

23-24

MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE  
CONTROL

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA Y APLICACIONES

CÓDIGO 31104036

UNED

# ÍNDICE

|                                                            |  |
|------------------------------------------------------------|--|
| PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN                           |  |
| REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA |  |
| EQUIPO DOCENTE                                             |  |
| HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE                          |  |
| COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE                    |  |
| RESULTADOS DE APRENDIZAJE                                  |  |
| CONTENIDOS                                                 |  |
| METODOLOGÍA                                                |  |
| SISTEMA DE EVALUACIÓN                                      |  |
| BIBLIOGRAFÍA BÁSICA                                        |  |
| BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA                                |  |
| RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA                              |  |

|                           |                                                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Nombre de la asignatura   | OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA Y APLICACIONES                      |
| Código                    | 31104036                                                    |
| Curso académico           | 2023/2024                                                   |
| Título en que se imparte  | MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE CONTROL |
| Tipo                      | CONTENIDOS                                                  |
| Nº ETCS                   | 6                                                           |
| Horas                     | 150.0                                                       |
| Periodo                   | SEMESTRE 2                                                  |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO                                                  |

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Algunos tipos de problemas de optimización son relativamente fáciles de resolver, ya que sus características intrínsecas permiten el uso de técnicas deterministas capaces de encontrar su solución óptima. Este es el caso, por ejemplo, de los problemas de programación lineales, que pueden ser resueltos con el método Simplex.

Sin embargo, la gran mayoría de problemas reales no pueden ser resueltos con algoritmos deterministas, bien porque sus características no han permitido el desarrollo de ninguna técnica "exacta" que asegure la localización de la solución óptima, o porque aun pudiendo utilizarse las técnicas exactas, el tiempo necesario para obtener la solución del problema resulte prohibitivo. La alternativa para estos casos la constituyen los métodos heurísticos, que mediante diferentes mecanismos buscan una solución "lo suficientemente buena" - aunque no necesariamente óptima- en un tiempo razonable.

En esta asignatura se introduce al alumno en el uso de los métodos iterativos heurísticos, clasificándolos en dos grupos: (a) métodos basados en búsquedas locales y (b) métodos basados en poblaciones. En los primeros se realiza una búsqueda de la solución del problema en el entorno de la solución anteriormente localizada. En los segundos se realiza una búsqueda global del óptimo, combinando la información del conjunto de posibles soluciones que constituyen la población.

Muchos de los algoritmos de ambos grupos son algoritmos de optimización estocásticos, ya que sus procesos de búsqueda utilizan mecanismos aleatorios. El problema de optimización en si mismo también puede tener una componente estocástica que haga necesario el uso de un método de simulación de Monte Carlo en el proceso de evaluación de las posibles soluciones. Por lo tanto, en esta asignatura también se introducen algunas técnicas de simulación de Monte Carlo, y se discute su uso en la solución de problemas tanto deterministas como estocásticos.

Por último, además del estudio de los diferentes métodos, los alumnos proponen y resuelven a lo largo de la asignatura un problema de optimización real, propuesto por ellos mismos, en los que observarán/analizarán las capacidades/dificultades de las técnicas estudiadas para resolver problemas concretos.

La asignatura se engloba dentro de la materia de OPTIMIZACIÓN, que a su vez está ubicada dentro del MÓDULO I (Matemáticas y Computación) del que también forman parte las asignaturas:

- Minería de Datos
- Sistemas Inteligentes
- Introducción a la Programación Matemática

Los métodos heurísticos son procedimientos para resolver problemas de optimización bien definidos mediante una aproximación intuitiva, en la que la estructura del problema se utiliza de forma inteligente para obtener una buena solución en un tiempo aceptable.

Por lo tanto su forma de operar constituye una alternativa general a los métodos deterministas, aplicables a problemas con unas características determinadas, estudiados en la asignatura Introducción a la Programación Matemática.

Finalmente, cabe indicar que esta asignatura tiene un carácter transversal dentro del Master y del perfil profesional de sus egresados, ya que las técnicas de optimización que en ella se ven pueden ser aplicadas a una amplia variedad de problemas, no sólo de ingeniería de sistemas y de control, sino también de otras ramas de conocimiento (p.e. biológicos, físico, químicos, económicos, gestión, etc.).

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los conocimientos necesarios para poder abordar la asignatura son:

- Fundamentos de Programación

Además, debido a la variedad en las características de los ejemplos seleccionados por los alumnos para ilustrar el funcionamiento de los diferentes métodos que se estudiarán a lo largo de la asignatura, es conveniente que los alumnos también tengan conocimientos relacionados con el problema que propongan.

Finalmente, es aconsejable, aunque no indispensable, tener algún conocimiento genérico previo de optimización.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

JOSE SANCHEZ MORENO  
jsanchez@dia.uned.es

## PROFESOR EXTERNO DE MASTER UNIVERSITARIO

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| Nombre y Apellidos | EVA BESADA PORTAS   |
| Correo Electrónico | evabes@invi.uned.es |

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Nombre y Apellidos | RAFAEL DEL VADO VIRSEDA |
| Correo Electrónico | rdelvado@invi.uned.es   |

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| Nombre y Apellidos | JOSE LUIS RISCO MARTIN |
| Correo Electrónico | jlrisco@invi.uned.es   |

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Se realizará un seguimiento continuado del alumno, consistente en:

- Dos sesiones colectiva de discusión y resolución de dudas al inicio de cada tema, *cuya fechas y horarios serán publicadas al inicio del curso dentro de la página web de la asignatura.*
- Sesiones individualizadas de apoyo a los alumnos, bajo petición previa, *en el horario acordado entre los profesores y alumnos.*
- Discusión del trabajo desarrollado y avances realizados por los alumnos sobre los problemas propuestos, *en el horario acordado entre los profesores y alumnos.*

Además, se intercambiará información con los alumnos utilizando los foros del Campus Virtual y el correo electrónico

Para solicitar una sesión individualizada de apoyo o de discusión del trabajo realizado, los alumnos deben contactar con los profesores a través de su dirección de correo electrónico:

D. Eva Besada Portas

Correo electrónico: ebesada@ucm.es

Teléfono: 913944740

Dirección postal: Sección Departamental de Arquitectura de Computadores y Automática

Facultad de Ciencias Físicas

Universidad Complutense de Madrid

Plaza de las Ciencias s/n

Ciudad Universitaria

28040 Madrid

D. Oscar Garnica

Correo electrónico: ogarnica@ucm.es

Teléfono: 913947530

Dirección postal: Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

C/ Profesor José García Santesmases, 9

Ciudad Universitaria

28040 Madrid

D. Rafael del Vado

Correo electrónico: rdelvado@sip.ucm.es

Teléfono: 913947545

Dirección postal: Departamento de Sistemas Informáticos y Computación

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

C/ Profesor José García Santesmases, 9

Ciudad Universitaria

28040 Madrid

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### Competencias Básicas:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias Generales:

CG01 - Adquirir capacidad de iniciativa y motivación; planificación y organización; y manejo adecuado del tiempo.

CG02 - Ser capaz de seleccionar y manejar adecuadamente los conocimientos, recursos y estrategias cognitivas de nivel superior apropiados para el afrontamiento y resolución de diverso tipo de tareas/problemas con distinto nivel de complejidad y novedad: análisis y síntesis.

CG03 - Ser capaz de aplicar los conocimientos a la práctica y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos.

CG04 - Ser capaz de desarrollar pensamiento creativo, razonamiento crítico y tomar decisiones

CG05 - Ser capaz de seguir, monitorizar y evaluar el trabajo propio o de otros, aplicando medidas de mejora e innovación.

CG06 - Ser capaz de comunicarse y expresarse, tanto oralmente como por escrito, en castellano y otras lenguas, con especial énfasis en inglés

CG07 - Desarrollar capacidades en comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica

CG08 - Ser capaz de utilizar las herramientas y recursos de la Sociedad del Conocimiento: manejo de las TIC, búsqueda de información relevante, gestión y organización de la información, recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación.

### **Competencias Específicas:**

CE01 - Abordar el tratamiento de procesos industriales, aeronáuticos o navales de distinta tecnología (mecánicos, electrónicos, sociales, ...) recurriendo a diferentes soluciones.

CE02 - Montar sistemas de control sobre procesos reales, incluyendo sensores, actuadores, fusión de datos, comunicaciones, microcontroladores, etc.

CE03 - Ser capaz de realizar búsquedas bibliográficas y de documentación técnica para la resolución de problemas

## **RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

Una vez cursada la asignatura, los alumnos serán capaces de:

- Identificar el tipo de problemas de optimización que pueden ser resueltos mediante métodos heurísticos.
- Valorar los pros y contras de cada uno de los métodos estudiados en función del tipo de aplicación.
- Implementar en un lenguaje de programación los diferentes métodos de optimización heurística estudiados en la asignatura.

## **CONTENIDOS**

### **Tema I - Introduccion**

- Conceptos básicos de optimización
- Conceptos y propiedades de las técnicas heurísticas
- Tipos de heurísticas de búsquedas locales y poblacionales
- Introducción a los métodos de Monte Carlos

### **Tema 2. Optimización heurística basada en búsquedas locales**

- Búsqueda local
- Búsqueda tabú
- Temple simulado
- Optimización multiobjetivo

### Tema 3. Optimización heurística basada en poblaciones

- Algoritmos evolutivos
- Algoritmos sociales (nubes de partículas)
- Algoritmos diferenciales (evolución diferencial)

### Tema 4. Métodos de optimización de monte-carlo

- Técnicas de simulación de Monte-Carlo
- Algoritmos estocásticos
- Problemas estocásticos

## METODOLOGÍA

La metodología que utilizaremos es la general de la UNED, basada en una educación a distancia apoyada por el uso de tecnologías de la información y el conocimiento.

Las actividades formativas que contemplamos pueden agruparse en cuatro grandes grupos:

- Estudio de contenidos teóricos.
- Elección y formulación de un problema de optimización por parte del alumno
- Resolución del problema de optimización elegido con diferentes técnicas heurísticas
- Evaluación crítica de los resultados obtenidos con las diferentes técnicas.

La distribución temporal del total de créditos ECTS de la asignatura entre los grupos anteriores será la siguiente. Utilización adecuada de los conceptos teóricos a lo largo de la asignatura 20%. Propuesta y formulación de un problema de optimización 20%. Resolución del problema de optimización elegido con diferentes técnicas heurísticas 40%. Evaluación crítica de los resultados obtenidos con las diferentes técnicas 20%.

Durante el desarrollo del tema 1, el alumno deberá proponer un problema de optimización propio y original. Durante el desarrollo de los temas 2 y 3, dicho problema de optimización será resuelto con alguna de las técnicas que se presenta en dichos temas. El alumno deberá implementar la técnica que considere más adecuada dentro de las propuestas en cada tema para resolverlo. Además, deberá hacer un análisis de los resultados obtenidos con diferentes parametrizaciones de la técnica elegida. Tanto el problema propuesto como los algoritmos implementados y las soluciones obtenidas serán documentados por los alumnos, para su posterior evaluación, en las memorias requeridas al final de cada tema. Finalmente, el alumno estudiará los contenidos del tema 4, para aprender el uso de otras técnicas de optimización o como resolver problemas de optimización no deterministas.

Cada tema constará de una presentación teórica en la que se pongan de manifiesto las características de las diferentes heurísticas. Para ello el alumno dispondrá de documentos con los contenidos esenciales de la materia y una referencia bibliográfica detallada.

Aproximadamente, dos semanas después del inicio de cada tema se realizarán dos reuniones de resolución de dudas colectivas entre los profesores y todos los alumnos, mediante una videoconferencia. A continuación, el alumno realizará una propuesta del trabajo (problema o algoritmos) que desea realizar en cada tema, para que su dificultad y adecuación pueda ser valorada por los profesores antes de llevarla a cabo. Finalmente, el alumno realizará el trabajo propuesto y lo documentará en una memoria final.

Para ayudar al alumno a organizar su trabajo, dentro de la página web de la asignatura se le proporcionará una tabla con una propuesta de la distribución temporal de los temas, similar a la que se incluye a continuación (con las fechas ajustadas a cada curso académico). Las fechas de entrega de la tabla son flexibles, permitiendo al alumno entregar el trabajo en fechas posteriores (hasta una semana antes del cierre de actas).

| Temas  | Inicio  | Sesion dudas | Entrega Propuestas | Entrega Final |
|--------|---------|--------------|--------------------|---------------|
| Tema 1 | Fecha1  | Fecha2       | Fecha3             | Fecha4        |
| Tema 2 | Fecha5  | Fecha6       | Fecha7             | Fecha8        |
| Tema 3 | Fecha9  | Fecha10      | Fecha11            | Fecha12       |
| Tema 4 | Fecha13 | Fecha14      | ---                | ---           |

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen

No hay prueba presencial

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad

No

Descripción

Después del estudio teórico del tema 1, el alumno propondrá un problema de optimización al equipo docente y lo formulará de forma adecuada. Tras comprender las características y los procedimientos propios de los temas 2 y 3, el alumno implementará dos de los algoritmos estudiados (uno del tema 2 y otro del tema 3) y resolverá su problema con ellos. Además, analizará y comparará los resultados obtenidos con cada método. Finalmente, el alumno ampliará los conocimientos obtenidos con el estudio teórico del tema 4.

Criterios de evaluación

El proceso y trabajo realizado a lo largo del curso se documentará en 3 memorias diferentes:

En la primera se recogerá la descripción y formulación del problema planteado

En la segunda se presentarán las características y los resultados obtenidos con el algoritmo elegido del tema 2.

En la tercera se documentarán las características y los resultados obtenidos con el algoritmo elegido del tema 3, y se compararán con los resultados obtenidos en el tema 2.

**Tras la entrega de cada memoria, se realizará una entrevista personal al alumno, para comprobar la autoría del trabajo y valorar los conocimientos adquiridos.**

**La asignatura será evaluada teniendo en cuenta el proceso de aprendizaje seguido por el alumno, la dificultad y originalidad del problema propuesto, la calidad y correctitud de cada una de las memorias presentadas, y el conocimiento demostrado durante la entrevista personal.**

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Al no existir una prueba presencial, la nota media de los tres trabajos (incluyéndose en ella la valoración de la memoria y la entrevista personal) será el 100 % de la nota final. Además, los tres trabajos tendrán la misma ponderación, por lo que cada uno de ellos será valorado con el 33% de la asignatura.

Fecha aproximada de entrega

Flexible

Comentarios y observaciones

Los alumnos pueden entregar los trabajos al final de cada tema (en las fechas que se indican en la página web de la asignatura) o antes de la fecha de evaluación final de la asignatura. Las entrevistas se realizarán después de cada entrega a través de medios telemáticos.

#### **PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC?

No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

#### **OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?

No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

La nota final se corresponde al promedio de las notas obtenidas en los trabajos realizados a lo largo de la asignatura.

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

ISBN(13):9780387332543

Título:EVOLUTIONARY ALGORITHMS FOR SOLVING MULTI-OBJECTIVE PROBLEMS (2)

Autor/es:Lamont, Gary B. ; Van Veldhuizen, David A. ; Coello Coello, Carlos A. ;

Editorial:: SPRINGER

ISBN(13):9780470180945

Título:BAYESIAN SIGNAL PROCESSING: CLASSICAL, MODERN AND PARTICLE FILTERING APPROACHES (1)

Autor/es:Candy, James V. ;

Editorial:: JOHN WILEY & SONS

ISBN(13):9780792381877

Título:TABU SEARCH (1)

Autor/es:Laguna, Manuel ; Glover, Fred W. ;

Editorial:: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS

ISBN(13):9781905209040

Título:PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (1)

Autor/es:Clerc, Maurice ;

Editorial:Wiley-ISTE

**Tabu Search. F.W. Glover, M. Laguna. Kluwer Academic Publishers. 1997.**

Este libro está dedicado a los algoritmos de búsqueda tabú, que es una de las técnicas heurísticas de búsqueda local que serán estudiadas en esta asignatura

**Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. C.A. Coello-Coello, G.B. Lamont, D.A. van Veldhuizen. Springer. 2007**

El contenido de este libro se centra en las técnicas heurísticas que optimizan conjuntos de soluciones con operadores inspirados en la evolución de las especies.

**Particle Swarm Optimization. M. Clerc, Wiley-ISTE. 1995**

Otro libro de técnicas heurísticas que manipulan conjuntos de soluciones utilizando para este fin operadores inspirados en la inteligencia colectiva y el comportamiento social de diferentes especies animales

**Bayesian Signal Processing: classical, modern and Particle Filtering Approaches. J.M. Candy, John Wiley & Son. 2008.**

En este libro se presentan diferentes técnicas de simulación de Monte Carlo útiles para la optimización de funciones no deterministas y/o para el desarrollo de nuevos algoritmos de

optimización estocástica.

## **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

A lo largo del curso se facilitará material complementario de cada uno de los temas, relacionado con las aplicaciones que los alumnos consideren especialmente interesantes. También se proporcionarán direcciones de Internet donde el alumno podrá ampliar conocimientos, ver modos alternativos de presentación de la materia, y relaciones entre los diferentes temas.

## **RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA**

Como apoyo en el estudio de la asignatura, el estudiante dispone de los recursos siguientes:

1. Guía docente.
2. Curso virtual.
3. Tutorías con el equipo docente.
4. Biblioteca.
5. Internet.
6. Software específico.

---

## **IGUALDAD DE GÉNERO**

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.