

Guía docente

240AR014 - 240AR014 - Optimización en Control y Robótica

Última modificación: 13/03/2025

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona
Unidad que imparte: 707 - ESAII - Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA (Plan 2012). (Asignatura obligatoria).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (Plan 2014). (Asignatura optativa).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 4.5 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: FRANCISCO JAVIER RUIZ VEGAS

Otros: FRANCISCO JAVIER RUIZ VEGAS
VICENÇ PUIG CAYUELA

CAPACIDADES PREVIAS

Se asume que el estudiante tiene los conceptos fundamentales de cálculo, álgebra y teoría de sistemas/ecuaciones diferenciales adquiridos en el grado que le da acceso al Máster de Automática y Robótica.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

1. El/la estudiante será capaz de saber aplicar los métodos de control y estimación de parámetros/estados óptimos, así como las técnicas de búsqueda y satisfacción de restricciones en aplicaciones del área de la robótica.
2. El/la estudiante será capaz de reconocer y representar problemas en el área de automática y robótica mediante técnicas de optimización, para después aplicar métodos analíticos/numéricos para su resolución.

Genéricas:

3. Capacidad de realizar investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de la ingeniería de sistemas, de control y la robótica, así como de dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, innovación y transferencia de tecnología
4. Tener los adecuados conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos, de información y de gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se impartirá mediante clases de teoría/problemas en forma de lecciones magistrales y mediante clases de prácticas

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo de esta asignatura es proporcionar a los estudiantes los conceptos y herramientas básicas de optimización (continua y discreta) para su aplicación en sistemas dinámicos en el ámbito de la automática y la robótica. Para ello se estudiará su aplicación al control óptimo y a la estimación/filtrado óptimos de los estados/parámetros de sistemas dinámicos. También se presentarán aplicaciones en el campo de la robótica como optimización/planificación de trayectorias de robots, secuenciación de procesos, etc. Sin dejar totalmente de lado la formalidad de los contenidos matemáticos, se hará especial hincapié en el punto de vista de la ingeniería, presentando diferentes aplicaciones reales para ilustrar el interés y la necesidad de los métodos presentados. Asimismo, se adiestrará al alumno al uso de software específico para la realización de los problemas y las prácticas. Concretamente, se presentarán con detalle las funciones de optimización de MATLAB.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	72,0	64.00
Horas grupo pequeño	9,0	8.00
Horas grupo grande	31,5	28.00

Dedicación total: 112.5 h

CONTENIDOS

1. Optimización continua

Descripción:

- 1.1 Introducción
- 1.2 Clasificación de los problemas de optimización
- 1.3 Optimización convexa
- 1.4 Problemas de optimización sin restricciones
- 1.5 Problemas de optimización con restricciones de igualdad: Multiplicadores de Lagrange.
- 1.6 Problemas de optimización con restricciones de desigualdad: Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT)
- 1.7 Dualidad
- 1.8 Métodos numéricos: Descenso del gradiente, simplex, QP, ...

Objetivos específicos:

- Adquirir los conceptos fundamentales de optimización continua, con y sin restricciones (igualdad y desigualdad).
- Entender el papel de la convexidad en los problemas de optimización y su relación con el problema de los óptimos locales.
- Utilizar los multiplicadores de Lagrange para determinar las condiciones necesarias para encontrar los óptimos de funciones de diversas variables sometidas a restricciones.
- Saber reconocer las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker en los problemas de optimización con restricciones de desigualdad.
- Poder aplicar métodos numéricos de optimización usando paquetes de software comercial.

Actividades vinculadas:

Actividad 1

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 17h

2. Optimización discreta y satisfacción de restricciones

Descripción:

- 2.1. Problemas típicos de optimización discreta (problema de la mochila, problema del viajante de comercio,...)
- 2.2 Algoritmos de optimización discreta: Branch & Bound, Backtracking, búsqueda avara, programación dinámica...
- 2.4 Algoritmos heurísticos y estocásticos de optimización discreta: (método de Montercarlo/Las Vegas, algoritmos evolutivos.
- 2.3 Problemas de satisfacción de restricciones.

Objetivos específicos:

- Saber aplicar algunos algoritmos de optimización discreta a problemas típicos (problema de la mochila, problema del viajante)
- Entender y saber aplicar métodos de optimización discreta a problemas de satisfacción de restricciones.
- Conocer algunos paquetes de software comerciales de optimización discreta y satisfacción de restricciones.

Actividades vinculadas:

Actividad 2

Dedicación: 22h 30m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 15h

3. Control Óptimo

Descripción:

- 3.1 Formulación del problema del control óptimo
- 3.2 Índices de funcionamiento
- 3.3 Solución por el método de los multiplicadores de Lagrange(el principio del máximo)
- 3.4 Solución por el método de la programación dinámica.
- 3.5 Solución por métodos numéricos (programación matemática)
- 3.6 Control LQR
- 3.7 Introducción al control predictivo

Objetivos específicos:

- Entender la formulación del control óptimo como un problema de optimización con restricciones.
- Saber resolver problemas de control óptimo mediante el método de los multiplicadores de Lagrange y la programación dinámica.
- Saber resolver el problema de control LQR
- Comprender los principios del control predictivo.

Actividades vinculadas:

Actividad 3

Dedicación: 22h 30m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 15h

4. Filtrado y estimación de parámetros

Descripción:

- 4.1 Introducción a la estimación
- 4.2 Principio de estimación por mínimos cuadrados
- 4.3 Estimación de estados: Filtro de Kalman
- 4.4 Estimación de parámetros: Estimación recursiva
- 4.5 Relación entre la estimación de estados y parámetros
- 4.6 Control LQG: principio de separación
- 4.7 Introducción a la estimación híbrida
- 4.8 Aplicaciones reales

Objetivos específicos:

- Aplicar el principio de mínimos cuadrados a la estimación de estados/parámetros
- Aplicar el filtro de Kalman en la estimación de estados de sistemas dinámicos.
- Aplicar el filtro de Kalman en la estimación de parámetros de sistemas dinámicos.
- Diseñar de forma integrada el control y estimación óptimos

Actividades vinculadas:

Actividad 4

Dedicación: 22h 30m

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m

Aprendizaje autónomo: 15h

ACTIVIDADES

1. OPTIMIZACIÓN CONTINUA

Descripción:

En esta actividad se aprenderá a formular un problema de optimización continua y a resolverlo numéricamente mediante solvers de optimización.

Objetivos específicos:

- Aprender a resolver problemas formulándolos como problemas de optimización continua.
- Aprender a resolver problemas de optimización mediante algoritmos numéricos.

Material:

Al final de la actividad se entregará una memoria de los resultados.

Entregable:

Informe individual de la practica

Dedicación: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

2. OPTIMIZACIÓN DISCRETA

Descripción:

En esta actividad se aprenderá a formular un problema de optimización discreta y a resolverlo mediante solvers de optimización.

Objetivos específicos:

- Aprender a resolver problemas formulándolos como problemas de optimización discreta.
- Aprender a resolver problemas de optimización discreta mediante algoritmos específicos.

Material:

Para desarrollar la actividad se utilizará el programa MATLAB y su toolbox de optimización.

Entregable:

Informe individual de la práctica.

Dedicación: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

3. CONTROL OPTIMO

Descripción:

En esta actividad se aprenderá a formular un problema de control óptimo como un problema de optimización y a resolverlo mediante solvers de optimización.

Objetivos específicos:

- Aprender a resolver problemas de control formulándolos como problemas de optimización.
- Aprender a resolver problemas de control óptimo mediante algoritmos numéricos de optimización.

Material:

Para desarrollar la actividad se utilizará el programa MATLAB y su toolbox de optimización.

Entregable:

Informe individual de la práctica

Dedicación: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

4. ESTIMACIÓN PARÁMETROS

Descripción:

En esta actividad se aprenderá a formular un problema de estimación de estados/parámetros de un sistema dinámico como un problema de optimización y a resolverlos mediante solvers de optimización.

Objetivos específicos:

- Aprender a resolver problemas de estimación de parámetros formulándolos como problemas de optimización.
- Aprender a resolver problemas de estimación de parámetros mediante algoritmos numéricos de optimización.

Material:

Para desarrollar la actividad se utilizará el programa MATLAB y su toolbox de optimización.

Entregable:

Al final de la actividad se entregará una memoria de resultados.

Dedicación: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

5. ESTIMACIÓN DE ESTADOS

Descripción:

En aquesta activitat s'aprendrà a formular un problema d'estimació d'estats d'un sistema dinàmic com un problema d'optimització i a resoldre'ls mitjançant solvers d'optimització.

Objetivos específicos:

- Aprender a resolver problemas de estimación de estados formulándolos como problemas de optimización.
- Aprender a resolver problemas de estimación de estados mediante algoritmos numéricos de optimización.

Material:

Per desenvolupar l'activitat s'utilitzarà el programa MATLAB i la seva toolbox d'optimització.

Entregable:

Al final de l'activitat de lliurará una memòria de resultats.

Dedicación: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se realizará mediante una prueba parcial (temas 1 y 2), una prueba final (temas 1,2, 3 y 4) y la valoración de las actividades de laboratorio. La ponderación de cada una de dichas actividades de evaluación en la nota final será un 30% para la prueba parcial, un 50% para la prueba final y un 20% para las prácticas. Para valorar las actividades de laboratorio se tendrá en cuenta los informes de cada práctica y se hará un control escrito el mismo día de los exámenes parcial y final. La evaluación extraordinaria se hará en el periodo establecido por la Escuela sobre los temas 1, 2, 3 y 4 sustituyendo la nota de las pruebas parcial y final.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Las pruebas se realizarán de forma individual con el material de soporte autorizado y en las fechas establecidas en el calendario académico del máster.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Boyd, Stephen P. ; Vandenberghe, Lieven. Convex optimization. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. ISBN 9780521833783.
- Nemhauser, George L; Wolsey, Laurence A. Integer and combinatorial optimization. New York, NY: John Wiley and Sons, cop. 1988. ISBN 047182819X.
- Ogata, Katsuhiko. Discrete-time control systems. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, cop. 1995. ISBN 0130342815.

Complementaria:

- Phillips, Charles L; Nagle, H. Troy. Digital control system analysis and design. 3rd ed. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall International, cop. 1995. ISBN 013309832X.
- Bhatti, M. Asghar. Practical optimization methods : with Mathematica applications. New York: Springer, cop. 2000. ISBN 0387986316.
- Winston, Wayne L. Operations research : applications and algorithms. 4th ed. Belmont: Brooks/Cole - Thomson Learning, cop. 2004. ISBN 0534423620.
- Marriott, Kim; Stuckey, Peter J. Programming with constraints : an introduction. Cambridge: MIT Press, cop. 1998. ISBN 0262133415.
- Lewis, Frank L. [et al.]. Optimal control. 3rd ed. New York: Wiley & Sons, 2012. ISBN 9780470633496.
- Lewis, Frank L. Applied optimal control & estimation : digital design & implementation. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. ISBN 013040361X.
- Ollero Baturone, Aníbal. Control por computador : descripción interna y diseño óptimo. Barcelona: Marcombo Boixareu, cop. 1991. ISBN 8426708137.



- Grewal, M. S.; Andrews, A. P. Kalman filtering : theory and practice using MATLAB [en línea]. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2008 [Consulta: 17/06/2025]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470377819>. ISBN 9780470377819.