**Um método rápido e adaptável de realce de contraste de imagem**

**Resumo:** Nesse artigo será descrito um método rápido de realce de contraste, com base em manipulação local de contraste. A abordagem não se resume apenas num método rápido e fácil de implementar, mas também em outras propriedades, como, realce adaptativo, multi escala, localização ponderada, etc.

**Palavras-chave:** método rápido, função de transferência, histograma, realce adaptativo de contraste.

**1. Introdução**

Muitas imagens, tais como imagens médicas, imagens de sensoriamento remoto, imagens de microscopia eletrônica e até mesmo fotografias da vida real, apresentam um contraste ruim. Portanto é necessário melhorar o contraste de tais imagens antes que seja processada ou feita uma análise. No presente artigo é proposto um método rápido para o realce de contraste em imagens. A idéia básica do método é conceber uma função de transferência para cada pixel com base na estatística (média) local. O método segue a idéia de manipulação do contraste global, mas também herda as vantagens da equalização adaptativa de histograma do modelo *retinex*. Além disso, o método demonstra uma propriedade multi-escala.

**2. Realce de Contraste Adaptativo**

Essa seção descreve os detalhes do algoritmo. No método, uma nova intensidade é atribuída a cada pixel de acordo com uma função de transferência adaptativa que é projetada sobre a base das estatísticas locais (mínimos / máximos locais bem como intensidade das médias locais).

**2.1. Calcular Local Min/Max/Média**

O min/max/média local de um pixel pode ser simplesmente definido como a mínima, máxima e média das intensidades, em uma janela local de tamanho fixo. Isso é simples de implementar, mas tem dois problemas. Primeiro, é preciso uma grande quantidade de tempo para procurar o min/max local ou calcular a média local para cada pixel. Em segundo lugar, osmapas min/max computados sempre manifestam alguns defeitos de bloco, isto é, é possível observar um agrupamento de mesmo tom de cinza em uma área retangular, correspondente a área da janela. A seguir vamos calcular os mapas locais min/max/média usando um esquema de propagação.

Uma forma de eliminar os defeitos do tipo bloco é aplicar um filtro Gaussiano ao mapa min/max obtido, suavizando assim o mapa min/max. No entanto, isso exige um grande tempo computacional. De acordo com [10,11], os filtros exponencial e Gaussiano podem ser implementados muito rapidamente pelo esquema de propagação. Esta idéia é diretamente aplicável ao cálculo do mapa de média local. A regra de propagação do pixel vizinho (m-1, n) para o pixel (m, n) é definida como segue:

 (1)

Onde C é chamado *fator de condutividade*, que varia de 0 a 1. A matriz *lavg* representa o mapa de média local, inicializada com os valores de intensidade da imagem. A regra de propagação acima é seqüencialmente aplicada nas direções linha e coluna.

A fim de calcular os mapas locais min/max, tem-se que fazer algumas modificações no esquema de propagação acima. Apresenta-se a seguir o esquema de propagação condicional. Suponhamos que *lmin* e *lmax* representam os mapas locais min/max, respectivamente, e foram iniciados com os valores de intensidade da imagem. O esquema de propagação condicional do pixel *(m-1,n)* para *(m,n)* é definido como segue:

**2.2. Determinar a Função de Transferência**

Depois de obter as estatísticas locais (min/max/média) para cada pixel, então precisamos conceber uma função de transferência de pixel a pixel. A idéia essencial para a maioria das técnicas de realce do contraste é o de tirar partido do intervalo de alongamento. Em outras palavras, a intensidade do intervalo restrita visto na imagem original é freqüentemente expandida para um intervalo muito mais amplo. Neste método, o intervalo original em um pixel é dado pela diferença absoluta entre as intensidades mínimas e máximas locais obtidas no pixel, ou seja, [*lmax - lmin*].

Este valor é modificado de acordo com a curva ilustrada na fig.1(a), onde a coordenada x representa o intervalo de valores de entrada enquanto que a coordenada y representa o intervalo de saída. Esta função curva é composta de dois arcos circulares:

Onde  é um valor fixo. Sua utilização em [*lmax - lmin*] < , aonde o contraste é tido como ruído e, por conseguinte, reduzida. Desta forma, podemos suprimir o ruído da imagem, reforçando as características da imagem.



*(a) Janela de expansão (b) Função de transferência*

Fig. 1. Determinar a função de transferência

Após o mapeamento do intervalo original [*lmax - lmin*], obtemos um intervalo mais amplo (denotado por ), tal que *lmin* e *lmax* são mapeados para 0 e , respectivamente. No entanto, a intensidade original da imagem *Iold* e a média *Aold*, que satisfazem *lmin* <= *Iold*, *Aold* <= *lmax*, devem ser linearmente ampliadaspara os seus novos valores *Inew*, *Anew*:

Para alcançar um melhor contraste, nós levamos em conta as seguintes observações. Se a intensidade do pixel de uma imagem é inferior à intensidade da média local, então, se diminui a intensidade da imagem usando uma função de transferência côncava. Por outro lado, Se a intensidade do pixel de uma imagem é maior que a sua intensidade média local, terá um aumento da intensidade utilizando uma função de transferência convexa. Estas funções de transferência são adaptativamente definidas de pixel a pixel, baseado em um parâmetro , definido como: . Especificamente, nós definimos a função de transferência como um segmento de curva parabólica, tal que a função de transferência é convexa se  < 0 e côncava se  > 0 (como visto na fig.1 (b)). Note-se que essas curvas certamente poderiam ser de outras formas, mas utilizando curvas parabólicas torna mais fácil obter uma fórmula unificada. Para derivar a expressão explícita dessas curvas parabólicas, introduzimos um novo sistema de coordenadas, nomeado, de sistema *X'Y'* (ver fig.1 (b)). No novo sistema, as curvas parabólicas podem ser representadas como:

 (4)

onde

Para obter a expressão em coordenada XY, consideramos a seguinte transformação de coordenada:

 (5)

Combinando (4) e (5), temos uma expressão explícita:

 (6)

Onde:



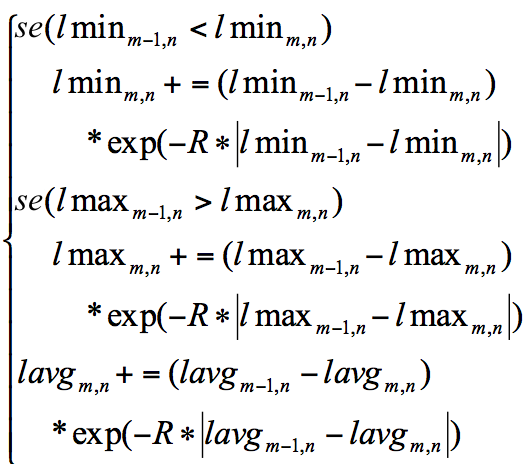
Após a obtenção da função de transferência para cada pixel, então será calculado o realce da intensidade dos pixels como segue:

 (7)

Onde *f* é a função de transferência definida na equação (6).

**2.3. Propagação Anisotrópica**

O *fator de condutividade* C, em (1) e (2), é um valor constante. Em termos de filtragem, no entanto, isto é isotrópico, o que borrar as características. Uma técnica comum para solucionar este problema é conhecida como difusão anisotrópica. Com esta idéia em mente, foi desenvolvido ocontraste de propagação anisotrópica. Eq. (1) e eq. (2) tornam-se:

****

Onde R é o fator de resistência e é geralmente escolhido a partir do intervalo [0.01, 0.1] nos experimentos.

# Experimentos

Para testar os resultados do algoritmo, o método foi implementado em C++ utilizando a biblioteca gráfica Qt para interação do usuário. Os resultados foram os seguintes:

|  |  |
| --- | --- |
| ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.19.46.png | ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.19.56.png |
| Conductivity fator = 1 | |

|  |  |
| --- | --- |
| ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.23.06.png | ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.23.11.png |
| Conductivity fator = 1 | |

|  |  |
| --- | --- |
| ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.24.29.png | ../../../Desktop/Captura%20de%20Tela%202016-11-21%20às%2001.24.32.png |
| Conductivity fator = 1 | |

# Dificuldades e soluções adotadas

Foram encontradas diversas dificuldades na implementação do algoritmo. A primeira e essencial para a implementação foi descobrir como é calculado, não sendo deixado claro pelo autor. Seguindo a sugestão do tradutor inicial deste artigo, substituindo por , é um pensamento totalmente incorreto, uma vez que um valor fixo para causa diversos efeitos indesejáveis na imagem. Além disso, é dito que deve-se percorrer as linhas e colunas para cálculo na janela de média e nada é dito a respeito das janelas de mínimo e máximo. Porém, estas também exigem que o algoritmo seja executado em ambas as direções. Caso contrário, um efeito de “riscado” é apresentado na imagem final.

Na seção de “Determinar a função de transferência” tem uma descrição meio confusa, dificultando o entendimento das variáveis *, lmin* e *lmax*. Ao calcular o *alpha* utilizando as fórmulas descritas seu valor ultrapassa os limites [-1, 1], não concordando com o gráfico apresentado na mesma seção. *Alpha* também torna-se um problema quando seu valor é zero, pois não é possível calcular a função de transferência com esse valor uma vez que ocorre a divisão por zero.

Por fim, o resultado final do pixel pode exceder os valores limites aceitos [0, 255], sendo necessário fazer uma filtragem para que não ocorra *overflow* da variável.

Para calcular , considerou-se que , aonde *lmin* e *lmax* são, respectivamente, os valores mínimo e máximo da janela local para o pixel atual.

**Referências**

[1] Yu, Zeyun e Bajaj, Chandrajit, “**A Fast And Adaptive Method For Image Contrast enhancement”**, ICIP 2004, pp 1001-1004, 2004