

Filtración vectorial para atenuación del movimiento de suelo

Resumen

Se presenta un método de atenuación de la influencia del movimiento de suelo en datos sísmicos de tres componentes, mediante el uso de filtros adaptativos. Reconociendo que el movimiento de suelo es un movimiento elíptico retrógrado de partículas, la energía llegará en componentes tanto verticales como horizontales a un receptor de tres componentes. Además, la naturaleza polarizada del movimiento de suelo nos permite diferenciarlo de las señales sísmicas y/o de señales de ruido que también se pueden correlacionar a componentes horizontales y verticales. La naturaleza problemática de las señales del movimiento de suelo se deriva de su velocidad lenta combinada con una gran dispersión. Estos factores se combinan para dificultar la eliminación del señales de movimiento de suelo en el procesamiento de datos. La filtración adaptativa permite la aplicación de filtros individuales en cada receptor, utilizando la correlación entre los componentes para identificar y eliminar el ruido con filtros no estacionarios. Como las señales de movimiento de suelo son polarizadas y están limitadas a una banda de frecuencia, se pueden diferenciar de las otras señales recibidas, y estas diferencias se utilizan para calcular filtros de parámetros óptimos. Los resultados de los análisis muestran una reducción significativa de la influencia del movimiento de suelo, independientemente de la separación de las muestras y de la distribución de los receptores.

Introducción

El movimiento de suelo es uno de los tipos de ruido más familiares para un geofísico, y su lentitud de propagación impone estrictos requisitos de separación de muestreo si se desea eliminarlo mediante métodos de filtración tradicional tal como FK. Además, esta lentitud de propagación significa que llega a los receptores al mismo tiempo que las ondas portadoras de información geológica de capas más profundas. Un método tradicional de atenuación del movimiento de suelo es el uso de redes de geófonos, pero las redes sólo son parcialmente eficaces en la eliminación del ruido de movimiento de suelo en una prospección vasta tridimensional 3C acimutal. Además, las redes tienen muchos efectos secundarios tal como generar una respuesta particular de una red para cada señal de origen (emisión), y esto hace más problemática la recepción de anisotropía acimutal a la velocidad de propagación de la señal sísmica. Las redes también aumentan el peso del sistema y reducen la eficiencia operativa en comparación con los receptores de punto único. Esta combinación de factores lleva a una búsqueda de métodos de alternativa para atenuar el ruido del movimiento de suelo y otras formas de ondas espúreas de ruido.

Los filtros de polarización son la categoría amplia de filtros que pueden detectar y separar ruido del movimiento de suelo debido al desplazamiento elíptico de sus partículas. Se han presentado varios filtros de polarización (Tatham, R. H., McCormack, M. D., 1991). Estos han tenido eficiencia limitada debido a la naturaleza dispersiva del movimiento de suelo, además de la invalidación de muchas suposiciones debido a las condiciones geológicas locales. El método descrito aquí intenta superar algunas de estas limitaciones adaptando los coeficientes de nuestro filtro muestra por muestra, a medida que cambia el valor estimado de ruido.

Los sistemas adaptativos por lo general se caracterizan por la capacidad para regular su respuesta en función del tiempo, utilizando un valor estimado dinámico del nivel de ruido (Widrow, B., Stearns, S. D., 1985). El movimiento de suelo se presenta tanto en los componentes verticales como horizontales y tiene características similares en ambos componentes. El proceso descrito aquí aplica filtración en los componentes verticales y radiales. Además de las características similares de amplitud, el movimiento elíptico permite diferenciar el movimiento de suelo de otras formas



de energía (Rene et al., 1986) por su polarización de fase. Esto permite desarrollar un filtro de respuesta variable con el tiempo y con ventana de compensación que reduce el movimiento de suelo estación por estación, sin depender de la separación de muestras ni de la distribución de receptores. El contenido de frecuencia del filtro también puede ser limitado por banda.

Más abajo se presentan los resultados que demuestran la eficacia del filtro en datos de Alberta, Canadá. El método requiere dos pasos. El primero es un diseño de filtro definido por ventanas de aplicación que dependen de la compensación, basadas en las diferencias instantáneas de fase (Rene et al., 1986) entre los componentes verticales y radiales. También se puede seleccionar una banda de frecuencia si así se desea. El segundo paso es aplicar el algoritmo de filtro adaptativo LMS (Widrow, B., Stearns, S. D., 1985) sólo a los datos dentro de la ventana de compensación, estrechando el tiempo de entrada y salida de la ventana.

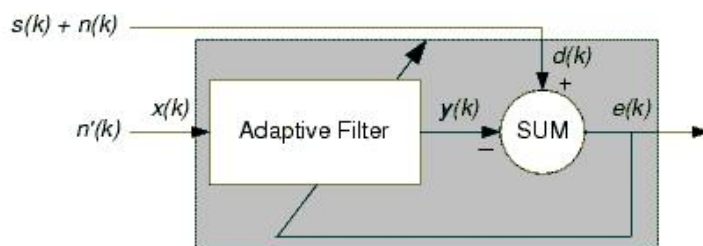
Diseño del filtro

Cuando el movimiento de suelo es de suficiente amplitud para constituir una preocupación en los datos sísmicos, es claramente visible dentro del registro de un disparo como un tren de ondas dispersas de ruido de alta amplitud y baja frecuencia. Sin embargo, hay otros tipos de ondas, como las ondas refractadas de corte puro y las ondas de Love, que pueden llegar casi al mismo tiempo y ser confundidas con ondas de movimiento de suelo. El objetivo del diseño del filtro es aislar el movimiento de suelo con respecto al tiempo y a la frecuencia, para aplicar el filtro sólo a los datos sísmicos claramente influidos por el movimiento de suelo.

La diferenciación del movimiento de suelo se realiza exhibiendo gráficos de diferencia entre la fase instantánea de datos verticales y radiales de una estación individual de tres componentes. La sección de diferencia resultante permite identificar fácilmente el ruido polarizado.

Aplicación del filtro

La aplicación requiere dos señales de entrada, una que contiene la señal y el ruido, y la segunda que contiene el valor estimado del ruido. El filtro se aplica estación por estación. El siguiente gráfico ilustra un filtro adaptativo general.

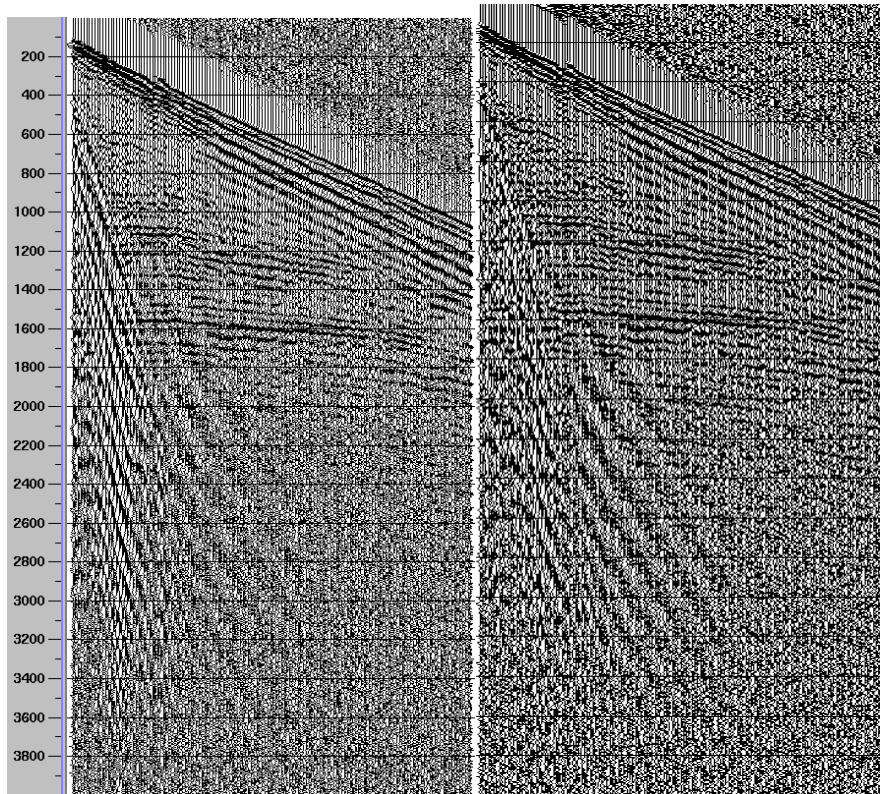


Filtro adaptativo general

La implementación involucra introducir la traza vertical como $s(k) + n(k)$ y la traza radial como $n'(k)$. Además, decidimos limitar la banda del filtro en forma opcional sólo a aquellas frecuencias presentes en el movimiento de suelo.

Resultados

El siguiente gráfico muestra un registro de disparo antes y después de la aplicación del filtro. El filtro sólo se aplica a datos dentro de la ventana especificada por el usuario y sólo con el contenido de frecuencia definido por el usuario.



Registro influido por movimiento de suelo sin filtrar (izquierda) y filtrado (derecha)

Conclusiones

Se pueden diseñar filtros vectoriales adaptativos específicamente para filtrar el movimiento de suelo estación por estación. Sus características favorables incluyen la independencia de la separación de muestras y su capacidad para atenuar sólo las frecuencias deseadas dentro de una ventana que exhibe diferencias de fase uniformes entre los componentes vectoriales. Las desventajas incluyen la considerable intervención del usuario, y su aptitud para aplicarse únicamente a datos de tres componentes (datos vectoriales).