



Picking interativo dos atributos CRS

Iran Gadelha, Williams Almeida & German Garabito, Programa de Pós-graduação em Geofísica-UFGA.

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a ONIPião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

● Resumo

Para a determinação do modelo de velocidade por inversão tomográfica baseada nos atributos cinemáticos da onda NIP são necessárias a primeira e a segunda derivada espacial horizontal do tempo de trânsito dos pontos de reflexões primárias escolhidos na seção empilhada ZO resultante do método CRS. Para essa escolha (*picking*) foi desenvolvido um software interativo NIP-*picking*, que usa as propriedades locais do refletor para fazer o *picking* semi-automático de pontos sobre um refletor. O *software* também facilita a escolha e o manuseio destes pontos por meio de recursos gráficos. Após alguns testes com dados sintéticos e reais verificou-se a grande utilidade e versatilidade deste *software* na preparação dos dados para a inversão tomográfica da onda NIP.

● Introdução

O modelo de velocidade é uma das informações mais importantes para o processo de imageamento sísmico em profundidade (migração). Para se obter um modelo de velocidade confiável são necessárias técnicas sofisticadas para estimar a velocidade, sendo a tomografia de reflexão um dos métodos tradicionais utilizados para a determinação do modelo de velocidade. A tomografia de reflexão convencional utiliza como dados de entrada somente os tempos de trânsito de eventos coerentes de reflexão (Billette e Lambaré, 1998).

Recentemente, foi desenvolvido um novo método de inversão tomográfica (DUVENECK, 2004) que utiliza o tempo de trânsito e os atributos cinemáticos da onda hipotética do ponto de incidência normal (NIP) extraídos da seção simulada afastamento nulo (*zero-offset* ZO) do método de empilhamento por superfícies de reflexão comum (CRS) (Garabito et al., 2001; Jäger et al., 2001).

Antes de iniciar a inversão tomográfica é necessário extrair, por meio do processo de *picking*, dois atributos cinemáticos da onda NIP de um grande número de pontos de reflexões primárias ao longo de horizontes contínuos e presentes na seção ZO. Os parâmetros de inversão associados ao tempo de trânsito hiperbólico de segunda ordem são: a primeira derivada espacial horizontal do tempo de trânsito (vetor $\mathbf{p}^{(x)}$), a segunda

derivada espacial horizontal do tempo de trânsito (matriz simétrica $\mathbf{M}^{(x)}_{NIP}$).

Nos métodos de inversão tomográfica de reflexões o processo de *picking* é um problema crítico. Principalmente quando este processo é realizado em seções pré-empilhadas, isto é, a marcação ou escolha dos pontos sobre os eventos de reflexão toma muito tempo e quando a razão sinal-ruído é baixa, torna-se difícil ou quase impossível identificar e escolher os pontos em eventos de reflexões contínuas. No método de inversão de atributos da frente de onda da onda NIP proposta por Duveneck, o processo de *picking* é menos crítico por ser realizado na seção empilhada ZO resultante do método CRS, que em geral apresenta uma razão sinal-ruído alta. Nesse novo método, cada ponto escolhido é independente um do outro devido a cada parâmetro da inversão tomográfica estar associado a um ponto de incidência normal (NIP) em subsuperfície e o modelo de velocidade suave ser descrito pela função *B-spline*.

Em Klüver e Mann (2005) é apresentado um algoritmo para fazer o *picking* dos atributos CRS de uma maneira automática. Os valores são escolhidos com base em valores de coerência, porém, verificou-se que esse algoritmo, além de pontos sobre reflexões primárias, também inclui ponto sobre difrações, múltiplas e outros ruidos, que não podem ser usados na tomografia.

Com o propósito de melhorar o processo de *picking*, em Oliveira (2006) foi desenvolvido um *software* interativo utilizando os recursos de programação gráfica do Matlab. Nesse *software* os pontos resultantes do *picking* automático podem ser editados e também fazer o *picking* manual de novos pontos. Um dos principais problemas deste *software* é a lentidão na manipulação das seções sísmicas. Neste trabalho apresentamos uma nova ferramenta para fazer o *picking* automático de uma maneira mais eficaz e rápida. Este novo *software* denominado de NIP-*picking* é desenvolvido na linguagem Java.

Parâmetros da tomografia da onda NIP

Os atributos cinemáticos do campo de onda $\mathbf{p}^{(x)}$ e $\mathbf{M}^{(x)}_{NIP}$ estão associados a velocidade próxima à superfície, v_0 , ao ângulo de emergência, β , e ao raio de curvatura da onda NIP ($R_{NIP} = 1/K_{NIP}$) no ponto de reflexão:

$$\mathbf{p}^{(x)} = \text{sen}(\beta) / v_0,$$

$$\mathbf{M}^{(x)}_{NIP} = K_{NIP} \cos^2(\beta) / v_0$$

Para cada ponto escolhido na seção ZO os atributos cinemáticos (β , R_{NIP}) são extraídos e gravados juntamente com a posição e o tempo de trânsito do raio normal emergente. Uma exigência da inversão tomográfica é que os dados não sejam redundantes, logo os pontos escolhidos não devem estar muito próximos um dos outros. Por outro lado, o *picking* dos pontos não precisa ser realizado ao longo de refletores contínuos em toda a seção ZO.

● O software NIP-picking

Este *software*, desenvolvido na linguagem Java usando a plataforma Netbeans 6.0, foi criado para trabalhar com dados de entrada no formato SU, porém, os dados de saída estão no formato ASCII. A escolha da linguagem Java foi com o intuito de produzir um software independente do sistema operacional utilizado pelo usuário ou da necessidade de instalação de bibliotecas, além de conseguir um tempo de processamento bem menor quando comparado com a primeira versão desenvolvida no Matlab.

O *software* Nip-picking fornece duas opções de *picking*: manual e semi-automático. Pelo método manual o usuário pode escolher ponto a ponto sobre a seção ZO, enquanto que pelo método semi-automático o usuário escolhe apenas um único ponto em uma região onde ele julgue possuir um evento de reflexão e o software prossegue a busca pelos melhores pontos à direita e à esquerda do ponto escolhido seguindo o possível refletor. O *software* possui os modos de visualização em forma de traços e imagem, também fornece a ferramenta zoom (Figura 3) e uma ferramenta para apagar ponto a ponto ou um conjunto de pontos escolhidos previamente.

Na estratégia utilizada pelo processo semi-automático, o *picking* é realizado traço a traço da seguinte maneira:

* No ponto escolhido e nos traços vizinhos, uma janela temporal é criada para que dentro dela seja escolhido o ponto de amostragem com maior amplitude.

* Usa-se a informação do ângulo de inclinação do evento de reflexão no ponto escolhido para orientar a direção do *picking* e assim seguir o possível refletor (Figura 1).

* Calcula-se a amplitude média do ponto escolhido com a de outros dois traços vizinhos à direita e à esquerda. Os pontos escolhidos deverão ter amplitudes maiores que 60% desta média.

* A escolha dos pontos também está condicionada à janela de tempo e a janela de espaço pré-definidos pelo usuário ou automaticamente a partir de informações dos dados, isto é necessário para que não sejam escolhidos pontos muito próximos uns dos outros.

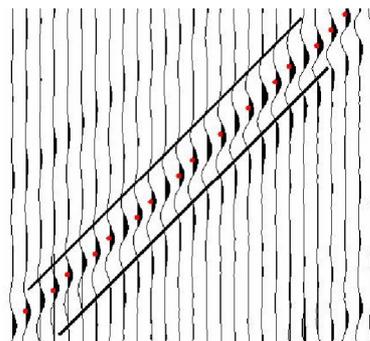


Figura 1 – Estratégia do *picking* semi-automático. Definição da janela temporal e *picking* sobre evento inclinado.

Resultados

O *software* NIP-picking foi testado com o dado sintético Marmousi.

O *software* inicia com a leitura da seção ZO e das seções ângulo de emergência, raio de curvatura da onda NIP e coerência, coletando várias informações como: número de traços, espaçamento do ponto médio (ou intervalo entre traços), tempo de amostragem e outros. Logo em seguida é exibida a janela com a seção ZO (Figura 2).

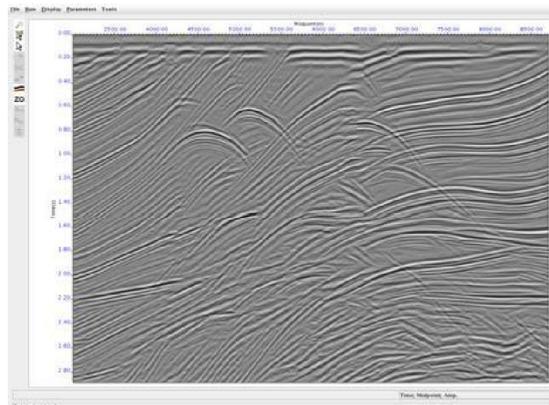


Figura 2 – Visualização da seção ZO dos dados Marmousi pelo *software* NIP-Picking.

Na Figura 3 mostra-se que o algoritmo proposto neste trabalho consegue fazer o *picking* seguindo um evento mesmo quando ele tem grande curvatura como é o caso deste evento de difração. Com a ajuda do ângulo de emergência no ponto escolhido o software faz uma projeção para o próximo traço à direita e à esquerda com o intuito de seguir corretamente o possível evento de reflexão.

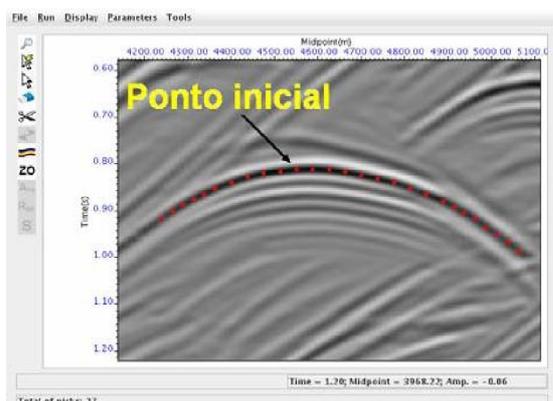


Figura 3 – *Picking* semi-automático sobre um evento curvo.

Na Figura 4 mostra-se o resultado do *picking* de um conjunto de eventos de reflexão em toda a seção ZO dos dados Marmousi. Este resultado mostra que com o *software* NIP *picking* pode-se ter um controle total dos pontos a serem escolhidos ou marcados em toda a seção ZO.

No momento do cálculo dos atributos cinemáticos do campo de onda para a tomografia, o *software* só aceitará os pontos que estiverem acima ou igual ao valor limite de coerência exigida pelo usuário. Os pontos descartados são excluídos da seção ZO.

● Discussão e Conclusões

O *software* NIP-*pincking* além de fornecer os dois atributos cinemáticos da onda NIP necessários para a inversão tomográfica, mostrou ser uma ferramenta bastante útil no processo de *picking*, principalmente no processo de busca semi-automática onde ele demonstrou muita eficiência em seguir os refletores e interromper a busca de novos pontos quando o refletor sofre uma forte influência de ruído ou perda de amplitude. A ferramenta de *zoom* é extremamente necessária para uma boa visualização dos refletores em dados muito complexos e de grande capacidade.

A linguagem de programação Java mostrou-se bastante apropriada para a visualização e *picking* de dados sísmicos, pois o processo de *picking* semi-automático

usando a interface gráfica do Matlab leva um tempo consideravelmente maior.

Considera-se o *software* NIP-*picking* uma ferramenta muito útil no processo de *picking* que é uma etapa crucial da inversão tomográfica. Isto proporcionara uma maior facilidade na aplicação em dados reais da inversão tomográfica da onda NIP.

● Agradecimentos

Agradecemos ao geofísico Heron Schots, UN-RNCE / PETROBRAS, pelas valiosas sugestões e conversas técnicas que possibilitaram a realização deste trabalho. O primeiro autor agradece a escola Tenente Rêgo Barros por liberá-lo de suas atividades para desenvolver o seu trabalho de mestrado no Curso de Pós-graduação em Geofísica da UFPA.

Referências

- BILLETTE, F. and LAMBARÉ, G. Velocity macro-model estimation from seismic reflection data by stereotomography. *Geophys. J. Int.*, v. 135, p. 671-690, 1998.
- KLÜVER, T. and MANN, J. Smoothing and automated *picking* of kinematic wavefield attributes. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE SBGf, 9, 2005, Salvador. *Anais...* Salvador: SBGf, 2005. 1 CD-ROM.
- Duveneck, E. (2004). Velocity model estimation with data-derived wavefront attributes. *Geophysics*, 69(1):265-274.
- Oliveira, I. G., 2006. Estudo do método de inversão tomográfica 2D baseada nos atributos cinemáticos da onda NIP e construção de interface gráfica para o processo de *picking*. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geofísica.
- Garabito, G., Cruz, J. C., Hubral, P., and Costa, J. (2001). Common reflection surface stack: A new parameter search strategy by global optimization. *71th. SEG Mtg., Expanded Abstracts. San Antonio, Texas, USA.*
- Jäger, R., Mann, J., Höcht, G., and Hubral, P. (2001). Common reflection surface stack: Image and attributes. *Geophysics*, 66:97-109.

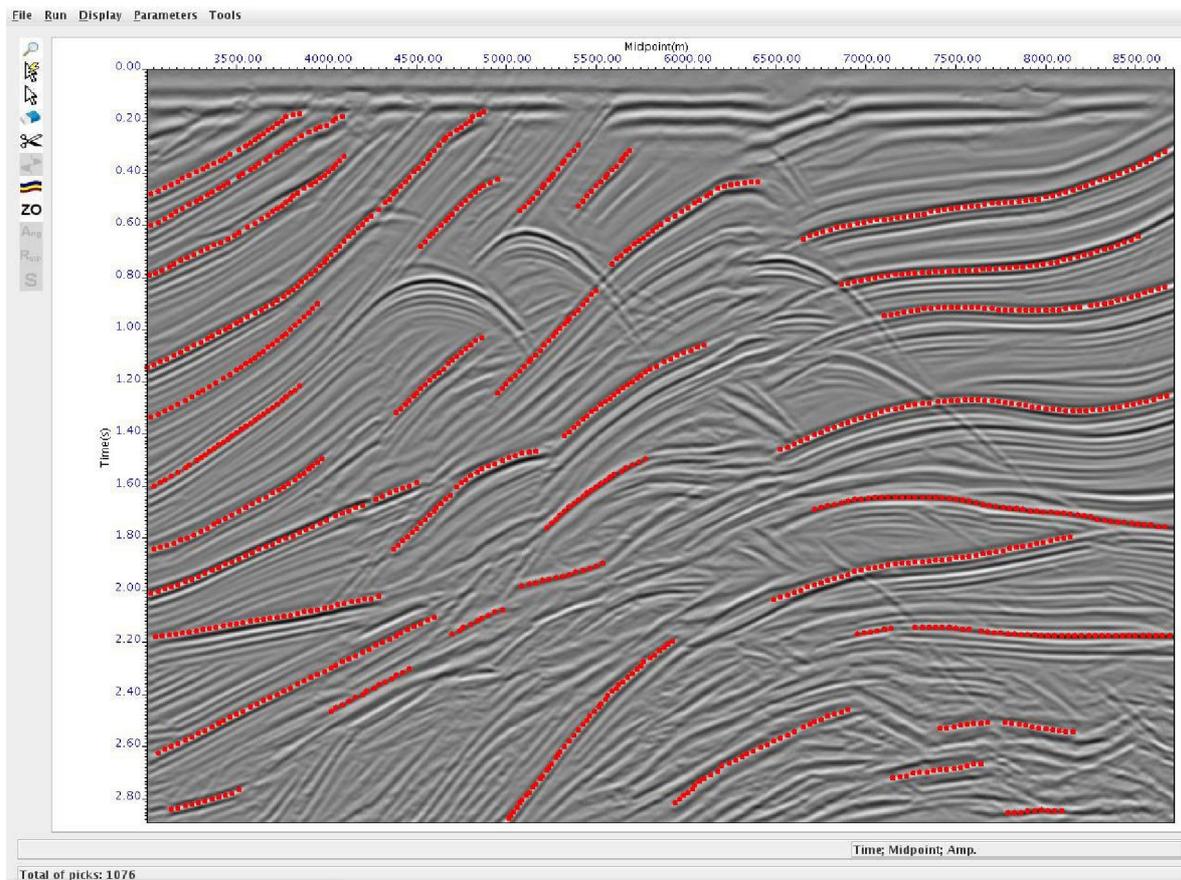


Figura 4 – *Picking* de 1076 pontos sobre a seção afastamento nulo dos dados Marmousi.