



Atributos sísmicos usando Matching Pursuit en la detección de gas.

Gerardo Ronquillo J., Nikolai Kouzoub Instituto Mexicano del Petróleo/México

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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.

Resumen

En el presente artículo se propone atributos sísmicos complementarios usando el algoritmo de Matching Pursuit de s - escala (la duración), - β regularidad (el grado de derivación fraccionaria o integración) y d - la dirección (causal o anticausal). Estos parámetros, nosotros los consideramos como los atributos adicionales de traza sísmica, así como los obtenidos con la Transformada ondicular continua (CWT) inversa que fue la pseudo impedancia acústica. Donde se exploró dos versiones de selección de átomos base (prototipo) para la presentación del diccionario: a) Bases ondulares básicas analíticas sobre derivadas de segundo orden (o de orden más alto) de la función de probabilidad de Gauss - no adaptable al diccionario y b) Recuperación del prototipo de la sección sísmica misma - se adapta al diccionario. Sin embargo en el presente estudio solo se considero para el caso de la versión a).

Los resultados de los atributos sísmicos propuestos fueron validados con análisis AVO para la detección directa de hidrocarburos.

Introducción

En el análisis y procesamiento de datos sísmicos se usa la Transformada Ondicular Continua (CWT) Morlet et al (1982), Herrmann, F., et al., (2001); Herrmann, F., (1997). Así como también la Transforma Ondicular Discreta (DWT). Una de las ventajas de la DWT es que es numéricamente más eficiente que CWT. Una importante aportación fue La relación entre las ondículas y la codificación de subbandas que fue reportada por Mallat (1989). Así como Daubechies, que da los fundamentos de las bases ortonormales en su forma discreta para la Transformada Ondicular (WT) (1988,1990,1992 y 1993). En el análisis de sísmica de reflexión, están los trabajos de Cohen and Chen (1993), en los problemas de inversión Li et al., (1996), para análisis multiescala de AVA Wapenaar (1997), y para los problemas de filtrado antes y después de apilar Faqui et al., (1995). Por otro lado Deighan and Watts (1997), efectúa investigaciones de caracterización de formas de onda en los registros acústicos de pozo y Gao et al., (1989) desarrolla el método para estimar los atributos de amplitud, fase y frecuencia instantánea usando (CWT).

Sin embargo actualmente en el análisis y procesamiento de señales, se están usando otro tipo de algoritmos, por ejemplo los algoritmos de Matching Pursuit (MP), que es una clase de generalización de la WT, donde la descomposición de la señal debe ser realizada sobre elementos (átomos) desde algún grupo (diccionario) de elementos definidos únicos Davis (1994) y Mallat (1999). Por lo tanto el enfoque de este artículo es usar el algoritmo de MP(1D y 2D), para estimar los parámetros de escala (duración), regularidad (grado de la derivación fraccional o integración) y dirección (casual o anticausal). Estos parámetros nosotros los consideramos como atributos adicionales de la traza sísmica. Así como también para el aumento de resolución en los datos sísmicos. Al mismo tiempo presentamos la estimación de la pseudo impedancia acústica empleando CWT inversa

Se presentan resultados preliminares con base en el software desarrollado Monoscale Seismic Data Analyzer MP (Nikolai Kouzoub y Gerardo Ronquillo (2002), donde se exploró dos versiones de selección de átomos base (prototipo) para la presentación del diccionario: a) Bases ondulares básicas analíticas sobre derivadas de segundo orden (o de orden más alto) de la función de probabilidad de Gauss - no adaptable al diccionario y b) Recuperación del prototipo de la sección sísmica misma - se adapta al diccionario. Por lo tanto se presenta las bases básicas del método y aplicaciones a datos reales en la detección de gas, correlacionando y validando los resultados con atributos sísmicos de AVO. Para el caso de la versión a).

Atributos sísmicos usando MP

El modelo estándar de la sección sísmica, es el modelo de cambio de la impedancia sobre una frontera entre dos capas. Actualmente se ha observado sobre los registros geofísicos de pozo, que la función de impedancia es más compleja que el modelo de bloque simplificado (Herrmann, 1997), por lo que este modelo complejo de la función de la impedancia, relacionada con la profundidad, se describe bastante bien por un multifractal, donde la impedancia o sus derivadas tienen una singularidad en cada punto. La forma concreta de las curvas de los registros geofísicos de pozo se acepta por un promedio de multifractales sobre la escala de las mediciones de la sonda. El modelo más complejo de la impedancia es el que consiste de un grupo de transiciones generalizadas entre capas, que son descritas por las siguientes fórmulas (Herrmann, et al, 2001)

$$\chi_+^\beta(z) = \begin{cases} 0 & z \leq 0 \\ \frac{z^\beta}{\Gamma(\beta+1)} & z > 0 \end{cases} \text{ transición causal (1)}$$

$$\chi_{-}^{\beta}(z) = \begin{cases} \frac{-z^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} & z < 0 \\ 0 & z \geq 0 \end{cases} \text{ transición anticausal}$$

Donde el parámetro β caracteriza el si llamado regularidad de transición, y \pm indican la dirección de transición. El cambio de la impedancia puede ser presentado como

$$f(z) = \tilde{f}(z)[1 + \Delta f(z)]$$

$$\Delta f(z) = c_{-}\chi_{-}^{\beta}(z - z_0) + c_{+}\chi_{+}^{\beta}(z - z_0) \quad (2)$$

El valor de $\beta = 0$, es para conocer el modelo de bloque estándar. Para el otro valor de β los coeficientes de reflexión cumplen con la dependencia con el tiempo. Un ejemplo de acercamiento similar, es que se usa para la simulación de propagación de ondas electromagnéticas en medios absorbentes.

En la estimación de parámetros de regularidad sobre los datos de registros de pozo con CWT es exitosamente usada. El parámetro de regularidad de transición es directamente conectado a la rapidez de cambio del modulo de CWT, a lo largo de la línea del modulo máximo, conectado al punto de transición. Las aplicaciones exitosas de CWT en los datos de los registros de pozo, es estipulado por hecho, que los datos de los registros contienen medidas con grandes rangos en la escala - de la longitud de la sonda a la longitud total de una curva del registro.

En el caso de los levantamientos de reflexión sísmica los acercamientos con CWT no es recomendable debido a la banda limitada de frecuencias del espectro del pulso sísmico. Dado que en alguna aproximación de la traza sísmica misma, es una parte de WT, tomado solamente sobre una escala del impulso sísmico, que es la misma ondícula analizada. El proceso de reflexión se describe por la convolución de un impulso sísmico con coeficiente de la reflexión, que son dependientes con el tiempo, los resultados son derivación fraccionaria ($\beta < 0$) o la integración fraccionaria ($\beta > 0$) del impulso de la reflexión. En este caso en la estimación de una regularidad se han propuesto otros acercamientos, más interesante, uno de ellos, según nuestra opinión, es el método que se basa en el algoritmo de Matching Pursuit (MP) (Davis, 1994.; Mallat, 1999), que es una clase de generalización de la WT, donde la descomposición de la señal, se realiza por medio de elementos (átomos) desde algún grupo o serie (diccionario) de elementos definidos únicos $\gamma_{a,b,\dots,t}$, donde los parámetros a, b, \dots caracterizan la forma y duración del átomo, y t - su posición en tiempo.

Uno de los objetivos de las aplicaciones principales de MP es la selección del diccionario, el cuál fue la mejor

adaptación para el análisis de la señal. En nuestro trabajo nosotros hemos explorado dos versiones de selección de las bases del átomo (el prototipo) para el diseño del diccionario: a) bases ondulares básicas analíticas sobre derivadas de segundo orden o de mayor orden de la probabilidad de Gauss - no se adapta al diccionario, y b) .) Recuperación del prototipo de la sección sísmica misma - se adapta al diccionario. La justificación de la primera selección es basada, durante el procesamiento que a menudo es una corrección de la fase cero de la firma o característica del impulso sísmico que es aplicado. Sin embargo solo, se presenta aplicaciones a datos reales en la detección de gas, correlacionando y validando los resultados con atributos sísmicos de AVO. Para el caso de la versión a). Los átomos del diccionario $\gamma_{s,\beta,d}(t)$ son caracterizados por tres parámetros s - escala (la duración), β regularidad (el grado de derivación fraccionaria o integración) y d - la dirección (causal o anticausal). Estos parámetros, nosotros los consideramos como los atributos adicionales de traza sísmica. El rango de escalas fue seleccionado, con la reserva de cubrir la banda de frecuencia de la señal, y rango de regularidad y dirección de la muestra.

Resultados en la detección de gas

Los datos sísmicos utilizados para la estimación de los atributos sísmicos de escala, regularidad, dirección y pseudo impedancia acústica y AVO fueron aplicando procesos sísmicos enfocados a preservar la amplitud y la regularización de trazas a distancias fuente receptores constantes, utilizando migración en tiempo antes de apilar.

El MP y la CWT inversa se aplico en la Inline 1 y Xline 2, donde se localiza el pozo 1, la zona de interés se encuentra a una profundidad de 2010 metros y comprende tres zonas que incluye el intervalo productor localizado a la profundidad de 1908 a 1923 metros. En la **Figura 1** se presentan los resultados integrados de la Inline 1, sobre la localidad del pozo 1, respectivamente. En la integración de los resultados, mostrados el uso MP y CWT inversa y los atributos propuestos son los de s - escala (la duración), β regularidad (el grado de derivación fraccionaria o integración) y d - la dirección (causal o anticausal) y pseudo impedancia acústica, reflectividad, AVO (P x G) y "Crossplot" y "Crosseccion".

El análisis de los resultados demuestra y validan que los atributos propuestos que son una herramienta novedosa para detección directa de gas. En la sección sísmica original a), se aprecia que la procesada con MP se tiene mayor resolución sísmica b). Con respecto a los atributos de descomposición atómica de c) amplitud; d) regularidad; e) escala; f) dirección, se muestra y se remarca claramente la zona de la anomalía sísmica de interés con contenido de gas, así mismo para la pseudo impedancia acústica con CWT inversa g) se logro aislar sola la anomalía sísmica de importancia, validando los resultados anteriores con el análisis de las secciones de

los atributos AVO de relación de Poisson escalado y el producto AVO (P^*G) en la dirección Inline 1, en h) se observa una buena definición y extensión de la anomalía AVO asociada al intervalo productor del pozo 1, sobre todo en la de P^*G , que se despliega de una forma más clara, la definición del cuerpo de arena con gas. Para Análisis "Crossplot" y "Crosseccion" i) y j) a partir del producto de $P \times G$ anterior para el intervalo productor del pozo 1. y como resultado se pueden definir tres tendencias que corresponden a la elipse gris para una respuesta de la interfase arena-húmeda-lutitas, la elipse amarilla y azul que agrupan a las muestras que caen fuera a dicha tendencia, y que corresponde a la cima y la base de la arena con gas. La sección de Crosseccion se define una anomalía muy pequeña sobre la localidad del pozo 1. En referencia a la similitud de este análisis AVO con el obtenido en los atributos de escala, regularidad, dirección reflectividad y pseudo impedancia acústica se confirma la utilidad de la tecnología propuesta, como indicadores de hidrocarburos.

Conclusiones

Los atributos sísmicos complementarios propuestos de s - escala (la duración), β regularidad (el grado de derivación fraccionaria o integración) y d - la dirección (causal o anticausal), nosotros los consideramos como los atributos adicionales de traza sísmica, así como los obtenidos con la CWT inversa. Estos son una herramienta más para el análisis de datos sísmicos en la exploración delimitación y caracterización de yacimientos petroleros.

Los resultados integrados de los atributos propuestos con AVO validan la importancia del uso del MP y la CWT inversa.

Se puede finalizar, que el uso de la descomposición atómica se aplica en el incremento de la resolución vertical de la sección sísmica, estimación petrofísica entre otros.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento al Instituto Mexicano del Petróleo del programa de Yacimientos Naturalmente Fracturados (YNF) por facilidades de desarrollar el presente estudio en el proyecto D.02103.

Referencias

- Cohen, J.K., and T. Chen, 1993, Fundamentals of the wavelet transform for seismic data processing, Tech. Rep. CWP-130, Center for wave Phenomena, Colorado School of Mines.
- Daubechies, I., 1988, Orthonormal bases of compactly supported wavelets, Comm. in Pure Appl. Math., 41, 909-906.
- Daubechies, I., 1990, The wavelet transform time-frequency localization and signal analysis, IEEE Trans. Inf. Theory, 36, 961-1005.
- Daubechies, I., 1992, Ten lectures on wavelets, Soc. for Ind. and Appl. Math., Philadelphia, Pa., pp. 357.
- Daubechies, I., 1993, Wavelet transform and orthonormal wavelet bases, Proceeding of Symposia in Applied Mathematics, Vol. 47.

- Deighan, A. and D. Watts, 1997, Ground roll suppression using the wavelet transform, Geophysics, 62, 1896-1903.
- Faqui, L., Nurul-Kabir, M.M. and D.J. Verschuur, 1995, Seismic processing using the wavelet transform and the Radon transform, Journal of Seismic Exploration, 4, 375-390.
- F.J Herrmann, 1997, A scaling medium representation, a discussion on well - logs, fractals and waves. PhD thesis, Delft University of Technology. Delft, Netherlands.
- F.J. W. Lyons, C Stark, 2001. Seismic facies characterization by monoscale analysis. Geoph. Res.Lett., 28(19), pp.3781-3784
- Gao, J., Li, Y., Chen, W., 1998, On the instantaneous attributes of seismic data analysis via wavelet transform. 68th Ann. Intern. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded abstracts, 1084-1087.
- Gao, J., Dong, X., Wang, W., Li, Y., Pan, C., 1999, Instantaneous parameters extraction via wavelet transform. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 37, no. 2, 867-870.
- G, Davis, 1994. Adaptive nonlinear approximation . PhD thesis. Courant Institute of mathematical sciences, New York University.
- Li, X., Sacchi, M. D., Ulrich, T. J., 1996, Wavelet transform inversion with prior scale information. Geophysics. 61, 1379-1385.
- Li, Y., and D. W. Oldenburg, 1997, Fast inversion of large scale magnetic data using wavelets, 67th Ann. Intern. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 490-493.
- Mallat, S., 1989, A theory for multiresolution signal decomposition, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11, 674-693.
- Mallat, S., 1999. Wavelet tour of signal processing. 2d Edition. Academic Press.
- Nikolai Kouzoub y Gerardo Ronquillo J, 2002. Caracterización estática de yacimientos carbonatados usando atributos sísmicos y modela matemático. Proyecto D.1341 programa de YNF: IMP:
- Morlet, J., G. Arens, I. Fargeau, D. Giard, 1982, Wave propagation and sampling theory, Geophysics, 47, 203-236.
- Wapenaar, C.P.A., 1997, Multi-scale AVA analysis, 67th Ann. Intern. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 218-221.

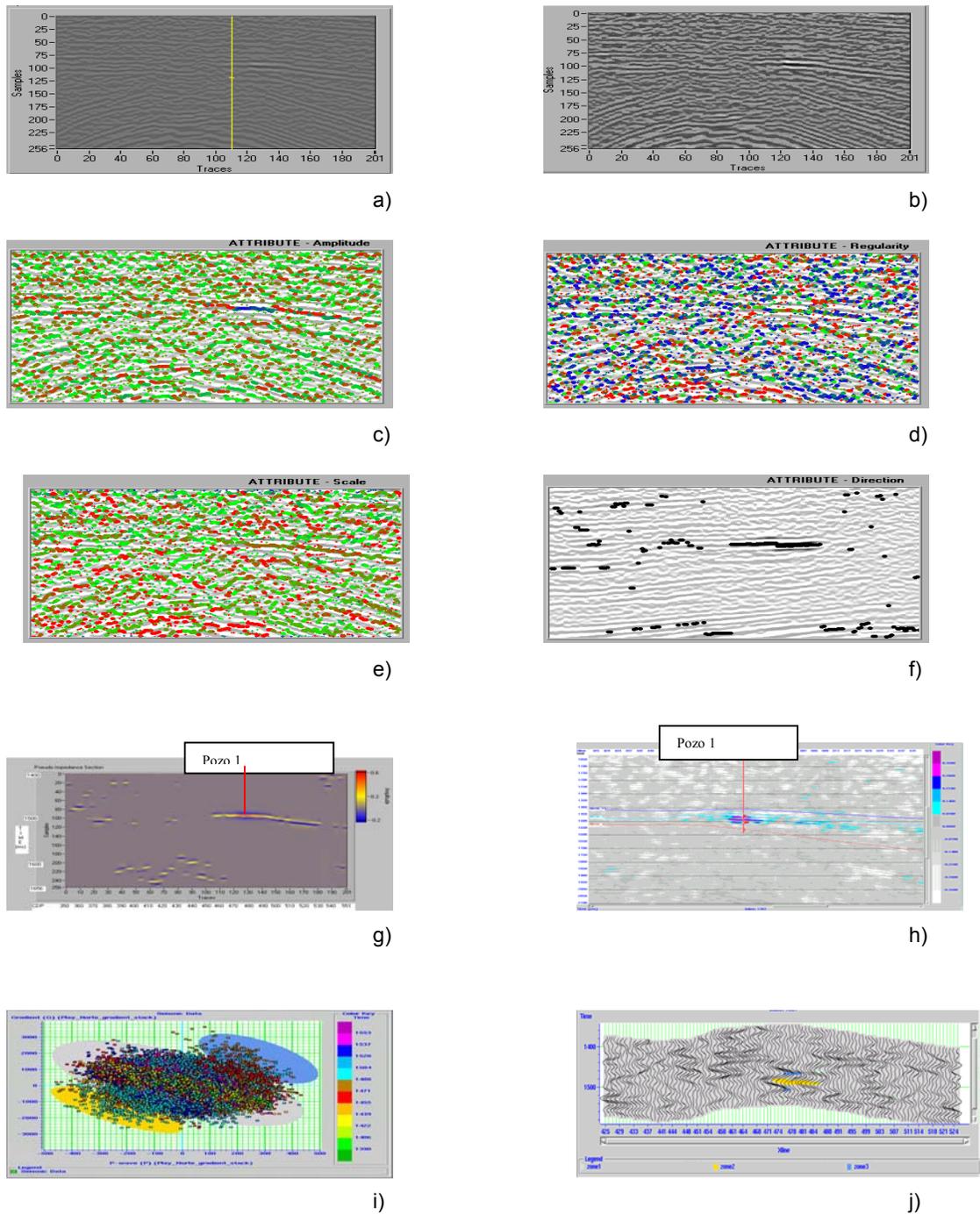


Figura 1. Resultados integrados en Inline 1: a) sección sísmica original; b) sección procesada con MP; c) amplitud; d) regularidad; e) escala; f) dirección; g) pseudo impedancia acústica con CWT inversa; h) AVO PxG; i) y j) Análisis "Crossplot" y "Crosseccion" a partir del producto de P x G anterior para el intervalo productor del pozo 1.