

## **Research Fellowship - PRIN Mentor Project**

### *Research Plan*

The overarching goal of MENTOR is to combine Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL) with control theoretic approaches for the development of new more efficient strategies for the control of autonomous multi-agent systems and explore their application to the problem of designing cooperative agents able to perform challenging search-and-rescue operations in uncertain environments.

The specific objectives of the research program are:

- to carry out a comparative analysis of existing control and MARL strategies for complex multi-agent systems in the literature and their application to SAR scenarios to identify a set of strategies to benchmark those we will develop in MENTOR;
- to develop learning-based strategies to steer the collective behaviour of complex multi-agent systems combining control strategies with reinforcement learning algorithms to achieve better efficiency and shorter learning times in complex situations;
- to analyse the convergence and robustness properties of the strategies on a set of testbed applications and
- to use the new strategies developed within the project to multi-agent Search and Rescue problems in uncertain environments such as those that occur in natural disasters' areas and validate their effectiveness through a set of simulations and proof-of-principle experimental tests.

### *Research Activities*

In particular the candidate will focus on the following activities:

- Design and development of mechanisms for decision-making of AI agents (1-6 months);
- Design and development of LLM-based agents for cooperation and for problem solving (7-12 months).

## **Progetto di Progetto Mentor**

### *Piano di Ricerca*

L'obiettivo generale di MENTOR è combinare l'Apprendimento per Rinforzo Multi-Agente (MARL) con approcci teorici di controllo per lo sviluppo di nuove strategie più efficienti per il controllo di sistemi multi-agente autonomi ed esplorare la loro applicazione al

problema della progettazione di agenti cooperativi in grado di eseguire operazioni di ricerca e soccorso in ambienti incerti.

Gli obiettivi specifici del programma di ricerca sono:

- effettuare un'analisi comparativa delle strategie di controllo esistenti e delle strategie MARL per sistemi multi-agente complessi nella letteratura e la loro applicazione agli scenari SAR per identificare un insieme di strategie da utilizzare come benchmark per quelle che svilupperemo in MENTOR;
- sviluppare strategie basate sull'apprendimento per guidare il comportamento collettivo di sistemi multi-agente complessi combinando strategie di controllo con algoritmi di apprendimento per rinforzo per ottenere una maggiore efficienza e tempi di apprendimento più brevi in situazioni complesse;
- analizzare le proprietà di convergenza e robustezza delle strategie su un insieme di applicazioni di testbed e utilizzare le nuove strategie sviluppate all'interno del progetto per problemi di Ricerca e Soccorso multi-agente in ambienti incerti come quelli che si verificano nelle aree colpite da disastri naturali e validarne l'efficacia attraverso una serie di simulazioni e test sperimentali di prova di principio.

#### *Attività di ricerca*

In particolare, il candidato si concentrerà sulle seguenti attività:

- Progettazione e sviluppo di meccanismi per il processo decisionale degli agenti AI (Mesi 1-6);
- Progettazione e sviluppo di agenti basati su LLM per la cooperazione e la risoluzione dei problemi (Mesi 7-12).