

Processamento de dados sísmicos utilizando o algoritmo Particle Swarm

Mateus da Silva Cocco (PIC/Uem), Lucas Lima Provensi(PIC/Uem), Rafael Krummenauer (Orientador), e-mail: rkrummenauer2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/ Maringá, PR.

Área: Engenharias / Subárea: Engenharias IV

Palavras-chave: processamento de dados sísmicos, inteligência computacional, particle swarm

Resumo:

Este trabalho consistiu na utilização de otimização baseada em inteligência computacional para a estimação de parâmetros geofísicos através de processamento de dados provenientes de levantamentos sísmicos. Utilizando o algoritmo *Particle Swarm Optimization* (PSO) em um estágio de processamento denominado análise DMO (*Dip MoveOut*), foi implementado um procedimento para estimação simultânea dos parâmetros de velocidade do meio e de inclinação dos refletores a cada amostra de tempo do dado utilizado. Os resultados de processamento demonstraram que o procedimento proposto foi eficaz em termos de qualidade e resolução temporal na obtenção dos parâmetros que modelam o tempo de trânsito usado na análise DMO.

Introdução

O estudo das estruturas geológicas de subsuperfície busca, entre outros aspectos, a prospecção geofísica de um designado local de interesse com o objetivo de descobrir (e posteriormente explorar) minérios preciosos, aquíferos e, especialmente, jazidas de gás natural e petróleo. Tal busca é motivada especialmente por motivos econômicos, dado o grande valor de mercado de combustíveis não renováveis e fósseis no atual cenário geopolítico, cuja demanda cresce paralelamente ao desenvolvimento de fontes energéticas limpas. Para isso, o esforço conjunto envolve diversas áreas de estudo da ciência, e o presente trabalho visa focar no escopo da geração e processamento de sinais de energia transmitida e refletida para a detecção dos elementos das camadas geológicas, posteriormente gerando uma imagem aproximada da estrutura sondada. Este processo é denominado Processamento Sísmico, cujo funcionamento depende de pares emissor-receptor de ondas, dispostos de forma a facilitar a posterior interpretação dos dados obtidos e levantamento das informações geológicas. Configuram-se em sua maioria com uma linha de sensores

igualmente espaçados e uma linha de fontes espaçadas tal qual os sensores. A metodologia principal é conhecida como Tiro Comum (em inglês, *Common Shot* ou *Common Source*), na qual uma única fonte dispara um pulso de grande energia a ser captado por todos os receptores no retorno da propagação através do fenômeno de reflexão e, feita a aquisição, ativa-se outra fonte exclusivamente e assim sucessivamente. Visando melhorar os resultados obtidos com métodos de análise convencionais, fez-se a utilização de computação bio-inspirada, especificamente o algoritmo de otimização *Particle Swarm* (Clerc e Kennedy, 2002) para que fossem verificados os efeitos de uma meta-heurística no trabalho de processamento.

Materiais e métodos

Considera-se as camadas de subsuperfície como meios aproximadamente homogêneos, de forma que a transferência de ondas de uma camada para outra gera saltos nas propriedades acústicas do meio e, a energia refletida permite a criação de um perfil geológico das camadas. O sinal registrado em cada um dos sensores é denominado de Traço Sísmico, e seu modelo em tempo contínuo pode ser descrito pela convolução das funções $s(t)$ (pulso emitido pela fonte), $h(t)$ (função refletividade) somados a um ruído $n(t)$. Dessa forma o traço sísmico é: $x(t) = s(t) * h(t) + n(t)$. Um dos objetivos é, portanto, identificar a função refletividade $h(t)$ que representa a resposta ao impulso, e para isso é necessário estimar-se o campo de velocidades das camadas. Visto que não se podem realizar levantamentos com fonte e receptor no mesmo local, com a técnica *Common Depth Point* busca-se analisar, para um único ponto em comum, a trajetória de um sinal de velocidade v de pares fonte-receptor simetricamente distantes um do outro em relação ao ponto citado (distância d). O tempo de trânsito do sinal pode ser descrito pela equação $t^2(d) = t_0^2 + 4d^2/v^2$ denominada NMO (*Normal Moveout*). Através dela busca-se estimar um campo de velocidades que, após uma avaliação de coerência, será utilizado para alinhar no tempo os pulsos de energia refletidos e gerar uma soma construtiva (o chamado empilhamento). Neste trabalho utilizou-se a análise DMO (*Dip Moveout*) (Levin, 1971), um procedimento análogo ao NMO mas que emprega um modelo de tempo de trânsito mais completo por utilizar simultaneamente na descrição a velocidade de propagação e o ângulo dos refletores. No procedimento proposto utilizando o *Particle Swarm* como otimizador, para cada CDP buscou-se retornar um indivíduo contendo uma velocidade e um ângulo ótimos para o empilhamento dos dados. O critério de otimalidade foi dado pela maximização da medida de *Semblance* para cada ente da população, uma medida que avalia a coerência no alinhamento dos eventos de reflexão. Testou-se as versões PSO com fator de constrição e original, para comparação dos perfis de velocidade obtidos não só entre o processamento convencional e o com meta-heurística, mas contrastar as diferentes formas de trabalhar do Particle Swarm. Os processamentos foram realizados no software de computação numérica MATLAB® em conjunto com a biblioteca de processamento sísmico *Seismic Unix*.

Resultados e Discussão

Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos com um dado sísmico marítimo da Bacia do Jequitinhonha, Brasil. O procedimento proposto visa obter velocidade de propagação e ângulo de inclinação dos refletores nos dados através de uma análise DMO, enquanto o procedimento convencional de análise de velocidade provê apenas informação de velocidade do meio considerando que todos os refletores são horizontais. É esperado então que a velocidade obtida pela análise DMO proposta forneça maior acurácia na informação dos parâmetros geofísicos que descrevem a região. Os resultados mostrados na Figura 1 são do perfil de velocidade de propagação do meio para três seções CMP (*Common-MidPoint*) distintas.

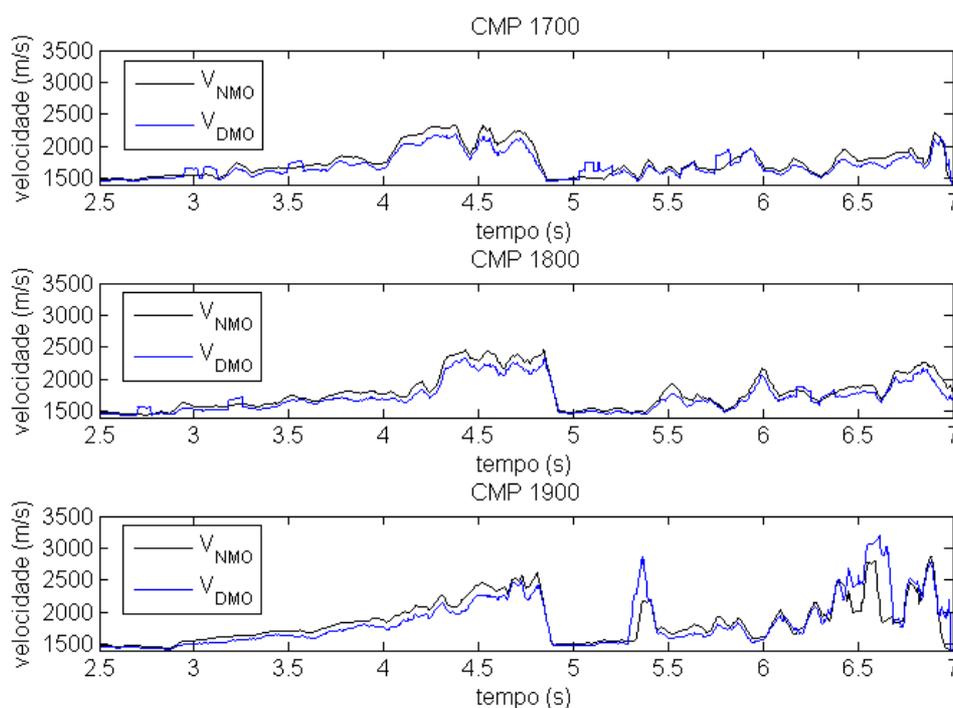


Figura 1 – Perfis de velocidade de propagação para três seções CMP.

Observe a presença de contrastes localizados nos perfis de velocidade obtidos pela análise DMO realizada com suporte do algoritmo PSO na estimação simultânea dos parâmetros de velocidade e ângulo dos refletores. Estes contrastes evidenciam interfaces do meio. Para fins de comparação, é apresentado o perfil de velocidade (curva pontilhada em preto) da análise convencional de velocidade NMO realizada por uma busca em grade com 500 pontos com intervalo definido entre 1400 e 4500 m/s, o mesmo intervalo utilizado no algoritmo PSO para o parâmetro de velocidade. O intervalo permitido para o parâmetro angular foi de 0 a 45 graus na busca do PSO.

Conclusões

Este trabalho tratou de processamento de dados sísmicos utilizando métodos de otimização baseados em inteligência computacional. O procedimento proposto consiste da utilização do algoritmo *Particle Swarm* para análise DMO, visando a obtenção simultânea dos valores de velocidade de propagação e inclinação angular dos refletores. Foram testadas as versões original e com fator de constrição. Os resultados de processamento demonstraram que o procedimento proposto foi eficaz em termos de qualidade e resolução temporal na obtenção dos parâmetros que modelam o tempo de trânsito usado na análise DMO.

Agradecimentos

DEQ/UEM

Referências

CLERC, M.; KENNEDY, J. The particle swarm explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 6, n. 1, p. 58-73, 2002.

GAMBOA, F. Aplicações do método de Superfície Comum de Reflexão (CRS) ao processamento sísmico. 2007 - **Universidade Estadual de Campinas**

LEVIN, F. K. Apparent velocity from dipping interface reflections: **Geophysics**, v. 36, n. 03, p. 510-516, 1971.