

Comparação de imagens de resoluções diferentes usando filtro gaussiano adaptativo

João Victor Cal Garcia¹, Stephan Stephany¹, Augusto Brandão d'Oliveira²

¹Computação Aplicada (CAP)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
São José dos Campos – SP – Brazil

²Departamento de Ciência da Computação
Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE)
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)
São Jose do Rio Preto – SP – Brazil

sawamano@gmail.com, stephan@lac.inpe.br, abdoliveira@yahoo.com.br

Abstract. *In a particular case of study, there is interest in comparing two images with different resolutions, where the area represented by the pixels vary locally in each image. One way to solve this problem is to reduce the resolution of the higher resolution image, taking advantage of the process to adjust its geometry to match the lower resolution one. The present text proposes a technique to reduce the resolution and to remap the images based on their geometrical distortions. The main technique revolves around a nonlinear elliptical Gaussian filter that adapts its own parameters to the variations of area represented by each pixel.*

Resumo. *Num caso de estudo particular, existe interesse em comparar duas imagens de diferente resolução, onde a área representada pelos pixels varia localmente em cada imagem. Um modo de contornar esse problema é reduzir a resolução da imagem de maior resolução, utilizando o processo para ajustar sua geometria de forma a equivaler a imagem de menor resolução. O presente texto propõe uma técnica para reduzir a resolução e re-mapear imagens baseadas em suas distorções geométricas. A principal técnica baseia-se no uso de um filtro Gaussiano elíptico não-linear que adapta seus próprios parâmetros às variações da área que cada pixel representa.*

1. Introdução

O estudo das imagens de um mesmo evento obtidas por instrumentos diferentes muitas vezes é dificultado pela forma como essas imagens são apresentadas. Para que seja possível fazer um estudo comparativo pixel a pixel, é necessário corrigir os efeitos de rotação e da diferença de resolução já esperados, além das distorções geométricas particulares para cada imagem.

Muitos avanços já foram realizados nesse campo. Existem diversos métodos para a rotação de imagens, bem como para a mudança de resolução, mas a maioria deles não leva em consideração os efeitos devidos à distorção geométrica [Gonzalez and Woods 1987, Jain 1989].

Em um estudo específico a respeito da correlação de imagens de satélite e radar meteorológico, o trabalho de Calheiros and d'Oliveira (2007) apresentou uma maneira de lidar com o problema levando em conta a distorção geométrica da imagem de menor resolução. No caso estudado, as imagens de satélite possuíam uma resolução mais de vinte vezes menor em cada dimensão que as de satélite. Além disso, a distorção presente nas imagens de radar poderia ser desconsiderada ao se comparar com a distorção existente nas imagens de satélite.

O presente trabalho é uma generalização da técnica proposta em Calheiros and d'Oliveira (2007) para outros tipos de imagem, levando em consideração os efeitos de distorção presentes em ambas as imagens.

2. Procedimento

A fim de facilitar a leitura, a imagem de maior resolução será referida doravante como *Imagem Fonte*, e a imagem pós-processada será referida como *Imagem Objetivo*, e a imagem de menor resolução será referida como *Imagem Modelo*. Além disso, cada pixel das Imagens Fonte, Modelo e Objetivo serão referidos respectivamente como $F(x, y)$, $M(x, y)$ e $O(x, y)$.

O procedimento descrito no presente trabalho visa a redução da resolução da Imagem Fonte para a mesma resolução da Imagem Modelo, criando assim a Imagem Objetivo. Além disso, a área no mundo real representada por cada pixel da Imagem Objetivo deve ser o mais próxima possível da área representada pelo pixel equivalente da Imagem Modelo, ou seja, deverão ter distorções geométricas semelhantes.

Ao se reduzir a resolução de uma imagem utilizando métodos como vizinho mais próximo ou o bi-cúbico, os pixels são considerados entidades pontuais, sem dimensão real. Como resultado, a Imagem Objetivo gerada por esses processos desconsideraria a distorção geométrica de ambas as Imagem Fonte e Imagem Modelo. Um eventual estudo comparativo pixel a pixel entre as imagens Objetivo e Modelo apontaria um grau maior de disparidade, já que pixels equivalentes estariam representando áreas diferentes no mundo real [Jain 1989, Jensen and Lulla 1987].

2.1. Filtro Gaussiano Elíptico Não-Linearmente Variável

A fim de re-mapear a Imagem Fonte de maneira que sua distorção geométrica e resolução sejam equivalentes à da Imagem Modelo, o trabalho de Calheiros and d'Oliveira (2007) propõe o uso de um filtro para suavizar desigualmente a imagem antes de reduzir sua resolução.

O valor assumido por cada pixel em uma imagem possui dependência em relação ao valor de seus pixels vizinhos [Gonzalez and Woods 1987]. Simplificadamente pode-se assumir que o valor de cada pixel influencia o valor de seus vizinhos na forma de uma distribuição gaussiana. Calheiros and d'Oliveira (2007) utilizam dessa característica propondo um filtro gaussiano que varie pixel a pixel na Imagem Fonte, influenciando desigualmente o valor de cada pixel em relação ao valor de seus vizinhos.

O objetivo desse filtro é suavizar a Imagem Fonte de forma a introduzir uma nova distorção geométrica equivalente à da Imagem Modelo. Para tanto, o filtro é composto utilizando a Equação 1, onde (x, y) representam o x, y -ésimo pixel da Imagem Fonte, a_i

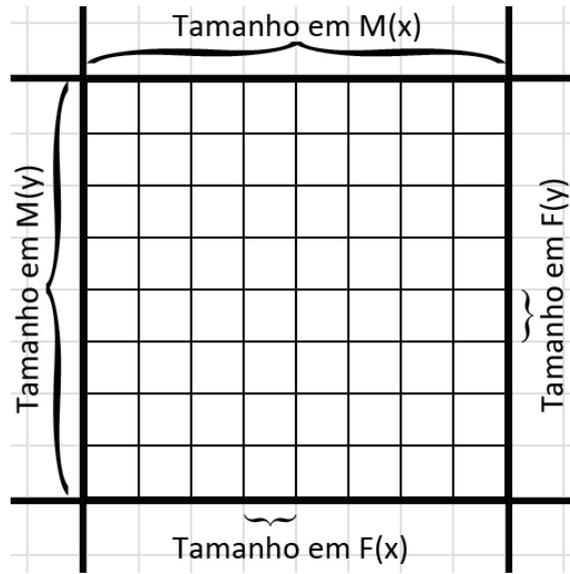


Figura 1. Comparação do tamanho dos pixels

é o tamanho do filtro no eixo x enquanto b_j é o tamanho do pixel no eixo y . Tanto a_i quanto b_j são calculados de forma que o filtro tenha, ao sobrepor-se na Imagem Fonte, o tamanho aproximado que um pixel da Imagem Modelo possui na região equivalente, conforme mostra a Figura 1.

$$Filtro_{i,j}(x, y) = \frac{\exp\left(-\left(\left(\frac{x-\frac{a_i}{2}}{a_i}\right)^2 + \left(\frac{y-\frac{b_j}{2}}{b_j}\right)^2\right)\right)}{\sum_{w=0}^{a_i} \sum_{z=0}^{b_j} Filtro_{i,j}(w, z)} \quad (1)$$

Ao se repetir esse processo em toda a Imagem Fonte, a imagem resultante não só está suavizada de maneira a possuir resolução virtualmente equivalente à da Imagem Modelo, mas também suas distorções geométricas são semelhantes.

2.2. Re-Mapeamento

A partir desse ponto, o re-mapeamento é feito utilizando o método do vizinho mais próximo. Para cada pixel da Imagem Fonte, associa-se o pixel da Imagem Modelo cujas coordenadas no mundo real do centro estejam mais próximas de seu próprio centro, conforme a Figura 2. Dessa forma, cada pixel i da Imagem Modelo será associado à k_i pixels da Imagem Fonte.

Como a Imagem Modelo e a Imagem Objetivo possuem a mesma resolução, basta então calcular a média do valor dos k_i pixels e atribuir esse valor ao pixel equivalente i na Imagem Modelo. Assim, a imagem resultante possui a mesma resolução que a Imagem Modelo, além de seus pixels estarem numa mesma distorção geométrica.

3. Resultados

A fim de validar o método apresentado, é necessário comparar não somente a Imagem Modelo com a Imagem Objetivo, mas também comparar outras técnicas. Baseado no

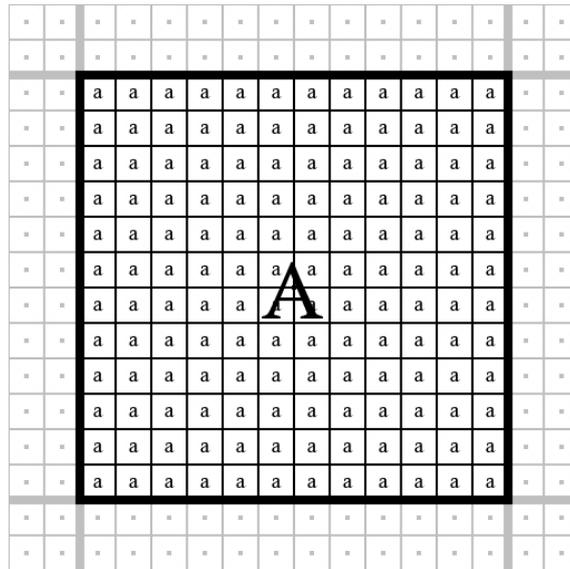


Figura 2. Associando os Pixels da Imagem Modelo com os da Imagem Fonte



Figura 3. Composição 3D sem distorção e em resolução máxima

trabalho de Mecklenburg et al. (2000), foram utilizadas os parâmetros P_1 e P_6 para uma comparação inicial. O parâmetro P_1 é obtido calculando a diferença da média do valor dos pixels entre as duas imagens, enquanto P_6 é calculado através da correlação de ambas as imagens. As imagens comparadas são consideradas mais semelhantes conforme o valor de P_1 tender a zero e o valor de P_6 tender a um [Mecklenburg et al. 2000].

Foram utilizados dois conjuntos de imagens para esse trabalho. O primeiro conjunto é composto de oito imagens geradas por radares meteorológicos banda S em terra como Imagem Fonte, e as oito imagens do canal 5 do instrumento *MHS* do satélite *NOAA-18* dos mesmos eventos como Imagem Modelo. No segundo conjunto, foram utilizadas imagens de composições 3D geradas por computador, sendo que o conjunto Imagem Modelo possui resolução significativamente menor e a cena foi levemente distorcida em cada caso. A imagem original equivale à Figura 3.

Os métodos utilizados para a comparação foram o proposto pelo presente trabalho, Redução de resolução utilizando o re-mapeamento ponderado proposto sem filtragem,

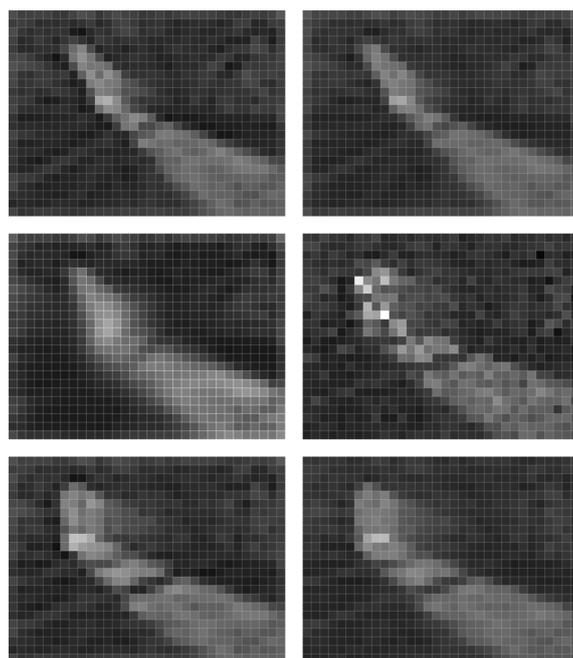


Figura 4. De cima para baixo, da esquerda para a direita: Imagem Modelo original; Calheiros and d'Oliveira; Re-Mapeamento; Vizinho mais Próximo; Bi-cúbica; Bi-linear

Método Utilizado	Diferença das Médias	Correlação
[Calheiros and d'Oliveira 2007]	0.077148	0.97420
Re-mapeamento Ponderado	0.190820	0.75539
Vizinho mais Próximo	9.697.300	0.56262
Bi-cúbico	2.898.441	0.81096
Bi-linear	4.372.070	0.74017

Tabela 1. Resultados Comparativos

redução de resolução do vizinho mais próximo, redução de resolução bi-cúbica e redução de resolução bi-linear. Os resultados para uma das imagens de composição 3D podem ser visualizados na Figura 4, apenas como exemplo.

De acordo com a Tabela 1, a técnica proposta por Calheiros and d'Oliveira (2007) obteve os melhores resultados tanto em P_1 quanto em P_6 . Isso demonstra que a distorção geométrica das imagens pode influenciar fortemente no processo de redução de resolução.

O método bi-cúbico obteve um resultado bem interessante, seguido pelo método bi-linear, mas a distorção geométrica ainda teve grande influencia em ambos os casos. No geral, no entanto, esses dois métodos são mais rápidos que o de Calheiros and d'Oliveira (2007), e deveriam ser considerados em situações onde a precisão é menos importante que o tempo de processamento.

Usando apenas o re-mapeamento conforme proposto na mesma técnica, ainda se obteve um resultado bastante significativo, principalmente se comparado ao desempenho do método do vizinho mais próximo. É importante notar que essas duas técnicas mais simples são bastante semelhantes, além de serem computacionalmente menos custosas

que as outras utilizadas.

4. Conclusões

O método proposto por Calheiros and d'Oliveira (2007) possui um desempenho bem mais interessante no que se diz respeito a reduzir a resolução de imagens levando em conta a distorção geométrica da imagem alvo, quando é necessário comparar duas imagens diferentes pixel a pixel.

Computacionalmente, esse método é mais custoso que todos os outros utilizados na comparação, apesar de ainda serem necessários estudos que quantifiquem esse fator.

Também seria interessante averiguar em trabalhos futuros a qualidade do método para reduzir a resolução de imagens sem distorção geométrica, o que poderia auxiliar à qualificação do mesmo para situações genéricas.

Referências

- Calheiros, R. V. and d'Oliveira, A. B. (2007). Radar-satellite retrieval of cell structure: impact of Tb-Z relationships. In *Geophysical Research Abstracts*, volume 9, page 10621.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (1987). *Digital image fundamentals*.
- Jain, A. (1989). *Fundamentals of digital image processing*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Jensen, J. and Lulla, K. (1987). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. *Geocarto International*, 2(1):65–65.
- Mecklenburg, S., Joss, J., and Schmid, W. (2000). Improving the nowcasting of precipitation in an Alpine region with an enhanced radar echo tracking algorithm. *Journal of Hydrology*, 239(1-4):46–68.