz parte da região.
- ✓ O convex hull H de uma região arbitrária S é a mais pequena região convex que contém S.
- ✓ Deficiência convexa (Convex deficiency): $D = H - S$
- ✓ A região é dividida em segmentos definidos pelas entradas/saídas (transição) da região D (Convex deficiency), à medida que se percorre a fronteira de S.

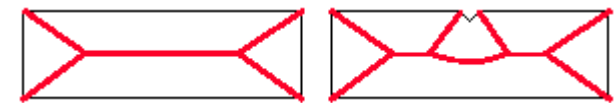
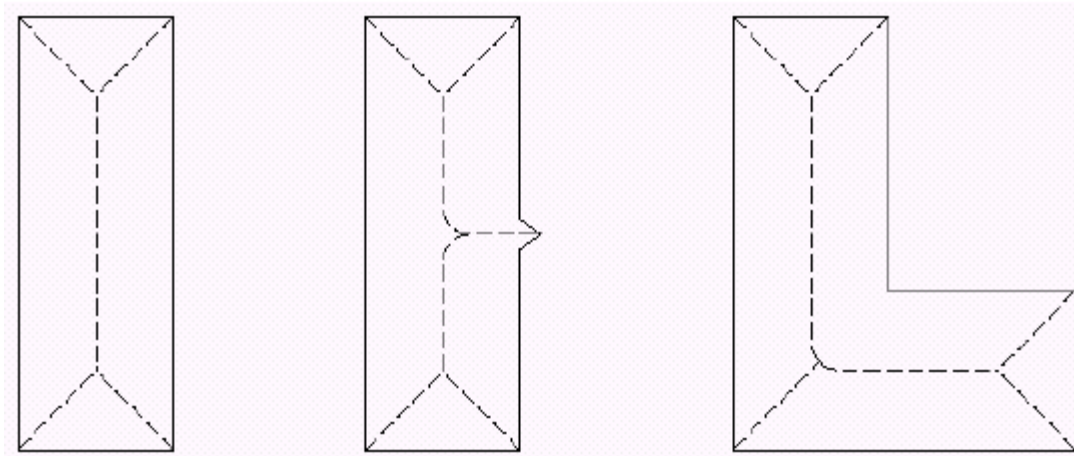
Esqueleto de uma região

Esqueletização processo pelo qual a fronteira de uma região é reduzida a um grafo que tem a espessura de um pixel.

Método de força bruta: Transformação do eixo médio (Medial axis transformation - MAT)

Considere a região R com a fronteira B...

- Para cada ponto p em R, encontre o ponto da fronteira B que lhe fica mais próximo.
- Se p tem mais do que um ponto próximo em B, então p faz parte do eixo médio.



Muito sensível ao ruído

✓ **Problema:** Para cada um dos pontos internos tem de se calcular a distância a todos os pontos situados na fronteira.

Algoritmo de emagrecimento

Os pontos das arestas são eliminados de um modo iterativo, de forma a que:

- (1) pontos terminais não são removidos,
- (2) a conectividade não é quebrada,
- (3) não é causada excessiva erosão à região

Este algoritmo emagrece uma região binária, onde um ponto das arestas = 1 e pertencente ao fundo = 0

Ponto do contorno: Ponto da aresta (= 1) com pelo menos um vizinho com o valor 0

Passo 1: Um ponto do contorno é assinalado para ser eliminado se:

- (a) $2 \leq N(p_1) \leq 6$;
- (b) $T(p_1) = 1$
- (c) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_6 = 0$
- (d) $p_4 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$

$N(p_1) \equiv$ número de vizinhos de p_1 com valor diferente de 0.

$T(p_1) \equiv$ número de transições 0 – 1 na sequência $\{p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9\}$

p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

Algoritmo de emagrecimento (cont.)

Agora elimine os pontos do contorno assinalados e considere os restantes pontos do contorno...

Passo 2: Um ponto do contorno é assinalado para ser eliminado se:

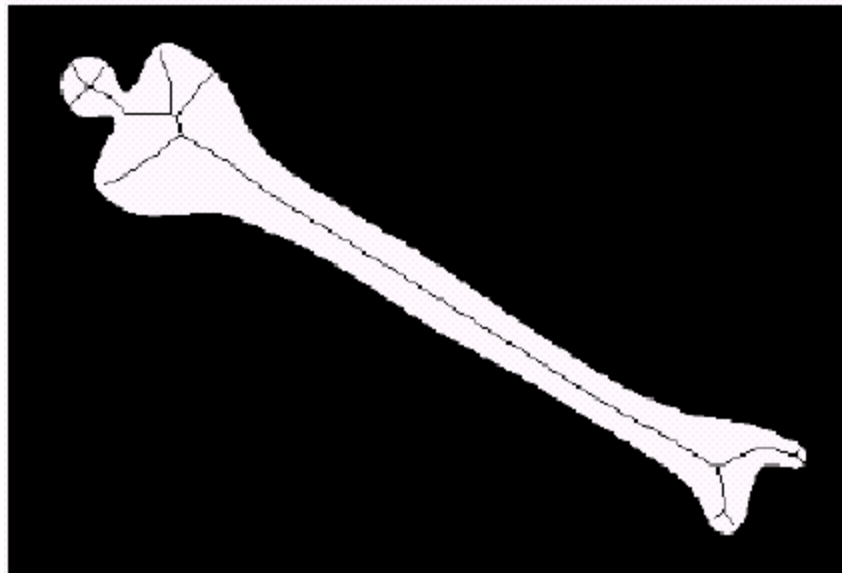
(a) $2 \leq N(p_1) \leq 6$;

(b) $T(p_1) = 1$;

(c') $p_2 \cdot p_4 \cdot p_8 = 0$;

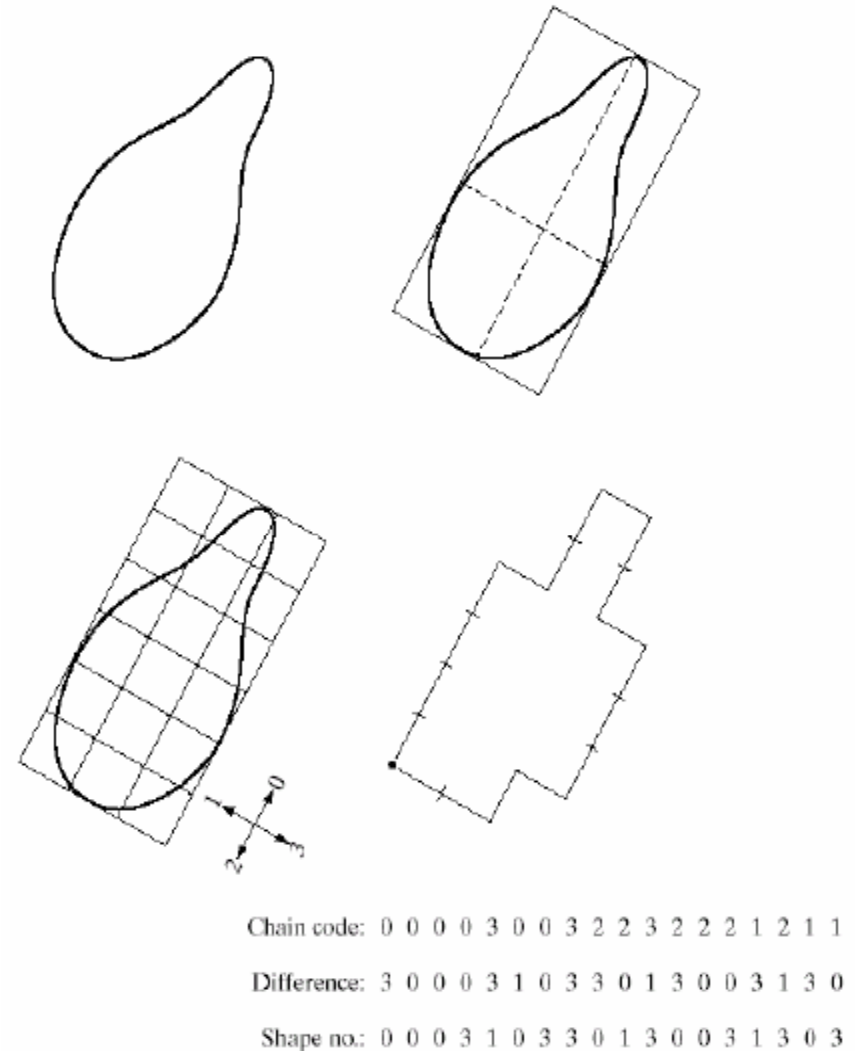
(d') $p_2 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$.

- Elimine todos os pontos do contorno que estão assinalados.
- Repita os passos 1 e 2 até que nenhum ponto do contorno seja eliminado durante uma iteração.



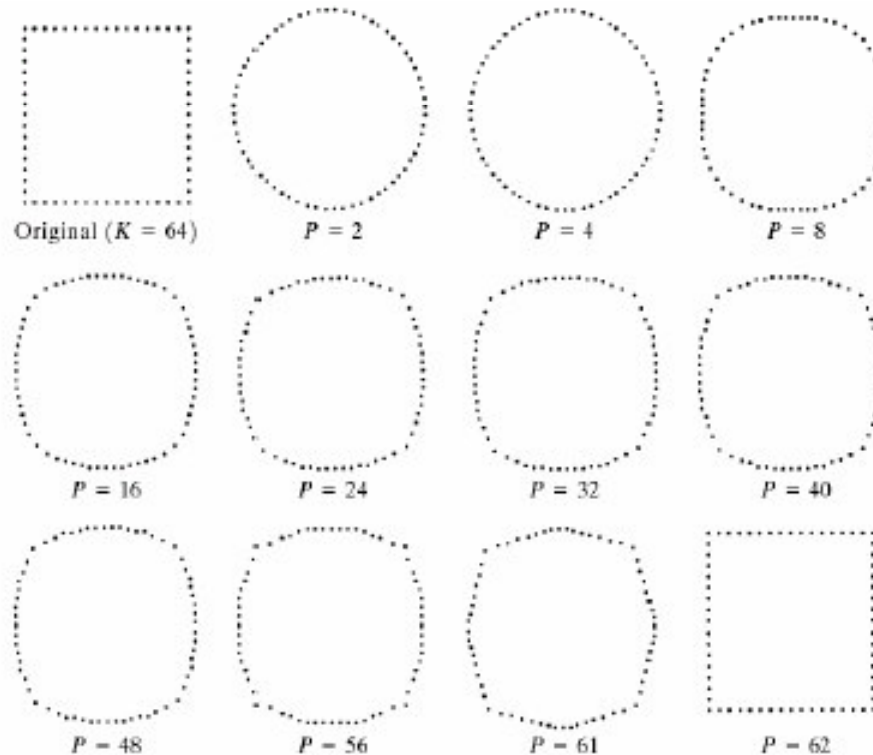
Descritores da fronteira

- ✓ Comprimento – Número de pixels ao longo do contorno
- ✓ X_{\max} , X_{\min} , Y_{\max} , Y_{\min} – coordenadas máximas e mínimas do contorno.
- ✓ X_{centroid} , Y_{centroid} – Coordenadas X e Y do centro da região.
- ✓ Diâmetro da fronteira – Distância máxima entre dois pontos da fronteira.
- ✓ Curvatura – Taxa de variação da inclinação (exemplo: diferença entre as inclinações de dois segmentos adjacentes)
- ✓ Número da forma – Número de menor valor obtido pelas diferenças do chain code.
- ✓ Eixo maior e eixo menor
- ✓ Excentricidade = Comprimento do eixo maior / Comprimento do eixo menor.



Descritores de Fourier

- ✓ A transformada de Fourier da representação da fronteira (chain code, assinatura, função fronteira complexa (complex boundary function) é uma representação alternativa da forma da região
- ✓ Em muitos casos a função fronteira pode ser suavizada sem perder as características da forma da região --> isto significa que apenas a amplitude e a fase das componentes de baixa frequência são necessários para caracterizar a forma genérica da região, podendo ser usados como descritores da região.

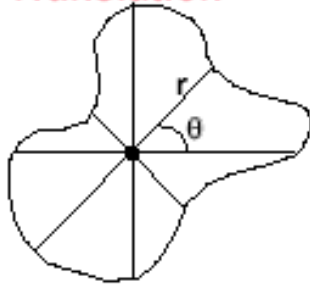


K – número de coeficientes de Fourier usados na representação da forma.

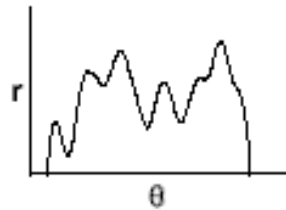
Descritores de Fourier

Exemplo:

Translation



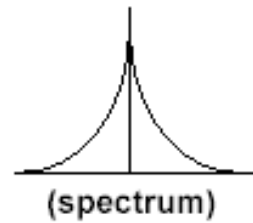
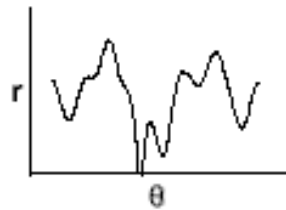
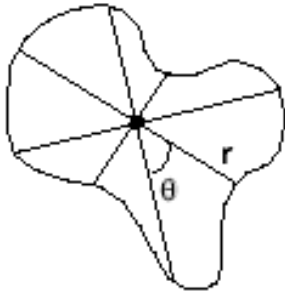
Boundary
Representation



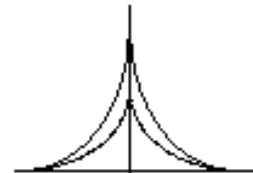
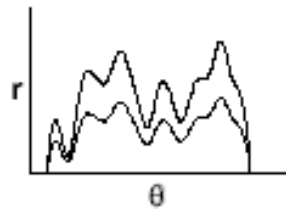
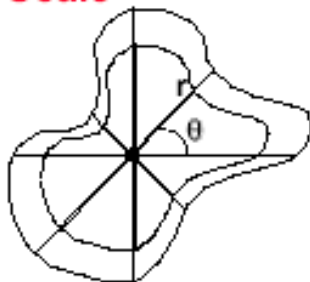
Fourier
Transform



Rotation



Scale



Consegue-se uma representação invariante à translação, rotação e escala

Descritores da Região

- Área – Número de pixels da região.
- Valor médio e mediano das intensidades dos pixels.
- *Shape factor* – $\text{Perímetro}^2 / \text{Área}$.
- Gama dinâmica – Diferença entre o valor máximo e mínimo dos NDC dos pixels da região.
- Valor da variância dos NDC dos pixels da região.