Modelagem Acústica no Domínio da Transformada Wavelet

Aluna: Paula Beatriz Cerqueira Leite
Orientador: Paulo Leo Manassi Osório

Introdução

Foi dada continuidade aos estudos do domínio da transformada wavelet, desta vez, visando os efeitos das diferentes bases wavelet na propagação de ondas acústicas em duas dimensões. Para uma melhor análise, foi feito também um estudo sobre a propagação em meios heterogêneos, pois é na reflexão que se percebe mais claramente a diferença entre os métodos de modelagem da onda acústica. Neste trabalho é feita uma comparação entre a modelagem da onda em domínio wavelet, utilizando as diversas bases, e o método tradicional de diferenças finitas. Funções foram desenvolvidas em Matlab envolvendo os passos descritos acima.

Objetivos

A partir dos conhecimentos obtidos no primeiro ano, estender os algoritmos existentes para bases wavelet *daubechies*. Explorar outras bases wavelet como *coiflets, symlets* e *biortogonais*. Examinar as vantagens do uso de cada uma das bases, considerando custo computacional envolvido e proximidade dos resultados, aos obtidos por técnicas de uso padrão.

Metodologia

A equação diferencial parcial da onda é:

$$\frac{\partial^2 p(z,x,t)}{\partial t^2} = a\,(z,x)^2 \left(\frac{\partial^2 p(z,x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p(z,x,t)}{\partial z^2} \right), \qquad (1)$$

onde p é o campo de pressão, z a profundidade, x o afastamento lateral, t o tempo e a a velocidade da onda no meio heterogêneo, ou seja, uma matriz de velocidades [1].

Para efetuar a modelagem desta onda em domínio wavelet é necessário o uso da transformada wavelet para a decomposição do sinal e da transformada inversa para sua reconstrução. Na fórmula abaixo [2], pode-se notar a presença do sinal a ser decomposto $\left(f(t)\right)$ e de uma função wavelet $\left(y_{a,b}(t)\right)$

$$F(a,b) = \int f(t) y_{a,b}(t)dt \text{, sendo } y_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} y \left(\frac{t-b}{a} \right) \qquad (2)$$

De acordo com os objetivos foram utilizadas diferentes bases de decomposição wavelet, com diferentes funções $y_{a,b}(t)$. As bases wavelet escolhidas para este trabalho foram *daubechies*, *Coiflet*, *Symlet*, que são ortogonais, e a *biortogonal.* As três bases ortogonais possuem filtros de decomposição e reconstrução de tamanhos iguais, enquanto nas bases biortogonais os filtros possuem tamanhos diferentes.

Na primeira etapa do trabalho efetuou-se a diferenciação no domínio wavelet a ser empregada na propagação da onda acústica no meio heterogêneo, conforme previsto pela equação (1). Para a aplicação do método, o sinal (onda de pressão) precisa estar no domínio wavelet. Sendo assim foi feita sua decomposição em componentes de alta freqüência (coeficientes de detalhe horizontal, vertical e diagonal) e componente de baixa freqüência (coeficientes da aproximação). Foi escolhida uma base wavelet que estipula os filtros de decomposição e reconstrução. As decomposições foram feitas com o auxílio da função *dwt2* do Matlab. Construiu-se uma matriz para efetuar a convolução circular a partir das amostras de um filtro derivador e através do mesmo procedimento descrito para o sinal, passou-se o filtro para o domínio wavelet. A multiplicação matricial entre esses dois componentes resulta na derivação. Este resultado foi passado novamente para o domínio do tempo com a função *idwt2* do Matlab. Foi então possível fazer a implementação da propagação da onda em duas dimensões no domínio wavelet considerando uma fonte pontual de impacto.

A propagação da onda, utilizando o método de modelagem de diferenças finitas, é descrita com mais detalhes em [3] e foi usada como base para comparações.

Após propagar as ondas nos dois domínios utilizando o maior número possível de bases wavelet e gerar os respectivos sismogramas, foram calculados os erros absolutos, médios quadráticos e máximos entre os dois métodos de modelagem (wavelet e diferenças finitas). Para isso foram escolhidos alguns traços específicos (por exemplo, um dado afastamento lateral, num dado instante de tempo para todas as profundidades). Esses erros serviram como parâmetros para julgar quais as bases que eram melhores e mais apropriadas para serem empregadas na propagação da onda acústica em um meio heterogêneo.

Conclusões

O estudo teórico para a complementação dos trabalhos iniciados no ano passado permitiu um maior aprofundamento nas técnicas de propagação de ondas assim como na teoria wavelet. Este trabalho também permitiu o aperfeiçoamento das técnicas de programação, gerando programas de fácil uso que permitem modificações simples se necessário, dependendo do campo de velocidades e da fonte escolhidos.

A análise wavelet é de extrema importância para o processamento de sinais, principalmente pelo seu baixo custo computacional, ocasionado pela possibilidade de paralelização.

Referências

1 – ALFORD, R. M.; KELLY, K. R.; BOORE, D. M. 43RD ANNUAL INTERNATIONAL SEG MEETING, oct. 1973, Mexico City. **Geophysics:** Accuracy of Finite-difference Modeling of the Acoustic Wave equation

2 – BURRUS, C. Sidney; GUO, Haitao; GOPINATH, Ramesh A. **Introduction to Wavelets and Wavelets Transforms.** 1 Ed. Prentice Hall, 1997. 268p

3 – LEITE, Paula B. C. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, agosto 2005, Rio de Janeiro. **Modelagem Acústica no domínio da transformada wavelet.**