

Caracterização da Unidade Curricular / Characterization of the Curricular Unit

Designação da Unidade Curricular (UC) / Title of Curricular Unit (CU): Inteligência Artificial Aplicada em Drones / Artificial Intelligence Applied to Drones

Área científica da UC / CU Scientific Area: Ciências Informáticas / Computer Science

Semestre / Semester: 3º

Número de créditos ECTS / Number of ECTS credits: 6

Carga horária por tipologia de horas / Workload by type of hours: TP: 45; OT: 6; O: 9

Carga letiva semanal / Weekly letive charge: 3h

Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Esta unidade curricular constitui o núcleo da especialização, focando-se na aplicação de técnicas de Inteligência Artificial para dotar os veículos não tripulados de autonomia avançada. Os estudantes irão explorar como os algoritmos de Machine Learning e, em particular, Deep Learning, transformam os dados dos sensores em decisões e ações inteligentes. A disciplina aborda as principais aplicações de IA em drones, incluindo a perceção do ambiente através de visão computacional, a navegação autónoma através de aprendizagem por reforço (Reinforcement Learning) e o planeamento de trajetórias complexas. A componente prática será desenvolvida em ambientes de simulação, onde os alunos irão treinar e testar modelos de IA para resolver desafios de navegação e interação.

Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This course forms the core of the specialization, focusing on the application of Artificial Intelligence techniques to provide unmanned vehicles with advanced autonomy. Students will explore how Machine Learning algorithms, and in particular Deep Learning, transform sensor data into intelligent decisions and actions. The course covers key AI applications in drones, including environmental perception through computer vision, autonomous navigation through reinforcement learning, and complex trajectory planning. The practical component will be developed in simulation environments, where students will train and test AI models to solve navigation and interaction challenges.

Conteúdos programáticos:

1. Introdução à IA para Sistemas Autónomos

- 1.1. Paradigmas da IA: Aprendizagem Supervisionada, Não Supervisionada e por Reforço.
- 1.2. O ciclo da perceção-ação e a tomada de decisão em robótica.
- 1.3. Introdução ao Deep Learning: Redes Neurais, Funções de Ativação, Otimizadores.

2. Machine Learning para a Perceção do Drone

- 2.1. Redes Neurais Convolucionais (CNNs) para análise de imagem.
- 2.2. Detecção de Objetos (e.g., YOLO, SSD) e Segmentação Semântica (e.g., U-Net).

- 2.3. Aplicações: deteção de alvos, análise de terreno, inspeção de infraestruturas.
- 2.4. Desafios do processamento em tempo real em hardware embebido (Edge AI).

3. Deep Reinforcement Learning para Navegação e Controlo

- 3.1. Fundamentos da Aprendizagem por Reforço: Agente, Ambiente, Estado, Ação, Recompensa.
- 3.2. Algoritmos de RL (e.g., Q-Learning, DQN, PPO).
- 3.3. Aplicação na navegação autónoma e desvio de obstáculos (obstacle avoidance).
- 3.4. Simulação e treino de agentes em ambientes virtuais (e.g., AirSim, Gazebo com ROS).

4. Tópicos Avançados e Aplicações

- 4.1. Planeamento de Trajetória (Path Planning) com algoritmos baseados em IA (e.g., RRT*, algoritmos genéticos).
- 4.2. Localização e Mapeamento Simultâneo (SLAM) com Deep Learning.
- 4.3. Controlo de enxames (Swarm Intelligence) e comportamento emergente.
- 4.4. Ética e segurança em sistemas de IA autónomos.

Syllabus:

1. Introduction to AI for Autonomous Systems

- 1.1. AI Paradigms: Supervised, Unsupervised, and Reinforcement Learning.
- 1.2. The perception-action cycle and decision-making in robotics.
- 1.3. Introduction to Deep Learning: Neural Networks, Activation Functions, Optimizers.

2. Machine Learning for Drone Perception

- 2.1. Convolutional Neural Networks (CNNs) for image analysis.
- 2.2. Object Detection (e.g., YOLO, SSD) and Semantic Segmentation (e.g., U-Net).
- 2.3. Applications: target detection, terrain analysis, infrastructure inspection.
- 2.4. Challenges of real-time processing in embedded hardware (Edge AI).

3. Deep Reinforcement Learning for Navigation and Control

- 3.1. Fundamentals of Reinforcement Learning: Agent, Environment, State, Action, Reward.
- 3.2. RL Algorithms (e.g., Q-Learning, DQN, PPO).
- 3.3. Application in autonomous navigation and obstacle avoidance.
- 3.4. Simulation and training of agents in virtual environments (e.g., AirSim, Gazebo with ROS).

4. Advanced Topics and Applications

- 4.1. Path Planning with AI-based algorithms (e.g., RRT*, genetic algorithms).
- 4.2. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) with Deep Learning.
- 4.3. Swarm Intelligence and emergent behavior.
- 4.4. Ethics and safety in autonomous AI systems.