



Posgrado
Facultad de Ingeniería

Carreras: Doctorado en Ingeniería, mención Bioingeniería y Maestría en Ingeniería Biomédica

Curso de Posgrado: Análisis tiempo-frecuencia y descomposición de señales

Carga Horaria: 60 horas

Docente/s a cargo: Dr. Marcelo A. Colominas **Semestre:** 1º - 2019

Características del curso

1. **Carga horaria:** la cantidad de horas reloj: 60 hs
2. **Curso teórico:** curso donde se desarrolla en forma expositiva una temática propia de la disciplina:
3. **Curso teórico-práctico:** curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada: **Teórico-práctico**.
4. **Carácter:** si son del ciclo común o del ciclo electivo: **Electivo**

Programa Analítico de foja: a foja:

Bibliografía de foja: a foja:

Aprobado Resoluciones de Consejos Directivos: **Fecha:**

Modificado/Anulado/ Res. Cs. Ds.: **Fecha:**

Carece de validez sin la certificación del Director/a del Doctorado:



UNER

**Facultad de Ingeniería
Oro Verde, E. R., República Argentina**

PROGRAMA ANALÍTICO

I – Introducción

La necesidad del análisis tiempo-frecuencia. Repaso Transformada de Fourier. Definición. Definición de producto interno. Propiedades de la transformada de Fourier: linealidad, derivación con respecto al tiempo, corrimiento con respecto al tiempo, escalado en el tiempo, derivación con respecto a la frecuencia, corrimiento con respecto a la frecuencia. Identidad de Plancherel. Convolución en el tiempo. Convolución en la frecuencia. Identidad de Parseval.

II – Frecuencia Instantánea

Definición de frecuencia instantánea. Método de la señal analítica. Transformada de Hilbert. Limitaciones. Teoremas de Bedrosian y de Nuttall.

III – Transformada de Fourier de tiempo corto (STFT)

Definición. Transformada de Fourier de tiempo corto clásica y modificada. Interpretación en el dominio temporal. Interpretación como banco de filtros. Reconstrucción clásica y vertical. Estimación de frecuencia instantánea. Espectrograma. Cantidades marginales. Principio de incertidumbre. Elección de la ventana.

IV – Transformada ondita continua (CWT)

Definición. Transformada ondita continua con distintas normalizaciones. Opciones para el eje de escalas. Reconstrucción clásica y vertical. Interpretación en el dominio temporal. Interpretación como banco de filtros autosimilares. Estimación de escala (frecuencia) instantánea. Escalograma. Cantidades marginales. Principio de incertidumbre. Elección de la ventana.

V – Reassignment y Synchrosqueezing

Dispersión temporal y frecuencial. Reassignment de la STFT. Distintas versiones de los operadores de reassignment. Synchrosqueezing de la STFT e inversión. Synchrosqueezing de la CWT e inversión.

VI – Detección de crestas y extracción de modos

El modelo de señal multicomponente. Detección de crestas: problema de optimización. Solución voraz. Uso del vector de reassignment. Cuencas de atracción. Extracción de modos. Definiciones de dominios mediante ajuste de modelo en plano TF. Limpieza de ruido por umbralado.

VII – Wave Shape Functions

El modelo multicomponente con función de forma de onda. Modelo adaptativo no armónico. Definición de función de forma de onda. Algoritmo de estimación de forma de onda.

VIII – Descomposición empírica en modos

Transformada de Hilbert-Huang. Algoritmos asistidos por ruido. Descomposición empírica en modos por conjuntos (EEMD). Descomposición empírica en modos por conjuntos completa con ruido adaptativo. Aproximaciones a EMD basadas en técnicas de optimización.



Facultad de Ingeniería
Oro Verde, E. R., República Argentina

BIBLIOGRAFIA

- F. Auger, P. Flandrin, Y.T. Lin, S. McLaughlin, S. Meignen, T. Oberlin, & H.T. Wu. "Time-frequency reassignment and synchrosqueezing: An overview". *IEEE Signal Processing Magazine*, 30(6), 32-41. 2013.
- R.G. Baraniuk, P. Flandrin, A.J. Janssen, & O.J. Michel. "Measuring time-frequency information content using the Rényi entropies". *IEEE Transactions on Information theory*, 47(4), 1391-1409. 2001.
- B. Boashash (ed.), *Time-Frequency Signal Analysis and Processing*, Academic Press, 2016.
- R.A. Carmona, W.L. Hwang, & B. Torrèsani. "Characterization of signals by the ridges of their wavelet transforms". *IEEE transactions on signal processing*, 45(10), 2586-2590. 1997.
- L. Cohen, *Time-Frequency Analysis*, Prentice Hall, 1995.
- I. Daubechies, J. Lu, & H.T. Wu, "Synchrosqueezed wavelet transforms: An empirical mode decomposition-like tool". *Applied and computational harmonic analysis*, 30(2), 243-261. 2011.
- P. Flandrin, *Time-Frequency / Time-Scale Analysis*, Academic Press, 1999.
- P. Flandrin, *Explorations in Time-Frequency Analysis*, Cambridge University Press, 2018.
- N.E. Huang & S.S.P. Shen. *Hilbert-Huang Transform and Its Applications*, World Scientific, 2005.
- S. Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, 2009.
- S. Meignen, T. Oberlin, P. Depalle, P. Flandrin, & S. McLaughlin. "Adaptive multimode signal reconstruction from time–frequency representations". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150205. 2016.
- H.T. Wu. "Instantaneous frequency and wave shape functions (I)". *Applied and Computational Harmonic Analysis*, 35(2), 181-199. 2013.
- H.T Wu, H.K. Wu, C.L. Wang, Y.L. Yang, H.W. Wu, H.T. Tsai, & H. H. Chang. "Modeling the pulse signal by wave-shape function and analyzing by synchrosqueezing transform". *PLoS one*, 11(6), e0157135. 2016.



Facultad de Ingeniería

Oro Verde, E. R., República Argentina

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivos Generales:

- Comprender los conceptos fundamentales del análisis tiempo-frecuencia y la descomposición de señales, indagando en las técnicas más recientes.
- Incrementar sus habilidades de pensamiento lógico.
- Afianzar destrezas de resolución creativa de problemas.
- Adquirir el hábito de la actualización bibliográfica permanente en el área.

Objetivos Particulares:

- Comprender los conceptos y métodos del análisis tiempo-frecuencia.
- Adquirir conocimientos elementales en la implementación de los algoritmos en tiempo discreto.
- Desarrollar habilidades para el tratamiento de señales del mundo real.
- Conocer los tópicos más recientes del análisis tiempo-frecuencia.
- Aplicar las herramientas adquiridas al tratamiento de señales discretas en un entorno de programación.

Conocimientos previos requeridos (Si correspondiese).

Álgebra lineal. Cálculo vectorial. Transformada de Fourier. Fundamentos de señales y sistemas. Conocimientos de lenguajes programación.

Fecha tentativa de inicio del dictado y duración del Curso (en semanas).

Cupo de alumnos (cantidades mínima y máxima). Máximo: 10 alumnos.

Lugar: FI- UNER (aula a definir según disponibilidad).

Día(s) y horario(s) tentativo(s) de dictado: Jueves, 14:00 a 18hs.

Fecha de Recuperatorio: A coordinar

Profesores

Docente responsable: **Dr. Marcelo A. Colominas**

Docente(s) colaborador(es):

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Cada alumno deberá presentar todas las guías de trabajos prácticos resueltas de forma individual. Además deberá analizar un artículo científico elegido con la guía del docente. Deberá presentar un informe conteniendo el mencionado análisis y los códigos de los algoritmos implementados, así como también reproducir los resultados alcanzados en el artículo. Este trabajo deberá ser expuesto y defendido en una clase pública.

Se exigirá la resolución de un examen final escrito que abarcará los conceptos teóricos vertidos en el curso, y ejercicios prácticos que deberán resolverse en el transcurso de un tiempo máximo de 3 horas. En caso de ser necesaria, se contemplará una única instancia de recuperación.

Infraestructura necesaria: Pizarra y cañón proyector. PC o notebook con Matlab u Octave por cada dos alumnos.

Cronograma del curso:

El curso comprenderá el dictado de 9 clases, una por semana de 4hs. de duración, en forma consecutiva desde la semana del 11 de abril de 2019 en adelante con los siguientes temas.

Semana 1: Introducción. La necesidad del análisis tiempo-frecuencia. Transformada de Fourier. Propiedades.

Semana 2: Frecuencia instantánea. Transformada de Hilbert. Transformada de Fourier de tiempo corto. Implementación.

Semana 3: Estimación de frecuencia instantánea. Espectrograma. Cantidades marginales. Principio de incertidumbre. Elección de la ventana.

Semana 4: Transformada ondita continua. Distintas normalizaciones. Opciones para el eje de escalas. Implementaciones.

Semana 5: Reassignment y synchrosqueezing. Operadores. Reassignment de la STFT y de la CWT. Implementaciones.

Semana 6: Detección de crestas y extracción de modos. Algoritmos. Umbralado. Implementaciones.

Semana 7: Funciones de forma de onda. Definición. Algoritmos para su estimación. Implementaciones.

Semana 8: Descomposición empírica en modos. Transformada de Hilbert-Huang. Versiones asistidas por ruido.

Semana 9: Exposición de los trabajos y evaluación final.

La realización de las 8 guías de trabajo práctico y el trabajo de exposición final demandarán las horas restantes, para completar las 60hs.