



SIM-AQUARIUM

Intelligent Systems Engineering

Andrea Bedei

Fabio Notaro

Giacomo Leo Bertuccioli

Motivazioni del Progetto

Indagare il
comportamento di
agenti competitivi con
vincoli energetici

Esplorare l'interazione
agente-ambiente in un
Sistema Multi-Agente
(MAS)

Sviluppare una
simulazione con
risultati osservabili e
concreti

LETTERATURA IN MATERIA DI AGENTI IN COMPETIZIONE

- *Multi-agent Systems: Cooperation and Competition*, LUMENOVA, 2024 -> "If MAS are deployed in fluctuating environments, individual agents and the system as a whole must be regularly monitored for emergent objectives that may undermine cooperation and favor irregular or non-fair conflict" -> per cui abbiamo predisposto una metrica di valutazione tra 0 e 1 che indichi in ogni istante quanto equa è la competizione -> $Fairness Index = e^{-\frac{v}{3a}}$
- Dan Hendrycks, *Introduction to AI safety, ethics and society*, Taylor and Francis, 2024 -> "Reducing competitive pressures could foster collective action...By easing the competitive pressures we might be able to foster collective action to avoid driving up the collective risk level" -> per favorire una competizione sana, bilanciata ed equa abbiamo modellato gli agenti in modo che abbiano vantaggi e svantaggi dipendenti dal peso
- Jianrui Wang et al., *Cooperative and Competitive Multi-Agent Systems: From Optimization to Games*, IEEE, 2022 -> questo paper, tra le altre cose, elenca tutte le varie categorie e tipologie di giochi che compongono la game theory -> abbiamo deciso di modellare la nostra competizione come gioco non cooperativo dinamico ad informazione incompleta
- Conor Bronsdon, *Collaborative vs Competitive Multi-Agent Interaction Paradigms*, Galileo, 2025 -> "Key features include strategic autonomy where agents decide based on their own goals, often keeping their reasoning private" -> abbiamo deciso di modellare gli agenti in modo che tenessero segreti e privati i loro goal, strategie, ragionamenti e percept
- Conor Bronsdon, *Collaborative vs Competitive Multi-Agent Interaction Paradigms*, Galileo, 2025 -> "Competitive systems evaluate success through metrics like ... strategic advantage and individual utility maximization" -> per questa ragione abbiamo reso il Fairness Index dipendente dalla quantità di cibo mangiata individualmente da ciascun agente.

LETTERATURA IN MATERIA DI AGENTI CON VINCOLI DI RISORSE

- Hugo Carr et al., *Energy Trade-Offs in Resource-Constrained Multi-Agent Systems*, 2009 -> "...functionality may be compromised by a lack of resources...we investigate adaptive algorithms for power-challenged computing networks." -> per questa ragione nel nostro progetto la velocità di movimento degli agenti si adatta e cambia in funzione di determinate soglie di energia disponibile ed dell'eventuale cibo percepito nel range
- Xiangyu Meng et al., *Multi-Agent Coverage Control with Energy Depletion and Repletion*, 2018 -> "We provide a solution...by modeling the behavior of an agent through three different modes: coverage (Mode 1), to-charging (Mode 2) and in-charging (Mode 3)...the agent switches to mode according to a guard function..." -> similmente, noi abbiamo preferito dotare gli agenti di 4 velocità, dipendenti dall'energia disponibile e dalla presenza o assenza di cibo nel range, e la cui selezione è gestita non da funzioni di guardia Jason ma nella parte tradizionale Java
- Xiangyu Meng et al., *Multi-Agent Coverage Control with Energy Depletion and Repletion*, 2018 -> "The dissipation of energy is proportional to a quadratic function of the velocity..." -> similmente anche noi abbiamo reso il consumo di energia di un agente dipendente sia dalla sua velocità che dal suo peso
- Richard Sibly et al., *Representing the acquisition and use of energy by individuals in agent-based models of animal populations*, British Ecological Society, 2013 -> il paper riporta le cosiddette leggi di scala, secondo le quali "food acquisition, maintenance, growth and reproduction all require energy and all scale in similar ways with body mass" -> per questa ragione nel punto precedente abbiamo reso il consumo di energia dipendente non solo dalla velocità ma anche dal peso dell'agente
- Richard Sibly et al., *Representing the acquisition and use of energy by individuals in agent-based models of animal populations*, British Ecological Society, 2013 -> "After ingestion, food is processed by the digestive system and only a proportion becomes available for allocation to the various functions...This proportion is called assimilation efficiency" -> per semplicità, nella nostra simulazione abbiamo imposto un'efficienza di assimilazione del 100%, ossia la totalità del cibo mangiato si trasforma in energia disponibile.

- Nell'immagine vediamo un vivace ecosistema acquatico che funge da scenario per un Sistema Multi-Agente (MAS) in cui diversi agenti interagiscono tra loro e con l'ambiente, tenendo conto di vincoli energetici.
- **Agenti Competitivi:** I vari pesci e creature marine possono essere interpretati come agenti. La loro competizione è dovuta alle risorse limitate (piccole icone di cibo verde) e dalla necessità di acquisire energia per sopravvivere e compiere azioni.
- **Vincoli Energetici:** Le risorse alimentari limitate implica che ogni agente ha un vincolo energetico. Devono consumare energia (cercando e mangiando il cibo) per poter agire (nuotare, competere).
- **Interazione Agente-Ambiente:** L'ambiente acquatico è ricco di elementi con cui gli agenti interagiscono:
 - **Cibo:** Le icone verdi sparse rappresentano la risorsa energetica primaria.
 - **Ostacoli:** Questi elementi costituiscono la struttura dell'ambiente, influenzando il movimento degli agenti.
 - **Altri Agenti:** La presenza di altri agenti, crea interazioni sociali, competitive o potenzialmente cooperative.
- **Sistema Multi-Agente (MAS):** L'insieme dei diversi agenti che agiscono autonomamente e interagiscono tra loro all'interno dell'ambiente acquatico costituisce un MAS.



Descrizione del Progetto

- Ambiente simulato: Acquario domestico di pesci
- Agenti: **Pesci** che competono per il cibo e consumano energia
- Ambiente: spazio **bidimensionale** con ostacoli (**rocce**) e risorse (**cibo**)
- Obiettivo: sopravvivere e massimizzare l'energia
- Il cibo cade dall'alto, i pesci hanno diverse dimensioni, velocità e fabbisogni energetici



Agenti, Vincoli Energetici, Fondamenti Teorici

- Ogni pesce ha:
 - **Livello di energia:** diminuisce con il movimento, aumenta mangiando
 - **Dimensione/peso:** influenza velocità e appetito
 - **Obiettivi:** sopravvivere, cercare cibo
- **Comportamento intelligente:** evitare ostacoli, bordi, altri pesci
- **Strategia:** inseguire o rinunciare al cibo in base all'energia

Fondamenti Teorici

- Basato su letteratura riguardante:
 - MAS competitivi
 - Agenti con vincoli di risorse (energia, utilità, sopravvivenza)
 - Concetti applicati di **utilità, payoff, equilibrio di Nash**

Requisiti Funzionali e Tecnologie Utilizzate

Requisiti Funzionali

- Interfaccia grafica con:
 - Visualizzazione degli agenti e dell'ambiente
 - Pulsanti: start, pausa, drop food
 - Numero di agenti, cibo e ostacoli configurabile
- Statistiche in tempo reale e log degli eventi
- Agenti intelligenti che:
 - Reagiscono ai percetti
 - Aggiornano credenze/obiettivi
 - Competono per sopravvivere

Tecnologie Utilizzate

- **Java** per backend e UI (Swing)
- **Jason** per la logica degli agenti (credenze, obiettivi, piani)
- Architettura con separazione modulare
- Testing automatizzato e logging

Comportamento degli Agenti (Jason)

- Credenze: energia, direzione, prossimità al cibo
- Obiettivi: mangiare, sopravvivere, evitare collisioni
- Percept: bordi, ostacoli, cibo
- Piani:
 - init (setup iniziale)
 - step (scelta dell'azione)
 - move (aggiornamento posizione)
 - eat (consumo del cibo)





Conclusioni e Lezioni Apprese

- Applicazione pratica dei concetti MAS studiati
- Sviluppo con Jason e Swing integrati in un sistema complesso
- Comprensione delle sfide nella progettazione di agenti autonomi competitivi
- Lavori futuri: cooperazione, dinamiche predatore-preda, decisioni più intelligenti

Grazie per l'attenzione

Andrea Bedei

Fabio Notaro

Giacomo Leo Bertuccioli

andrea.bedei2@studio.unibo.it

fabio.notaro2@studio.unibo.it

giacomo.bertuccioli@studio.unibo.it

