



Universidad Nacional de Entre Ríos
Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

DOCTORADO EN INGENIERÍA

Mención Bioingeniería

Carrera: Doctorado en Ingeniería

Curso de Posgrado: *Procesamiento Estadístico de Señales*

Carga Horaria¹: 90 hs.

Docente/s a cargo: Dr. Gastón Schlotthauer

Semestre: 2^{do}.

Año: 2012

Características del curso

1. **Carga horaria:** la cantidad de horas reloj: 90 horas
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: **2** a foja: **2**

Bibliografía de foja: **3** a foja: **3**

Aprobado Resoluciones de Consejos Directivos:

Fecha:

Modificado/Anulado/ Res. Cs. Ds.:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación del Comité de Doctorado:



Universidad Nacional de Entre Ríos
Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

PROGRAMA ANALÍTICO

Unidad 1: Introducción. Vectores aleatorios. Señales aleatorias discretas. Matrices de correlación y covarianza: definiciones, estimación y propiedades. Esperanza y momentos. Función de densidad Gaussiana multivariada. Operación de reversión.

Unidad 2: Diagonalización. Descomposición en valores singulares (SVD). Blanqueo o de-correlación. Análisis de componentes principales (PCA). Relaciones entre SVD y PCA. Ejemplos y aplicaciones.

Unidad 3: Filtros óptimos. Filtro de coincidencia (*matching filter*). Aplicaciones a señales de ECG. Filtro de Wiener y principio de ortogonalidad. Formulaciones en tiempo y frecuencia. Aplicaciones a reducción de ruido en señales de habla.

Unidad 4: Filtros adaptativos. Filtro de máxima pendiente. Algoritmo LMS. Algoritmo recursivo de mínimos cuadrados (RLS). Filtro de Kalman.

Unidad 5: Algoritmos de proyección en sub-espacios. Modelos de menor rango. Reducción de ruido con SVD. Caso de ruido coloreado. Métodos basados en descomposición en autovalores (EVD).

Unidad 6: Métodos de estimación espectral. Métodos no paramétricos: Periodograma, Método de Bartlett, Método de Welch, Método de Blackman – Tuckey. Métodos paramétricos: basados en modelos AR y ARMA.

Unidad 7: Métodos de estimación espectral de alta resolución basados en subespacios. Método de Pisarenko. Método *Multiple Signal Classification* (MUSIC).

Unidad 8: Análisis de Componentes Independientes (ICA). Motivación. ICA como estimación de un modelo generativo. Restricciones y ambigüedades. Ejemplos. Variables gaussianas. ICA por maximización de la no-gaussianidad.

Unidad 9: Descomposición Empírica en Modos (EMD). 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.



Universidad Nacional de Entre Ríos
Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

BIBLIOGRAFIA

1. J. Benesty y Y. Huang, *Adaptive Signal Processing: Applications to Real-World Problems*, Springer Berlin Heidelberg 2010.
2. J.V. Candy, *Model-Based Signal Processing*, Wiley-IEEE Press, 2005.
3. T. Chonavel, *Statistical Signal Processing: Modelling and Estimation*, Springer, 2002.
4. R.M. Gray y L.D. Davisson, *An Introduction to Statistical Signal Processing*, Cambridge University Press, 2010.
5. S. Haykin, *Unsupervised Adaptive Filtering, Volume 1: Blind Source Separation*, Wiley-Interscience, 2000.
6. S. Haykin, *Unsupervised Adaptive Filtering Volume 2: Blind Deconvolution*, Wiley-Interscience, 2000.
7. A. Hyvärinen, J. Karhunen, y E. Oja, *Independent Component Analysis*, Wiley-Interscience, 2001.
8. O.S. Jahromi, *Multirate Statistical Signal Processing*, Springer Netherlands, 2009.
9. S. Kay, *Intuitive Probability and Random Processes using MATLAB*, Springer, 2005.
10. P.C. Loizou, *Speech Enhancement: Theory and Practice*, CRC Press, 2007.
11. D.G. Manolakis, D. Manolakis, V.K. Ingle, y S.M. Kogon, *Statistical and Adaptive Signal Processing: Spectral Estimation, Signal Modeling, Adaptive Filtering and Array Processing*, Artech House Publishers, 2005.
12. D.B. Percival y A.T. Walden, *Spectral Analysis for Physical Applications*, Cambridge University Press, 1993.
13. M.B. Priestley, *Spectral Analysis and Time Series*, Academic Press, 1983.
14. L. Scharf, *Statistical Signal Processing*, Prentice Hall, 1990.
15. C.W. Therrien, *Discrete Random Signals and Statistical Signal Processing*, Prentice Hall, 1992.
16. N.E. Huang y S.S.P. Shen. *Hilbert-Huang Transform and Its Applications*, World Scientific, 2005.



Universidad Nacional de Entre Ríos
Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivos Generales:

Son objetivos generales de este curso que el alumno logre:

- Complementar la formación de grado en procesamiento de señales.
- 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:

Que el alumno logre:

- Comprender los conceptos y métodos del tratamiento de señales aleatorias de tiempo discreto.
- Adquirir conocimientos elementales de estimación y filtrado óptimo.
- Desarrollar habilidades para el tratamiento de señales complejas.
- Incorporar herramientas de modelado de señal y estimación espectral.
- Comprender los métodos de sub-espacios para procesamiento de señales.
- Conocer los tópicos actuales de procesamiento estadístico de señales.
- Aplicar las herramientas adquiridas al tratamiento de señales biomédicas.

Metodología de Trabajo:

El curso se dictará en diez clases teórico – prácticas de tres horas de duración y dos horas de desarrollo de guías de trabajos prácticos, y una clase pública final de exposición de trabajos y evaluación. En las clases se dictarán los contenidos teóricos complementados con ejemplos de aplicación. Además en cada una de ellas los alumnos resolverán una guía de trabajos prácticos en forma escrita y utilizando software MatLab, Octave o similar.

Se estima que el alumno deberá dedicar un mínimo de tres horas semanales de trabajo extra áulico para la resolución de las guías de trabajos prácticos y diez horas para la realización del trabajo final, totalizando aproximadamente **90 hs.**

Equipo docente:

Docente responsable: Dr. Gastón Schlotthauer

Docente colaborador: Bioing. Roberto F. Leonarduzzi

Cronograma del Curso:

Se dictarán 10 clases, una por semana, en forma consecutiva desde la semana del 24 de agosto de 2012 hasta la del 26 de octubre del mismo año, en días y horario a convenir según la disponibilidad de aulas.

Semana 1: Introducción. Vectores aleatorios. Señales aleatorias discretas. Matrices de correlación y covarianza: definiciones, estimación y propiedades. Esperanza y momentos. Función de densidad Gaussiana multivariada. Operación de reversión.

Semana 2: Diagonalización. Descomposición en valores singulares (SVD). Blanqueo o de-correlación. Análisis de componentes principales (PCA). Relaciones entre SVD y PCA. Ejemplos y aplicaciones.

Semana 3: Filtros óptimos. Filtro de coincidencia (*matching filter*). Aplicaciones a señales de ECG. Filtro de Wiener y principio de ortogonalidad. Formulaciones en tiempo y frecuencia. Aplicaciones a reducción de ruido en señales de habla.

Semana 4: Filtros adaptativos. Filtro de máxima pendiente. Algoritmo LMS. Algoritmo recursivo de mínimos cuadrados (RLS).

Semana 5: Filtro de Kalman.

Semana 6: Algoritmos de proyección en sub-espacios. Modelos de menor rango. Reducción de ruido con SVD. Caso de ruido coloreado. Métodos basados en descomposición en autovalores (EVD).

Semana 7: Métodos de estimación espectral. Métodos no paramétricos: Periodograma, Método de Bartlett, Método de Welch, Método de Blackman – Tuckey. Métodos paramétricos: basados en modelos AR y ARMA.

Semana 8: Métodos de estimación espectral de alta resolución basados en sub-espacios. Método de Pisarenko. Método *Multiple Signal Classification* (MUSIC).

Semana 9: Análisis de Componentes Independientes (ICA). Motivación. ICA como estimación de un modelo generativo. Restricciones y ambigüedades. Ejemplos. Variables gaussianas. ICA por maximización de la no-gaussianidad.

Semana 10: Descomposición Empírica en Modos (EMD). 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.

Semana 11: Exposición de los trabajos y evaluación final.

[Semana 12: Instancia de recuperación.](#)

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Para la aprobación del curso será necesaria la resolución y entrega de los trabajos prácticos semanales (30% de la nota final), un examen escrito teórico práctico (40% de la nota final) y la presentación de un trabajo final en la clase establecida a tal efecto (30% de la nota final).

El trabajo final consistirá en la implementación de un artículo científico seleccionado por los docentes. Deberá entregarse un informe escrito y el código en MatLab u Octave con la implementación, y defenderse oralmente en una exposición pública de 20 minutos, más 10 minutos para preguntas, en la clase final del curso.

Las guías de trabajos prácticos y el examen escrito teórico práctico serán instancias de evaluación individuales, mientras que el trabajo final podrá realizarse en grupos de dos personas. Se ofrecerá una instancia de recuperación.

Infraestructura necesaria:

- Cañón proyector.
- Pizarra y marcadores para pizarra.
- Computadoras personales, a razón de una PC cada dos alumnos.