

## 2 Conceitos básicos

### 2.1. Ruído

Uma imagem  $v = \{v(i) | i \in I\}$  pode ser descrita como a composição de duas imagens – a imagem original  $u(i)$  e uma imagem de ruído  $n(i)$ . A redução da componente de ruído na composição aumenta a qualidade da imagem. A maioria dos algoritmos para eliminação de ruído em imagens depende de um parâmetro de filtragem  $h$  que é usualmente uma função do desvio padrão do ruído. A imagem final pode então ser descrita como a combinação de dois componentes, a imagem suavizada e a componente de ruído:

$$v = D_h v + n(D_h, v)$$

$D_h$  é o método de eliminação de ruído,  $n(D_h, v)$  é o ruído “suposto” pelo método, e idealmente  $D_h v$  é mais suave que  $v$ . Figura 1 é um exemplo de uma imagem, seu componente de ruído e seu componente filtrado.

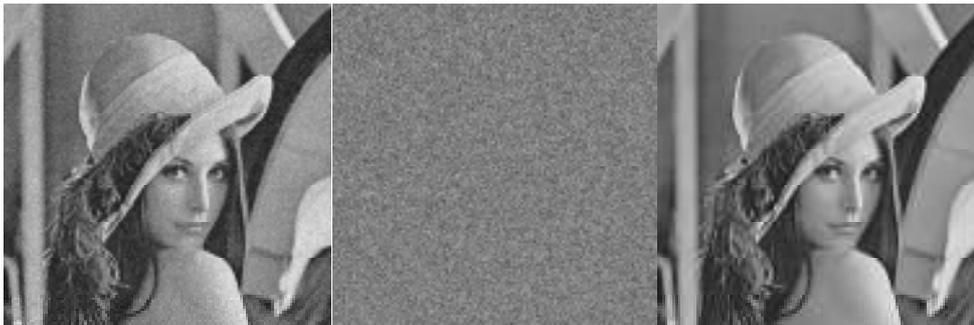


Figura 1 Imagem com ruído branco aditivo

Esq.: Imagem original  $v$ ; centro: imagem de ruído  $n(D_h, v)$ ; dir.: imagem filtrada  $D_h v$

Uma boa medida para a qualidade da imagem com respeito a ruído é a razão sinal / ruído ( $SNR$ ) definida como a razão entre os desvios padrão do sinal e do ruído.

$$SNR = \frac{\sigma(v)}{\sigma(n)} \text{ onde } \sigma(v) = \sqrt{\frac{1}{|I|} \sum_{i \in I} (v(i) - \bar{v})^2}.$$

Uma imagem com boa qualidade possui desvio padrão de 60 ou mais (em imagens com valores de pixel entre 0 e 255), e níveis de ruído com desvio padrão até são usualmente imperceptíveis ao observador médio. Isto implica em que

$SNR \approx \frac{60}{3} = 20$  é uma boa avaliação da qualidade da imagem em termos de ruído.

Ao modelar ruído, supomos que os valores de ruído  $n(i)$  e  $n(j)$  em dois pixels diferentes são variáveis aleatórias independentes. Este tipo de ruído é chamado de “ruído branco”, um termo usado para descrever ruído com densidade espectral constante. O uso do termo “branco” é compatível com o conceito de luz branca que contém todas as frequências. A Figura 2 mostra a imagem original à esquerda com desvio padrão em torno de 50, à imagem no meio foi adicionado ruído branco com  $SNR=20$ , e à imagem da direita, com  $SNR=2$ .



Figura 2  $SNR$  como uma medida de qualidade  
Esq.: imagem original; centro:  $SNR=20$ ; dir.:  $SNR=2$

O ruído da imagem do meio passa despercebido, como é esperado para um  $SNR=20$ . Na imagem da direita, embora distorcida por um ruído alto ( $SNR=2$ ), todos os detalhes da imagem original podem ser percebidos. Este fato inesperado motiva a pesquisa em algoritmos para eliminação de ruído que não distorcem os detalhes da imagem original. O problema está em diferenciar entre ruído e pequenos detalhes da imagem. Algoritmos para eliminação de ruído tendem então a remover alguns detalhes da imagem juntamente com o ruído, causando distorções e efeitos artificiais.

## 2.2. Avaliação de desempenho

Nosso critério de sucesso consiste em atingir uma melhor taxa de custo/desempenho para o algoritmo *NLM*. Isto significa obter melhor tempo de execução sem perda perceptível de qualidade.

Acumulação da execução pode ser facilmente medida comparando-a com o tempo de execução do algoritmo original. Percepção de perda de qualidade de imagem é um parâmetro mais problemático de medir. As propostas para medir este parâmetro são:

1. Matemática, baseada no *erro médio quadrático (mean square error - MSE)*.
2. Imagens comparativas, baseada no “*ruído de método*” introduzido pelos autores do *NLM* em [1].

A medida baseada no ruído de método pode ser entendida através do exemplo mestrado na Figura 3. À imagem original (topo à esquerda), é adicionado ruído branco com  $\sigma_n=10$  (topo à direita), e então suavizada com um filtro Gaussiano (meio à esquerda) e pelo *NLM* (meio à direita).



Figura 3 Exemplo do ruído de método

A diferença absoluta entre a imagem com ruído e a imagem filtrada é a imagem obtida pelo ruído de método – embaixo à esquerda para suavização Gaussiana e embaixo à direita pelo método do filtro *NLM*. Se apenas ruído for filtrado da imagem, espera-se que o ruído de método seja semelhante a ruído branco, que é mais ou menos o caso do filtro *NLM*, mas no caso da suavização Gaussiana podemos ver características da imagem. Isto só pode significar que detalhes da imagem foram danificados. Isto também fica óbvio observando-se o resultado dos dois filtros. A filtragem Gaussiana tornou a imagem menos nítida ao suavizar todas as zonas de transição brusca.

Para filtragem de alta qualidade, exigimos que a imagem de método seja o mais próxima possível de ruído branco e que contenha o mínimo possível de estrutura da imagem original. Fica claro que esta medida não pode ser quantificada. A única ferramenta de avaliação é o olho humano que pode identificar resquícios da estrutura da imagem na imagem do ruído de método.

### **2.3. Ferramentas usadas para avaliação**

Programas criados com a ajuda de uma biblioteca de funções C para *NLM* e scripts em *PERL* foram usados para processar imagens de teste selecionadas usando o algoritmo original e os algoritmos propostos. Os scripts utilizaram a biblioteca “ImageMagick®” ([www.imagemagick.org](http://www.imagemagick.org)) para manipular as imagens e analisá-las calculando o *MSE*, criando histogramas e computando a diferença entre imagens.