

Programa de la materia

Análisis de Señales en Geofísica

1. **Señales y sistemas:** Muestreo y aliasing. Sistemas lineales invariantes y convolución. Diagrama en bloques. Modelo de la traza sísmica.
2. **La Transformada de Fourier Continua (TF):** Definiciones. Propiedades de la TF. La serie de Fourier y su convergencia. Transformada de Fourier de algunas funciones elementales.
3. **La Transformada de Fourier Discreta (TFD):** derivación a partir del caso continuo. Propiedades de la TFD: periodicidad y simetrías. Muestreo y aliasing. Corrimientos. La Transformada de Fourier Rápida (FFT).
4. **Aplicaciones de la TF:** La serie de Fourier y su convergencia. Relación entre TF y TFD, resolución. Interpolación y decimación.
5. **Sistemas discretos y la transformada Z:** Definiciones. Multiplicación de polinomios y convolución. Factorización en dipolos. Operadores inversos: estabilidad, causalidad y fase mínima.
6. **Las funciones de autocorrelación y correlación cruzada:** Definiciones y usos. El ruido blanco y su autocorrelación. Periodicidades en la función de correlación. Correlación y relación señal-ruido. La transformada inversa del espectro de potencia. Modelo de la traza sísmica con ruido.
7. **Filtros digitales, ceros y polos:** Filtros digitales elementales. Características de amplitud y fase. Filtros de fase cero, de fase lineal y de retardo de fase mínimo. Filtros de realimentación negativa. Estabilidad y causalidad.
8. **Síntesis de filtros via ceros y polos:** Filtros con un solo cero y con un solo polo. Filtro pasatodo dispersivo. Familia de operadores con igual espectro de amplitud. Filtro pasatodo inverso. Recursión. Filtro ranura para filtrar la señal de ± 50 Hz de una traza sísmica. Teorema de retardo de energía de Robinson. La ondícula sísmica.
9. **Principios de filtrado digital:** El filtro pasabanda, pasabajos y pasaaltos. Filtros ranura. Bandas de transición y rizado (ripple). Diseño de filtros digitales: Filtros mediante ventanas. Filtros de Butterworth y de Chebychev.
10. **Filtrado inverso y deconvolución:** Conceptos aplicados al procesamiento de datos sísmicos. Deconvolución exacta y aproximada. Filtros inversos por mínimos cuadrados. Filtro inverso de retardo óptimo. Filtro conformador o Wiener. Performance del filtro. Regularización de

Tikhonov (damping) y la curva “L”. Filtro Wiener y fase mínima: implicancias. El algoritmo de Levinson.

11. **Aplicaciones de la deconvolución:** Objetivos. Hipótesis del modelo convolucional de la traza sísmica. Deconvolución determinista y deconvolución estadística. Caso de las reverberaciones marinas. Deconvolución tipo spike. Preblanqueo. Deconvolución predictiva y eliminación de reflexiones múltiples.
12. **Factorización espectral:** La correlación cruzada, la autocorrelación, la transformada Z y la TF. Factorización espectral mediante el método de las raíces. Causalidad de la exponencial de un sistema causal. Factorización de Kolmogoroff.
13. **Relación entre amplitud y fase:** La Transformada de Hilbert y la señal analítica. La envolvente y otros atributos instantáneos de una traza sísmica. El espectro de una señal real y causal. Fase mínima, Hilbert y Kolmogoroff.
14. **Procesos estocásticos:** Señales determinísticas y procesos aleatorios. Procesos aleatorios estacionarios. Ergodicidad. La autocorrelación y el espectro de potencia. Teorema de descomposición de Wold. El modelo Moving Average (MA) y el modelo autoregresivo (AR). Su relación con la traza sísmica y la deconvolución. El modelo ARMA.
15. **Estimación espectral:** El periodograma y sus propiedades estadísticas: sesgo y varianza. El problema de la resolución estadística. El periodograma modificado y uso de ventanas (Bartlett, Welch, etc.). El método de Blackman-Tukey. El método de Yule-Walker. El principio de máxima entropía y el método de Burg. Conceptos.

Bibliografía

1. Bracewell, R.N. (1978), The Fourier Transform and its Applications, 2nd Ed. McGraw-Hill, New York.
2. Chatfield, C. (1989), The Analysis of Time Series, 4th ed., Chapman and Hall.
3. Claerbout, J., (2004), Earth Sounding Analysis: Processing versus Inversion (<http://sepwww.stanford.edu/sep/prof/>).
4. Karl, J.H. (1989), An Introduction to Digital Signal Processing, Academic Press.
5. Hatton, L., Worthington, M.H. and Makin, J. (1986), Seismic Data Processing: Theory and Practice, Blackwell Scientific Publications.
6. Oppenheim, A.V. and Schafer, R. (1975), Digital Signal Processing, Prentice-Hall.
7. Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., and Flannery, B. (1992), Numerical Recipes in FORTRAN, the Art of Scientific Computation, 2nd. ed., Cambridge University Press.
8. Robinson, E. and Treitel, S. (1980), Geophysical Signal Analysis, Prentice-Hall
9. Robinson, E. and Treitel, S. (2000), Geophysical Signal Analysis, SEG.