

Programa de Identificación de Sistemas



Código:

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s: Ingeniería Electrónica

Plan de Estudios: 2014

Carácter: Electiva

Bloque/Campo: Tecnologías Aplicadas

Área: Control

Régimen de cursado: Cuatrimestral

Cuatrimestre: 10º [ECA]

Carga horaria: 64 hs / 4 hs semanales

Formato Curricular: ECE

Escuela: Ingeniería Electrónica

Departamento: Control

Docentes responsables: Dr. Juan C. Gómez

Programa Sintético

Etapas de un proceso de Identificación. Modelos de sistemas Lineales y No lineales. Métodos No Paramétricos: Análisis de la Respuesta Transitoria, Análisis de Correlación, Análisis Espectral. Medición de la Respuesta en Frecuencia. Métodos de Error de Predicción: Estima de mínimos cuadrados, Análisis de las Estimaciones: Consistencia, Convergencia, Distribución Asintótica de las Estimaciones. Estima de Máxima Verosimilitud. Métodos Basados en Bases Ortonormales. Métodos de Subespacio. Métodos recursivos: Mínimos Cuadrados Recursivos, LMS, Filtro de Kalman. Identificación de modelos no lineales: modelos Hammerstein y Wiener con bases ortonormales y métodos de subespacio. Identificación en Lazo Cerrado. Software de Identificación de Sistemas. Diseño de Entradas.

Asignaturas Relacionadas

Previas: Teoría de Control

Simultáneas Recomendadas:

Posteriores:

Vigencia desde 2018

.....
Firma Profesor

.....
Fecha

.....
Firma Aprob. Escuela

.....
Fecha

Con el Aval del Consejo Asesor:

Características Generales

La **Identificación de Sistemas** puede definirse como el área de Teoría de Sistemas que estudia metodologías para la obtención de modelos matemáticos de sistemas dinámicos a partir de mediciones sobre el sistema. La identificación de sistemas se ha convertido en una herramienta fundamental en muchas ramas de la ingeniería y otras áreas tan diversas como bio-tecnología y economía, que requieren la existencia de modelos precisos del sistema que permitan el análisis, la simulación y el diseño e implementación de estrategias de control. En aplicaciones de Control, la obtención de un modelo matemático más o menos preciso del sistema es fundamental ya que la mayoría de los métodos de diseño de controladores parten de la hipótesis de que un modelo parametrizado del proceso está disponible. En este Curso se pretende dar un panorama general de los métodos más difundidos para la Identificación de Sistemas Dinámicos, tanto en sus aspectos teóricos como en los de implementación mediante el uso de software interactivo. Los distintos métodos se ilustrarán con ejemplos de aplicación a partir de datos reales.

Es una asignatura electiva del décimo semestre.

Objetivos

Al finalizar el Curso el alumno deberá:

- ❑ Haber adquirido un panorama general de los métodos de identificación clásicos y avanzados más importantes y difundidos en la práctica, centrándose en el denominado enfoque de Error de Predicción, pero considerando también otros métodos alternativos de identificación paramétricos y no paramétricos, a partir de datos de entrada-salida en el dominio frecuencial y temporal, y métodos recursivos y no-recursivos; así como algunas técnicas de identificación de clases de sistemas no lineales.
- ❑ Haber comprendido la fundamentación matemática rigurosa de los métodos mencionados que permitirá un análisis comparativo de las distintas técnicas.
- ❑ Haberse familiarizado en el manejo de software interactivo para identificación de sistemas dinámicos (del tipo *System Identification Toolbox* de **Matlab**).

Contenido Temático

UNIDAD 1: Introducción

- 1.1. Qué es Identificación de Sistemas.
- 1.2. Etapas de un proceso de Identificación.
- 1.3. Problema Típico de Identificación: Identificación de un modelo ARX usando el método de Mínimos Cuadrados.

UNIDAD 2: Procesos aleatorios

Breve reseña de Teoría de Probabilidad, Variables Aleatorias y Procesos Aleatorios.

UNIDAD 3: Modelos

- 3.1. Modelos de Sistemas Lineales Estacionarios: Modelos Entrada-Salida: Caracterización de las perturbaciones. Modelos de Ecuación de Error, AR, ARX, Regresor Lineal, ARMAX, de Error de Salida, Box-Jenkins, Modelo Autoregresivo Generalizado, Modelos con Bases Ortonormales. Modelos en Ecuaciones de Estado.
- 3.2. Identificabilidad de algunas Estructuras de Modelo Lineales.
- 3.3. Modelos de sistemas no lineales: Modelos de Wiener y Hammerstein, Modelo Regresivo Lineal (con regresor no lineal), Modelos en Espacio de Estados No Lineales, Modelos tipo *Caja Negra* No Lineales.

UNIDAD 4: Métodos no paramétricos

- 4.1. Identificación a partir de la Respuesta al Escalón.
- 4.2. Análisis de Correlación.
- 4.3. Análisis Espectral.
- 4.4. Medición directa de la Respuesta en Frecuencia.

UNIDAD 5: Métodos de Error de Predicción (PEM)

- 5.1. Métodos de estimación de parámetros basados en la minimización de los errores de predicción (PEM: Prediction Error Methods). Método de Mínimos Cuadrados con estructura de regresor lineal.
- 5.2. Métodos de la Variable Instrumental y de Máxima Verosimilitud.
- 5.3. Análisis Estadístico de las estimas: consistencia y convergencia. Distribución asintótica de las estimas.

UNIDAD 6: Métodos basados en Bases Ortonormales

Métodos de Identificación basados en Bases Ortonormales: FIR, Laguerre, Kautz, Bases Generalizadas.

UNIDAD 7: Métodos de Subespacio

Métodos de Subespacio: Métodos 4SID, CVA, MOESP.

UNIDAD 8: Métodos Recursivos

Métodos de estimación recursivos: Mínimos Cuadrados Recursivos (RLS), Least Mean Squares (LMS), Filtro de Kalman.

UNIDAD 9: Identificación de Sistemas No lineales

9.1. Identificación de Sistemas No lineales del tipo Hammerstein y Wiener, usando BO

9.2. Identificación de Sistemas No lineales del tipo Hammerstein y Wiener con métodos de subespacio

UNIDAD 10: Identificación en lazo cerrado

10.1. Método Directo

10.2. Método Indirecto

10.3. Método combinado.

UNIDAD 11: Software de Identificación de Sistemas

11.1. Identificación en la práctica: Software interactivo para Identificación de Sistemas: el *System Identification Toolbox* de Matlab.

11.2. Diseño de Entradas.

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

La actividad consiste en el dictado de clases teórico-prácticas de carácter magistral en aula equipada con computadoras y proyector de video. Se presentan los temas teóricos y se realizan implementaciones de los algoritmos en Matlab, que los estudiantes pueden reproducir en sus computadoras. Se realizan tres Trabajos Prácticos.

Actividades de Formación Práctica

Se realizarán tres Trabajos Prácticos:

- **Trabajo Práctico 1:** Incluye tareas de identificación de modelos lineales a partir de datos de medición de una planta compuesta por dos tanques interconectados.
- **Trabajo Práctico 2:** Incluye tareas de identificación de modelos lineales con enfoques caja blanca, caja gris y caja negra del sistema Masa-Resortes ECP, a partir de mediciones sobre el equipo.
- **Trabajo Integrador:** Incluye la identificación de modelos lineales y no lineales de una planta de neutralización de pH.

Evaluación

La evaluación consistirá en la defensa de los Informes de los Trabajos Prácticos.

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teoría		30 hs
Práctica	Experimental de laboratorio	24 hs
	Experimental de Campo	hs
	Resolución de Problemas y Ejercicios	hs
	Problemas abiertos de ingeniería	10 hs
	Actividades de Proyecto y Diseño	hs
	Práctica Profesional Supervisada	hs
Total		64 hs

Dedicadas por el alumno fuera de clase

	Preparación Teórica	10 hs
	Preparación Práctica	10 hs
Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.		10 hs

Bibliografía

- [1] Ljung, Lennart : *System Identification: Theory for the User*, 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.,1999.
- [2] Söderström, T. & Stoica, P.: *System Identification*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1989.
- [3] Ljung, Lennart: *System Identification Toolbox, for use with Matlab*, User's Guide Version 4, The MathWorks, Inc, Natick, MA, 1997.
- [4] Peter Van Overschee & Bart de Moor. *Subspace Identification for Linear Systems: Theory, Implementation, Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1996.
- [5] J.P. Norton. *An Introduction to Identification*, Dover Publications, Inc., New York, 2009.
- [6] M. Verhaegen and V. Verdult. *Filtering and System Identification: A Least Squares Approach*, Cambridge University Press, 2007.
- [7] Gómez, J.C. and Baeyens, E.. Subspace Identification of Multivariable Hammerstein and Wiener Models. *European Journal of Control*, Vol. 11, No. 2, pp. 127-136, 2005.
- [8] Gómez, J.C., Jutan, A. and Baeyens, E.. Wiener Model Identification and Predictive Control of a pH Neutralization Process. *IEE Proceedings on Control Theory and Applications*, Vol. 151, No. 3, pp. 329-338, May 2004.
- [9] Gómez, J.C. and Baeyens, E.. Identification of Block-oriented Nonlinear Systems using Orthonormal Bases. *Journal of Process Control*, Vol. 14, No. 6, pp. 685-697, 2004.
- [10] Gómez, Juan Carlos: *Analysis of Dynamic System Identification Using Rational Orthonormal Bases*, Ph.D. Thesis, The University of Newcastle, Australia, 1998.
- [11] Gómez, J.C. (2000). Conceptos Fundamentales de Probabilidad, Variables Aleatorias y Procesos Aleatorios, Apunte, Departamento de Electrónica, disponible en <http://www.fceia.unr.edu.ar/isis>
- [12] Gómez, J.C. (2011). Notas de Clase, aprox. 200 transparencias cubriendo todos los temas del Programa, disponibles en <http://www.fceia.unr.edu.ar/isis> .
- [13] Gómez, J.C. (2011). Guía de los Trabajos Prácticos No. 1, 2 y 3, disponibles en <http://www.fceia.unr.edu.ar/isis>.
- [14] Gómez, J.C. (2000). Series de Problemas Propuestos Nros. 1 a 3, disponibles en <http://www.fceia.unr.edu.ar/isis>.

Recursos web y otros recursos

Sitio Web de la Asignatura: <http://www.fceia.unr.edu.ar/isis> conteniendo:

- Notas de Clase
- Presentaciones PowerPoint
- Guías de Trabajos Prácticos
- Scripts Matlab

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	Introducción	Clases teórica-prácticas
2	2	Procesos Aleatorios	Clases teórica-prácticas
3	3	Modelos lineales/no lineales	Clases teórica-prácticas
4	4	Respuesta Trans., CRA, SPA	Clases teórica-prácticas
5	5	Mínimos Cuadrados	Clases teórica-prácticas
6	5	Análisis Estimaciones	Clases teórica-prácticas
7	5	Máxima Verosimilitud	Clases teórica-prácticas
8	6	Bases Ortonormales	Clases teórica-prácticas
9	6	Bases Ortonormales	Clases teórica-prácticas, TP1
10	7	Métodos de Subespacio	Clases teórica-prácticas
11	7	Métodos de Subespacio	Clases teórica-prácticas, TP2
12	8	Métodos Recursivos	Clases teórica-prácticas
13	8	Métodos Recursivos	Clases teórica-prácticas
14	9	Ident. No lineal	Clases teórica-prácticas, TP3
15	10	Ident. Lazo Cerrado	Clases teórica-prácticas
16	11	Diseño Entradas	Clases teórica-prácticas