instituto superior de engenharia de lisboa

Ficha de Unidade Curricular A3ES
Modelação e Simulação de Sistemas Naturais
Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia

2025-26

1. Designação da unidade curricular

[1843] Modelação e Simulação de Sistemas Naturais / Modelling and Simulation of Natural Systems

2. Sigla da área científica em que se insere	INF
3. Duração	Unidade Curricular Semestral
4. Horas de trabalho	162h 00m
5. Horas de contacto	Total: 67h 30m das quais TP: 22h 30m | P: 45h 00m
6. % Horas de contacto a distância	Sem horas de contacto à distância
7. ECTS	6
8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular	[760] Arnaldo Joaquim Castro Abrantes | Horas Previstas: 135 horas
9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular	[1897] Gonçalo Ramiro Valadão Matias | Horas Previstas: 135 horas

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

No final desta unidade curricular os estudantes serão capazes de:

1. Compreender a importância da modelação e simulação no desenvolvimento de pensamento sistémico/holístico;
2. Compreender o papel dos ciclos de realimentação e atrasos no comportamento dos sistemas dinâmicos complexos;
3. Conhecer e compreender conceitos de sistemas dinâmicos, tais como variáveis de estado, funções iteradas, órbitas, pontos fixos, ciclos limite, estabilidade, caos, fractais;
4. Aplicar diagramas de ciclos causais e diagramas de níveis e fluxos em modelação e simulação de sistemas, através da utilização de software específico;
5. Conhecer e compreender a modelação baseada em indivíduos (agentes) e a sua relação com a modelação baseada em agregados;
6. Conhecer e compreender modelos matemáticos de sistemas dinâmicos complexos, tais como autómatos celulares e outros modelos baseados em agentes;
7. Aplicar modelos computacionais de Vida Artificial, tais como o modelo de Boids de Reynolds, em simulações/jogos.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

At the end of this course students you will be able to:

1. Understand the importance of modeling and simulation in the development of systemic/holistic thinking;
2. Understand the role of feedback cycles and delays in the behavior of complex dynamic systems;
3. Know and understand concepts of dynamic systems, such as state variables, iterated functions, orbits, fixed points, limit cycles, stability, chaos, fractals;
4. Apply causal loop diagrams and diagrams of levels and flows in modeling and simulation of systems, through the use of specific software;
5. To know and understand the modeling based on individuals (agents) and its relation with the modeling based on aggregates;
6. Know and understand mathematical models of complex dynamic systems, such as cellular automata and other agent-based models;
7. Apply Artificial Life computational models, such as the Reynolds Boids model, in simulations/games.

11. Conteúdos programáticos

I. Introdução e motivação à M&S de sistemas;

II. O paradigma de M&S designado por Dinâmica de Sistemas: modelação baseada em agregados, cuja evolução é descrita por equações diferenciais não lineares onde se enfatiza o papel da realimentação e atrasos no comportamento do sistema;
III. Conceitos em sistemas dinâmicos: variáveis de estado, funções iteradas, órbitas, pontos fixos, ciclos limite, caos, fractais;
IV. Utilização de ferramentas de software em M&S (e.g., Vensim, AnyLogic);
V. O paradigma de M&S designado por Modelação baseada em Agentes, onde se enfatizam as interações locais entre agentes e a natureza não linear destas, como explicação para a emergência de um determinado comportamento global;
VI. Os autómatos celulares como caso particular de modelação baseada em agentes;
VII. Modelos inspirados na Biologia celular: autómatos celulares e sistemas de Lindenmayer;
VIII. Simulação de sistemas de Vida Artificial: sistemas de partículas, bandos de pássaros (Boids) e colónias de formigas.

11. Syllabus

I. Introduction and motivation to M&S;

II. The System Dynamics paradigm: aggregate models whose evolution is described by non-linear differential equations where the role of feedback and delays in system behavior is emphasized;
III. Concepts in dynamic systems: state variables, iterated functions, orbits, fixed points, limit cycles, chaos, fractals;
IV. Use of software tools in M&S (e.g., Vensim, AnyLogic);
V. The Agent-Based Modeling paradigm: individual-based models which emphasizes the local interactions between agents and their non-linear nature, as an explanation for the emergence of a given global behavior;
VI. Cellular automata as a particular case of agent-based modeling;
VII. Models inspired in biology: cellular automata and Lindenmayer systems;
VIII. Simulation of Artificial Life systems: particle systems, flocks of birds (Boids) and colonies of ants.

12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

A complexidade dinâmica do mundo em que vivemos torna a simulação computacional a única forma que dispomos para alargar a nossa capacidade de o compreender e percecionar, e assim tomar decisões que nos conduzam a um desenvolvimento sustentável (objetivo 1, concretizado em I).

A chamada Dinâmica de Sistemas constitui um dos focos da disciplina, analisando-se as dinâmicas dos sistemas complexos com base na identificação e modelação dos seus principais ciclos de realimentação e atrasos (objetivos 2 a 4 concretizados em II, III e IV).

Aborda-se também a representação de sistemas complexos usando modelação baseada em agentes, sendo enfatizada a estreita ligação existente entre este tipo de modelação e a criação de mundos virtuais e desenvolvimento de jogos (objetivos 5 a 7 concretizados em V, VI, VII e VIII).

A disciplina pretende assim abordar, de forma integrada, dois diferentes paradigmas de modelação de sistemas: modelação baseada em agregados versus baseada em indivíduos (agentes).

12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes

The dynamic complexity of the world in which we live makes computational simulation the only way we can extend our ability to understand and perceive it, and thus make decisions that lead to sustainable development (objective 1, concretized in I).

The so-called System Dynamics is one of the focuses of the discipline, analyzing the dynamics of complex systems based on the identification and modeling of their main cycles of feedback and delays (objectives 2 to 4 embodied in II, III and IV).

We also discuss the representation of complex systems using agent-based modeling, emphasizing the close connection between this type of modeling and the creation of virtual worlds and game development (objectives 5 to 7 embodied in V, VI, VII and VIII).

The discipline aims to address, in an integrated way, two different paradigms in system modeling, comparing individual-based and aggregate models.

13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico

É utilizada uma metodologia de avaliação distribuída com exame final, suportada em pequenos projetos de modelação e simulação desenvolvidos ao longo do semestre.
Estes projetos envolvem a utilização de software específico (e.g., Vensim, AnyLogic) e o desenvolvimento de programas de simulação/jogos (e.g., na linguagem java, usando a biblioteca processing).

13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model

A distributed assessment methodology with a final exam is used, supported by small modelling and simulation projects developed throughout the semester.
These projects involve the use of specific software (e.g. Vensim, AnyLogic) and the development of simulation/game programmes (e.g. in the Java language, using the processing library).

14. Avaliação

A avaliação compreende duas componentes pedagogicamente fundamentais: teórica (NT) e prática (NP), com peso de 50% cada na nota final (NF): NF = 0,5 x (NT + NP).
A componente teórica (NT) é realizada por exame final, sendo a nota mínima de 9,50.
A componente prática tem 5 trabalhos práticos (TP) e um projeto final (PF) com uma prova oral de validação da contribuição de cada estudante.

A nota da componente prática (NP) é obtida com base na média ponderada: NP = 0,4 x (TP1 + TP2 + TP3 + TP4 + TP5) + 0,6 x PF.
A nota mínima em cada trabalho prático e no projeto final é de 8,00 e na componente prática (NP) é de 9,50.

14. Assessment

The assessment comprises two pedagogically fundamental components: theoretical (NT) and practical (NP), each weighing 50 per cent in the final grade (NF): NF = 0.5 x (NT + NP).
The theoretical component (NT) is carried out by final exam, with a minimum grade of 9.50.
The practical component has 5 practical assignments (TP) and a final project (PF) with an oral test to validate each student's contribution.

The grade for the practical component (NP) is based on the weighted average: NP = 0,4 x (TP1 + TP2 + TP3 + TP4 + TP5) + 0,6 x PF.
The minimum grade for each practical assignment and for the final project is 8.00 and for the practical component (NP) is 9.50.

15. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os temas correspondentes aos resultados de aprendizagem, na sua componente conceptual, são estudados em aulas teóricas específicas e concretizados em casos práticos e projetos desenvolvidos ao longo do semestre, em aulas teórico-práticas e de modo autónomo pelos alunos.

15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes

The themes corresponding to the learning outcomes, in their conceptual component, are studied in specific theoretical classes. These topics are then concretized in practical cases and projects, developed during the semester, autonomously by the students, in theoretical-practical classes.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

Shiffman, D. (2012), The Nature of Code: Simulating Natural Systems with Processing

Shiflet, A., Shiflet, G. (2014), Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences, Second Edition, Princeton University Press

Meadows, D. (2008), Thinking in Systems: A Primer, Chelsea Green Publishing

Flake, G. (1998), The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation, MIT Press

Feldman, D. (2012), Chaos and Fractals: An Elementary Introduction, Oxford University Press.

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2024-07-17 Data de aprovação em CTC:

Data de aprovação em CP: 2024-06-26 Data de aprovação em CP: