# Control Inteligente

**Curso Académico: ( 2021 / 2022 )** **Fecha de revisión: 22-06-2021**

**Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática**

**Coordinador/a: MORENO LORENTE, LUIS ENRIQUE**

**Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0**

**Curso : 1 Cuatrimestre : 1**

## OBJETIVOS

El objetivo de este curso es que el estudiante conozca los conceptos básicos necesarios para poder usar las técnicas de control inteligente tanto para el modelado e identificación de sistemas como para el control de sistemas. Se introducirá el concepto de conjunto borroso y operaciones borrosas para posteriormente definir los conceptos de relaciones borrosas y reglas borrosas. A partir de estos conceptos se introducirá un regulador borroso básico y se verá como identificar y controlar sistemas a partir de estos reguladores borrosos.
A continuación se abordarán las redes neuronales, comenzando por la noción de neurona artificial, capas de neuronas, redes neuronales y estrategias de aprendizaje en las redes neuronales. Se introducirán las redes neuronales más usuales y se verá como usarlas para identificación y control de sistemas.
Posteriormente se estudiarán diferentes técnicas de optimización de sistemas, tanto de tipo derivativo como no derivativo y monopunto o multipunto. Se introducirán los algoritmos genéticos, las técnicas de evolución diferencial y los PSO entre otros.
Para lograr estos objetivos, el alumno debe adquirir una serie de conocimientos y capacidades.
Por lo que se refiere a los conocimientos, al finalizar el curso el estudiante será capaz de:
1. Diseñar reguladores borrosos básicos para sistemas dinámicos.
2. Aproximar un sistema no lineal mediante un sistema borroso.
3. Usar sistemas borrosos para esquemas de control adaptativos.
4. Aproximar un sistema no lineal mediante una red neuronal.
5. Aproximar un sistema dinámico no lineal mediante una red neuronal.
6. Diseñar un control basado en redes neuronales para sistemas duinámicos.
7. Usar métodos de optimización basados en algoritmos genéticos.
8. Usar métodos de optimización basados en algoritmos de evolución diferencial.
9. Usar métodos de optimización basados en algoritmos PSO.

En cuanto a las capacidades generales o destrezas, durante el curso se trabajarán:
¿ Visión de conjunto respecto al problema de identificación y control de un sistema dinámico no lineal con las técnicas comentadas.
¿ Habilidad para diseñar controladores para sistemas dinámicos no lineales, así como para analizar e interpretar los resultados. Esta capacidad se trabajará especialmente en las prácticas de laboratorio así como en la resolución y discusión de casos de estudio.
¿ Capacidad para trabajar en equipo de forma cooperativa, crítica y respetuosa con las soluciones propuestas por los demás, creativa y responsable como miembro de un equipo, para realizar los diseños considerados, repartiendo la carga de trabajo para afrontar problemas complejos. Esta capacidad se trabajará tanto en las prácticas de
laboratorio, que se realizarán en equipo, como en la resolución de ejercicios, debates y tutorías que también podrán tener carácter grupal.
¿ Reconocimiento de la necesidad de un aprendizaje continuo y la habilidad de obtener y aplicar lainformación requerida accediendo a literatura técnica relacionada con el ámbito de la asignatura tanto en español como en inglés. Capacidad de acceder a la información requerida para conocer los detalles de una configuración concreta.
¿ Habilidad para comunicarse de forma efectiva tanto de manera oral, escrita o gráfica tanto en español como en inglés a lo largo del desarrollo de las actividades propuestas en la asignatura (ejercicios, debates,prácticas, etc.).

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

El programa se descompone del siguiente modo:
1. Fundamentos de la logica fuzzy o borrosa.
1.1. Conceptos básicos de logica fuzzy. Imprecisión e incertidumbre.
1.2. Conjuntos borrosos.
1.3. Funciones de pertenencia.
1.4. Operaciones sobre conjuntos borrosos.
1.5. Relaciones borrosas.
1.6 Operaciones con relaciones borrosas.
1.7. Razonamiento aproximado. Variables lingüisticas.
1.8. Proposiciones borrosas.
1.9. Operaciones con proposiciones borrosas.
1.10. Reglas if-then borrosas.
1.11. Operadores de implicación. Inferencia borrosa.
1.12. Diseño de controladores basado en reglas con lógica borrosa.
1.13. Modelos Mandani y Tagaki-Sugeno-Kang.
2. Modelado e identificación de sistemas mediante técnicas borrosas.
2.1. Aproximación fuzzy de funciones.
2.2. Modelado fuzzy de sistemas.
2.3. Tipos de modelo.
2.4. Modelo de estado fuzzy de un sistema dinámico.
2.5. Modelos Mandani y Tagaki-Sugeno-Kang.
2.6. Modelos borrosos Mandani y TSK equivalentes de un controlador clásico.
2.7. Identificación de modelos borrosos. Métodos.
2.8. Identificación de la estructura.
2.9. Estimación de los parámetros.
3. Diseño de controladores fuzzy.
3.1. Diseño de controladores borrosos sin modelo.
3.2. Controladores borrosos tipo PID.
3.3. Diseño de controladores borrosos basados en modelo. Métodos adaptativos. Métodos de síntesis directa. Métodos de optimización on-line.
3.4. Diseño de controladores fuzzy con matlab.
4. Fundamentos de las redes neuronales .
4.1. Concepto de neurona artificial. Capas de neuronas. Concepto de red neuronal.
4.2. Redes multicapa. Redes recurrentes.
4.3. Redes neuronales básicas. Redes de flujo lineal: Perceptrón y Adaline. Redes recurrentes: Hamming y Hopfield. Métodos de aprendizaje.
4.4. Redes feedforward. Aprendizaje: backpropagation.
4.5. Funciones de base radial. Redes probabilísticas y redes de regresión generalizada.
4.6. Redes neuronales con matlab.
5. Identificación de sistemas con redes neuronales
5.1. Aproximación de funciones con redes neuronales.
5.2. Tipos de modelos de sistema.
5.3. Modelado de sistemas con redes neuronales. NN-FIR. NN-ARX. NN-ARMAX, NN-OE, NN-SSIF. Modelos híbridos.
5.4. Tipos de redes usadas en el modelado. Redes con retardo en capas internas. Backpropagation en sistemas dinámicos. 5.1. 5.5. Identificación de sistemas dinámicos.
6. Control de sistemas con redes neuronales.
6.1. Esquemas de control directo. Control directo inverso. Control con modelo interno. Linealización por realimentación. Control feedforward.
6.2. Esquemas de control indirecto.
7. Fundamentos de optimización y algoritmos evolutivos.
7.1 Métodos de optimización monopunto.
7.2 Métodos basados en la derivada: máxima pendiente, Newton-Raphson, Quasi-Newton, Gradiente conjugado.
7.3 Métodos no derivativos: fuerza bruta, paseo aleatorio, Hooke-Jeeves, Simulated-Annealing.
7.4 Métodos de optimización multipunto.
7.5 Métodos derivativos: multistart y clustering.
7.6 Métodos no derivativos: Nelder-Mead, CRS, Algoritmos Genéticos, Differential Evolution, PSO

## ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

Las actividades que se llevan a cabo en la impartición de la asignatura son:
- Clases magistrales. Presentación de los principales conceptos. Discusión y aclaración de dudas sobre los conceptos. Se trabajará sobre transparencias que se les darán a los alumnos para facilitar el aprendizaje además de un texto o textos básicos de referencia requeridos en la asignatura.

- Laboratorios. A los alumnos (en equipos de 2 o 3) se les propondrán unos casos prácticos de estudio, deberán estudiarlos y posteriormente sacar los datos de simulación y analizarlos. Se utilizará el conocimiento de los temas tratados en clases magistrales y clases prácticas en la asignatura. Se hará un estudio previo, se trabajará en el laboratorio y posteriormente se entregará un informe escrito con los resultados y soluciones propuestas.

Adenda COVID-19:
Con motivo de la situación provocada por el COVID-19, si fuese necesario tanto las clases de teoría como las clases de ejercicios practicos se realizarán on-line, las prácticas se intentaran realizar en los laboratorios salvo imposibilidad en cuyo caso se adaptarían también para hacerlas on line.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

Se realizará un trabajo docente (miniproyecto) de aplicación de alguna de las técnicas estudiadas a un problema de identificación o control que se simulará en Matlab. Este trabajo debe presentarse para superar la convocatoria ordinaria o la extraordinaria.

| | |
|---|---|
| **Peso porcentual del Examen Final:** | 0 |
| **Peso porcentual del resto de la evaluación:** | 100 |

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- L. Moreno Transparencias de clase, -, 2016

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Eiben and J. Smith  Introduction to evolutionary computing,, Springer,, 2003
- Gerard Dreyfus  Neural Networks: methodology and applications, , Springer Verlag,, 2005
- H. Zhang and D. Liu Fuzzy modelling and Fuzzy Control, , Birkhauser,, 2006
- J. Espinosa, J. Vandewalle and V. Wertz  Fuzzy Logic, Identification and Predictive Control,,  Springer, , 2004
- Oliver Nelles  Nonlinear System Identification: from classical approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, , Springer Verlag, , 2001
- R. Fletcher  Practical methods of optimization, , John Wiley, , 1980