

Estimativas de Correntes Oceânicas Superficiais pelo Método da Máxima Correlação Cruzada

EDUARDO NEGRI DE OLIVEIRA

JOÃO ANTÔNIO LORENZZETTI

JOSÉ LUIZ STECH

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-097 - São José dos Campos - SP, Brasil
(negri@ltd.inpe.br; loren@ltd.inpe.br; stech@ltd.inpe.br)

Abstract Sequential satellite images of sea surface temperature (SST) patterns are used to estimate surface advective current velocities. The current velocities are estimate by applying a maximum cross correlation (MCC) technique on two time-lapsed images.

Keywords: remote sensing, satellite.

1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo a estimativa de correntes oceânicas superficiais utilizando o método conhecido como Máxima Correlação Cruzada (MCC). Este, consiste, basicamente, na utilização de pares de imagens sequenciais AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) com intervalos temporais de aquisição de no máximo 24 horas (Wahl e Simpson, 1990), sobre as quais são selecionadas janelas de moldura e busca que definem o vetor deslocamento da feição termal em função da máxima correlação encontrada entre as janelas estipuladas. Para calcular o limiar de corte para o coeficiente de correlação cruzada é avaliado a eficácia do método proposto por Emery et al. (1986) e do método DCA (Decorrelation Area) proposto por Wu et al. (1992).

A área de estudo abrange a região compreendida entre os paralelos 22° e 34° S, e entre os meridianos 53° e 40° W. As imagens utilizadas estão compreendidas, dentro do possível, nos intervalos temporal e espacial coincidentes com o período de operação dos derivadores lançados na região de estudo.

2 Método

O método computacional para estimativas de campos de velocidades superficiais advectivas consiste, essencialmente, na identificação da máxima correlação cruzada entre matrizes que definem sub-áreas de um par de imagens sequenciais. Da primeira imagem extrai-se a sub-área que define a janela de moldura (*template window*), cujo tamanho pode variar de acordo com a área de estudo. Na segunda imagem, uma sub-área mais ampla é selecionada e definida como janela de busca (*searching window*), cujo ponto central coincide com o da janela de moldura. Então podemos adquirir uma janela de moldura, na imagem 1, que pode ser representada matricialmente por $A(x,y)$. A matriz correspondente na imagem 2, com deslocamento espacial nulo em relação à matriz da janela de moldura, será representada por $B(x,y)$. Para o caso em que ocorra deslocamento em relação a janela de moldura, a matriz será representada por $B(x + p, y +$

q). Os valores máximos e mínimos de p e q definem o tamanho da janela de busca. Dessa forma, a correlação cruzada entre as matrizes A e B, para um deslocamento (p, q), é definida como:

$$r(p,q) = \frac{1}{\sigma_A \sigma_B} \sum \sum \{ [A(x,y) - A_m(x,y)] [B(x+p, y+q) - B_m(x+p, y+q)] \}.$$

σ_A e σ_B correspondem ao desvio padrão para as matrizes A e B, respectivamente. O somatório é feito sobre todos os valores de x e y compreendidos na matriz A. $A_m(x,y)$ e $B_m(x+p, y+q)$ são os valores médios para cada matriz. E, finalmente, $r(p,q)$ corresponde à correlação cruzada obtida num deslocamento relativo (p, q). O deslocamento relativo (p, q) entre a janela de moldura e de busca para o qual a correlação é máxima, determina o vetor de velocidade advectiva, sendo seu módulo determinado por: $c = [(p_{\max} \Delta x)^2 + (q_{\max} \Delta y)^2]^{1/2} / \Delta T$. Onde c é a velocidade; Δx e Δy é o intervalo espacial (resolução espacial do pixel, onde $\Delta x = \Delta y$); p_{\max} e q_{\max} , deslocamento espacial onde a correlação foi máxima e ΔT é o intervalo de tempo entre as imagens. A direção do movimento, θ , é dada por: $\theta = \arctan (q_{\max} \Delta y / p_{\max} \Delta x)$ (Garcia e Robinson, 1989).

As feições contidas no interior das sub-imagens permitem a determinação da velocidade advectiva. O método assume que a feição, delineada a partir do gradiente termal, sofre apenas o processo físico de advecção, sem alterações do padrão termal durante o intervalo de tempo em que a seqüência de imagens estão compreendidas.

3 Determinação do Tamanho das Janelas

O tamanho das janelas é importante para determinação da resolução espacial do campo de velocidade advectiva. O tamanho da janela de moldura deve ser amplo o suficiente para que feições significantes de TSM sejam incluídas no processo de procura; caso seja muito pequeno, a janela conterà poucas feições térmicas amostradas, que terão altos valores de correlação em diversas regiões da janela de busca. Por outro lado, com janelas muito grandes, uma área de alta correlação é bem definida, mas algumas estruturas do campo de velocidade poderão ser perdidas (Emery et al., 1992).

4 Determinação da Correlação de Corte

Somente a magnitude do coeficiente de correlação, a partir de um ponto de vista estatístico, não indica o nível de significância esperado. Existem métodos estatísticos para se testar a significância do coeficiente de correlação.

Basicamente, o teste de Emery et al. (1986) consiste essencialmente em se determinar, a partir de matriz de autocorrelação média calculada sobre todas as janelas de moldura, a magnitude do eixo x e y dentro do qual os valores de autocorrelação estão acima de zero, denominando-os L_x e L_y . Então computa-se o comprimento médio de decorrelação, $L = (L_x + L_y) / 2$, onde L é tido como sendo a medida da escala de decorrelação. Em seguida determina-se o grau de liberdade (GL) médio para todas as janelas de moldura: $GL = (\text{número total de pixels na janela de moldura}) / L$. Tendo-se o GL e o coeficiente de correlação é possível estipular um nível de significância a partir do qual o coeficiente de correlação é avaliado em virtude do nível de significância escolhido.

O método proposto por Wu et al. (1992), difere basicamente do método proposto por Emery et al. (1986) no que diz respeito à estimativa do grau de liberdade. Wu et al. propõe uma medida estatística por eles denominada *Decorrelation Area* (DCA) ou Área de Decorrelação, definida como sendo $\frac{1}{4}$ da área cujo centro contém o pico de autocorrelação, e dentro da qual a magnitude da função de autocorrelação está acima de um valor prescrito. O GL, nesse caso, é estimado da seguinte forma: $N = (\text{número total de pixels presentes na janela de moldura})/d$, onde d é a magnitude da DCA em número de pixels.

5 Resultados Esperados

Focado na obtenção do campo vetorial de velocidade superficial a partir de imagens AVHRR/NOAA, o método aqui proposto permitirá avaliar e quantificar velocidades superficiais de correntes advectivas. Identificar a eficácia dos testes para cálculo do limiar do coeficiente de correlação cruzada propostos por Emery et al. (1986) e Wu et al. (1992) através de análise comparativa de ambos. Confrontar as trajetórias dos derivadores com os resultados obtidos será uma das alternativas para se averiguar a confiabilidade dos resultados. É esperado, como consequência do objetivo do trabalho, técnicas de mascaramento de núvens e registro de imagens, onde a sobreposição de duas ou mais imagens deverá se a mais exata possível. Um programa computacional está sendo desenvolvido para que o método da MCC possa ser executado.

Referências

- Emery, W.J.; Thomas, A.C.; Collins, M.J.; An Objective method for computing advective surface velocities from sequential infrared satellite images. **Journal of Geophysical Research**. v. 91, p. 12865-12878, 1986.
- Emery, W.J.; Fowler, C.; Clayson, C.A.; Satellite-image-derived gulf stream currents compared with numerical model results. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**. v. 9, p. 286-304, 1992.
- Garcia, C.A.E.; Robinson, I.S.; Sea surface velocities in shallow seas extracted from sequential coastal zone color scanner satellite data. **Journal of Geophysical Research**. v. 94, C9, p.12681-12691, September/1989.
- Wu, Q.X.; Pairman, D.; McNeill, S.J.; Barnes, E.J.; Computing advective velocities from satellite images of sea surface temperature. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 30, n. 1, p.166-176. January/1992.
- Wahl, D. D.; Simpson, J. J.; Physical processes affecting the objective determination of near-surface velocity from satellite data. **Journal of Geophysical Research**. v. 95 (C8), p. 13511-13528, 1990.