

Processamento de Dados Sísmicos Utilizando o Algoritmo Evolução Diferencial

Renan Alves Casarotto (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: evolução diferencial, processamento de dados sísmicos, otimização

Resumo

Este projeto trata do emprego de métodos de otimização baseados em inteligência computacional para melhorar a qualidade da estimação de parâmetros geofísicos em dados provenientes de sondagem sísmica. A proposta consiste em investigar o emprego de métodos de otimização baseados em inteligência computacional, em especial o algoritmo Evolução Diferencial, na etapa de processamento denominada análise DMO (do inglês, *Dip Moveout*) que descreve o tempo de trânsito utilizando simultaneamente a velocidade de propagação acústica no meio e também a inclinação dos refletores. A proposta é estimar simultaneamente estes parâmetros com intuito de melhorar a qualidade do imageamento sísmico utilizando o método Evolução Diferencial.

Introdução

A sísmica de reflexão tem o objetivo de gerar modelos de representação dos dados sísmicos que retenham informações relevantes sobre a geologia da região sondada e pode ser classificada como um método indireto de exploração da subsuperfície.

O processamento sísmico é utilizado há muito tempo na indústria de prospecção de petróleo e gás, e tem por objetivo criar imagens da subsuperfície e das camadas que a compõem através emissões de ondas elásticas (impulsos forçados) de duração relativamente pequena em pontos específicos na superfície da área a ser mapeada. Essas perturbações mecânicas são geradas através da utilização de dinamite quando em terra, ou canhões de ar comprimido no caso de regiões marinhas. Uma vez gerada, a onda sísmica se propaga através da terra, e ao atingir a interface entre duas rochas de características físicas diferentes, parte da energia incidente da onda é refletida e retorna à superfície, onde pode ser captada por sensores. Uma outra parte da onda é refratada para o meio inferior. A porção de energia refletida é proporcional à diferença de impedância

acústica entre os dois meios. Os receptores que captam a porção de energia refletida das ondas ficam situados em pontos específicos na superfície, formando uma geometria de aquisição. Uma vez captados pelos sensores, os sinais são amostrados, pré-processados e armazenados em formato digital. Os dados armazenados passam então por vários estágios de processamento até chegar às imagens que podem ser visualmente interpretadas por especialistas em geologia e geofísica a fim de identificar potenciais regiões promissoras para exploração e drenagem de hidrocarbonetos. O foco deste trabalho está na etapa de análise de velocidade e ângulo de inclinação dos refletores, um procedimento denominado análise DMO. A proposta é estimar estes parâmetros simultaneamente utilizando o algoritmo Evolução Diferencial (vide, e.g., (Brest et al., 2016) e (Castro, 2007)) visando melhorar a qualidade na recuperação das informações geológicas presentes no dado.

Materiais e métodos

Para a realização deste estudo foi utilizado um dado sísmico real. Na etapa de pré-processamento foram formadas as seções CMP (*Common MidPoint*), que são compostas por traços (série temporal de amostras coletadas por um geofone/hidrofone) cujo ponto médio é igual ou muito próximo (Gamboa, 2007).

O processamento dos dados foi realizado no software de computação numérica MATLAB® enquanto o pré-processamento e organização dos dados foi realizado com a biblioteca de processamento sísmico *Seismic Unix*. Para fins de comparação e validação da proposta foi realizada previamente a análise convencional de velocidade, que leva em consideração apenas a velocidade como parâmetro de busca.

Na sequência das pesquisas implementou-se a solução baseada em computação evolutiva, utilizando o método Evolução Diferencial, expresso pelo seguinte pseudocódigo:

```
Função [Pop] = DE(Np,CR,F,D,Range)           (1)
  Pop := inicializa(Np,D,Range)              (2)
  fPop := avalia(Pop)                        (3)
  Enquanto condição_de_parada for FALSA faça (4)
    mPop := mutação(Pop,F,Range)            (5)
    U := crossover(Pop,mPop,CR)              (6)
    fU := avalia(U)                          (7)
    [Pop,fPop] := seleção(Pop,fPop,U,fU)     (8)
  Fim Enquanto                               (9)
Fim Função                                  (10)
```

onde N_p denota o tamanho da população, CR denota a probabilidade de crossover, F o passo diferencial e $Range$ uma matriz com intervalos permitidos dos parâmetros de busca. Cabe ressaltar que a mutação é o principal operador neste algoritmo evolutivo.

Este método foi utilizado para estimar simultaneamente a velocidade de propagação e o ângulo dos refletores em cada instante de amostragem do dado.

Resultados e Discussão

Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos a partir do processamento de dados de um levantamento sísmico real na Bacia do Jequitinhonha, Brasil. O método proposto realiza a estimação da 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. Os resultados mostrados na Figura 1 são do perfil de velocidade de propagação do meio para três seções CMP distintas com distância entre localização de aproximadamente 500 metros.

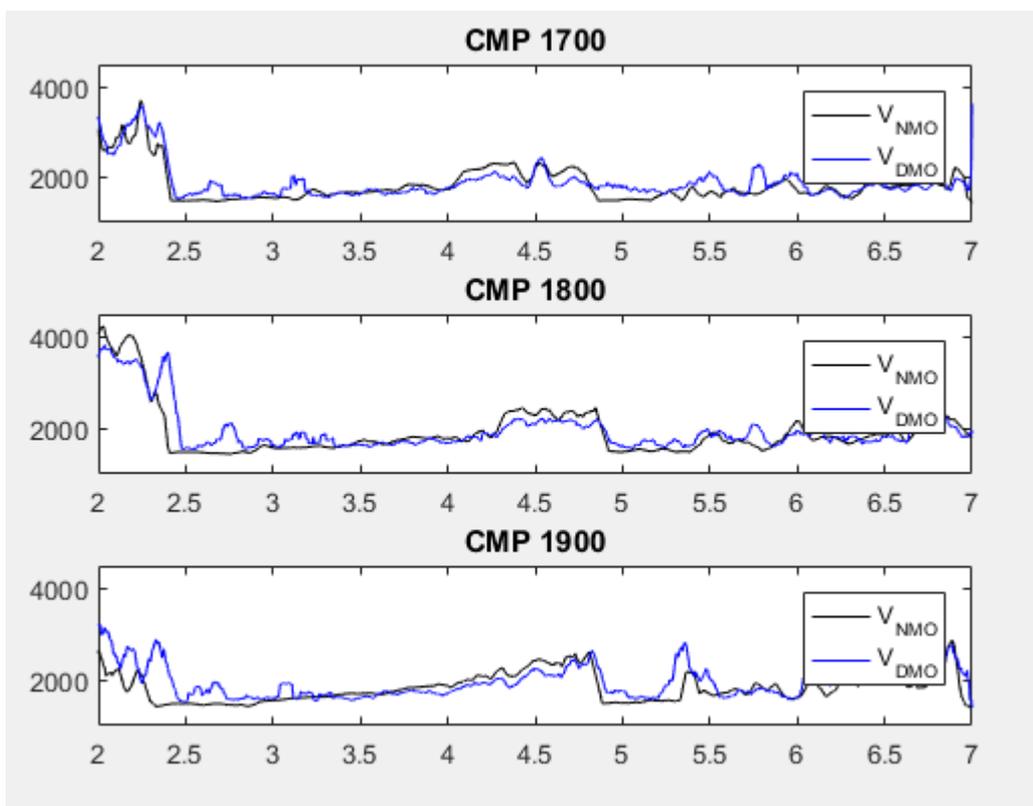


Figura 1 – Perfis de velocidade de propagação para três seções CMP.

É possível observar maior resolução temporal no valor das estimativas de velocidade obtido pela análise DMO realizada com o algoritmo Evolução Diferencial como otimizador. É também 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 na busca do algoritmo

Evolução Diferencial para a velocidade. Quanto ao ângulo de inclinação dos refletores, foi utilizado o intervalo de 0 a 45 graus na busca do algoritmo.

Conclusões

Este trabalho abordou o problema de processamento de dados sísmicos empregando métodos de otimização global baseados em inteligência computacional. O procedimento proposto consistiu da utilização do algoritmo Evolução Diferencial para análise DMO, objetivando a estimação simultânea dos valores de velocidade de propagação e inclinação angular dos refletores que melhor representam os dados. Os resultados de processamento demonstraram que o procedimento proposto foi eficaz em termos de qualidade e resolução temporal na obtenção dos parâmetros envolvidos na análise DMO.

Adicionalmente, o processamento demonstrou requerer moderada carga computacional de processamento por CPU, com tempos de processamento consideráveis mesmo utilizando processamento paralelo com vários núcleos. Análises detalhadas utilizando o procedimento proposto em dados de maior volume certamente demandam poder computacional elevado e ficam como perspectiva de trabalhos futuros.

Agradecimentos

DEQ-UEM

Referências

BREST, J.; GREINER, S.; BOSKOVIC, B.; MERNIK, M.; ZUMER, V. Self-Adapting Control Parameters in Differential Evolution: A Comparative Study on Numerical Benchmark Problems. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 10, n. 6, p. 646-657, 2006.

CASTRO, L. N. Fundamentals of natural computing: an overview. **Physics of Life Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1-36, 2007.

GAMBOA, F. **Aplicações do método de superfície comum de reflexão (CRS) ao processamento sísmico**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar de Ciências e Engenharia de Petróleo, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2007.