



Teaching Guide

| Identifying Data | | | | | 2023/24 |
|--------------------------|---|--------|----------------------------|-----------|---------|
| Subject (*) | Numerical methods for large systems of equations | | Code | 614855231 | |
| Study programme | Mestrado Universitario en Matemática Industrial (2013) | | | | |
| Descriptors | | | | | |
| Cycle | Period | Year | Type | Credits | |
| Official Master's Degree | 1st four-month period | First | Optional | 3 | |
| Language | Spanish | | | | |
| Teaching method | Face-to-face | | | | |
| Prerequisites | | | | | |
| Department | Matemáticas | | | | |
| Coordinador | Cendan Verdes, Jose Jesus | E-mail | jesus.cendan.verdes@udc.es | | |
| Lecturers | Cendan Verdes, Jose Jesus | E-mail | jesus.cendan.verdes@udc.es | | |
| Web | https://campusvirtual.udc.es/moodle/ | | | | |
| General description | En esta asignatura se presentan métodos numéricos para resolver grandes sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, y para calcular los autovalores de grandes sistemas. | | | | |

Study programme competences

| Code | Study programme competences |
|------|--|
| A4 | Ser capaz de seleccionar un conjunto de técnicas numéricas, lenguajes y herramientas informáticas, adecuadas para resolver un modelo matemático. |
| A5 | Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería. |
| A8 | Saber adaptar, modificar e implementar herramientas de software de simulación numérica. |
| A9 | Conocer, saber seleccionar y saber manejar las herramientas de software profesional (tanto comercial como libre) más adecuadas para la simulación de procesos en el sector industrial y empresarial. |
| B3 | Ser capaz de integrar conocimientos para enfrentarse a la formulación de juicios a partir de información que, aun siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos. |
| B4 | Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades. |
| B5 | Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado. |

Learning outcomes

| Learning outcomes | Study programme competences | | |
|--|-----------------------------|-----|--|
| Being able to use a computer application of symbolic and computational calculus for the development of the contents of the subject | AC5 AC9 | BR1 | |
| 3. Ser capaz de utilizar una técnica de preconditionamiento con un método iterativo para resolver un sistema de ecuaciones lineales. | AC4 AC5 | | |
| 1. Conocer los formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador, sus ventajas e inconvenientes. Ser capaz de utilizarlos correctamente y de escoger el más adecuado según el método numérico que se emplee. | AC4 AC8 | | |
| 2. Dado un sistema de ecuaciones lineales de gran tamaño, ser capaz de determinar el método iterativo más apropiado para su resolución. | AC4 AC5 | BC2 | |
| 3. Ser capaz de utilizar una técnica de preconditionamiento con un método iterativo para resolver un sistema de ecuaciones lineales. | AC4 AC9 | BC2 | |
| 1. Conocer los formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador, sus ventajas e inconvenientes. Ser capaz de utilizarlos correctamente y de escoger el más adecuado según el método numérico que se emplee. | AC4 AC8 | | |
| 5. Ser capaz de utilizar el paquete de cálculo MatLab de forma eficiente para resolver los problemas que se estudian en la asignatura. | AC4 AC5 | | |



| | | | |
|--|-------------------|-----|--|
| 4. Conocer métodos numéricos eficientes para resolver sistemas de ecuaciones no lineales de gran tamaño, y para calcular los autovalores y autovectores de una matriz. | AC4 | | |
| 5. Ser capaz de utilizar el paquete de cálculo MatLab de forma eficiente para resolver los problemas que se estudian en la asignatura. | AC4 AC5 | | |
| 8. Ser capaz de buscar en la bibliografía, leer y comprender la información necesaria para resolver un problema dado. | | BC3 | |
| 7. Ser capaz de valorar la dificultad de un problema. | AC4 | | |
| 6. Tener una buena disposición para la resolución de problemas. | AC4 AC5 AC8 | | |
| 8. Ser capaz de buscar en la bibliografía, leer y comprender la información necesaria para resolver un problema dado. | | BC3 | |

| Contents | |
|--|---|
| Topic | Sub-topic |
| 1. Formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador | Almacenamientos perfil, CSR, CSC y aleatorio. Elección del formato. |
| 2. Resolución numérica de grandes sistemas de ecuaciones lineales | Métodos de descenso: el método de gradiente conjugado (CG). Los métodos CGNR y CGNE. Métodos de Krylov. Técnicas de preconditionamiento. Mínimos cuadrados |
| 3. Resolución numérica de grandes sistemas de ecuaciones no lineales | Revisión del método de Newton. Estrategias para la convergencia global. Métodos de Newton-Krylov. Método de Broyden. |
| 4. Aproximación numérica de autovalores y autovectores | Localización de autovalores. Condicionamiento de un problema de autovalores. Métodos de la potencia. Iteración del cociente de Rayleigh. El método QR. |

| Planning | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests | Competencias | Ordinary class hours | Student?s personal work hours | Total hours |
| Oral presentation | A4 A5 A9 A8 B3 B4 | 2 | 1 | 3 |
| Laboratory practice | A4 A5 A9 A8 B3 B4 | 7 | 10.5 | 17.5 |
| Objective test | A4 A5 A9 A8 B5 B3 B4 | 3 | 0 | 3 |
| Summary | A4 A8 | 0 | 2 | 2 |
| Guest lecture / keynote speech | A4 A9 | 12 | 18 | 30 |
| Problem solving | A4 A5 A9 | 0 | 12 | 12 |
| Supervised projects | A4 A5 B5 B3 | 0 | 5 | 5 |
| Personalized attention | | 2.5 | 0 | 2.5 |

(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

| Methodologies | |
|---------------------|---|
| Methodologies | Description |
| Oral presentation | El alumnado deberán presentar oralmente las conclusiones del trabajo tutelado que hayan realizado. La presentación se tendrá en cuenta en la evaluación. |
| Laboratory practice | En las prácticas de laboratorio se muestra cómo resolver con Octave-Matlab o Python los problemas estudiados en las sesiones magistrales. |



| | |
|--------------------------------|--|
| Objective test | Se trata del examen final de la asignatura y consta de dos partes. En la primera, se propone la realización de una serie de ejercicios y se plantean cuestiones de índole teórica. En la segunda parte, el alumnado deberá resolver un caso práctico haciendo uso de los comandos y programas de que dispongan en Octave-Matlab y Python o bien, implementando los algoritmos necesarios. |
| Summary | En algún tema de la asignatura, se requerirá la realización de una tabla resumen de los métodos estudiados. Este resumen se tendrá en cuenta en la evaluación. |
| Guest lecture / keynote speech | En las sesiones magistrales el profesor/a presenta los contenidos teóricos de la asignatura, ayudándose de ejemplos ilustrativos con el fin de motivar al alumnado y de ayudar a la comprensión y asimilación de los contenidos. El profesor/a se apoyará en presentaciones dinámicas que los alumnos se podrán descargar con antelación del entorno virtual de la asignatura (en su defecto, se les hará llegar por e-mail). |
| Problem solving | A lo largo del curso, El alumnado debe resolver varias hojas de problemas que entregarán al profesorado Estos problemas se tienen en cuenta en la evaluación. |
| Supervised projects | El alumnado deberá realizar un trabajo en el que utilizarán los conocimientos adquiridos en la asignatura para resolver un problema aplicado. Este trabajo se tiene en cuenta en la evaluación. |

Personalized attention

| Methodologies | Description |
|---|--|
| Laboratory practice Supervised projects Problem solving | El alumnado pueden consultar con el profesorado de la materia las dudas que les surjan en la solución de problemas y realización de prácticas de laboratorio y trabajos tutelados. |

Assessment

| Methodologies | Competencies | Description | Qualification |
|---------------------|-------------------------|--|---------------|
| Objective test | A4 A5 A9 A8 B5 B3 B4 | Prueba en la que se evalúan los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos por el alumnado. | 50 |
| Summary | A4 A8 | Se valorará la capacidad de síntesis del alumnado | 5 |
| Oral presentation | A4 A5 A9 A8 B3 B4 | Se valorará la claridad con que se expongan las ideas y conclusiones del trabajo realizado. | 10 |
| Laboratory practice | A4 A5 A9 A8 B3 B4 | Se valorará la capacidad de analizar los resultados obtenidos comparando los distintos métodos, así como la selección de algoritmos adecuados a cada problema | 10 |
| Supervised projects | A4 A5 B5 B3 | Se valorará la capacidad del alumno para aplicar los conceptos y métodos estudiados en la asignatura así como su capacidad de aprendizaje autónomo y de razonamiento crítico, su creatividad y la originalidad del trabajo presentado. | 15 |
| Problem solving | A4 A5 A9 | Se valorará la corrección y claridad de las soluciones presentadas. | 10 |

Assessment comments

| |
|--|
| |
|--|

Sources of information

| |
|--|
| |
|--|



| | |
|----------------------|--|
| Basic | <ul style="list-style-type: none">- Saad, Y. (2003). Iterative Methods for Sparse Linear Systems. SIAM- Kelley, C.T: (2003). Solving Nonlinear Equations with Newton's Method. SIAM- Trefethen, L., Bau, D. (1997). Numerical Linear Algebra. SIAM- Quarteroni, A. (2006). Cálculo Científico con Matlab y Octave. Springer- Johansson (2019). Numerical Python. Apress <p>El Templates está disponible en la página web www.netlib.org/templates/templates.pdf Donev, A. Numerical Methods: http://cims.nyu.edu/~donev/Teaching/NMI-Fall2010/Lectures.html</p> |
| Complementary | <ul style="list-style-type: none">- Demmel, J.W. (1997). Applied Numerical Linear Algebra. SIAM- Dennis Jr., J.E. y Schnabel, R.B. (1996). Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations. SIAM- Epperson, J.F. (2007). An introduction to numerical methods and analysis. John Wiley & Sons- Golub, G.H. y van Loan, C.F. (1996). Matrix Computations. John Hopkins University Press- Lascaux, P. y Théodor, R. (2000). Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur, 1- Méthodes directes. Dunod- van der Vorst, H.A. (2003). Iterative Krylov Methods for Large Linear Systems. Cambridge University Press |

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Elementos Finitos I/614455102
Elementos Finitos II/614455208
Cálculo Paralelo/614455202

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Other comments

Se recomienda estudiar los contenidos presentados en la asignatura a medida que éstos se vayan explicando, realizar los ejercicios y trabajos prácticos propuestos, aprovechar las tutorías y consultar la bibliografía.

(*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.