

## Técnica de Pré-Processamento Aplicada em Imagens Sísmicas do Tipo AVO para Monitoramento de Poços Petrolíferos

Samuel A. Araújo      Harold Ivan Angulo Bustos

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - Departamento de Informática

Campus Central - Mossoró, RN - Brasil

E-mail: samuelaraujo@outlook.com, haroldivan@hotmail.com

### RESUMO

Em um reservatório petrolífero é comum a migração dos fluidos para outras camadas ao redor. Devido a esse constante movimento, tarefas tais como monitoramento desse deslocamento são de vital importância para indústria petrolífera. Esse trabalho tem como objetivo melhorar a estimação do fluxo óptico em imagens sísmicas do tipo Amplitude vs Offset (AVO) de poços de petróleo. Para isso, é utilizado o filtro de difusão anisotrópica para remover os ruídos presentes.

Para observar a movimentação dos fluidos no reservatório foi utilizado o fluxo óptico, que é a distribuição 2D da velocidade aparente do movimento dos padrões de intensidade no plano da imagem [cf. HORN, 1986]. Em outras palavras, o fluxo óptico consiste em um campo denso de velocidade onde a cada pixel no plano da imagem está associado um único vetor de velocidade. Esse campo é representado por uma malha conhecida como diagrama de agulhas (needle map).

Um objetivo imediato do fluxo óptico é o campo de movimento das imagens. O movimento é detectado através da correspondência entre pontos de interesse em uma sequência de imagens.

A velocidade da imagem é computada a partir das derivadas espaço-temporais da intensidade na imagem. Essa equação é chamada de equação de restrição de fluxo óptico e define uma restrição local única sobre o movimento na imagem. [HORN & SCHUNCK, 1981; BARRON et al., 1994]:

$$\nabla I \cdot v + I_t = 0$$

onde,  $\nabla I = (I_x, I_y)$  é o gradiente nas direções  $x$  e  $y$ ;  $v = (u, v) = (\partial x / \partial t, \partial y / \partial t)$  é a velocidade na imagem;  $I_t$  a derivada parcial de primeira ordem em relação ao tempo de  $I(x; t)$ .

A equação de restrição de fluxo óptico possui infinitas soluções, devido às suas duas incógnitas. O que torna a equação insuficiente para determinar as componentes de  $v$ . Esse problema é conhecido como problema de abertura. [SHIN & SUN, 2000].

Neste trabalho, a computação do fluxo óptico é feita através do método de Horn e Schunck. Esse método procura regularizar a equação de restrição do fluxo óptico, chamado de restrição de suavização, onde o fluxo óptico varia de uma imagem para outra de forma suave. Essa suavização é dada pela minimização do quadrado da magnitude do gradiente dos vetores do fluxo óptico:

$$u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2$$

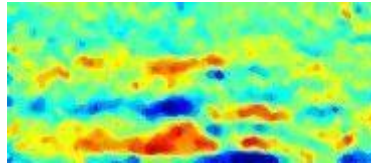
Para melhorar a estimação do fluxo óptico, foi utilizado o filtro de difusão anisotrópico para remover os ruídos presentes nas imagens. Trata-se de um filtro muito superior às técnicas de filtragem de imagens comumente utilizadas como filtros de médias e filtros gaussianos.

$$u_t = g |\nabla u| \operatorname{div} \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) - \lambda (1 - g)(u - 1)$$

onde,  $u(x, y, 0) = I(x, y)$  sendo  $x, y \in \Omega \subset \mathbb{R}^2$ ;  $u$  é a imagem suavizada;  $I$  é a imagem original;  $t$  é a escala da suavização, sendo  $t > 0$ ;  $\operatorname{div}$  é o operador divergente;  $\nabla u$  é o valor do gradiente de  $u$ ;  $\lambda$  é o parâmetro que auxilia na velocidade da difusão.

O método aplicado para eliminar os ruídos presentes na imagem é dividido em 3 etapas. Sendo dividido da seguinte maneira: processamento das imagens, gerar vídeo a partir das imagens, uso do fluxo óptico, tendo como resultado final o fluxo óptico no vídeo das imagens filtradas.

São utilizadas 81 imagens em lapso de tempo do tipo AVO (amplitude vs offset) de um reservatório petrolífero em Duri, Indonésia. Cada imagem possui dimensões de 184 x 80px.



**Figure 1:** Imagem sísmica AVO

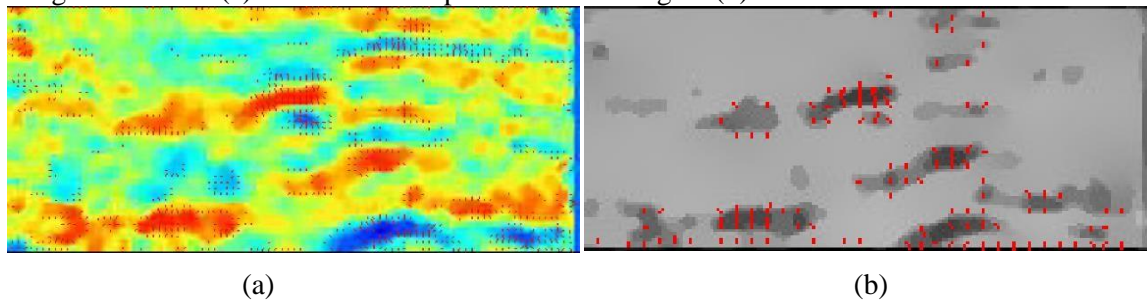
Os objetos que aparecem com cores azul e vermelha correspondem aos objetos de impedância acústica alta e impedância baixa. No caso, trata-se do fundo e do topo do reservatório.

O processamento das imagens é feito através do ProEikon, que é um pacote de software com algoritmos de Processamento e Análise de Imagens e Vídeos (PAIV). O filtro de difusão é aplicado através da função `img MRArt`, que é a união da mediana, do filtro anisotrópico e da técnica de reconstrução algébrica. O MRArt utiliza como entrada o sinograma da imagem, que é gerado através do comando `img sinogram`. Após o processo as imagens ficam em escala de cinza.

Depois que cada imagem é processada elas são unidas para gerar um único vídeo. Para isso é usado a função `img tga2avi`, também presente no ProEikon.

O fluxo óptico foi implementado no Scilab, que é um software gratuito para cálculo numérico. O algoritmo gera e exibe o fluxo óptico sobre o vídeo.

Podemos visualizar na Figura 2 o resultado da aplicação do método de difusão anisotrópica nas imagens sísmicas (a). O resultado é apresentado na imagem (b).



**Figure 2:** Comparação entre a imagem não processada e a imagem processada

De acordo com os resultados mostrados acima, o método desenvolvido se mostrou animador para melhorar a estimação do fluxo óptico.

Com o filtro de difusão anisotrópica realizou-se a suavização das imagens e foi eliminada a influência dos ruídos. O desempenho computacional do filtro só difunde e suaviza os níveis de cinza cuja intensidade está abaixo do limiar dos objetos que aparecem com cores azul e vermelha, nas imagens originais, no caso, esses objetos correspondem justamente aos objetos de impedância acústica alta e baixa, portanto o filtro garante que somente o ruído será eliminado da imagem.

Com o aprimoramento dessa técnica utilizada o método proposto poderá ser muito interessante na detecção do movimento de feições das camadas do subsolo associadas ao movimento dos fluídos no reservatório

Agradecimento à FAPERN (Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte) pelo financiamento do projeto de pesquisa pertinente a este trabalho científico.

**Palavras-chave:** *Processamento de imagens, Tracking, Imagens Sísmicas*

## Referências

- Horn, B. K. P. (1986), "Robot Vision." London: MIT, p. 509.
- Shi, Y. Q. e Sun, H. (2000), "Image and vídeo compression for multimedia engineering: fundamentals, algorithms and standards." Boca Raton, CRC, p. 480.
- Tekalp, A. M. (1995) "Digital video processing", Upper Saddle River, Prentice Hall, p. 524.
- Sonka, M.; Hlavac, V.; Boyle, R. (1999) "Image processing, analysis and machine vision." Pacific Grove, PWS, p. 770.