

1 Introdução

A remoção de ruído de imagens tem sido estudada desde longa data como sendo um dos tópicos mais fundamentais de processamento de imagens. Este interesse decorre do fato de que imagens brutas contêm ruído indesejável cuja remoção é essencial para uma vasta gama de aplicações, desde fotografia amadora a imagens médicas, análise sísmica e astronomia. O problema de restaurar a imagem original a partir de dados contendo ruído permanece basicamente não resolvido, embora gerações de algoritmos tenham sido gradualmente desenvolvidas para melhorar a qualidade de imagens com ruído. Um resumo do estado da arte em remoção de ruído em imagens encontra-se em [1].

O crescente interesse em remoção de ruído advém de avanços tecnológicos que trouxeram o problema mais para perto do grande público. Hoje em dia, estamos no meio de uma revolução na fotografia digital. A maioria das câmaras fotográficas vendidas atualmente é digital. Câmaras fotográficas analógicas não são mais fabricadas pela Canon, Kodak, Nikon, Ricoh, Sanyo e Kyocera. Isto marca o fim das câmaras analógicas em fotografia amadora e completa a revolução em captura de imagens. A revolução continua na questão de reprodução de imagens. Impressão digital está ganhando território sobre o uso de papel fotográfico de silver-halide. A facilidade de uso de tecnologias digitais, tanto na impressão comercial através da Web, quanto na impressão doméstica, aumentou a fatia destas tecnologias sobre o processamento de fotos em papel convencional. Independentemente da tecnologia de jato de tinta continuar liderando o mercado, impressão digital veio para ficar por um bom tempo.

Com esta nova tecnologia surgiu uma série de novos desafios, alguns únicos da era digital, outros herdados da era analógica. Um destes desafios, combinando o velho e o novo, consiste em contornar as distorções causadas por ruído. Como já mencionado, ruído é um produto inerente a qualquer forma de processamento de imagem. A forma mais comum de ruído em fotografia é de natureza estatística e é normalmente oriundo de duas fontes:

1. Ruído fotônico – flutuações estatísticas no número de fótons atingindo o detector de imagens.
2. Ruído térmico – fótons de “calor” considerados como “fótons de imagem” pelo detector de imagens.

Além das fontes de ruído acima, outras categorias de ruído, amplificadas no ambiente digital, são:

3. Ruído de padrão fixo – diferenças nas células do detector ou “hot pixels” que aparecem em ambientes de baixa luminosidade e que necessitam de longa exposição.
4. Ruído de banda – causado por erro na posição das células do detector. É altamente dependente da câmara.

Reduzir este ruído no detector de imagens provou ser bastante caro. Por exemplo, refrigerar o detector de imagens é uma solução para sistemas de visão noturna, mas não é uma forma prática para sistemas domésticos (e mesmo profissional). A sensibilidade do custo do detector (e logo do equipamento), as características relativas a redução de ruído motiva manter um nível de ruído considerável no detector e a usar técnicas de processamento de imagens para remover tanto quanto possível este ruído à posteriori.

O problema do ruído não é único à era digital ou às imagens naturais. A ênfase em fotografia digital de imagens naturais neste trabalho advém do interesse especial do autor neste campo e da oportunidade de otimizar parâmetros neste ambiente específico.

1.1. O problema

Non Local Means (*NLM*) é um algoritmo inovador para redução de ruído em imagens, introduzido por Buades, Coll e Morel em 2004 em [1]. Foi inspirado pelo uso em Efros e Leung [2] de distância Euclidiana ponderada para “síntese de texturas através de exemplos”, um trabalho bastante citado na área de síntese de texturas. A idéia básica do algoritmo é bastante simples: o valor de um pixel sem ruído é o valor médio ponderado de todos os pixels na imagem que tem “vizinhança semelhante” à do pixel. O peso de cada pixel similar na média é definido de acordo com o nível de “similaridade” entre os dois pixels.

No seu trabalho, Buades, Coll e Morell apresentaram uma análise abrangente de técnicas de eliminação de ruído em imagens, comparando-as com o algoritmo *NLM* apresentado no trabalho [1]. Mostraram ainda que este algoritmo possui um desempenho bem superior a outros algoritmos para eliminação de ruído em imagens. Isto foi confirmado em outros estudos (independentes) [5] [6] [7] e por trabalhos dos próprios autores [3][4].

Embora o algoritmo *NLM* possua um desempenho bem superior a algoritmos mais antigos no que diz respeito a restaurar a imagem original, ele é inferior em termos de tempo de execução. Isto impede o uso do *NLM* em aplicações para uso doméstico. Na verdade, a complexidade de tempo do algoritmo é tão alta que torna o seu uso impraticável em ambientes onde 3-5Mpixels é o padrão.

O desafio está em permitir o uso de conceitos do *NLM* em aplicações comuns através de técnicas que o acelerem a níveis aceitáveis.

1.2. Resultados Obtidos

Uma aceleração por um fator de 4 a 25 foi obtida dependendo do nível de ruído e de propriedades das imagens, normalmente sem degradação da qualidade da imagem ou com uma degradação menor do que 10% no *MSE*. A maioria dos métodos propostos contribuiu para a aceleração, mas o enfoque de agrupamento proposto mostrou-se muito menos eficiente do que o esperado e não atingiu o benefício esperado.

1.3. Organização da dissertação

Este trabalho está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta os conceitos básicos de ruído e de avaliação de desempenho. O algoritmo *NLM* está explicado em detalhe no Capítulo 3, que também estabelece os conceitos matemáticos usados no trabalho e analisa a complexidade (em tempo) do algoritmo. O Capítulo 4 apresenta enfoque para otimizar o tempo de execução do *NLM* baseado em várias técnicas. Algumas das técnicas apresentadas baseiam-se em trabalhos anteriores sobre o *NLM* e em outras áreas de processamento de

imagens e em propriedades de imagens naturais e do sistema humano de visão. Os resultados obtidos nos vários experimentos com os métodos do Capítulo 4 são apresentados no Capítulo 5, que também apresenta o algoritmo final proposto. No Capítulo 6 discutimos os trabalhos relacionados à área de melhora do desempenho do *NLM*. O Capítulo 7 contém as conclusões aprendidas durante o trabalho.

1.3.1. Sobre a apresentação das imagens

Alertamos o leitor que as imagens apresentadas neste documento são melhor visualizadas na tela do computador do que em papel impresso. A perda de resolução e a adição de meio-tons, dot-gain e outros artifícios podem causar a perda de detalhes finos das imagens que são demonstrados em vários exemplos. Isto é especialmente verdade, já que vários destes artifícios mascaram o ruído que foi adicionado à maioria das imagens. O leitor também é encorajado a usar a opção de “zoom in” do software de visualização para observar os detalhes finos das imagens que escapam ao olho quando visualizados na resolução normal.