



Aplicação da decomposição espectral em campo cretáceo da bacia de campos, análise e comparação de metodologias.

Julio Cesar Ramos Justen, Mauren Paola Ruthner, Carlos Rodriguez Suarez e Flaviana de Almeida Costa – PETROBRAS
Marcio Spinola – LANDMARK GRAPHICS

Copyright 2005, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The Spectral decomposition has been used widely in a on seismic interpretation. Because of this, many companies developed themselves algorithms for application of the spectral decomposition technique.

This work shows the applications and results of four methodologies based on spectral decomposition, that is the technique proposed initially by Partyka *et al.* (1999) .

These methodologies were applied on oilfield placed in the continental margin of the Campos basin, offshore Brazil.

Introdução

A técnica da decomposição espectral vem sendo amplamente utilizada no auxílio à interpretação geológica dos dados sísmicos. A relação entre a frequência e a espessura temporal apresentada pelos trabalhos iniciais de Partyka *et al.* (1999) pode auxiliar no entendimento das de feições deposicionais e/ou diagenéticas, descontinuidades e compartimentações dos reservatórios, revelando feições estratigráficas e estruturais não observáveis em outros tipos de análise sinal sísmico.

O presente trabalho descreve a aplicação e comparação de diversas metodologias de decomposição espectral em um campo com reservatórios de idade cretácea da bacia de Campos, Brasil. Este campo é caracterizado por espessos corpos arenosos distribuídos em três grandes zonas que, de forma geral, mostram a migração de um sistema mais restrito e controlado nas duas zonas basais para um sistema mais espreado na zona superior. Serão apresentados resultados relacionados à zona superior, referente à aplicação de quatro metodologias distintas.

Teoria e metodologia

A metodologia desenvolvida por Greg Partyka e James Gridley (1999), na British Petroleum consiste na análise

de um pequeno intervalo de tempo do traço sísmico no domínio da frequência, através da transformada discreta de Fourier. É guardada uma relação inversa entre a frequência e a espessura temporal de uma camada fina e homogênea (figura 1). Variações no tamanho do intervalo de tempo acarretam modificações no espectro de amplitude. Intervalos longos tendem a englobar várias camadas estratigráficas que estatisticamente apresentam um comportamento aleatório dos coeficientes de reflexão, tendendo para um espectro de amplitude plano. Em intervalos curtos, os coeficientes de reflexão deixam de apresentar este comportamento aleatório. Partyka *et al.* (1999) sugere que a análise seja feita em cubos de interferência (*tunning cube*), em fatias de mesma frequência (figura 2).

Neste trabalho utilizamos quatro metodologias:

- SpecDecomp® – OpenWorks - Landmark inc.
- SpecdecompInteractive® – GeoProbe –Landmark inc.
- Spectral Decomposition – OpenDtect – DGB inc.
- Transformada S – implementação interna – Petrobras.

As quatro metodologias seguem as formulações propostas por Partyka *et al.* (1999). A transformada discreta de Fourier é utilizada para transformação do domínio do tempo para o domínio da frequência. Para tal, é definida uma janela de tempo constante para a análise. Nesse ponto, a metodologia da transformada S difere das outras, pois utiliza uma janela de tempo variante com a frequência, garantindo que o período referente frequência em análise estará sempre contido no comprimento da janela de tempo. Nas outras metodologias, a janela é completada com zeros para manter a relação frequência-comprimento de onda.

A partir dos espectros de amplitude gerados pela análise no domínio da frequência, são criados os cubos de interferência (*tunning cube*), onde determinadas faixas de frequência podem ressaltar feições geológicas e estratigráficas distintas. Frequências mais baixas tendem a ressaltar espessuras maiores, como eixos de canais arenosos, enquanto que frequências maiores estão relacionadas a camadas mais delgadas, como bordas de canais. Feições estruturais como falhas, por serem incoerentes em todas as faixas de frequência, também podem ser mapeadas nos cubos de interferência.

Por estarem inseridas em *softwares* de visualização 3D, as rotinas de decomposição espectral dos aplicativos *GeoProbe* e *OpenDtect* são aplicadas em dados quantizados em paletas de 8 bits (256 valores possíveis). Durante o desenvolvimento do estudo, observamos que em uma quantização com parâmetros corretos essa limitação não afeta o método.

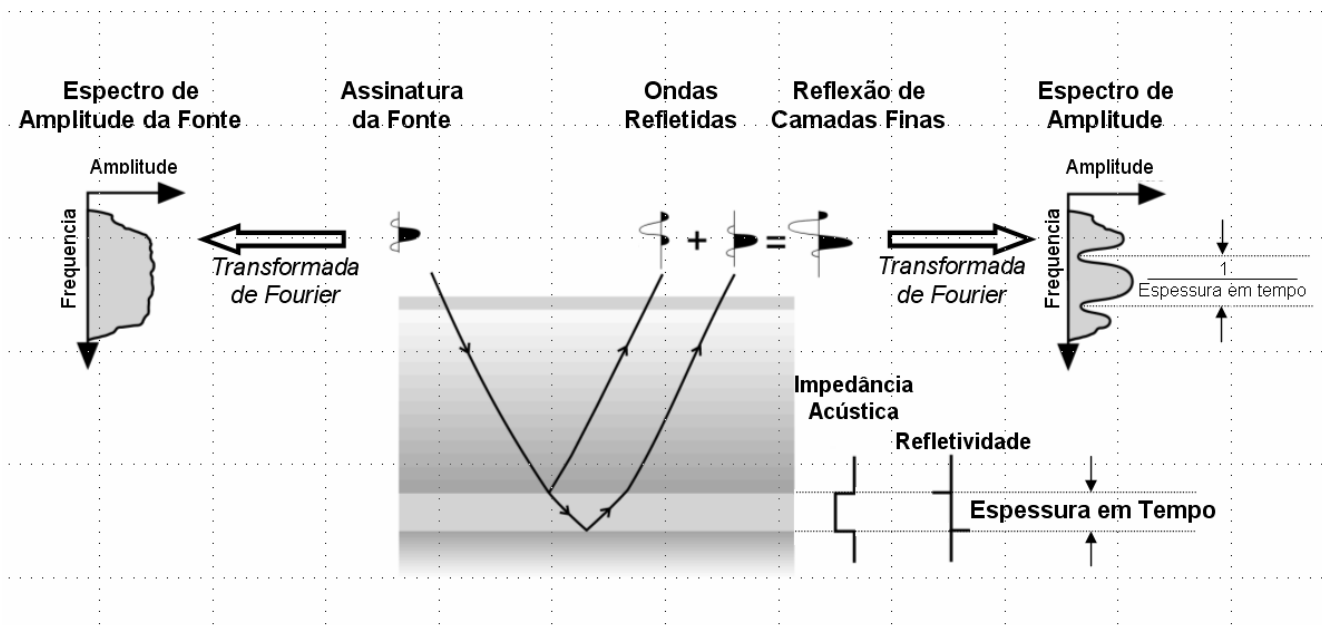


Figura 1 – Espectro de amplitude de uma camada fina e homogênea, modificado de Partyka *et al.* (1999).

As rotinas desenvolvidas pela *Landmark* e *DGB* utilizam horizontes estratigráficos como guias para a análise da decomposição espectral. A janela de tempo é definida a partir desse horizonte, abrangendo amostras acima e/ou abaixo do mesmo. O método da transformada S foi implementado para gerar cubos de iso-freqüência, onde a janela de análise percorre todo o traço sísmico. O método *SpecDecomp* da *Landmark* também permite a geração de cubos de freqüência única, usando-se o módulo *Volume Recon*. Em todas as metodologias, a análise é feita traço a traço.

Parametrização e resultados

As metodologias foram aplicadas em um campo da Bacia de Campos cujos reservatórios são de idade cretácea. Esses reservatórios se apresentam em três zonas arenosas, sendo as duas zonas inferiores com as maiores espessuras de areia. De forma geral, esse reservatório pode ser interpretado como uma transição de feições mais canalizadas na zona basal para feições mais espalhadas, como lobos, na zona superior. Este trabalho mostra os resultados referentes à zona superior, onde a freqüência preservada no dado sísmico é ligeiramente maior.

No aplicativo *SpecDecomp* da *Landmark*, o módulo *Tuning Cube* é o responsável pela execução da rotina de decomposição espectral. Nesse módulo, o usuário informa o dado sísmico de entrada, o horizonte guia e a janela de análise. Na opção de método de análise do espectro de amplitude, utilizou-se a transformada discreta de Fourier. A análise é feita no pequeno volume definido pelo horizonte e pela janela de tempo escolhida. No final, o resultado é apresentado na forma de fatias de mesma freqüência (cubo de interferência).

A aplicação desse método na zona superior apresentou resultados interessantes, sendo observadas feições canalizadas e de extravasamento. A figura 2 apresenta duas fatias de freqüência resultantes da análise feita com janela 100ms centrada no horizonte referente ao topo da zona superior. As feições canalizadas que aparecem na região central das figuras se apresentam de forma diferente para cada uma das fatias, indicando uma possível relação entre a espessura e a freqüência. Na fatia de 25 Hz (figura 2B), a análise parece indicar a presença de dois braços de canal se cortando no centro da figura, enquanto que na fatia de 5Hz (figura 2A), apenas uma feição típica de corte e preenchimento é observada. Segundo a teoria proposta por Partyka *et al.* (1999), a fatia de 25 Hz estaria imageando melhor as feições menos espessas, se comparada à fatia de 5 Hz.

Outros dois módulos fazem parte do pacote *SpecDecomp: Volume Recon* e *Tuning Mapper*. O primeiro é utilizado para gerar volumes de freqüência única, utilizando o mesmo algoritmo da decomposição espectral, enquanto que o último é utilizado para composições de imagem para serem visualizadas em outros aplicativos *Landmark*.

O software de visualização 3D *GeoProbe*, da *Landmark*, também possui um módulo interno de análise de decomposição espectral. O algoritmo é semelhante ao existente no *SpecDecomp*, sendo, no entanto, necessário que se defina o horizonte guia e a janela de análise. A diferença em relação à metodologia anterior está relacionada ao dado sísmico de entrada: no aplicativo *SpecDecomp* o dado sísmico será analisado na precisão de carregamento do dado (32 bits normalmente), enquanto que no *GeoProbe*, o dado é transformado para uma escala de 8 bits.

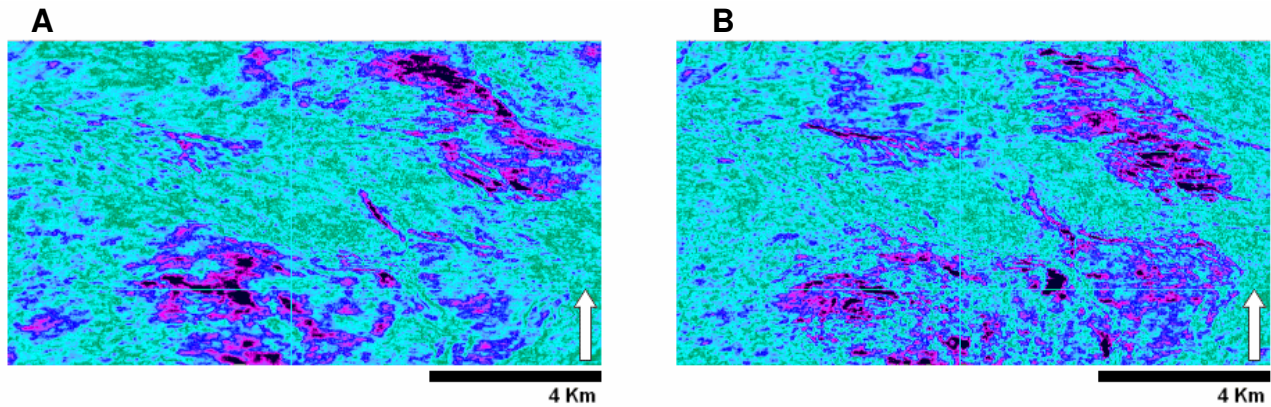


Figura 2 – Resultado da decomposição espectral no modulo *SPECDECOMP TM.* da *LANDMARK*. Janela de tempo de 100ms centrada. A) Fatia de 5 Hz; B) Fatia de 25 Hz. Podemos observar feições típicas de corte e preenchimento.

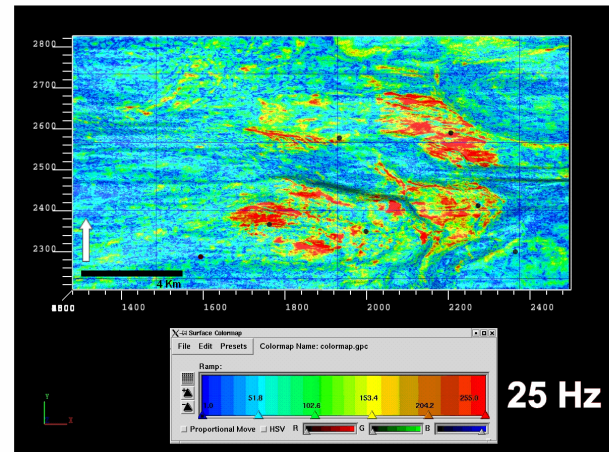
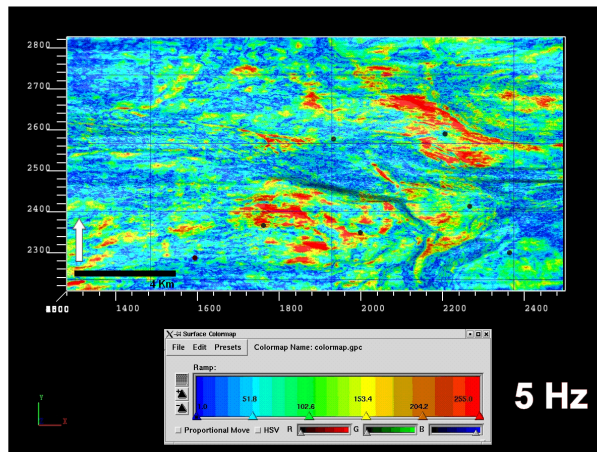


Figura 3 – Resultado da decomposição espectral, modulo interno do *GeoProbe*. Janela de tempo de 100ms centrada. Resultado semelhante à análise anterior.

De fato, ao aplicarmos esta metodologia na zona superior, o resultado foi muito semelhante ao obtido na análise anterior (figura 3). Foram utilizados os mesmos 100ms de janela de tempo e o mesmo horizonte guia (topo da zona superior). Novamente se observam as feições canalizadas e de preenchimento, com respostas distintas em cada uma das fatias de frequência. Aqui fica claro a importância da escolha de uma correta escala de cor a fim de ressaltar eventos especiais. A vantagem desse método frente ao anterior está no fato de estar implementado num *software* de visualização, conjugando o ambiente de análise e interpretação. Dessa forma, pode-se variar os parâmetros de entrada e analisar os Outro método analisado que segue a proposição inicial de Partyka *et al.* (1999) está implementado no *software OpenDtect*, desenvolvido pela *DGB* e distribuído na categoria de *software* livre. Assim como o *GeoProbe*, o *OpenDtect* é um aplicativo de visualização 3D. Novamente o dado de entrada é decimado para a escala de 8 bits. Como nos métodos anteriores, é necessário

que se defina a janela de tempo e o horizonte guia. A vantagem desse método, assim como no *GeoProbe*, está na implementação da rotina no ambiente de interpretação.

A transformada S completa as metodologias analisadas. Desenvolvida por Stockwell *et al.* (1996), permite que se obtenha uma representação local do espectro de frequência do sinal. Diferentemente dos métodos anteriores, a janela de tempo é variante com a frequência, garantindo que o período referente à frequência de análise esteja contido na janela de tempo. Esse método foi implementado internamente na Petrobras (Ruthner, 2004) de forma a analisar volumetricamente o dado, gerando volumes de frequência única. Nesse ponto o horizonte guia não é necessário. O dado pode ser analisado em seções (figura 4) ou através de cubos de interferência a partir dos horizontes extraídos de cada um dos cubos de frequência. Quando analisados qualitativamente, os

resultados são muito semelhantes às metodologias anteriores (figura 5); Podemos notar que as feições de corte e preenchimento também estão presentes.

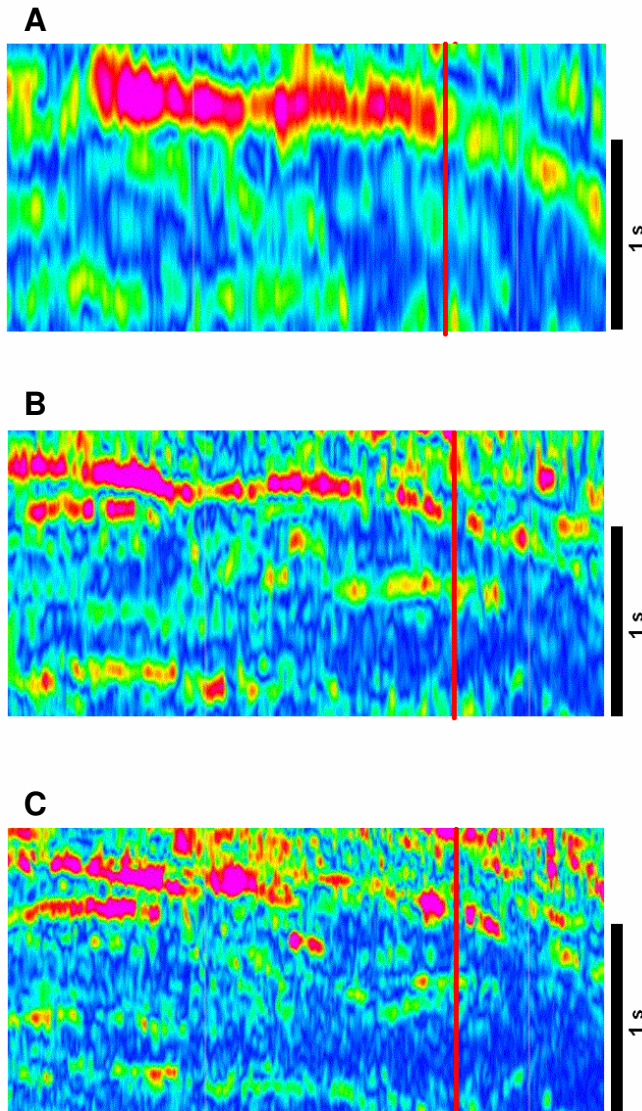


Figura 4 – Transformada S. Seções EW. A) Seção resultante da análise da transformada S para a frequência de 10Hz; B) Seção resultante da análise da transformada S para a frequência de 20Hz; C) Seção resultante da análise da transformada S para a frequência de 30Hz. O traço vermelho representa um poço do campo.

Considerações finais

Vários são os fatores que influenciam no resultado da decomposição espectral: qualidade do dado sísmico, relação sinal/ruído, escolha e correto mapeamento do horizonte guia, bem como uma janela de tempo coerente com o evento a ser analisado, entre outros. A Petrobras desenvolveu métodos internos de processamento que

visam a aumentar o conteúdo de frequência do dado sísmico. Neste trabalho, utilizamos para efeito de comparação, dois volumes sísmicos: o primeiro baseado no fluxo padrão de processamento sísmico da empresa e o segundo utilizando a etapa de recuperação de frequência. Os resultados foram semelhantes (figura 6) na faixa de frequência que analisamos (5-70 Hz). Porém, estudos mais aprofundados são necessários.

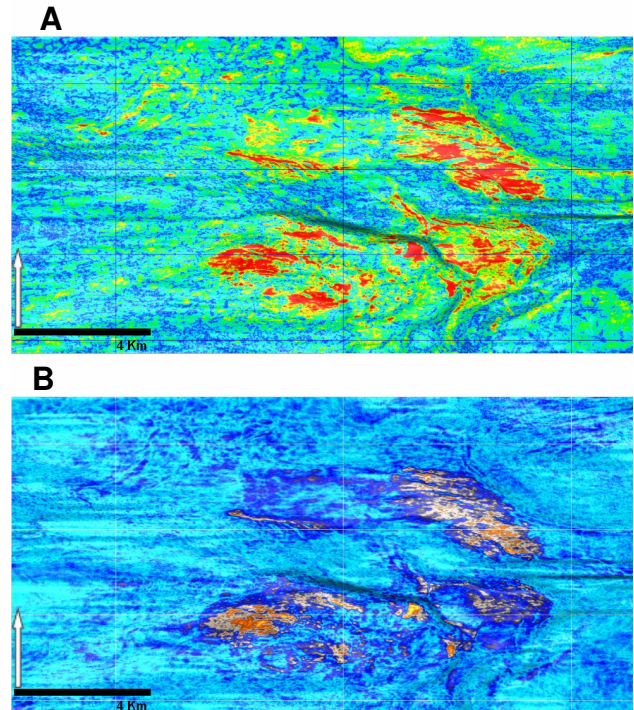


Figura 5 – Comparação entre o resultado obtido pela aplicação da técnica da decomposição espectral e o resultado da análise pela Transformada S. A) Decomposição espectral, GeoProbe 25Hz; B) Transformada S 25Hz.

Ao final das análises, os resultados das quatro metodologias foram semelhantes quando analisados qualitativamente, o que já era esperado, uma vez que as metodologias seguem a proposta inicial de Partyka *et al.* (1999), com algumas modificações na metodologia da Transformada S. As principais diferenças estão mais relacionadas à implementação da rotina do que ao algoritmo em si.

Por fim, novos estudos em outras áreas da Bacia de Campos onde a frequência sísmica preservada for maior, bem como em regiões que apresentem sistemas mais canalizados, podem trazer novas informações a este breve estudo de comparação de metodologias, ficando como sugestão para trabalhos futuros.

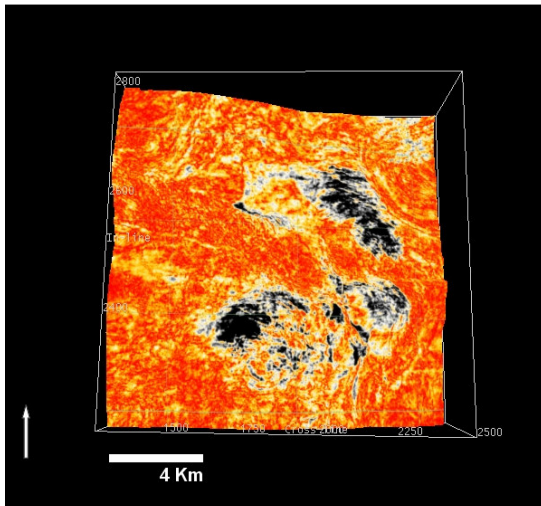
Agradecimentos

Agradecemos à Petrobras pela permissão da publicação deste trabalho e ao geólogo Cristiano Leite Sombra

responsável pelo projeto de pesquisa que originou este trabalho.

Ruthner, M.P., 2004 Aplicação da transformada S na decomposição espectral de dados sísmicos. 84 f. Tese de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de informática.

A



B

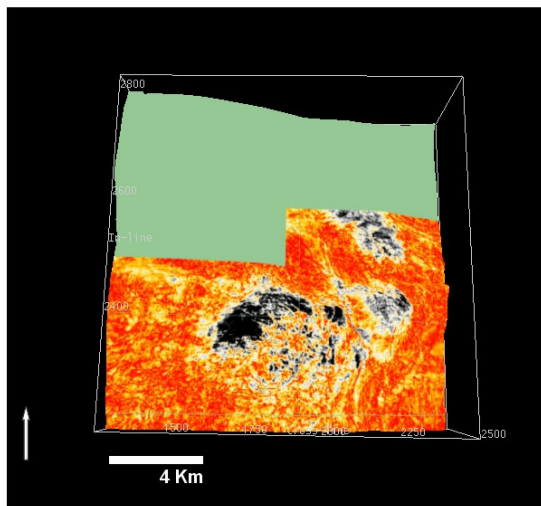


Figura 6 – Decomposição espectral OpenDtect. Fatias de frequência igual a 25 Hz. A) Dado sísmico com processamento convencional; B) Dado sísmico com recuperação de frequência. Janela de tempo de 100ms.

Referencias Bibliográfica

Partyka, G.; Gridley, J.; Lopez, John., 1999 Interpretational Applications of Spectral Decomposition. The Leading Edge, vol 18, No. 3, pp. 353-360.

Stockwell, R.G.; Mansinha, L.; Lowe, R.P., 1996 Localizaion of he Complex Spectrum: The S transform. IEE Paper: Trans. Signal Processing, vol. 44, pp. 998-1001.