

# **1 Estudo teórico das técnicas de segmentação utilizadas para separar microcalcificações.**

## **1.1- Introdução**

A segmentação é definida por GONZALES, R.C; WINTZ P em **Digital Image Processing**, [Gonzales 87] como sendo um processo pelo qual a imagem é dividida em suas partes constituintes. Para isso utilizam-se critérios de similaridade. No caso de imagens digitais de 8 bits o critério utilizado é o nível de cinza.

A segmentação é baseada em dois princípios: descontinuidade e similaridade. A **descontinuidade**, consiste em procurar por mudanças abruptas nos níveis de cinza. As técnicas mais utilizadas são as de detecção de bordas, linhas e pontos isolados. Estes tipos de técnicas nos possibilitam encontrar as formas dos objetos procurados. A **similaridade**, onde estão incluídas as técnicas de “thresholding” e crescimento de região, procura por pixels que tenham uma determinada característica em comum.

Neste relatório descreveremos as seguintes técnicas de segmentação: Imagem Diferença, Crescimento por região, Threshold e utilizando operadores morfológicos. O método de watershed será decrito no próximo relatório porque será implementado no segundo semestre.

## **1.2 Técnicas utilizando imagem diferença.**

Esta técnica visa encontrar microcalcificações em mamografias, utilizando-se um sistema automático auxiliado por computador. Ela foi apresentada por CHAN H.P; DOI K; GALLOTRA S; VYBORNÝ CJ; JOKICH P.M [Chan 87] e seu objetivo é suprimir os ruídos da imagem e ao mesmo tempo eliminar os ruídos existentes na imagem.

Esta técnica consiste na aplicação de filtros baseados em máscaras de convolução. Inicialmente aplica-se uma máscara 3x3 (tipo passa- alta) sobre a imagem com o objetivo de realçar as microcalcificações obtendo a imagem 1. Em seguida é aplicado um filtro passa- baixa sobre a imagem original, com o objetivo de eliminar os ruídos. Este filtro é denominado filtro de contraste reverso. Ele consiste em combinar dois filtros conforme a fórmula abaixo:

$$F = (2 F_1 - 1)F_2 \quad (1)$$

Onde: F é o filtro de constraste reverso; F1 é um filtro de passa-baixa de suavização; F2 é um filtro para eliminar os ruídos de altas frequências obtendo a imagem2.

A imagem final é obtida subtraindo-se a imagem2 da imagem1.

Em CHAN H.P; DOI K; VYBORNÝ C.J; LAM K.L; SCHIMDT R.A em **Computer aided detection of microcalcifications in mammograms: methodology and preliminary clinical studys**, [Chan 88], é proposto um aperfeiçoamento desta técnica. Aplica-se aqui um novo filtro para eliminar os ruídos, denominado de “box rim”. Este filtro elimina os ruídos de alta frequência sem que haja a perda dos sinais procurados.

As máscaras utilizadas nesta técnica são mostradas nas figuras 1 e 2.

|   |   |      |      |      |   |   |
|---|---|------|------|------|---|---|
| 0 | 0 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0.75 | 1    | 0.75 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0 |

*Figura 1- Filtro passa- alta convoluído da imagem original, para obter a imagem1.*

|   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Figura 2- Filtro “Box Rim” aplicado sobre a imagem original, para obter a imagem2.*

Após as duas máscaras acima serem aplicadas sobre a imagem original, é subtraído a imagem2 da imagem1.

### **1.3 Técnicas utilizando crescimento de região.**

Nesta técnica é preciso inicialmente definir quais são os pixels que formam uma região. Desta forma é possível visualizar uma região considerando todos os pixels agrupados que possuam o mesmo nível de cinza. Determinam-se em seguida as sementes. Estas consistem em pixels pertencentes à região.

Após ser escolhida uma semente, deve-se avaliar os pixels vizinhos para verificar se eles satisfazem uma certa condição de similaridade. Os pixels vizinhos que satisfaçam esta condição lhe são adicionados , caso contrário são descartados. O processo é repetido

para cada novo pixel incluído a região. Este processo é interrompido conforme um critério de parada estabelecido inicialmente. No entanto há problemas para escolher as sementes, para definir os critérios de parada e os critérios de similaridade.

Para encontrar estes critérios de similaridade [Fam 88] apresenta uma análise estatística das calcificações em mamogramas digitalizados. O valor médio de um nível de cinza destas calcificações encontradas na pesquisa foi de 162 (8 bits , 256 níveis de cinza). 94 % das calcificações possuíam pixels com valores entre 80 e 255.

Após determinar todos os pixels que pertencem a uma região, seleciona-se um ponto como semente, e então aplica-se o crescimento de região. Este processo continuará até que todos os pixels válidos tenham sido agregados.

Em FAM B.W; OLSON H; WINTWR P.F; SCHOLZ F.J em **Algorithm for the detection of the fine clustered calcifications on the film mammograms**, [Fam 88] estabeleceu como limites para o tamanho das microcalcificações o intervalo de 0.1 a 1mm , e o contraste em relação a vizinha em torno de 1.0 a 1.59.

Em SHEN L; RANGAYYAN R.M; DESAUTELS J.E.L em **Application of shape analysis to mammographic calcifications** [Shen 94] apresenta uma variante deste método. Neste processo é escolhido um pixel manualmente e em seguida são testados os 4 pixels conectados ao semente para verificar as condições de similaridade.

Estas condições de similaridade são dadas pela fórmula abaixo:

$$(1 + \pi)(F_{\max} + F_{\min})/2 \geq p(i,j) \geq (1 - \pi)(F_{\max} + F_{\min})/2 \quad (2)$$

E são dadas numa faixa de valores de níveis de cinza em torno dos valores máximo e mínimo da região. Esta faixa é dada pela equação (2) onde:

$F_{\max}$  : valor máximo dos pixels da região atual.

$F_{\min}$ : valor mínimo dos pixels da região atual.

$\pi$ : um valor entre 0 e 1 que indica a tolerância da variação do valor dos pixels vizinhos em relação a região.

O pixel em questão é integrado a região somente se ele satisfaz a condição de similaridade. Para cada novo ponto inserido são testados também seu 4 pixels conectados

vizinhos. Isto é feito até que todos os pixels conectados que satisfaçam a equação (2) sejam encontrados. O contorno da região e a última camada encontrada.

Como pode ser observado na equação (2) a eficiência do método esta ligada ao valor de  $\pi$ . Na pesquisa o valor de  $\pi$  variou de 0.04 e 0.30.

Para aumentar a eficiência do método, em SHEN L; RANGAYYAN R.M; DESAUTELS J.E.L em **Detection and classification of mammographic calcifications**. [Shen 93] os autores calculam a média da imagem inteira, e então escolhem como sementes pixels com valores muito mais altos do que esta média. Em seguida eles aplicam o algoritmo com valores de tolerância entre 0.01 e 0.4 com um passo calculado pelo inverso o pixel. Em cada tolerância testada, eles calculam o centro de gravidade e a compactividade da forma e o número de pixels.

Uma região é considerada uma microcalcificação somente se seu tamanho em pixels estiver na faixa de 5 a 2500 pixels e o seu contraste maior que 0.2.

Não é preciso nesta técnica estabelecer os valores da tolerância e não é necessário escolher manualmente as sementes.

### 1.3 Técnicas de segmentação por Threshold

Nesta técnica um ou mais valores de nível de cinza são estabelecidos para separar os tipos de objetos da imagem.

De acordo com MASCARENHAS, N.D.A; VELASCO F.R.D em **Processo Digital de Imagens**. Editora Kapelusz[Mascarenhas 89] um tipo comum de threshold ocorre quando utilizamos esta técnica para obter a binarização da imagem. Escolhido um valor T, e em seguida todos os pixels com valores abaixo deste valor são considerados zero, e os pixels com valores acima de T são considerados com nível 255 (para imagem com 256 níveis de cinza).

Este tipo de técnica pode ser utilizado para encontrar microcalcificações em mamografias. Entretanto isto depende do valor T escolhido.

Em WOODS K.S; SOLKA J.L; PRIEBE, C.E; KEGELMEYER W.P em **Comparative evaluation of pattern recognition techniques for detection of microcalcifications in Mammograms** [Woods 94] é utilizada um tipo de segmentação

por Threshold. Neste método os autores inicialmente subtraíam de cada pixel o valor médio de uma região quadrada (15 pixels x 15 pixels) . A imagem resultante é chamada de imagem contraste local. Em seguida se o máximo desta imagem for 15 então utiliza-se  $T=10$ . Caso contrário,  $T=5$ . O segundo passo é aplicar um algoritmo de crescimento de região para agrupar os pixels remanescentes em objetos. E em seguida um Threshold que elimine 97% dos objetos segmentados com menor contraste.

Outro exemplo de Threshold foi proposto por CHAN H.P; DOI K; GALLOTRA S; VYBORNY CJ; JOKICH P.M em **Image feature analysis and computer- aided diagnosis on digital radiology**[Chan 87] . Neste método são aplicados dois Thresholds sobre uma imagem segmentada conforme um algoritmo de imagem diferença. O primeiro Threshold (de toda a imagem) mantém os pixels de maior valor da imagem. O segundo Threshold (local) mantém o pixel se ele for maior que o pixel médio de sua área mais um múltiplo desvio padrão local. A região considerada pelos autores tinha um tamanho de 51 pixels x 51 pixels.

Em DAVIES D.H; DANCE D.R em **Automatic computer detection of clustered calcifications in digital mammograms** [Davies 90] os autores propõem um outro tipo de threshold para segmentação das microcalcificações . Neste método eles processam a imagem inicialmente para obter um fundo uniforme no mamograma. Em seguida eles calculam o histograma da imagem para encontrar o mínimo deste histograma. Este mínimo é considerado então como o valor de Threshold da imagem. Em seguida os autores aplicam um filtro modal para zerar os pixels centrais de regiões quadradas, com valor modal igual a zero.

Em seguida eles dividem a imagem em sub- imagens quadradas. Cada histograma sofre a ação de um filtro mediana. Se o histograma da sub-imagem for bimodal, o valor deste é utilizado como valor de Threshold. Se o histograma da sub-imagem for unimodal, interpolam-se os thresholds das imagens vizinhas. Só haverá a segmentação do pixel se o valor dele for maior que o valor de threshold um determinado número de vezes (threshold de superposições). Os autores concluíram que os melhores tamanhos de sub imagem são de 32x32 pixels e o número de threshold de superposições igual a 3.

Em seguida [Davies 90] procura características para determinar se as microcalcificações são falsas ou não. Tais características são: área, nível médio de cinza, parâmetro W (razão da área para o quadrado da dimensão linear máxima), parâmetro S (de forma), e parâmetro de força de borda R (valor médio do gradiente de Robert dos pixels que compõe o perímetro do objeto).

O parâmetro S é dado pela fórmula abaixo:

$$S = P^2 / 4 \pi A \quad (3)$$

Onde P é o perímetro do objeto, e A é a área do objeto. Em seguida, após selecionar as microcalcificações, estas são agrupadas de modo que cada agrupamento tenha 3 ou mais calcificações e que a distância entre cada calcificação seja menor do que 0.5 mm. Os autores aplicam então um threshold com número de threshold de superposições iguais a 1, para segmentar as estruturas de fundo e comparam esta imagem com a primeira imagem processada. Onde há a correspondência entre as estruturas de fundo da segunda imagem e as calcificações segmentadas no primeiro processamento, estas estruturas são eliminadas.

#### **1.4 Técnicas utilizando operadores morfológicos.**

As operações morfológicas descritas no relatório anterior podem ser utilizadas para segmentar imagens.

Em DENGLER J; BEHREN S; DESAGA; J.F em **Segmentation of microcalcifications in mammograms** [Dengler 93] há uma proposta de segmentação de microcalcificações utilizando-se morfologia matemática. Um filtro Gaussiano Ga de largura a é aplicado sobre a imagem, e depois subtraído da imagem original. As partes negativas da nova imagem são consideradas como zero. Deste modo as estruturas de fundo são eliminadas.

Utilizando a fórmula abaixo, detectam –se sinais:

$$I2(x,y) = (w.Ga+ Ga-)*I1 \quad (4)$$

onde:

I1: imagem após a eliminação das estruturas de fundo

I2: imagem após a detecção dos sinais.

Ga+: Núcleo negativo da largura esperada dos sinais

Ga-: Núcleo negativo com largura equivalente distância esperada dos sinais.

w: peso para o filtro de núcleo positivo. Define o nível de contraste necessário de um sinal em relação a sua vizinhança.

Após a aplicação deste filtro aplica-se um threshold sobre a imagem com valor de threshold igual a um múltiplo do desvio padrão global do ruído da imagem.

Porém segundo [Dengler 93] os filtros Guassianos distorcem a forma original das microcalcificações. Os autores utilizam então uma composição de operações morfológicas, compostas de uma erosão seguida de uma dilatação. Esta operação é chamada de abertura da imagem, dada pela fórmula abaixo:

$$(M \text{ opening } I) = M \text{ Dil } (M \text{ Ero } I) \quad (5)$$

onde:

I: imagem original

M: elemento estruturante. Um disco de diâmetro igual a 13 pixels.

Dil: operação de dilatação

Ero: operação de erosão.

O objetivo de [Dengler 93] é de suprimir as microcalcificações, preservando as estruturas de fundo. A imagem resultante da equação 5 é subtraída da imagem original, de acordo com a fórmula (6).

$$Ir = I - (M \text{ Opening } I) \quad (6)$$

Onde:

Ir: Imagem final

I: Imagem Original

M: elemento estruturante



Sobre esta imagem é aplicado o mesmo tipo de threshold da técnica inicial. Esta combinação de operações, entre threshold é resíduo da abertura morfológica é conhecido como transformação Top- Hat. Apesar desta operação preservar melhor os sinais que representam as microcalcificações, ela é bastante sensível a ruídos

Deste modo uma solução encontrada pelos autores foi de combinar os resultados dos dois métodos, com filtros gaussianos e operações morfológicas, utilizando a equação abaixo:

$$(M1, M2) \text{ Cthickening } X \ Y = Y \text{ interseção } (X \text{ união } ((M1 \text{ Ero } X) \text{ inter}(M1 \text{ Ero } X^c))) \quad (7)$$

onde:

M1, M2: é o par de elementos estruturais da operação.

X: É o resultado do processo de segmentação utilizando-se filtros gaussianos.

Y: É o resultado da transformação Top Hat.