



Guía docente

480021 - MMSS - Fundamentos de Modelización Matemática y Sistémica de la Sostenibilidad

Última modificación: 22/05/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona

Unidad que imparte: 724 - MMT - Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA SOSTENIBILIDAD (Plan 2013). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2024

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MARTI ROSAS CASALS

Otros:

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

2. Aplicar adecuadamente, y de forma crítica y eficaz, marcos conceptuales, procesos y técnicas de obtención y tratamiento de datos, estadística aplicada, modelización matemática, análisis de sistemas, sistemas de información geográfica, tecnologías de la información y las comunicaciones y la ecología industrial a la solución de retos de la sostenibilidad y desarrollo sostenible.

CE03. Analizar de forma crítica y evaluar las teorías y enfoques sobre las características y propiedades de la geoesfera y la biosfera que facilitan y enmarcan el desarrollo de los sistemas socioecológicos, así como los principales retos del cambio climático.

3. Aplicar, analizar de forma crítica los resultados y evaluar las teorías, enfoques y metodologías de valorización integrada en los ámbitos de la alimentación y el desarrollo rural, las ingenierías agrícolas, del agua, la energía, la edificación, la construcción, el transporte y el territorio.

Genéricas:

1. Desarrollar y/o aplicar ideas con originalidad en un contexto de investigación, identificando y formulando hipótesis o ideas innovadoras y sometiéndolas a prueba de objetividad, coherencia y viabilidad.

Transversales:

4. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

5. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

Básicas:

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.

METODOLOGÍAS DOCENTES

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes metodologías docentes:

Clase magistral o conferencia (EXP): exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas.

Resolución de problemas y estudio de casos (RP): resolución colectiva de ejercicios, realización de debates y dinámicas de grupo, con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula; presentación en el aula de una actividad realizada de forma individual o en grupos reducidos.

Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): aprendizaje basado en la realización, individual o en grupo, de un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.

Actividades de Evaluación (EV).

Actividades formativas:

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes actividades formativas:

Presenciales

Clases teóricas y conferencias (CTC): conocer, comprender y sintetizar los conocimientos expuestos por el profesorado mediante clases magistrales o bien por conferenciantes.

Clases prácticas (CP): participar en la resolución colectiva de ejercicios, así como en debates y dinámicas de grupo, con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula.

No presenciales

Realización de un proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): llevar a cabo, individualmente o en grupo, un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.

Estudio autónomo (EA): estudiar o ampliar los contenidos de la materia de forma individual o en grupo, comprendiendo, asimilando, analizando y sintetizando conocimientos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al finalizar la asignatura, el/la estudiante:

Conoce y comprende la dimensión sistémica de la sostenibilidad, las características y propiedades que definen sus dinámicas temporales, así como las particularidades de los sistemas socio-ecológicos.

Aplica de forma eficiente técnicas e instrumentos propios de la matemática y la estadística aplicada a retos de la sostenibilidad y el desarrollo mediante herramientas informáticas de desarrollo abierto.

Integra y analiza críticamente el resultado de utilizar modelos matemáticos y estadísticos en la definición de soluciones y estrategias de sostenibilidad y desarrollo.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	24,0	19.20
Horas grupo pequeño	9,0	7.20
Horas grupo mediano	12,0	9.60

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1. Introducción al pensamiento sistémico y a la complejidad

Descripción:

La Sistémica puede ser considerada un nuevo nombre para todas las investigaciones relacionadas con la Teoría de Sistemas y la ciencia de sistemas. Se define como un campo emergente de la ciencia que estudia los sistemas holísticos e intenta desarrollar marcos lógico matemáticos, de ingeniería, y filosofía, en los cuales los sistemas físicos, mentales, cognitivos, sociales y metafísicos puedan ser estudiados. La complejidad surge al observar la realidad de manera sistémica. Es la cualidad de lo que está compuesto de diversos elementos y por tanto se encuentra presente en campos como la filosofía, la epistemología, la física y la biología, la sociología, la informática, la matemática, y también las llamadas ciencias de la información y de la comunicación o TICs. Los problemas asociados al concepto de sostenibilidad suelen ser sistémicos, holísticos y complejos.

Objetivos específicos:

- Presentar la sistémica a partir de su proceso histórico de desarrollo, a partir de la cibernética, la teoría de la información y la teoría general de sistemas.
- Reconocer algunos de los principios comunes a diferentes campos que surgen de esta visión holística.
- Presentar los mapas conceptuales como herramienta básica para representar la relaciones sistémicas.
- Presentar las diferentes definiciones de complejidad aplicadas a sistemas económicos, sociales, naturales y biológicos.
- Reconocer los patrones que permiten detectar la complejidad en estos sistemas.
- Presentar ejemplos de problemas relacionados con la sostenibilidad que pueden ser analizados en el marco conceptual y con las herramientas de la ciencia de la complejidad.

Competencias relacionadas:

CE03. Analizar de forma crítica y evaluar las teorías y enfoques sobre las características y propiedades de la geoesfera y la biosfera que facilitan y enmarcan el desarrollo de los sistemas socioecológicos, así como los principales retos del cambio climático.

Dedicación: 18h 15m

Grupo grande/Teoría: 5h 15m

Aprendizaje autónomo: 13h

2. Introducción a la modelización

Descripción:

Un modelo (aquí y en general, matemático) es una forma de expresar atributos y relaciones de un sistema de manera simplificada. Se caracteriza por contener variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, y se utiliza para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

Objetivos específicos:

- Presentar las diferentes formas de modelización y su clasificación.
- Comprender las diferencias entre modelización y simulación.
- Presentar los conceptos básicos de programación y el entorno NetLogo como herramienta básica para la modelización mediante computador.

Actividades vinculadas:

A1

Dedicación: 12h 10m

Grupo grande/Teoría: 3h

Actividades dirigidas: 1h 40m

Aprendizaje autónomo: 7h 30m

3. Modelos con ecuaciones

Descripción:

Los modelos matemáticos más conocidos son los que utilizan ecuaciones diferenciales para caracterizar la evolución dinámica (esto es, temporal) de los sistemas que persiguen estudiar. Si el sistema se describe mediante ecuaciones diferenciales ordinarias, la integración puede ser directa. Pero la complejidad de los sistemas implica muchas veces la integración numérica.

Objetivos específicos:

- (a) Presentar las diferencias entre modelos dinámicos discretos y continuos.
- (b) Presentar los diagramas causales como evolución de los mapas conceptuales.
- (c) Presentar los diagramas de flujo como evolución de los diagramas causales y como fundamento de la técnica de la dinámica de sistemas.
- (d) Diferenciar los sistemas lineales de los no lineales.
- (e) Introducir el análisis de estabilidad como herramienta esencial para caracterizar el comportamiento dinámico de los modelos de sistemas.

Actividades vinculadas:

A2

Competencias relacionadas:

CE13. Aplicar, analizar de forma crítica los resultados y evaluar las teorías, enfoques y metodologías de valorización integrada en los ámbitos de la alimentación y el desarrollo rural, las ingenierías agrícolas, del agua, la energía, la edificación, la construcción, el transporte y el territorio.

Dedicación: 51h

Grupo grande/Teoría: 14h

Actividades dirigidas: 2h

Aprendizaje autónomo: 35h

4. Modelos con agentes

Descripción:

Un modelo basado en agentes es un tipo de modelo computacional que permite la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un entorno, y permite determinar qué efectos producen en el conjunto del sistema. Los modelos simulan las operaciones simultáneas de entidades múltiples (agentes), en un intento de recrear y predecir las acciones de fenómenos complejos, y que pueden resultar emergentes, desde el nivel más elemental (micro) al más elevado (macro).

Objetivos específicos:

- (a) Reconocer la necesidad de la programación computacional como esencia de la modelización con agentes.
- (b) Presentar las características y propiedades de los modelos con agentes y como comunicarlos.
- (c) Reconocer los patrones emergentes como resultantes de los procesos de interacción entre agentes.
- (d) Analizar y comprender los modelos basados en agentes, así como su parametrización y calibrado.

Actividades vinculadas:

A3

Competencias relacionadas:

CE04. Aplicar adecuadamente, y de forma crítica y eficaz, marcos conceptuales, procesos y técnicas de obtención y tratamiento de datos, estadística aplicada, modelización matemática, análisis de sistemas, sistemas de información geográfica, tecnologías de la información y las comunicaciones y la ecología industrial a la solución de retos de la sostenibilidad y desarrollo sostenible.

CE13. Aplicar, analizar de forma crítica los resultados y evaluar las teorías, enfoques y metodologías de valorización integrada en los ámbitos de la alimentación y el desarrollo rural, las ingenierías agrícolas, del agua, la energía, la edificación, la construcción, el transporte y el territorio.

Dedicación: 37h 30m

Grupo grande/Teoría: 10h 30m

Actividades dirigidas: 2h

Aprendizaje autónomo: 25h

ACTIVIDADES

A1. INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN

Descripción:

Se pide que, de forma individual, se realicen los tutoriales del programa utilizado para la programación mediante agentes (i.e., NetLogo)

Objetivos específicos:

Familiarizarse con el lenguaje de programación y la interficie del programa NetLogo.

Material:

- NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)
- Tutoriales NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>)

Competencias relacionadas:

CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

Dedicación: 3h

Aprendizaje autónomo: 3h

A2. Modelo de crecimiento poblacional con ecuaciones

Descripción:

Se pide que, en grupos de 4 - 5 personas, se implemente un modelo computacional de crecimiento poblacional con ecuaciones a partir de datos de crecimiento poblacional históricos reales y que se discutan los resultados de las proyecciones a 5, 10 y 20 años.

Objetivos específicos:

Profundizar en y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la unidad.

Material:

NetLogo
Datos históricos de crecimiento poblacional (Bibliografía)

Entregable:

Modelo computacional con NetLogo

Competencias relacionadas:

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.

CE04. Aplicar adecuadamente, y de forma crítica y eficaz, marcos conceptuales, procesos y técnicas de obtención y tratamiento de datos, estadística aplicada, modelización matemática, análisis de sistemas, sistemas de información geográfica, tecnologías de la información y las comunicaciones y la ecología industrial a la solución de retos de la sostenibilidad y desarrollo sostenible.

CG02. Desarrollar y/o aplicar ideas con originalidad en un contexto de investigación, identificando y formulando hipótesis o ideas innovadoras y sometiéndolas a prueba de objetividad, coherencia y viabilidad.

CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

Dedicación: 25h

Aprendizaje autónomo: 25h



A3. Modelo de crecimiento poblacional con agentes

Descripción:

Se pide que, en grupos de 4 - 5 personas, se implemente un modelo computacional de crecimiento poblacional con agentes a partir del modelo escogido como más adecuado de la actividad A2.

Objetivos específicos:

Profundizar en y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la unidad.

Material:

NetLogo

Entregable:

Modelo NetLogo basado en agentes

Competencias relacionadas:

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.

CE04. Aplicar adecuadamente, y de forma crítica y eficaz, marcos conceptuales, procesos y técnicas de obtención y tratamiento de datos, estadística aplicada, modelización matemática, análisis de sistemas, sistemas de información geográfica, tecnologías de la información y las comunicaciones y la ecología industrial a la solución de retos de la sostenibilidad y desarrollo sostenible.

CG02. Desarrollar y/o aplicar ideas con originalidad en un contexto de investigación, identificando y formulando hipótesis o ideas innovadoras y sometiénolas a prueba de objetividad, coherencia y viabilidad.

Dedicación: 16h 40m

Aprendizaje autónomo: 16h 40m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

EV1 Prueba escrita parcial de control de conocimientos (PE): 35%

EV2 Prueba escrita parcial de control de conocimientos (PE): 35%

EV3 Trabajos realizados a lo largo del curso (TR): 30%

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Norberg, J.; Cumming, G.S. Complexity theory for a sustainable future. New York: Columbia University Press, 2008. ISBN 9780231134606.

- Erdi, P. Complexity explained [en línea]. Berlin: Springer, 2008 [Consulta: 02/02/2021]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007%2F978-3-540-35778-0>. ISBN 9783540357773.

- Grimm, V.; Railsback, S.F. Individual-based modeling and ecology. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2005. ISBN 9780691096667.

- Casti, J.L. Would-be worlds: how simulation is changing the frontiers of science. New York: John Wiley and Sons, 1997. ISBN 9780471196938.

Complementaria:

- Aracil, J. Introducción a la dinámica de sistemas. 3a ed. Madrid: Alianza, 1986. ISBN 8420680583.

- Railsback, S.F.; Grimm, V. Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction. Princeton: Princeton University Press, 2011. ISBN 9780691136745.

- Miller, J.H.; Page, S.E. Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2007. ISBN 9780691127026.