

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DE ATRIBUTOS PÓS-EMPILHAMENTO EXTRAÍDOS DAS AMPLITUDES SÍSMICAS

AUTORES:

José Carlos M. Mendonça
Carlos Henrique S. Barbosa
Bruno S. Silva
Luiz Landau

INSTITUIÇÃO:

Programa de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro

ANÁLISE DE ATRIBUTOS PÓS-EMPILHAMENTO EXTRAÍDOS DAS AMPLITUDES SÍSMICAS

Abstract

The amplitudes of the seismic signals play an essential role in seismic exploration and reservoir characterization due to contain indirect information about rock properties. The seismic amplitude characterizes an extensively used attribute for structural interpretation and to infer potential fluid saturation in rocks. Others seismic attributes, such as envelope, instantaneous frequency, and instantaneous phase provides additional information to assist geoscientist on interpretation. Besides, it is common practice to apply spectral balancing and to remove undesired noise to reach high-quality seismic signals. Thus, we aim to analyze the seismic attribute quality after applying for amplitude-frequency compensation and removing unwanted noise in migrated seismic volume. Hence, we observe that after proper treatment of the seismic amplitudes, the resolution of the seismic reflectors gets better and free of noise. The high-quality in seismic amplitudes it is also observed in the seismic attributes.

Introdução

A fim de caracterizar a geologia presente na subsuperfície da Terra, um dos métodos mais utilizados é o sísmico, o qual tem como objetivo obter informações (dados sísmicos) advindas de aquisições na área-alvo e construir a partir delas imagens que representam as principais propriedades geofísicas do meio. Além destas, é possível extrair informações extras, comumente denominadas atributos sísmicos, que auxiliem os intérpretes a melhor visualizar ou quantificar características geológicas de interesse.

Os atributos sísmicos podem ser classificados como pré-empilhamento e pós-empilhamento. O primeiro é sensível a propriedades físicas relacionadas à propagação das ondas elásticas, enquanto o segundo é sensível apenas às propriedades acústicas da onda sísmica. Atributos sísmicos pré-empilhamento podem ser determinados por um processo de inversão através de um ajuste de amplitudes para cada tempo (ou para cada intervalo de tempo) da amostra de dados sísmicos, usando aproximações, tal como, as equações de Aki e Richards (1980). Os atributos pós-empilhamento são derivados de dados sísmicos pós-empilhados, normalmente migrados. O resultado da migração sísmica, comumente denominado seção sísmica migrada (2-D) ou volume sísmico migrado (3-D), representa a mudança de propriedades físicas das rochas. Portanto, a partir do volume sísmico migrado é possível derivar atributos relacionados às reflexões das ondas sísmicas e extrair informações litológicas (Taner *et al.*, 1979; e White, 1991).

Os volumes sísmicos migrados, no geral, possuem um papel importante na academia e indústria no que diz respeito ao estudo de uma área já explorada ou em exploração. Com tais resultados é possível realizar de maneira objetiva e rápida o estudo de uma determinada região através de mapas sísmicos e, também, mapas de atributos, tais como os já mencionados. Porém, faz-se necessário melhorias no dado, tal como, o balanceamento das amplitudes relacionadas às baixas e altas frequências dos dados. Além disso, a atenuação de ruídos pode complementar o ganho de qualidade após o balanceamento de amplitudes suprimindo os sinais indesejados que aparecem nos dados durante a aquisição sísmica. Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da aplicação de atributos sísmicos, mais especificamente os atributos sísmicos pós-empilhamento, frente ao balanceamento de amplitudes e atenuação de ruídos. A ideia é mostrar as diferenças e importância de um tratamento adequado nos dados sísmicos após a fase de migração e o quanto isso reflete nos atributos. Para isso, utilizamos a base de dados (*open source*) da Bacia de Nova Scotia, localizada no

Canadá, mais especificamente o dado sísmico 3-D pós-empilhado e horizontes sísmicos já interpretados.

Teoria

A teoria sobre os atributos sísmicos e as técnicas utilizadas no tratamento dos dados são apresentadas nesta seção. Os atributos pós-empilhamento, mais especificamente os atributos físicos instantâneos explorados primeiramente por Taner *et al.* (1979), são os atributos escolhidos para este estudo. Além disso, as principais características das técnicas de balanceamento de amplitudes e atenuação de ruídos são descritas no subtópico “Pós-processamento de dados sísmicos”.

Atributos sísmicos instantâneos

Atributos sísmicos instantâneos são compostos de relações extraídas do traço sísmico complexo. Este possui dois componentes, são eles: um traço sísmico $T(t)$, como a parte real, e sua quadratura $H(t)$ (também chamada de conjugado ou imaginário). A quadratura do traço sísmico complexo (Transformada de Hilbert) é descrita por:

$$H(t) = \frac{1}{\pi} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{T(\tau)}{\tau - t} d\tau,$$

onde P.V. significa o valor principal de Cauchy.

É possível obter relações do traço sísmico complexo utilizando geometria básica, tais como, a amplitude instantânea (envelope), fase instantânea e frequência instantânea. Estes são atributos sísmicos muito conhecidos, usados para interpretar volumes sísmicos e construir novos atributos. O primeiro atributo sísmico, derivado do traço sísmico complexo, é o envelope do sinal sísmico. Este representa a energia instantânea do sinal, sendo proporcional ao coeficiente de reflexão do meio. Tal atributo tem uma aparência suavizada e apenas valores positivos. Assim, o envelope é útil para destacar *bright spots*, acúmulo de gás, alterações significativas na litologia e ambientes deposicionais (Taner *et al.*, 1979; e White, 1991). A seguinte relação é usada para calcular o envelope:

$$E(t) = \sqrt{T^2(t) + H^2(t)},$$

onde $T(t)$ representa o traço sísmico, $H(t)$ é a transformada de Hilbert e t é o tempo.

De posse do traço sísmico e sua transformada de Hilbert, é possível também calcular a fase instantânea. Esta é medida em graus e age como o melhor indicador de continuidade lateral do refletor sísmico que representa a interface entre duas rochas com características físicas distintas (Taner *et al.*, 1979; e White, 1991). Assim, o atributo de fase instantânea é calculado por:

$$\varphi(t) = \left| \frac{H(t)}{T(t)} \right|,$$

onde $\varphi(t)$ representa a fase instantânea, t é o tempo e $| \cdot |$ o valor absoluto.

O último atributo instantâneo considerado neste trabalho é a frequência instantânea. Este atributo pode ser usado como um bom indicador de hidrocarboneto através de anomalias de baixa frequência e zonas de fratura através dos valores altos de frequência (Taner *et al.*, 1979; White, 1991; Barnes, 1992). A frequência instantânea é calculada através da derivada temporal da fase como se segue:

$$F(t) = \frac{\partial \phi(t)}{\partial t},$$

onde $F(t)$ representa a frequência instantânea, $\phi(t)$ é a fase instantânea e t é o tempo.

Pós-processamento de dados sísmicos

Balanceamento Espectral: O balanceamento espectral (por vezes chamado de ampliação, ou balanceamento de amplitudes) é um processo geralmente aplicado às seções pós-migradas para melhorar a resolução e a aparência dos dados sísmicos na tentativa de corrigir a atenuação de frequência. Uma variedade de métodos, conhecidos como modelagem e modulação de espectro, pode ser usada para tentar equalizar o espectro sem aumentar excessivamente o ruído. Nesta técnica, supõe-se que os espectros da série de refletividade sejam aproximadamente brancos, e seu objetivo é embranquecer o espectro dos dados sísmicos em uma faixa de frequência útil (Mohan *et al.*, 2010).

Dip-steered Median Filter (DSMF): Com o aumento das altas frequências devido ao balanceamento espectral o nível de ruídos presentes nesta série de frequências também pode ser ampliado. Portanto, neste trabalho foi aplicada a técnica de *Dip-steered Median Filter (DSMF)* com o intuito de filtrar os ruídos. O DSMF tem o efeito de aprimorar eventos contínuos lateralmente, reduzindo o ruído distribuído aleatoriamente sem suprimir detalhes nos eventos de reflexão consistentes com a estrutura, proporcionando uma suavização do efeito de borda, aumentando a relação sinal/ruído. O filtro coleta amostras dentro da abertura escolhida ao longo do mergulho e azimuth local e substitui a amplitude da posição central da amostra pelo valor mediano das amplitudes (Francelino & Antunes, 2013).

Metodologia

O volume sísmico pós-empilhado considerado na extração dos atributos instantâneos e no tratamento dos sinais trata-se do dado *open source* da Bacia de Nova Scotia, localizada no Canadá. Esta bacia é considerada tipicamente de margem passiva, associada à separação entre América do Norte e o continente Africano. A Bacia apresenta uma variedade de sedimentos, típicos de margem passiva, como flúvio-lacustre, evaporitos, deltaicos, carbonáticos e de mar profundo, onde a espessura do pacote de rocha sedimentar pode chegar a 19 km (Meneses, 2010).

A Figura 1 descreve os etapas necessárias para a geração dos atributos pós-empilhamento diretamente do volume sísmico e após o tratamento via balanceamento espectral e atenuação de ruídos com o DSMF. Note que dois conjuntos de informações são gerados, sendo um obtido diretamente do volume pós-empilhado e o segundo após passar pelo tratamento proposto. Portanto, de posse dos resultados obtidos com o fluxo descrito na Figura 1, os dois conjuntos de dados são comparados a fim de justificar o tratamento dos resultados da migração sísmica.



Figura 1 - Fluxograma para a obtenção dos atributos sísmicos com e sem tratamento do volume sísmico pós-empilhado.

Resultados e Discussão

O dado sísmico 3D pós-empilhado da Bacia de Nova Scotia possui o espectro de amplitudes como mostrado na Figura 2(a). Nota-se que há um decaimento gradativo dos valores de amplitudes das frequências a partir de aproximadamente 30 Hz. Assim, foi feito o balanceamento espectral com o intuito de realçar as informações referentes ao intervalo de frequência de 30Hz a 70 Hz. O resultado do balanceamento é mostrado na Figura 2(b). Vale ressaltar que neste houve também a aplicação da atenuação de ruídos com o DSMF, pois como mencionado na seção de teoria, com a utilização de uma técnica de equalização das amplitudes das frequências é normal a ampliação dos ruídos. Note que o ganho de amplitudes nas altas frequências é alcançado até o valor de 50 Hz, aproximadamente. Este resultado possibilita melhora na resolução devido ao ganho de amplitudes nas altas frequências e, consequentemente, melhor diferenciação entre os refletores, como pode ser observado na Figura 3.

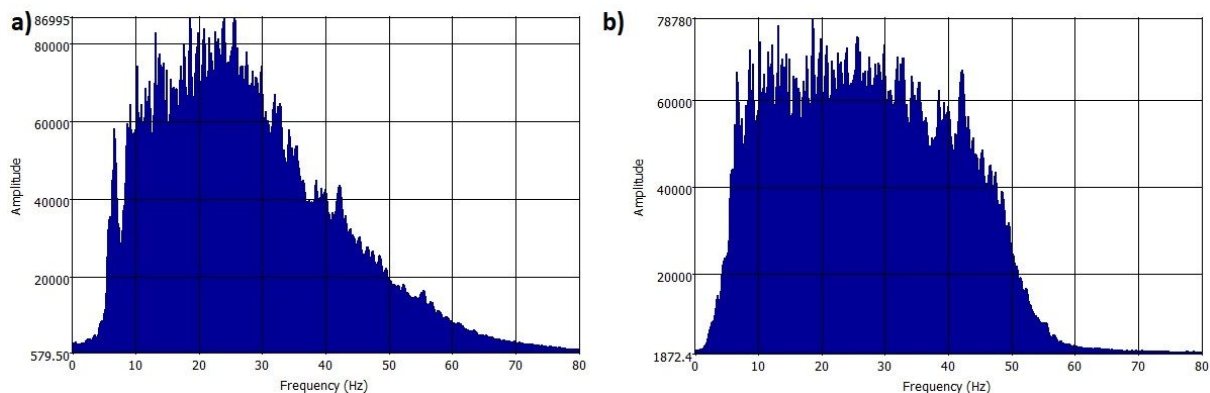


Figura 2 - Espectros de amplitude dos dados a) antes e b) após o tratamento.

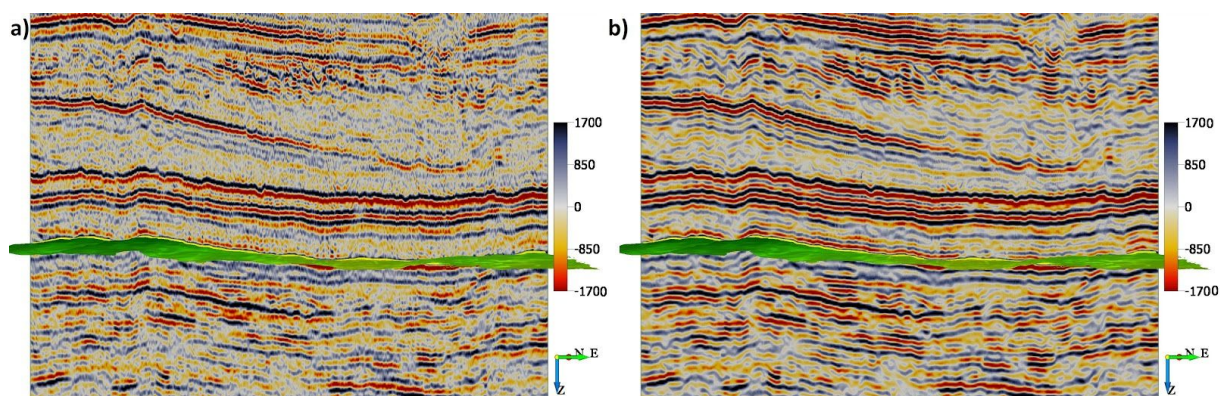


Figura 3 - Inline 1177 do volume sísmico a) antes e b) após o tratamento. Em verde, o horizonte interpretado denominado “C”.

O resultado da amplitude sísmica antes e após o tratamento do dado é mostrado na Figura 4. Note que as amplitudes foram extraídas na posição de um horizonte interpretado, este chamado de horizonte C (horizonte representado pela cor verde na Figura 3). É possível observar nas imagens sísmicas antes (Figura 4(a)) e após (Figura 4(b)) a aplicação da DSMF que houve a atenuação dos ruídos que apareciam na sísmica antes do tratamento. A imagem da sísmica após o tratamento se mostra menos ruidosa e mais coerente lateralmente.

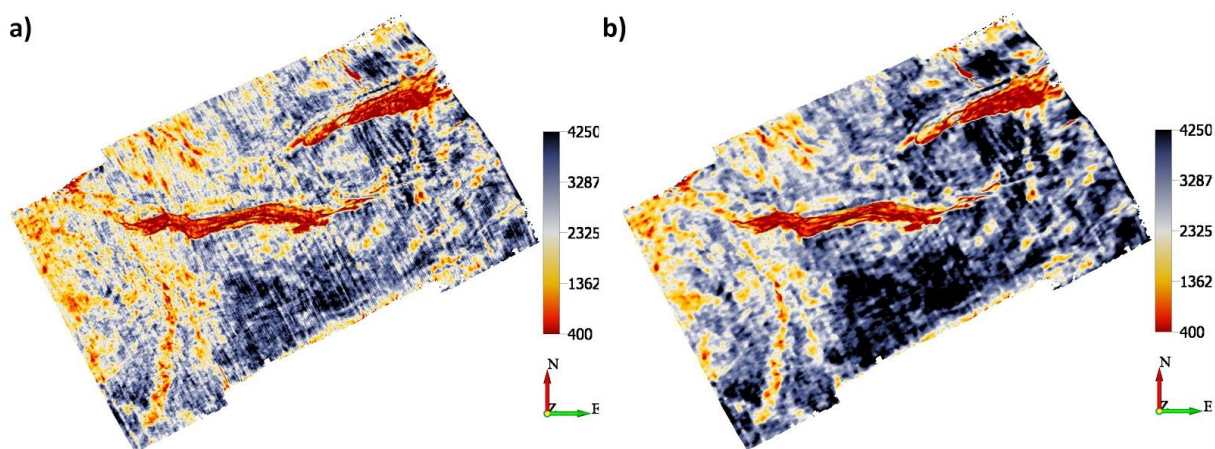


Figura 4 - Mapa de amplitude sísmica extraída na localização do horizonte C a) antes e b) após o tratamento.

Após as etapas de tratamento do volume sísmico, mapas de atributos instantâneos no horizonte C foram extraídos sem a aplicação prévia do tratamento proposto e após o tratamento de com balanceamento espectral e atenuação de ruídos via DSMF. Os mapas de atributos resultantes para ambos os dados são mostrados comparativamente nas Figuras 5, 6 e 7 para o envelope, frequência instantânea e fase instantânea, respectivamente. Com isso, observa-se que o tratamento nas amplitudes sísmicas reflete diretamente na qualidade dos atributos, o que produz, consequentemente, resultados com menor interferência de ruídos, realce da resolução dos refletores e melhor qualidade da continuidade lateral das reflexões.

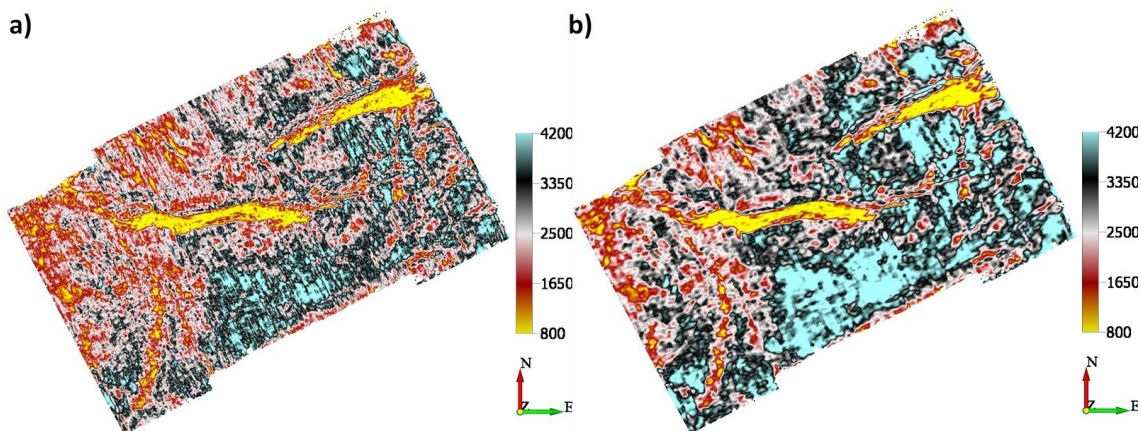


Figura 5 - Mapa do atributo envelope extraído na localização do horizonte C a) antes e b) após tratamento.

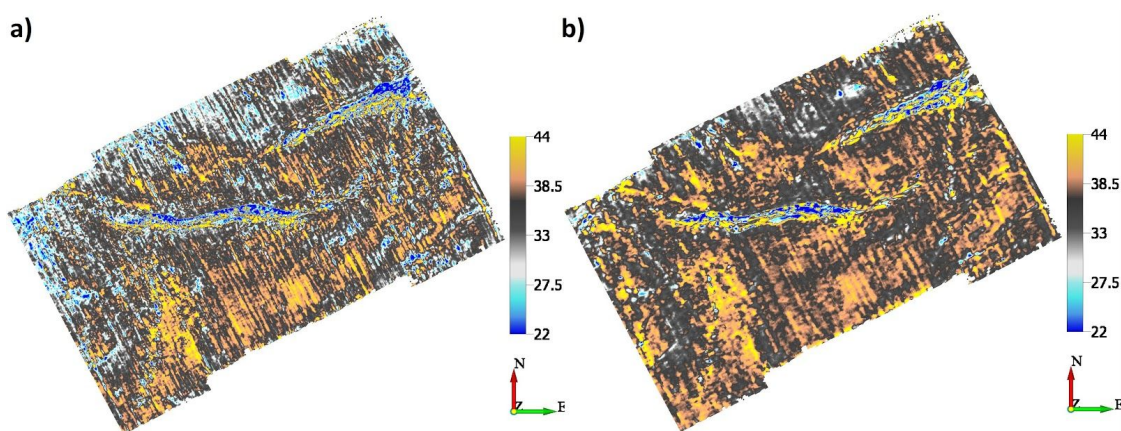


Figura 6 - Mapa do atributo frequência instantânea extraído na localização do horizonte C a) antes e b) após tratamento.

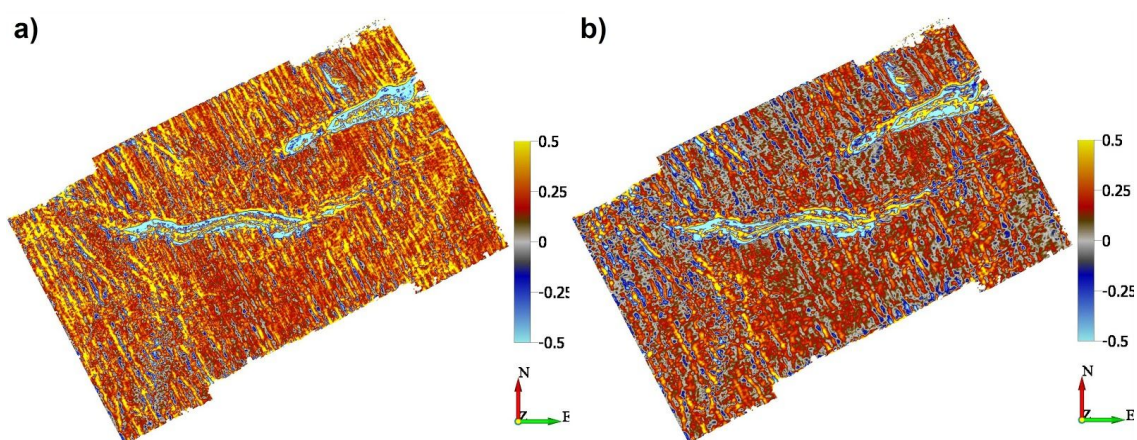


Figura 7 - Mapa do atributo fase instantânea extraído na localização do horizonte C a) antes e b) após tratamento.

Conclusões

Os resultados advindos da sismica tratada, neste trabalho, e seus atributos apresentam melhorias no que diz respeito a imagens sísmicas com melhor razão sinal/ruído, resolução e continuidade dos eventos sísmicos. O emprego do tratamento de dados sísmicos pós-empilhados via balanceamento espectral e remoção de ruídos mostrou-se efetivo e promissor. Além disso, o ganho de qualidade nos sinais da sismica proporcionou aumento na qualidade dos respectivos atributos sísmicos instantâneos, contribuindo, assim, para um fornecimento de melhores informações aos intérpretes.

Agradecimentos

À CAPES pelo apoio e incentivo à pesquisa, ao LAMCE - Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia, ao Lab2M - Laboratório Multidisciplinar de Modelagem, à COPPE/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia e à própria Universidade Federal do Rio de Janeiro pela infraestrutura cedida para a realização de estudos laboratoriais. À dGB Earth Sciences por disponibilizar licença acadêmica do *software* OpendTect e os dados para esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

AKI, K., RICHARDS, P. G. **Quantitative Seismology, Theory and Methods**. San Francisco: Freeman, 1980.

FRANCELINO, A. V. M., ANTUNES, A.F. **Applying filters and seismic attributes for enhancing faults in the 3D seismic survey of Alto de Siririzinho (Sergipe-Alagoas Basin, Northeast Brazil)**. Revista Brasileira de Geofísica (Impresso), v. 31, p. 109-123, 2013.

MENESES, A. R. A. S. **Estudo teórico de atributos sísmicos em dados sísmicos de reflexão**. Salvador: Monografia - Universidade Federal da Bahia, 2010.

MOHAN, R., VISHNOI, D. K., MOHAPATRA, S., SINGH, V. P., MANDAL, A. C., SINHA, D. P.. **Analysis on Effectiveness of Spectral Balancing in Signal Enhancement - A Case Study**. 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics, p. 252-257, Hyderabad, 2010.

TANER, M. T., KOEHLER F., SHERIFF, R. E. **Complex seismic trace analysis**. Geophysics, 44, 1041-1063, 1979.

WHITE, R. E. **Properties of instantaneous seismic attributes**. Geophysics: The Leading Edge Of Exploration, 1991.