



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

ANÁLISIS DE SEÑALES EN GEOFÍSICA

CARRERA: GEOFÍSICA - OPTATIVA PARA LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA.

CARGA HORARIA SEMANAL: 4 HORAS DE TEORÍA Y 4 HORAS DE PRÁCTICA

CARÁCTER: SEMESTRAL

PROFESOR A CARGO: RICARDO C. REBOLLO

OBJETIVOS

La asignatura Análisis de Señales tiene tres objetivos principales. Primero, comprender el proceso de digitalización de las señales analógicas y sus consecuencias. Segundo, introducir al alumno en la representación de las señales digitales, como así también de los sistemas, en particular los sistemas digitales lineales e invariantes. Tercero, caracterizar matemáticamente estos sistemas para operar con señales digitales tanto en el dominio del tiempo, como en el dominio de la frecuencia. Si bien las herramientas matemáticas estudiadas en Análisis de Señales son utilizadas por una gran cantidad de disciplinas técnicas y científicas, incluyendo las ingenierías, las ciencias exactas, la economía, las ciencias naturales; son de amplia aplicación en todas las ramas de la Geofísica, constituyendo un aspecto fundamental en la formación de los profesionales de esta disciplina científica.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. Señales y sistemas: Señales digitales. Rango dinámico. 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). Transformada Coseno Discreta.
4. Aplicaciones de la TF: La serie de Fourier y su convergencia. Relación entre TF y TFD, resolución. Interpolación y decimación. Reconstrucción y Regularización en el dominio de Fourier.
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 vía 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. La Transformada de Fourier Multidimensional: Extensión de la Transformada de Fourier de una a dos dimensiones. Filtrado en dos dimensiones. Filtros de pendientes. Aliasing y de-aliasing. Descomposición en ondas planas. Transformada Coseno 2-D. Generalización a un número arbitrario de dimensiones. Transformada de Fourier Discreta Multidimensional.
15. 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.
16. 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. Blackwell Scientific Publications.
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 Schaffer, 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.
10. Mallat, Stephane (2009), A Wavelet Tour of Signal Processing, The Sparse Way, 3rd. ed., Elsevier Academic Press.


Ricardo REBOLLO