

# Piano delle attività

## Progetto di ricerca correlato all'incarico di ricerca

Il progetto di ricerca si concentra sull'indagine di metodi computazionali per lo studio di sistemi complessi caratterizzati da dinamiche emergenti, con particolare attenzione al rapporto tra livelli micro e macro nei sistemi computazionali collettivi. L'obiettivo è sviluppare e analizzare tecniche di analisi, modellazione, e astrazione (e.g., coarse-graining, modelli multi-scala, approcci basati su teoria dell'informazione) che consentano di comprendere come comportamenti globali emergano da interazioni locali. In parallelo, il progetto può prevedere lo svolgimento di attività di survey per mappare lo stato dell'arte sui metodi "multi-scala", dinamiche emergenti e modelli computazionali per sistemi collettivi. Il progetto esplorerà inoltre il ruolo di formalismi computazionali (e.g., automi cellulari, reservoir computing, modelli agent-based) come strumenti per investigare proprietà emergenti, dinamiche collettive e meccanismi di auto-organizzazione, con l'obiettivo di contribuire alla definizione di principi generali per l'ingegneria di sistemi complessi. Il progetto potrà anche considerare tecniche di sintesi o generazione di comportamenti collettivi.

## Descrizione delle attività di assistenza alla ricerca che saranno affidate al titolare dell'incarico

Il titolare dell'incarico sarà coinvolto nelle attività di supporto scientifico e tecnico connesse allo sviluppo del progetto di ricerca. In particolare, collaborerà alla definizione e implementazione dei metodi a supporto degli obiettivi previsti, contribuendo all'analisi teorica, alla modellazione formale, e alla sperimentazione computazionale.

Le attività includeranno:

- supporto alla progettazione e allo sviluppo di modelli e algoritmi;
- implementazione e validazione sperimentale delle soluzioni proposte;
- raccolta, organizzazione e analisi dei dati necessari alle attività di ricerca;
- redazione di report tecnici e contributo alla preparazione di pubblicazioni scientifiche;
- collaborazione all'organizzazione di incontri di progetto e alla disseminazione dei risultati.

Il titolare opererà in coordinamento con il responsabile scientifico, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi progettuali nel rispetto delle tempistiche e delle linee guida definite.

## Piano delle attività

L'attività di ricerca sarà articolata nelle seguenti fasi:

1. Analisi preliminare e definizione del quadro metodologico: studio dello stato dell'arte e definizione delle principali domande di ricerca e degli obiettivi in relazione allo studio delle dinamiche emergenti multi-scala.
2. Progettazione e sviluppo: definizione di modelli e metodologie per l'analisi, la modellazione e l'astrazione di computazioni collettive, con attenzione alle relazioni tra diversi livelli di descrizione.
3. Implementazione e sperimentazione: sviluppo di prototipi e ambienti sperimentali, conduzione di esperimenti e analisi dei risultati per la validazione dei metodi proposti.
4. Valutazione e diffusione: valutazione delle prestazioni e delle proprietà dei metodi sviluppati, redazione di report tecnici e contributo alla preparazione di pubblicazioni scientifiche e attività di disseminazione.

Le attività saranno svolte in coordinamento con il responsabile scientifico, nel rispetto delle tempistiche e degli obiettivi previsti dal progetto.

# Research Plan

## Research project related to the “incarico di ricerca”

The research project focuses on the investigation of computational methods for the study of complex systems characterised by emergent dynamics, with particular attention to the micro–macro relationship in collective computational systems. The goal is to develop and analyse techniques for analysis, modelling, and abstraction (e.g., coarse-graining, multi-scale models, information-theoretic approaches) that enable understanding how global behaviours emerge from local interactions. In parallel, the project may include survey activities aimed at mapping the state of the art on multi-scale methods, emergent dynamics, and computational models for collective systems. The project will also explore the role of computational formalisms (e.g., cellular automata, reservoir computing, agent-based models) as tools to investigate emergent properties, collective dynamics, and self-organisation mechanisms, with the aim of contributing to the definition of general principles for the engineering of complex systems. The project may also consider techniques for the synthesis or generation of collective behaviours.

## Description of research assistance activities of the contract holder

The research fellow will be involved in scientific and technical support activities related to the development of the research project. In particular, they will contribute to the definition and implementation of methods supporting the project objectives, taking part in theoretical analysis, formal modelling, and computational experimentation.

The activities will include:

- supporting the design and development of models and algorithms;
- implementation and experimental validation of the proposed solutions;
- collection, organisation, and analysis of data required for the research activities;
- preparation of technical reports and contribution to scientific publications;
- collaboration in the organisation of project meetings and dissemination of results.

The fellow will work in coordination with the scientific supervisor, contributing to the achievement of the project objectives in compliance with the defined timelines and guidelines.

## Plan of the research activities

The research activity will be structured into the following phases:

1. Preliminary analysis and definition of the methodological framework: study of the state of the art and definition of the main research questions and objectives related to the study of multi-scale emergent dynamics.
2. Design and development: definition of models and methodologies for the analysis, modelling, and abstraction of collective computations, with particular attention to relationships across different levels of description.
3. Implementation and experimentation: development of prototypes and experimental environments, execution of experiments, and analysis of results for the validation of the proposed methods.
4. Evaluation and dissemination: evaluation of the performance and properties of the developed methods, preparation of technical reports, and contribution to scientific publications and dissemination activities.

The activities will be carried out in coordination with the scientific supervisor, in compliance with the project timelines and objectives.